



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.03.2016 Patentblatt 2016/12

(51) Int Cl.:
B21B 37/22 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14185055.2**

(22) Anmeldetag: **17.09.2014**

(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

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

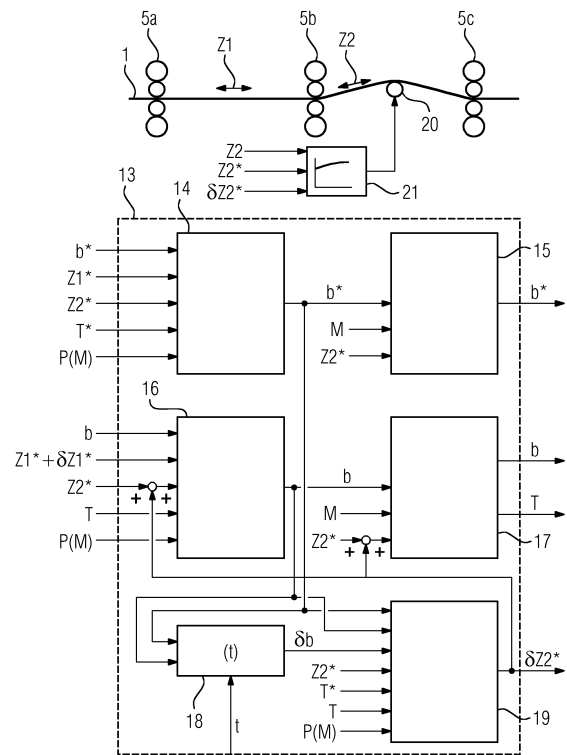
(72) Erfinder:
• **Kotzian, Daniel**
91052 Erlangen (DE)
• **Tautz, Wilfried**
91301 Forchheim (DE)

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

(54) **Breiteneinstellung bei einer Fertigstraße**

(57) Vor dem Walzen eines Metallbandes (1) in einer Fertigstraße (3) werden für Abschnitte (9) des Metallbandes (1) jeweils deren Istbreite (b_0) und deren Isttemperatur (T_0) erfasst. Aus den erfassten Größen (b_0 , T_0) abgeleitete Größen (b_F , T_F) und die korrespondierenden Sollgrößen (b^* , T^*) werden den Abschnitten (9) zugeordnet. Die Abschnitte (9) des Metallbandes (1) werden während des Durchlaufes der Fertigstraße (3) wegverfolgt. Den Walzgerüsten (5) ist jeweils eine Breitensteuereinrichtung (13) zugeordnet. Die Breitensteuereinrichtungen (13) ermitteln anhand von verschiedenen Eingangsgrößen die Sollbreite (b^*) und die Istbreite (b) nach dem Walzen im zugeordneten Walzgerüst (5b). Die Breitensteuereinrichtungen (13) ermitteln weiterhin einen hinteren Zusatzsollwert ($\delta Z2^*$), um welchen der Sollzug ($Z2^*$) hinter dem zugeordneten Walzgerüst (5b) korrigiert wird, um die Istbreite (b) an die Sollbreite (b^*) anzunähern. Der hintere Zusatzsollwert ($\delta Z2$) wird sowohl bei der Ermittlung der Istbreite (b) berücksichtigt als auch einem Zugregler (21) zugeführt, der einen im Metallband (1) hinter dem zugeordneten Walzgerüst (5b) herrschenden Istzug ($Z2$) entsprechend dem korrigierten Sollzug ($Z2^*$) einstellt. Für die Ermittlung des hinteren Zusatzsollwertes ($\delta Z2^*$) wird unter anderem die Differenz (δb) von Sollbreite (b^*) und Istbreite (b) eines Abschnitts (9) des Metallbandes (1) herangezogen, der sich an einer vorbestimmten Stelle hinter dem zugeordneten Walzgerüst (5b) befindet.

FIG 7



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Walzen eines Metallbandes in einer Fertigstraße,

- wobei die Fertigstraße mehrere von dem Metallband nacheinander durchlaufene Walzgerüste aufweist,
- wobei für Abschnitte des Metallbandes vor dem Einlaufen in die Fertigstraße jeweils deren Istbreite und deren Isttemperatur erfasst wird.

[0002] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Computerprogramm, das Maschinencode umfasst, der von einer Steuereinrichtung für eine Fertigstraße abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung die Fertigstraße gemäß einem derartigen Verfahren betreibt.

[0003] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Steuereinrichtung für eine Fertigstraße, wobei die Steuereinrichtung mit einem derartigen Computerprogramm programmiert ist, so dass die Steuereinrichtung die Fertigstraße gemäß einem derartigen Verfahren betreibt.

[0004] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Fertigstraße zum Walzen eines Metallbandes,

- wobei die Fertigstraße mehrere von dem Metallband nacheinander durchlaufene Walzgerüste aufweist,
- wobei die Fertigstraße eine derartige Steuereinrichtung aufweist, welche die Fertigstraße gemäß einem derartigen Verfahren betreibt.

[0005] Eine Warmwalzstraße zum Walzen von Metallband besteht in der Regel aus einer Vorstraße, einer Fertigstraße und einer Haspeleinrichtung. Das Metallband durchläuft zunächst die Vorstraße und danach die Fertigstraße und wird schließlich der Haspeleinrichtung zugeführt. In vielen Fällen - in der Regel zumindest bei Warmbandstraßen zum Walzen von Stahlband - ist weiterhin eine Kühlstrecke vorhanden. Die Kühlstrecke ist, sofern sie vorhanden ist, der Fertigstraße nachgeordnet und der Haspeleinrichtung vorgeordnet.

[0006] Beim Walzen des Metallbandes sind oftmals enge Breitentoleranzen vorgegeben. Die Einhaltung dieser Breitentoleranzen ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal. Eine aktive Beeinflussung der Breite des Metallbandes generiert damit einen wirtschaftlichen Nutzen.

[0007] Die Breite des Metallbandes wird sowohl in der Vorstraße als auch in der Fertigstraße als auch auf dem Weg zur Haspeleinrichtung beeinflusst. In manchen Fällen erfolgt diese Beeinflussung aktiv.

[0008] So ist beispielsweise aus dem Fachaufsatz "Development of Automatic Width Control System for Hot Strip Finishing Mills" von M. Nakayama et al., Proceedings of the Third International Conference on Technology of Plasticity, Kyoto, July 1/6, 1990, vol. II, Seiten 791 bis

796, ein Verfahren bekannt, bei welchem hinter mehreren (aber nicht allen) Walzgerüsten der Fertigstraße eine Breitenmessung erfolgt. Unter Verwendung aller vorhandenen Breitenmessungen werden mittels eines Modells die fehlenden Breitenmesswerte geschätzt. Es erfolgt eine Kompensation von Breitenabweichungen durch die Berechnung und Aufschaltung eines zusätzlichen Bandzuges für jede Schlingenheberregelung.

[0009] Aus dem Fachaufsatz "Automatische Breitenregelung in der Warmbandstraße Borlänge der SSAB Tunnsplatt" von Harald Natusch et al., stahl und eisen 122 (2002), Nummer 11, Seiten 93 bis 100, ist bekannt, eine Vorsteuerung für die Breitenabweichungen vorzunehmen. Die Breitung in der Fertigstraße wird modellgestützt ermittelt. Eine Messung der Breite erfolgt vor und hinter der Vorstraße sowie hinter der Fertigstraße.

[0010] Aus dem Fachaufsatz "Automatic width control system using interstand tension in hot strip finishing mill" von Y. Hoshi et al., La Revue de Metallurgie-CIT, November 1996, Seiten 1413 bis 1420, ist bekannt, hinter dem zweiten und hinter dem letzten Walzgerüst einer Fertigstraße jeweils die Breite des Metallbandes zu erfassen. Mittels der erstgenannten Messung wird der Zug zwischen dem ersten und dem zweiten Walzgerüst geregelt. Mittels der letztgenannten Messung werden die Züge zwischen dem dritten und dem letzten Walzgerüst geregelt.

[0011] Aus der DE 103 38 470 B4 ist bekannt, zwischen je zwei Walzgerüsten eine für den Massenfluss charakteristische Größe zu erfassen und aufbauend auf der erfassten Größe den Bandzug zwischen den beiden Walzgerüsten einzustellen, um eine Breitenänderung zu reduzieren.

[0012] Aus der DE 198 51 053 A1 ist ein Verfahren zum Regeln der Breite in einer Walzstraße mit mindestens zwei Walzgerüsten bekannt, die von dem Metallband nacheinander durchlaufen werden. Bei diesem Verfahren wird die Breite hinter dem zuletzt durchlaufenen Walzgerüst erfasst. Es wird der Zug zwischen den beiden Walzgerüsten geregelt, um die Breite des Metallbandes zu beeinflussen.

[0013] Aus der EP 0 375 095 B1 ist ein Verfahren zum Regeln der Bandbreite beim Fertigwalzen von Warmband in einer mehrgerüstigen Walzstraße bekannt. Bei diesem Verfahren wird die Bandbreite vor dem vorletzten und nach dem letzten Gerüst gemessen. Es erfolgt eine Breitenregelung mit Vorsteuerung. Als Stellgröße dient der Bandzug vor dem letzten Walzgerüst der Walzstraße.

[0014] Aus dem Fachaufsatz "Strip width variation behaviour and its mathematical model in hot strip finishing mills" von Atsushi Ishii et al., Proceedings of The 7th International Conference on Steel Rolling 1998, Chiba, Japan, Seiten 93 bis 98, ist ein Breitenmodell für eine Fertigstraße bekannt. Breitereinflüsse im Walzspalt wie beispielsweise eine relative Bandprofiländerung, eine Walzenbiegung, eine gedrückte Länge sowie der einlaufseitige und der auslaufseitige Zug werden berücksichtigt. Weiterhin werden Breitereinflüsse im Bereich zwischen

zwei Walzgerüsten wie beispielsweise die Temperatur, der im Metallband herrschende Zug, die Streckgrenze, die Bandtemperatur und die Zeitdauer berücksichtigt.

[0015] Aus dem Fachaufsatz "Direct Width Control Systems Based on Width Prediction Models in Hot Strip Mill" von Cheol Jae Park et al., ISIJ International, vol. 47 (2007), No. 1, Seiten 105 bis 113, wird aufbauend auf einem auf finiten Elementen basierenden Breitenmodell ein vereinfachtes Breitenmodell abgeleitet. Das vereinfachte Breitenmodell wird mit einem neuronalen Netzwerk ergänzt. Es modelliert die Breitung in der Fertigstraße in Abhängigkeit von dem einlaufseitigen Zug im Metallband, der aktuellen Breite, der Dickenreduktion, der gedrückten Länge und der Formänderungsfestigkeit.

[0016] Die Verfahren des Standes der Technik bewirken bereits, dass die Istbreite des Metallbandes der Sollbreite angenähert wird. Die Verfahren funktionieren oftmals jedoch nur unzureichend. Darüber hinaus ist in einer Warmbandstraße ohne Coilbox die Temperaturverteilung über die Länge des Metallbandes gesehen ungleichmäßig, was wiederum zu einer ungleichmäßigen Breitung des Metallbandes in der Fertigstraße führt.

[0017] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer auf einfache und effiziente Weise die Breite des Metallbandes exakt eingestellt werden kann.

[0018] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 10.

[0019] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Walzen eines Metallbandes in einer Fertigstraße, die mehrere von dem Metallband nacheinander durchlaufene Walzgerüste aufweist, geschaffen,

- wobei für Abschnitte des Metallbandes vor dem Einlaufen in die Fertigstraße jeweils deren Istbreite und deren Isttemperatur erfasst werden,
- wobei den Abschnitten des Metallbandes jeweils eine aus der erfassten Istbreite abgeleitete Istbreite, eine anfängliche Sollbreite, eine aus der erfassten Isttemperatur abgeleitete Isttemperatur und eine Solltemperatur zugeordnet werden,
- wobei die Abschnitte des Metallbandes während des Durchlaufens der Fertigstraße wegverfolgt werden,
- wobei zumindest den Walzgerüsten mit Ausnahme des letzten Walzgerüsts jeweils eine Breitensteuereinrichtung zugeordnet ist,
- wobei die jeweilige Breitensteuereinrichtung für den in dem zugeordneten Walzgerüst gewalzten Abschnitt des Metallbandes
 - anhand von dessen Sollbreite vor dem Walzen im zugeordneten Walzgerüst, eines im Metallband vor dem zugeordneten Walzgerüst gewünschten Sollzuges, eines im Metallband nach dem zugeordneten Walzgerüst gewünschten Sollzuges, der dem jeweiligen Abschnitt zuge-

ordneten Solltemperatur und Parametern des im zugeordneten Walzgerüst erfolgenden Walzvorgangs eine Sollbreite nach dem Walzen im zugeordneten Walzgerüst ermittelt und dem jeweiligen Abschnitt des Metallbandes zuordnet,

- anhand von dessen Istbreite vor dem Walzen im zugeordneten Walzgerüst, des um einen vorderen Zusatzsollwert korrigierten im Metallband vor dem zugeordneten Walzgerüst gewünschten Sollzuges, des um einen hinteren Zusatzsollwert korrigierten im Metallband nach dem zugeordneten Walzgerüst gewünschten Sollzuges, der dem jeweiligen Abschnitt zugeordneten Isttemperatur und den Parametern des im zugeordneten Walzgerüst erfolgenden Walzvorgangs eine Istbreite nach dem Walzen im zugeordneten Walzgerüst ermittelt und dem jeweiligen Abschnitt des Metallbandes zuordnet,

- wobei die jeweilige Breitensteuereinrichtung anhand des im Metallband nach dem zugeordneten Walzgerüst gewünschten Sollzuges, der Solltemperatur und der Isttemperatur des im zugeordneten Walzgerüst gewalzten Abschnitts des Metallbandes, der Differenz von Sollbreite und Istbreite eines Abschnitts des Metallbandes, der sich an einer vorbestimmten Stelle hinter dem zugeordneten Walzgerüst befindet, sowie der Parameter des Walzvorgangs den hinteren Zusatzsollwert ermittelt,
- wobei die jeweilige Breitensteuereinrichtung den hinteren Zusatzsollwert derart ermittelt, dass die Istbreite des im zugeordneten Walzgerüst gewalzten Abschnitts des Metallbandes der Sollbreite des gewalzten Abschnitts angenähert wird,
- wobei die jeweilige Breitensteuereinrichtung den hinteren Zusatzsollwert einem jeweiligen Zugregler zuführt, der einen im Metallband hinter dem zugeordneten Walzgerüst herrschenden Istzug entsprechend dem um den hinteren Zusatzsollwert korrigierten Sollzug einstellt.

[0020] Dadurch werden lediglich eine einzige Breitenmessung und eine einzige Temperaturmessung benötigt, nämlich zwischen der Vorstraße und der Fertigstraße. Breitenabweichungen können hochgenau kompensiert werden. Falls zusätzlich auch eine Breitenregelung realisiert werden soll, ist hierfür noch eine zusätzliche Breitenmessung hinter der Fertigstraße erforderlich. Eine derartige Breitenmessung ist jedoch üblicherweise vorhanden und erfordert daher keinen zusätzlichen Hardwareaufwand.

[0021] Im einfachsten Fall sind die den Abschnitten zugeordneten Istbreiten und Isttemperaturen mit den erfassten Istbreiten und Isttemperaturen identisch. Vorzugsweise werden zumindest die erfassten Istbreiten, vorzugsweise auch die erfassten Isttemperaturen, jedoch gefiltert, insbesondere tiefpassgefiltert. Durch diese Vorgehensweise kann insbesondere erreicht werden,

dass das Walzen des Metallbandes relativ ruhig (also ohne hochfrequente Stelleingriffe) erfolgt. Die Manipulation der Istbreite über den Bandzug hat dadurch keine negativen Auswirkungen auf den Walzprozess.

[0022] Die Filterung kann insbesondere derart sein, dass durch die Filterung in der gefilterten Größe (Istbreite oder Isttemperatur) gegenüber der ungefilterten Größe kein Phasenversatz induziert wird. Es sollten also Filterungen in Nullphasenfiltern erfolgen. Hierzu ist es beispielsweise möglich, ein entsprechend symmetrisches Filter vorzusehen. Alternativ ist es möglich, dass die erfassten Istbreiten einer ersten Filterung unterzogen werden und so vorläufig gefilterte Istbreiten ermittelt werden und sodann die vorläufig gefilterten Istbreiten einer zweiten Filterung unterzogen werden und so die gefilterten Istbreiten ermittelt werden. Alternativ können die erfassten Istbreiten parallel sowohl der ersten Filterung als auch der zweiten Filterung unterzogen werden und als gefilterte Istbreite der Mittelwert der beiden Filterungen verwendet werden. In beiden Fällen können die beiden Filterungen phasenbehaftet sein. Es ist lediglich erforderlich, dass die beiden Filterungen relativ zueinander invers phasenbehaftet sind, so dass der durch die eine Filterung bewirkte Phasenversatz durch die andere Filterung kompensiert oder ausgeglichen wird. Analoge Vorgehensweisen sind gegebenenfalls bezüglich der Isttemperaturen möglich.

[0023] Es ist möglich, dass die anfängliche Sollbreite vorgegeben wird. Alternativ kann die anfängliche Sollbreite anhand der den Abschnitten zugeordneten Istbreite ermittelt werden.

[0024] Es ist möglich, dass die vorbestimmte Stelle fest vorgegeben ist. Alternativ ist es möglich, dass die vorbestimmte Stelle den Breitensteuereinrichtungen (gegebenenfalls individuell für jede Breitensteuereinrichtung) vorgegeben wird. Beispielsweise kann für die jeweilige Breitensteuereinrichtung als vorbestimmte Stelle die Mitte zwischen dem zugeordneten Walzgerüst und dem unmittelbar nachgeordneten Walzgerüst vorgegeben werden. Auch ist es gegebenenfalls möglich, als vorbestimmte Stelle den Ort vorzugeben, an welchem ein Schlingenheber am Metallband angreift.

[0025] Vorzugsweise wird zumindest für das von dem Metallband zuerst durchlaufene Walzgerüst der Fertigstraße ein Zeitpunkt erfasst, zu dem das Metallband in dieses Walzgerüst einläuft. In diesem Fall kann anhand dieses Zeitpunkts die Wegverfolgung angepasst werden, also insbesondere zeitgerecht gestartet werden.

[0026] Es ist alternativ möglich, die Istbreite am Auslauf der Vorstraße oder am Einlauf der Fertigstraße zu erfassen. Ebenso ist es alternativ möglich, die Isttemperatur am Auslauf der Vorstraße oder am Einlauf der Fertigstraße zu erfassen. Es ist weiterhin alternativ möglich, zunächst für das gesamte Metallband (also für alle Abschnitte des Metallbandes) die jeweilige Istbreite und die jeweilige Isttemperatur zu erfassen und erst danach die Tiefpassfilterungen vorzunehmen. Alternativ ist es möglich, die Tiefpassfilterungen simultan mit dem Erfassen

der Istbreite und der Isttemperatur vorzunehmen. Ein Vornehmen der Tiefpassfilterungen vorab ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Istbreite und die Isttemperatur am Auslauf der Vorstraße erfasst werden. Ein Vornehmen der Tiefpassfilterungen simultan mit dem Erfassen der Istbreite und der Isttemperatur ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Istbreite und die Isttemperatur am Einlauf der Fertigstraße erfasst werden. Je nachdem, wie viel Zeit zwischen den Tiefpassfilterungen und dem Einlaufen der Abschnitte des Metallbandes in das erste Walzgerüst der Fertigstraße vergeht, kann es erforderlich sein, die zeitliche Entwicklung der Temperatur der Abschnitte mittels eines Temperaturmodells fortzuschreiben.

[0027] Die Anzahl an Walzgerüsten der Fertigstraße kann nach Bedarf bestimmt sein. In der Regel beträgt die Anzahl an Walzgerüsten 3 bis 8, meist 4 bis 7, insbesondere 5 oder 6.

[0028] Als Metall kommen insbesondere Stahl, Aluminium und Kupfer in Frage. Es ist jedoch auch möglich, dass das Metallband aus einem anderen Metall besteht.

[0029] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es an verschiedenen Stellen erforderlich, die Geschwindigkeit des Metallbandes zu kennen. Hierzu ist es möglich, direkt eine entsprechende Geschwindigkeitsmessung vorzunehmen. Alternativ ist es möglich, die jeweilige Geschwindigkeit dadurch zu ermitteln, dass - bezogen auf die Stelle, für welche die Geschwindigkeit des Metallbandes erfasst werden soll - die Umfangsgeschwindigkeit von Walzen eines vorgeordneten Walzgerüsts erfasst wird und daraus unter Berücksichtigung der Voreilung die Geschwindigkeit des Metallbandes ermittelt wird. In analoger Weise ist es umgekehrt möglich, die jeweilige Geschwindigkeit dadurch zu ermitteln, dass die Umfangsgeschwindigkeit von Walzen eines nachgeordneten Walzgerüsts erfasst wird und daraus unter Berücksichtigung der Nacheilung die Geschwindigkeit des Metallbandes ermittelt wird.

[0030] In vielen Fällen ist eine Endwalztemperatur vorgegeben, welche das Metallband am Auslauf der Fertigstraße aufweisen soll. In diesem Fall wird vorzugsweise die Endwalztemperatur als Solltemperatur verwendet. Die Isttemperatur der Abschnitte des Metallbandes hingegen wird vorzugsweise während des Durchlaufens der Abschnitte des Metallbandes durch die Fertigstraße kontinuierlich modellgestützt nachgeführt.

[0031] Die Parameter des Walzvorgangs können nach Bedarf bestimmt sein. In der Regel werden als Parameter des Walzvorgangs, bezogen auf das zugeordnete Walzgerüst, die Walzkraft, das Walzmoment, die Bandgeschwindigkeit einlaufseitig und/oder auslaufseitig des zugeordneten Walzgerüsts, der Walzspalt, die Stichabnahme, die gedrückte Länge an Metallband und Materialgrößen des Metallbandes herangezogen.

[0032] Im einfachsten Fall wird im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens nur die Breitung beim Walzen in den Walzgerüsten selbst berücksichtigt. Vorzugsweise jedoch ist vorgesehen, dass die jeweilige Breiten-

steuereinrichtung für die in dem zugeordneten Walzgerüst bereits gewalzten Abschnitte des Metallbandes

- die Sollbreite nach dem Walzen in Abhängigkeit von dem Abstand zum nachgeordneten Walzgerüst, der Bandgeschwindigkeit auslaufseitig des zugeordneten Walzgerüsts, dem im Metallband nach dem zugeordneten Walzgerüst gewünschten Sollzug, der Solltemperatur und Materialkenngrößen des Metallbandes nachführt und
- die Istbreite nach dem Walzen in Abhängigkeit von dem Abstand zum nachgeordneten Walzgerüst, der Bandgeschwindigkeit auslaufseitig des zugeordneten Walzgerüsts, dem um den hinteren Zusatzsollwert korrigierten im Metallband nach dem zugeordneten Walzgerüst gewünschten Sollzug, der Isttemperatur und den Materialkenngrößen des Metallbandes nachführt.

[0033] Durch diese Vorgehensweise kann auch das Kriechen der Breite zwischen den Walzgerüsten berücksichtigt werden.

[0034] Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Computerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung die Fertigstraße gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren betreibt.

[0035] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung für eine Fertigstraße mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Fertigstraße mit einem erfindungsgemäßen Computerprogramm programmiert, so dass die Steuereinrichtung die Fertigstraße gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren betreibt.

[0036] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Fertigstraße zum Walzen eines Metallbandes mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung der Fertigstraße derart ausgebildet, dass sie die Fertigstraße gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren betreibt.

[0037] 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 Warmbandstraße,
- FIG 2 Abschnitte eines Metallbandes,
- FIG 3 ein Ablaufdiagramm,
- FIG 4 bis 6 Filterungen und
- FIG 7 einen Abschnitt einer Fertigstraße und ei-

ne Breitensteuereinrichtung.

[0038] Gemäß FIG 1 weist eine Warmbandstraße zum Walzen eines Metallbandes 1 eine Vorstraße 2, eine Fertigstraße 3 und eine Haspeleinrichtung 4 auf. Die Vorstraße 2 kann in Einzelfällen - beispielsweise in dem Fall, dass das Metallband 1 bereits relativ dünn gegossen wird - entfallen. Die Fertigstraße 3 weist gemäß FIG 1 mehrere Walzgerüste 5 auf, die von dem Metallband 1 nacheinander durchlaufen werden. Die Anzahl an Walzgerüsten 5 liegt in der Regel zwischen drei und acht, insbesondere zwischen vier und sieben, beispielsweise bei fünf oder sechs. Bei dem Metallband 1 kann es sich beispielsweise um ein Stahlband, um ein Aluminiumband, um ein Kupferband oder um ein Band aus einem anderen Metall handeln.

[0039] Die Warmbandstraße - insbesondere die Fertigstraße 3 - wird von einer Steuereinrichtung 6 gesteuert. Die Steuereinrichtung 6 ist mit einem Computerprogramm 7 programmiert. Das Computerprogramm 7 umfasst Maschinencode 8, der von der Steuereinrichtung 6 abarbeitbar ist. Die Abarbeitung des Maschinencodes 8 durch die Steuereinrichtung 6 bewirkt, dass die Steuereinrichtung 6 die Fertigstraße 3 gemäß einem Verfahren betreibt, das nachfolgend in Verbindung mit FIG 2 und den weiteren Figuren näher erläutert wird. Aufgrund der Programmierung mit dem Computerprogramm 7 betreibt die Steuereinrichtung 6 die Fertigstraße 3 also entsprechend.

[0040] Das Metallband 1 wird innerhalb der Steuereinrichtung 6 virtuell in Abschnitte 9 unterteilt. Die Abschnitte 9 können beispielsweise gemäß FIG 2 durch eine einheitliche Länge l , durch eine einheitliche Masse m oder durch eine Erfassung in zeitlich äquidistanten Schritten definiert sein.

[0041] Gemäß FIG 3 wird in einem Schritt S1 für die Abschnitte 9 des Metallbandes 1 jeweils deren Istbreite b_0 und deren Isttemperatur T_0 erfasst. Das Erfassen der Istbreite b_0 und der Isttemperatur T_0 erfolgt vor dem Einlaufen der entsprechenden Abschnitte 9 in die Fertigstraße 3. Beispielsweise können gemäß FIG 1 am Auslauf der Vorstraße 2 entsprechende Messeinrichtungen angeordnet sein. Alternativ können die Messeinrichtungen am Einlauf der Fertigstraße 3 angeordnet sein. Es ist möglich, dass die Erfassung der Istbreiten b_0 und der Isttemperaturen T_0 für alle Abschnitte 9 abgeschlossen ist, noch bevor der vorderste Abschnitt 9 des Metallbandes 1 in die Fertigstraße 3 einläuft. Alternativ ist es möglich, dass die Erfassung der Istbreiten b_0 und der Isttemperaturen T_0 für hintere Abschnitte 9 des Metallbandes 1 noch durchgeführt wird, während vordere Abschnitte 9 des Metallbandes 1 bereits in die Fertigstraße 3 eingelaufen sind. Unabhängig von der konkret ergriffenen Vorgehensweise erfolgt die Erfassung jedoch derart, dass die nachfolgend in einem Schritt S2 erfolgende Zuordnung einer Istbreite b und einer Isttemperatur T für jeden Abschnitt 9 abgeschlossen ist, bevor der entsprechende Abschnitt 9 in die Fertigstraße 3 einläuft.

[0042] Im einfachsten Fall werden im Schritt S2 den Abschnitten 9 unmittelbar die erfassten Istbreiten b_0 und Isttemperaturen T_0 zugeordnet. Vorzugsweise werden jedoch zumindest die erfassten Istbreiten b_0 , vorzugsweise auch die erfassten Isttemperaturen T_0 , jedoch gefiltert. Insbesondere kann entsprechend der Darstellung in den Figuren 4 bis 6 eine Tiefpassfilterung erfolgen. Im Falle einer Filterung werden im Schritt S2 für jeden Abschnitt 9 eine jeweilige gefilterte Istbreite b_F und eine jeweilige gefilterte Isttemperatur T_F ermittelt.

[0043] Die Filterung des Schrittes S2 erfolgt vorzugsweise derart, dass die gefilterten Istbreiten b_F gegenüber den ursprünglichen, ungefilterten Istbreiten b_0 keinen Phasenversatz aufweisen (Nullphasenfilterung). Beispielsweise kann zu diesem Zweck gemäß FIG 4 eine Filterung mit einer Gaußschen Glockenkurve (oder einer anderen, symmetrischen Glockenkurve) erfolgen. Alternativ wird eine der beiden folgenden Vorgehensweisen ergriffen.

[0044] Zum einen ist es entsprechend der Darstellung in FIG 5 möglich, dass die erfassten Istbreiten b_0 zunächst in einem ersten Filterblock 10 einer ersten Filterung unterzogen werden. Dadurch werden vorläufig gefilterte Istbreiten b_V ermittelt. Die vorläufig gefilterten Istbreiten b_V werden sodann in einem nachfolgenden zweiten Filterblock 11 einer zweiten Filterung unterzogen. Das Ergebnis der zweiten Filterung sind die gefilterten Istbreiten b_F . In diesem Fall können zwar sowohl die erste Filterung im ersten Filterblock 10 als auch die zweite Filterung im zweiten Filterblock 11 phasenbehaftet sein. Entscheidend ist in diesem Fall, die beiden Filterungen in den beiden Filterblöcken 10, 11 relativ zueinander invers phasenbehaftet sind. Die zweite Filterung im zweiten Filterblock 11 kompensiert somit den Phasenversatz, der durch die erste Filterung im ersten Filterblock 10 bewirkt wurde.

[0045] Alternativ ist es entsprechend der Darstellung in FIG 6 möglich, die beiden Filterungen in den beiden Filterblöcken 10, 11 parallel durchzuführen. In diesem Fall werden also die erfassten Istbreiten b_0 sowohl der ersten Filterung als auch der zweiten Filterung unterzogen. Die Ergebnisse der beiden Filterungen werden in diesem Fall einem Knotenpunkt zugeführt, in dem der Mittelwert der beiden Filterungen gebildet wird. Der Mittelwert entspricht in diesem Fall der gefilterten Istbreite b_F .

[0046] Für die Ermittlung der gefilterten Isttemperaturen T_F können analoge Vorgehensweisen ergriffen werden. Im Regelfall wird für die Ermittlung der gefilterten Isttemperaturen T_F die gleiche Art der Filterung verwendet wie für die Ermittlung der gefilterten Istbreiten b_F . Zwingend ist dies jedoch nicht erforderlich. Vorzugsweise sollte auch bezüglich der Isttemperaturen T_0 eine Nullphasenfilterung erfolgen.

[0047] Im Falle einer Filterung werden die für den jeweiligen Abschnitt 9 des Metallbandes 1 ermittelte gefilterte Istbreite b_F und die für den jeweiligen Abschnitt 9 des Metallbandes 1 ermittelte gefilterte Isttemperatur T_F

also dem jeweiligen Abschnitt 9 als (neue) Istbreite b bzw. (neue) Isttemperatur T zugeordnet. Weiterhin werden dem jeweiligen Abschnitt 9 in einem Schritt S3 als Sollbreite b^* eine anfängliche Sollbreite b_0^* und als Solltemperatur T^* eine anfängliche Solltemperatur T_0^* zugeordnet.

[0048] Es ist möglich, dass die anfängliche Sollbreite b_0^* der Steuereinrichtung 6 von außen vorgegeben wird, beispielsweise von einer (nicht dargestellten) übergeordneten Steuereinrichtung oder von einem Bediener 12. Alternativ ist es möglich, dass die Steuereinrichtung 6 die anfängliche Sollbreite b_0^* anhand der den Abschnitten 9 zugeordneten Istbreite b ermittelt. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 6 eine Mittelwertbildung über alle Abschnitte 9 des Metallbandes 1 vornehmen. In der Regel ist weiterhin der Steuereinrichtung 6 eine Endwalztemperatur vorgegeben, d.h. diejenige Temperatur, welche das Metallband 1 beim Austreten aus der Fertigstraße 3 aufweisen soll. Es ist möglich, dass diese Temperatur als anfängliche Solltemperatur T_0^* verwendet wird oder die anfängliche Solltemperatur T_0^* anhand der Endwalztemperatur ermittelt wird.

[0049] Die Steuereinrichtung 6 implementiert aufgrund der Abarbeitung des Computerprogramms 7 in einem Schritt S4 eine Wegverfolgung für die Abschnitte 9 des Metallbandes 1. Der Steuereinrichtung 6 ist daher zu jedem Zeitpunkt bekannt, welcher Abschnitt 9 des Metallbandes 1 sich an welcher Stelle der Fertigstraße 3 befindet. Die Implementierung einer Wegverfolgung ist Fachleuten allgemein bekannt und muss daher nicht näher erläutert werden.

[0050] Zur korrekten Wegverfolgung der Abschnitte 9 des Metallbandes 1 ist es oftmals erforderlich, einen Zeitpunkt t_1 zu erfassen, zu dem das Metallband 1 - genauer: der vorderste Abschnitt 9 des Metallbandes 1 - in das von dem Metallband 1 zuerst durchlaufene Walzgerüst 5 einläuft. Der Zeitpunkt t_1 kann beispielsweise dadurch erfasst werden, dass die Walzkraft dieses Walzgerüsts 5 sprunghaft ansteigt. In analoger Weise können auch für die anderen Walzgerüste 5 der Fertigstraße 3 entsprechende Zeitpunkte t_2 , t_3 usw. erfasst werden. Anhand der erfassten Zeitpunkte t_1 , t_2 usw. kann in diesem Fall die Wegverfolgung angepasst werden.

[0051] Die Steuereinrichtung 6 implementiert aufgrund der Abarbeitung des Computerprogramms 7 weiterhin in einem Schritt S5 zumindest für die Walzgerüste 5 mit Ausnahme des letzten Walzgerüsts 5 der Fertigstraße 3 jeweils eine Breitensteuereinrichtung 13. Die jeweilige Breitensteuereinrichtung 13 ist dem jeweiligen Walzgerüst 5 zugeordnet. Es ist möglich, dass auch für das letzte Walzgerüst 5 der Fertigstraße 3 eine derartige Breitensteuereinrichtung 13 vorhanden ist. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Nachfolgend werden in Verbindung mit FIG 7 - stellvertretend für alle Breitensteuereinrichtungen 13 - der Aufbau und die Wirkungsweise einer der Breitensteuereinrichtungen 13 erläutert. Für die anderen Breitensteuereinrichtungen 13 gelten analoge Ausführungen.

[0052] Die Breitensteuereinrichtung 13 ist einem bestimmten Walzgerüst 5 zugeordnet. In der Darstellung von FIG 7 ist dies das mittlere Walzgerüst 5, nachfolgend als zugeordnetes Walzgerüst bezeichnet und mit dem Bezugszeichen 5b versehen. Das dem zugeordneten Walzgerüst 5b vorgeordnete Walzgerüst 5 wird nachfolgend mit dem Bezugszeichen 5a versehen. In analoger Weise wird das dem zugeordneten Walzgerüst 5b nachgeordnete Walzgerüst 5 nachfolgend mit dem Bezugszeichen 5c versehen.

[0053] Die Breitensteuereinrichtung 13 weist zumindest Funktionsblöcke 14 bis 19 auf.

[0054] Dem Funktionsblock 14 werden folgende Größen zugeführt:

- Die Sollbreite b^* , die dem in dem zugeordneten Walzgerüst 5b momentan gewalzten Abschnitt 9 des Metallbandes 1 vor dem Walzen in dem zugeordneten Walzgerüst 5b zugeordnet ist. Im Falle der dem ersten Walzgerüst 5 der Fertigstraße 3 zugeordneten Breitensteuereinrichtung 13 korrespondiert die Sollbreite b^* mit der anfänglichen Sollbreite b^* . Im Falle der anderen Breitensteuereinrichtungen 13 wird die Sollbreite b^* vom Funktionsblock 15 der dem vorgeordneten Walzgerüst 5a zugeordneten Breitensteuereinrichtung 13 zur Verfügung gestellt.
- Ein Sollzug $Z1^*$, der im Metallband 1 vor dem zugeordneten Walzgerüst 5b herrschen soll. Der Sollzug $Z1^*$ ist durch eine entsprechende Vorgabe von der übergeordneten Steuereinrichtung bestimmt. Gegebenenfalls können zusätzlich Steuereingriffe des Bedieners 12 berücksichtigt werden.
- Ein Sollzug $Z2^*$, der im Metallband 1 hinter dem zugeordneten Walzgerüst 5b herrschen soll. Der Sollzug $Z2^*$ ist durch eine entsprechende Vorgabe von der übergeordneten Steuereinrichtung bestimmt. Auch hier können gegebenenfalls zusätzlich Steuereingriffe des Bedieners 12 berücksichtigt werden.
- Die Solltemperatur T^* , die dem in dem zugeordneten Walzgerüst 5b momentan gewalzten Abschnitt 9 des Metallbandes 1 vor dem Walzen in dem zugeordneten Walzgerüst 5b zugeordnet ist.
- Parameter P des im zugeordneten Walzgerüst 5b erfolgenden Walzvorgangs. Als Parameter P des Walzvorgangs können beispielsweise, immer bezogen auf das zugeordnete Walzgerüst 5b, die Walzkraft, das Walzmoment, die Bandgeschwindigkeit einlaufseitig und/oder auslaufseitig des zugeordneten Walzgerüsts, der Walzspalt, die Stichabnahme, die gedrückte Länge an Metallband 1 und - gegebenenfalls temperaturabhängige - Materialgrößen M des Metallbandes 1 herangezogen werden. Die Materialkenngrößen M können beispielsweise den Elastizitätsmodul, die Streckgrenze, den Umformwiderstand und dergleichen mehr umfassen.

[0055] Anhand der dem Funktionsblock 14 zugeführten Größen ermittelt der Funktionsblock 14 eine Soll-

breite nach dem Walzen in dem zugeordneten Walzgerüst 5b. Der Funktionsblock 14 ordnet dem entsprechenden Abschnitt 9 des Metallbandes 1 die ermittelte Sollbreite als neue Sollbreite b^* zu. Die neue Sollbreite b^* führt der Funktionsblock 14 dem Funktionsblock 15 zu. Der Funktionsblock 14 modelliert also intern bezogen auf die Sollwerte b^* , T^* des jeweiligen Abschnittes 9 des Metallbandes 1 dessen Breitenverhalten im Walzspalt des zugeordneten Walzgerüsts 5b. Der Funktionsblock 14 umfasst somit intern ein auf mathematisch-physikalischen Gleichungen - insbesondere algebraische und Differenzialgleichungen - basierendes Modell des zugeordneten Walzgerüsts 5b. Derartige Modelle sind Fachleuten als solche bekannt, siehe die beiden eingangs erwähnten Fachaufsätze "Strip width variation behaviour and its mathematical model in hot strip finishing mills" von Atsushi Ishii et al. und "Direct Width Control Systems Based on Width Prediction Models in Hot Strip Mill" von Cheol Jae Park et al.

[0056] Der Funktionsblock 15 ist im einfachsten Fall als einfacher Pufferspeicher nach Art eines Schieberegisters oder dergleichen ausgebildet, in dem lediglich der Transport der Abschnitte 9 des Metallbandes 1 (einschließlich der den Abschnitten 9 zugeordneten Sollgrößen b^* , T^*) zum nachfolgenden Walzgerüst 5c modelliert wird. Vorzugsweise jedoch werden dem Funktionsblock 15 der im Metallband 1 nach dem zugeordneten Walzgerüst 5b gewünschte Sollzug $Z2^*$ und die Materialkenngrößen M des Metallbandes 1 zugeführt. In diesem Fall implementiert der Funktionsblock 15 zusätzlich zum reinen Transport der Abschnitte 9 des Metallbandes 1 das Kriechverhalten der Sollbreiten b^* der im Funktionsblock 15 gepufferten Abschnitte 9 des Metallbandes 1. Der Funktionsblock 15 führt also für die gepufferten Abschnitte 9 die jeweilige Sollbreite b^* nach dem Walzen in dem zugeordneten Walzgerüst 5b in Abhängigkeit von dem im Metallband 1 nach dem zugeordneten Walzgerüst 5b gewünschten Sollzug $Z2^*$, der Solltemperatur T^* und den Materialkenngrößen M des Metallbandes 1 nach. Implizit gehen in die Ermittlung des Funktionsblocks 15 weiterhin der Abstand a zum nachgeordneten Walzgerüst 5c (genauer: der Abstand a zuzüglich dem zwischen dem zugeordneten Walzgerüst 5b und dem nachgeordneten Walzgerüst 5c gespeicherten Bandvorrat) und die Bandgeschwindigkeit v hinter dem zugeordneten Walzgerüst 5b ein. Denn diese beiden Größen a, v bestimmen die Transportzeit, für welche die Abschnitte 9 des Metallbandes 1 sich im Zwischengerütbereich zwischen dem zugeordneten Walzgerüst 5b und dem nachgeordneten Walzgerüst 5c befinden. Der Funktionsblock 15 stellt zum Zeitpunkt des Walzens eines jeweiligen Abschnittes 9 des Metallbandes 1 im nachgeordneten Walzgerüst 5c die Sollbreite b^* vor dem Walzen in dem nachgeordneten Walzgerüst 5c der dem nachgeordneten Walzgerüst 5c zugeordneten Breitensteuereinrichtung 13 zur Verfügung.

[0057] Der Abstand a ist eine feste Größe, die nur einmal parametrisiert werden muss. Falls auch der gespei-

cherte Bandvorrat mit berücksichtigt werden soll, ist dies einfach möglich. Denn der gespeicherte Bandvorrat kann auf einfache Weise durch die Position eines Schlingenhoppers 20 ermittelt werden, der zwischen dem zugeordneten Walzgerüst 5b und dem nachgeordneten Walzgerüst 5c angeordnet ist. Die Bandgeschwindigkeit v kann im Betrieb variieren. Es ist möglich, die Bandgeschwindigkeit v mittels einer entsprechenden Messeinrichtung direkt zu messen. Alternativ kann die Umfangsgeschwindigkeit von Walzen des zugeordneten Walzgerüsts 5b gemessen werden und daraus in Verbindung mit der bekannten Voreilung die Bandgeschwindigkeit v ermittelt werden. Wiederum alternativ kann die Umfangsgeschwindigkeit von Walzen des nachgeordneten Walzgerüsts 5 gemessen werden und daraus in Verbindung mit der bekannten Nacheilung die Bandgeschwindigkeit v ermittelt werden. Welche Vorgehensweise ergriffen wird, liegt im Belieben des Fachmanns.

[0058] Der Funktionsblock 16 ist vom Ansatz her bau- und funktionsgleich zum Funktionsblock 14. Es sind jedoch folgende Eingangsgrößen geändert:

- Anstelle der Sollbreite b^* wird die Istbreite b des momentan im zugeordneten Walzgerüst 5b gewalzten Abschnitts 9 des Metallbandes 1 herangezogen. Im Falle der dem ersten Walzgerüst 5 der Fertigstraße 3 zugeordneten Breitensteuereinrichtung 13 korrespondiert die Istbreite b mit der den Abschnitten 9 im Schritt S2 von FIG 3 zugeordneten Istbreite b . Im Falle der anderen Breitensteuereinrichtungen 13 wird die Istbreite b vom Funktionsblock 17 der dem vorgeordneten Walzgerüst 5a zugeordneten Breitensteuereinrichtung 13 zur Verfügung gestellt.
- Anstelle des Sollzuges $Z1^*$ wird ein um einen vorderen Zusatzsollwert $\delta Z1^*$ korrigierter Sollzug herangezogen. Im Falle der dem ersten Walzgerüst 5 der Fertigstraße 3 zugeordneten Breitensteuereinrichtung 13 weist der vordere Zusatzsollwert $\delta Z1^*$ den Wert 0 auf. Im Falle der anderen Breitensteuereinrichtungen 13 wird der vordere Zusatzsollwert $\delta Z1^*$ vom Funktionsblock 19 der dem vorgeordneten Walzgerüst 5 zugeordneten Breitensteuereinrichtung 13 zur Verfügung gestellt.
- Anstelle des Sollzuges $Z2^*$ wird ein um einen hinteren Zusatzsollwert $\delta Z2^*$ korrigierter Sollzug herangezogen. Der hintere Zusatzsollwert $\delta Z2^*$ wird gemäß FIG 7 vom Funktionsblock 19 der jeweiligen Breitensteuereinrichtung 13 zur Verfügung gestellt.
- Anstelle der Solltemperatur T^* wird die Isttemperatur T herangezogen. Im Falle der dem ersten Walzgerüst 5 der Fertigstraße 3 zugeordneten Breitensteuereinrichtung 13 korrespondiert die Isttemperatur T mit der den Abschnitten 9 im Schritt S2 von FIG 3 zugeordneten Isttemperatur T . Im Falle der anderen Breitensteuereinrichtungen 13 wird die Isttemperatur T von der dem vorgeordneten Walzgerüst 5a zugeordneten Breitensteuereinrichtung 13 zur Verfügung gestellt.

[0059] Die übrigen Größen sind identisch mit denen des Funktionsblocks 14.

[0060] Anhand der dem Funktionsblock 16 zugeführten Größen ermittelt der Funktionsblock 16 eine Istbreite nach dem Walzen im dem zugeordneten Walzgerüst 5b. Der Funktionsblock 16 ordnet dem entsprechenden Abschnitt 9 des Metallbandes 1 die ermittelte Istbreite als neue Istbreite b zu. Die neue Istbreite b führt der Funktionsblock 16 dem Funktionsblock 17 zu. Der Funktionsblock 16 modelliert also intern bezogen auf die Istwerte b , T des jeweiligen Abschnittes 9 des Metallbandes 1 dessen Breitenverhalten im Walzspalt des zugeordneten Walzgerüsts 5b.

[0061] Der Funktionsblock 17 ist vom Ansatz her bau- und funktionsgleich zum Funktionsblock 15. Falls der Funktionsblock 17 jedoch - analog zum Funktionsblock 15 - nicht nur den Transport der Abschnitte 9 des Metallbandes 1 (einschließlich der den Abschnitten 9 zugeordneten Istgrößen b , T) zum nachgeordneten Walzgerüst 5c, sondern auch das das Kriechverhalten der Istbreiten b der im Funktionsblock 15 gepufferten Abschnitte 9 des Metallbandes 1 implementiert, werden dem Funktionsblock 17 der um den hinteren Zusatzsollwert $\delta Z2^*$ korrigierte Sollzug $Z2^*$ und weiterhin - wie auch beim Funktionsblock 15 - die Materialkenngrößen M des Metallbandes 1 zugeführt. In diesem Fall führt der Funktionsblock 17 also für die gepufferten Abschnitte 9 die jeweilige Istbreite b nach dem Walzen in dem zugeordneten Walzgerüst 5b in Abhängigkeit von dem um den hinteren Zusatzsollwert $\delta Z2^*$ korrigierten Sollzug $Z2^*$, der Isttemperatur T und den Materialkenngrößen M des Metallbandes 1 nach. Implizit gehen in die Ermittlung des Funktionsblocks 17 wie zuvor beim Funktionsblock 15 auch der Abstand a zum nachgeordneten Walzgerüst 5c und die Bandgeschwindigkeit v hinter dem zugeordneten Walzgerüst 5b ein.

[0062] Weiterhin - und hier besteht ein Unterschied zum Funktionsblock 15 - führt der Funktionsblock 17 in der Regel die Isttemperatur T der Abschnitte 9, die im Funktionsblock 17 gepuffert sind, kontinuierlich modellgestützt nach. Die entsprechenden Modelle sind dem Fachmann aus den beiden oben genannten Fachaufsätzen und auch anderweitig bekannt. Im Ergebnis wird daher während des Durchlaufens der Abschnitte 9 des Metallbandes 1 durch die Fertigstraße 3 die Isttemperatur T der Abschnitte 9 kontinuierlich modellgestützt nachgeführt.

[0063] Dem Funktionsblock 18 werden vom Funktionsblock 14 die neu ermittelte Sollbreite b^* und vom Funktionsblock 15 die neu ermittelte Istbreite b zugeführt. Der Funktionsblock 15 bildet die Differenz δb zwischen Sollbreite b^* und Istbreite b . Weiterhin puffert der Funktionsblock 18 die von ihm ermittelte Differenz δb . Die Pufferung ist derart bestimmt, dass der Abschnitt 9 des Metallbandes 1, auf den die ermittelte Differenz δb bezogen ist, sich zu dem Zeitpunkt, zu dem die Differenz δb vom Funktionsblock 18 ausgegeben wird, an einer vorbestimmten Stelle zwischen dem zugeordneten Walzgerüst

5b und dem nachgeordneten Walzgerüst 5c befindet.

[0064] Die vorbestimmte Stelle kann nach Bedarf festgelegt sein. Bei der vorbestimmten Stelle kann es sich beispielsweise um denjenigen Ort handeln, an welchem der dem zugeordneten Walzgerüst 5b nachgeordnete Schlingenheber 20 auf das Metallband 1 wirkt. Alternativ kann es sich um einen Ort im Bereich der Mitte zwischen dem zugeordneten Walzgerüst 5b und dem nachgeordneten Walzgerüst 5c handeln, insbesondere exakt um die Mitte. Vorzugsweise kann die vorbestimmte Stelle der jeweiligen Breitensteuereinrichtung 13 vorgegeben werden, insbesondere vom Bediener 12 oder von der bereits erwähnten übergeordneten Steuereinrichtung.

[0065] Der Funktionsblock 18 führt die Differenz δb dem Funktionsblock 19 zu. Dem Funktionsblock 19 werden weiterhin der Sollzug $Z2^*$, die Solltemperatur T^* und die Isttemperatur T sowie die Parameter P des im jeweiligen Walzgerüst 5 erfolgenden Walzvorgangs zugeführt. Oftmals werden dem Funktionsblock 19 weiterhin die von den Funktionsblöcken 14 und 16 ausgegebenen Breiten b^* , b als solche zugeführt. Anhand der ihm zugeführten Größen ermittelt der Funktionsblock 19 den hinteren Zusatzsollwert $\delta Z2^*$. Die Ermittlung erfolgt derart, dass die Istbreite b des im zugeordneten Walzgerüst 5b gewalzten Abschnitts 9 des Metallbandes 1 der Sollbreite b^* des gewalzten Abschnitts 9 angenähert wird. Insbesondere erfolgt die Ermittlung vorzugsweise derart, dass die Annäherung für den Zeitpunkt optimiert wird, zu dem der Abschnitt 9, für den der hintere Zusatzsollwert $\delta Z2^*$ ermittelt wird, aus dem nachgeordneten Walzgerüst 5c ausläuft.

[0066] Es ist möglich, dass die Ermittlung derart erfolgt, dass die Istbreite b gleich der Sollbreite b^* wird, also eine vollständige Korrektur erfolgt. Alternativ ist es möglich, dass nur eine teilweise Korrektur erfolgt. Welche Vorgehensweise im Einzelfall ergriffen wird, liegt im Belieben des Fachmanns. Insbesondere ist es möglich, für die vorderen Walzgerüste 5 der Fertigstraße 3 eine vollständige oder nahezu vollständige Korrektur vorzunehmen, so dass in den hinteren Walzgerüsten 5 der Fertigstraße 3 keine oder nur noch Restkorrekturen vorgenommen werden müssen.

[0067] Der Funktionsblock 19 führt den hinteren Zusatzsollwert $\delta Z2^*$ weiterhin einem Zugregler 21 zu. Dem Zugregler 21 werden weiterhin der Sollzug $Z2^*$ und ein Istzug $Z2$, der im Metallband 1 hinter dem zugeordneten Walzgerüst 5b herrscht, zugeführt. Der Zugregler 21 stellt den Istzug $Z2$, der im Metallband 1 hinter dem zugeordneten Walzgerüst 5b herrscht, entsprechend dem um den hinteren Zusatzsollwert $\delta Z2^*$ korrigierten Sollzug $Z2^*$ ein. Beispielsweise kann der Zugregler 21 zu diesem Zweck entsprechend der Darstellung in FIG 7 auf den Schlingenheber 20 wirken. Alternativ oder zusätzlich kann der Zugregler 21 auf die Walzenumfangsgeschwindigkeit des zugeordneten Walzgerüsts 5b und/oder des nachgeordneten Walzgerüsts 5c einwirken. Alternativ oder zusätzlich kann der Zugregler 21 auf die Anstellung des nachgeordneten Walzgerüsts 5c einwirken.

[0068] Zusammengefasst betrifft die vorliegende Erfindung somit folgenden Sachverhalt:

Vor dem Walzen eines Metallbandes 1 in einer Fertigstraße 3 werden für Abschnitte 9 des Metallbandes 1 jeweils deren Istbreite b_0 und deren Isttemperatur T_0 erfasst. Aus den erfassten Größen b_0 , T_0 abgeleitete Größen b_F , T_F und die korrespondierenden Sollgrößen b^* , T^* werden den Abschnitten 9 zugeordnet. Die Abschnitte 9 des Metallbandes 1 werden während des Durchlaufens der Fertigstraße 3 wegverfolgt. Den Walzgerüsten 5 ist jeweils eine Breitensteuereinrichtung 13 zugeordnet. Die Breitensteuereinrichtungen 13 ermitteln anhand von verschiedenen Eingangsgrößen die Sollbreite b^* und die Istbreite b nach dem Walzen im zugeordneten Walzgerüst 5b. Die Breitensteuereinrichtungen 13 ermitteln weiterhin einen hinteren Zusatzsollwert $\delta Z2^*$, um welchen der Sollzug $Z2^*$ hinter dem zugeordneten Walzgerüst 5b korrigiert wird, um die Istbreite b an die Sollbreite b^* anzunähern. Der hintere Zusatzsollwert $\delta Z2$ wird sowohl bei der Ermittlung der Istbreite b berücksichtigt als auch einem Zugregler 21 zugeführt, der einen im Metallband 1 hinter dem zugeordneten Walzgerüst 5b herrschenden Istzug $Z2$ entsprechend dem korrigierten Sollzug $Z2^*$ einstellt. Für die Ermittlung des hinteren Zusatzsollwertes $\delta Z2^*$ wird unter anderem die Differenz δb von Sollbreite b^* und Istbreite b eines Abschnitts 9 des Metallbandes 1 herangezogen, der sich an einer vorbestimmten Stelle hinter dem zugeordneten Walzgerüst 5 befindet.

[0069] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. So wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung beispielsweise keinerlei Messung von Temperaturen T und Breiten b innerhalb der Fertigstraße 3 benötigt. Nur vor der Fertigstraße 3 ist eine derartige Erfassung erforderlich. Diese Erfassungen sind üblicherweise vorhanden. Zusätzlich kann am Auslauf der Fertigstraße 3 zur Qualitätskontrolle, zur Adaption der verwendeten Prozessmodelle und eventuell zur optionalen Breitenregelung die Breite b erfasst werden. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Falls zusätzlich zur erfindungsgemäßen Breitensteuerung auch eine Breitenregelung realisiert wird, korrigiert die Breitenregelung in Abhängigkeit von der Istbreite b hinter der Fertigstraße 3 und der Sollbreite b^* an dieser Stelle zumindest die Sollbreiten b^* , eventuell auch die Istbreiten b . Die Korrektur erfolgt für die einzelnen Walzgerüste 5, denen eine Breitensteuereinrichtung 13 zugeordnet ist. Die Korrektur erfolgt derart, dass die ermittelten Zusatzsollwerte $\delta Z1^*$, $\delta Z2^*$ die Breitenabweichung am Auslauf der Fertigstraße 3 kompensieren. Die Stelleingriffe werden innerhalb der Fertigstraße 3 auf mehrere Walzgerüste 5 aufgeteilt. Hierbei dominiert vorzugsweise die Kompensation in den vorderen Walzgerüsten 5. In den hinteren Walzgerüsten 5 werden vorzugsweise nur noch Restabweichungen ausgeglichen.

[0070] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Walzen eines Metallbandes (1) in einer Fertigstraße (3), die mehrere von dem Metallband (1) nacheinander durchlaufene Walzgerüste (5) aufweist,

- wobei für Abschnitte (9) des Metallbandes (1) vor dem Einlaufen in die Fertigstraße (3) jeweils deren Istbreite (b₀) und deren Isttemperatur (T₀) erfasst werden,

- wobei den Abschnitten (9) des Metallbandes (1) jeweils eine aus der erfassten Istbreite (b₀) abgeleitete Istbreite (b), eine anfängliche Sollbreite (b₀^{*}), eine aus der erfassten Isttemperatur (T₀) abgeleitete Isttemperatur (T) und eine Solltemperatur (T^{*}) zugeordnet werden,

- wobei die Abschnitte (9) des Metallbandes (1) während des Durchlaufens der Fertigstraße (3) wegverfolgt werden,

- wobei zumindest den Walzgerüsten (5) mit Ausnahme des letzten Walzgerüsts (5) jeweils eine Breitensteuereinrichtung (13) zugeordnet ist,

- wobei die jeweilige Breitensteuereinrichtung (13) für den in dem zugeordneten Walzgerüst (5b) gewalzten Abschnitt (9) des Metallbandes (1)

- anhand von dessen Sollbreite (b^{*}) vor dem Walzen im zugeordneten Walzgerüst (5b), eines im Metallband (1) vor dem zugeordneten Walzgerüst (5b) gewünschten Sollzuges (Z₁^{*}), eines im Metallband (1) nach dem zugeordneten Walzgerüst (5b) gewünschten Sollzuges (Z₂^{*}), der dem jeweiligen Abschnitt (9) zugeordneten Solltemperatur (T^{*}) und Parametern (P) des im zugeordneten Walzgerüst (5b) erfolgenden Walzvorgangs eine Sollbreite (b^{*}) nach dem Walzen im zugeordneten Walzgerüst (5b) ermittelt und dem jeweiligen Abschnitt (9) des Metallbandes (1) zuordnet,

- anhand von dessen Istbreite (b) vor dem Walzen im zugeordneten Walzgerüst (5b), des um einen vorderen Zusatzsollwert (δZ₁^{*}) korrigierten im Metallband (1) vor dem zugeordneten Walzgerüst (5b) gewünschten Sollzuges (Z₁^{*}), des um einen hinteren Zusatzsollwert (δZ₂^{*}) korrigierten

im Metallband (1) nach dem zugeordneten Walzgerüst (5b) gewünschten Sollzuges (Z₂^{*}), der dem jeweiligen Abschnitt (9) zugeordneten Isttemperatur (T) und den Parametern (P) des im zugeordneten Walzgerüst (5b) erfolgenden Walzvorgangs eine Istbreite (b) nach dem Walzen im zugeordneten Walzgerüst (5b) ermittelt und dem jeweiligen Abschnitt (9) des Metallbandes (1) zuordnet,

- wobei die jeweilige Breitensteuereinrichtung (13) anhand des im Metallband (1) nach dem zugeordneten Walzgerüst (5b) gewünschten Sollzuges (Z₂^{*}), der Solltemperatur (T^{*}) und der Isttemperatur (T) des im zugeordneten Walzgerüst (5b) gewalzten Abschnitts (9) des Metallbandes (1), der Differenz (δb) von Sollbreite (b^{*}) und Istbreite (b) eines Abschnitts (9) des Metallbandes (1), der sich an einer vorbestimmten Stelle hinter dem zugeordneten Walzgerüst (5b) befindet, sowie der Parameter (P) des Walzvorgangs den hinteren Zusatzsollwert (δZ₂^{*}) ermittelt,

- wobei die jeweilige Breitensteuereinrichtung (13) den hinteren Zusatzsollwert (δZ₂^{*}) derart ermittelt, dass die Istbreite (b) des im zugeordneten Walzgerüst (5b) gewalzten Abschnitts (9) des Metallbandes (1) der Sollbreite (b^{*}) des gewalzten Abschnitts (9) angenähert wird,

- wobei die jeweilige Breitensteuereinrichtung (13) den hinteren Zusatzsollwert (δZ₂^{*}) einem jeweiligen Zugregler (21) zuführt, der einen im Metallband (1) hinter dem zugeordneten Walzgerüst (5b) herrschenden Istzug (Z₂) entsprechend dem um den hinteren Zusatzsollwert (δZ₂^{*}) korrigierten Sollzug (Z₂^{*}) einstellt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die erfassten Istbreiten (b₀), vorzugsweise auch die erfassten Isttemperaturen (T₀), gefiltert werden, insbesondere tiefpassgefiltert.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, dass durch die Filterung in der gefilterten Größe (b_F, T_F) gegenüber der ungefilterten Größe (b₀, T₀) kein Phasenversatz induziert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass entweder die erfassten Größen (b₀, T₀) in einem symmetrischen Filter gefiltert werden oder die erfassten Größen (b₀, T₀) einer ersten Filterung unterzogen werden und so vorläufig gefilterte Istgrößen (b_V, T_V) ermittelt werden und sodann die vorläufig gefilterten Istgrößen (b_V, T_V) einer zweiten Filterung unterzogen

- werden und so die gefilterten Istgrößen (bF, TF) ermittelt werden oder die erfassten Größen (b0, T0) sowohl der ersten Filterung als auch der zweiten Filterung unterzogen werden und als gefilterte Istgrößen (bF, TF) die Mittelwerte der beiden Filterungen verwendet werden und dass die beiden Filterungen relativ zueinander invers phasenbehaftet sind. 5
5. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die anfängliche Sollbreite (b*) vorgegeben wird oder anhand der den Abschnitten (9) zugeordneten Istbreite (bF) ermittelt wird. 10
6. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorbestimmte Stelle vorgegeben wird. 15
7. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest für das von dem Metallband (1) zuerst durchlaufene Walzgerüst (5) der Fertigstraße (3) ein Zeitpunkt (t1) erfasst wird, zu dem das Metallband (1) in dieses Walzgerüst (5) einläuft, und dass anhand dieses Zeitpunkts (t0) die Wegverfolgung angepasst wird. 20 25
8. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Endwalztemperatur vorgegeben ist und die Endwalztemperatur als Solltemperatur (T*) verwendet wird und/oder dass während des Durchlaufens der Abschnitte (9) des Metallbandes (1) durch die Fertigstraße (3) die Isttemperatur (T) kontinuierlich modellgestützt nachgeführt wird. 30 35
9. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Parameter (P) des Walzvorgangs, bezogen auf das zugeordnete Walzgerüst (5b), die Walzkraft, das Walzmoment, die Bandgeschwindigkeit (v) einlaufseitig und/oder auslaufseitig des zugeordneten Walzgerüsts (5b), der Walzspalt, die Stichabnahme, die gedrückte Länge an Metallband (1) und Materialgrößen (M) des Metallbandes (1) herangezogen werden. 40 45
10. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweilige Breitensteuereinrichtung (13) für die in dem zugeordneten Walzgerüst (5b) bereits gewalzten Abschnitte (9) des Metallbandes (1) 50
- die Sollbreite (b*) nach dem Walzen in Abhängigkeit von dem Abstand (a) zum nachgeordneten Walzgerüst (5c), der Bandgeschwindigkeit (v) hinter dem zugeordneten Walzgerüst (5b), dem im Metallband (1) nach dem zugeordneten Walzgerüst (5b) gewünschten Sollzug (Z2*), der Solltemperatur (T*) und Materialkenngrößen (M) des Metallbandes (1) nachführt und
- die Istbreite (bF) nach dem Walzen in Abhängigkeit von dem Abstand (a) zum nachgeordneten Walzgerüst (5c), der Bandgeschwindigkeit (v) hinter dem zugeordneten Walzgerüst (5b), dem um den hinteren Zusatzsollwert ($\delta Z2^*$) korrigierten im Metallband (1) nach dem zugeordneten Walzgerüst (5b) gewünschten Sollzug (Z2*), der Isttemperatur (T) und den Materialkenngrößen (M) des Metallbandes (1) nachführt.
11. Computerprogramm, das Maschinencode (8) umfasst, der von einer Steuereinrichtung (6) für eine Fertigstraße (3) abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (8) durch die Steuereinrichtung (6) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (6) die Fertigstraße (3) gemäß einem Verfahren nach einem der obigen Ansprüche betreibt.
12. Steuereinrichtung für eine Fertigstraße (3), wobei die Steuereinrichtung mit einem Computerprogramm (7) nach Anspruch 11 programmiert ist, so dass die Steuereinrichtung die Fertigstraße (3) gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 betreibt.
13. Fertigstraße zum Walzen eines Metallbandes (1),
- wobei die Fertigstraße mehrere von dem Metallband (1) nacheinander durchlaufene Walzgerüste (5) aufweist,
- wobei die Fertigstraße eine Steuereinrichtung (6) aufweist, welche die Fertigstraße gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 betreibt.

FIG 1

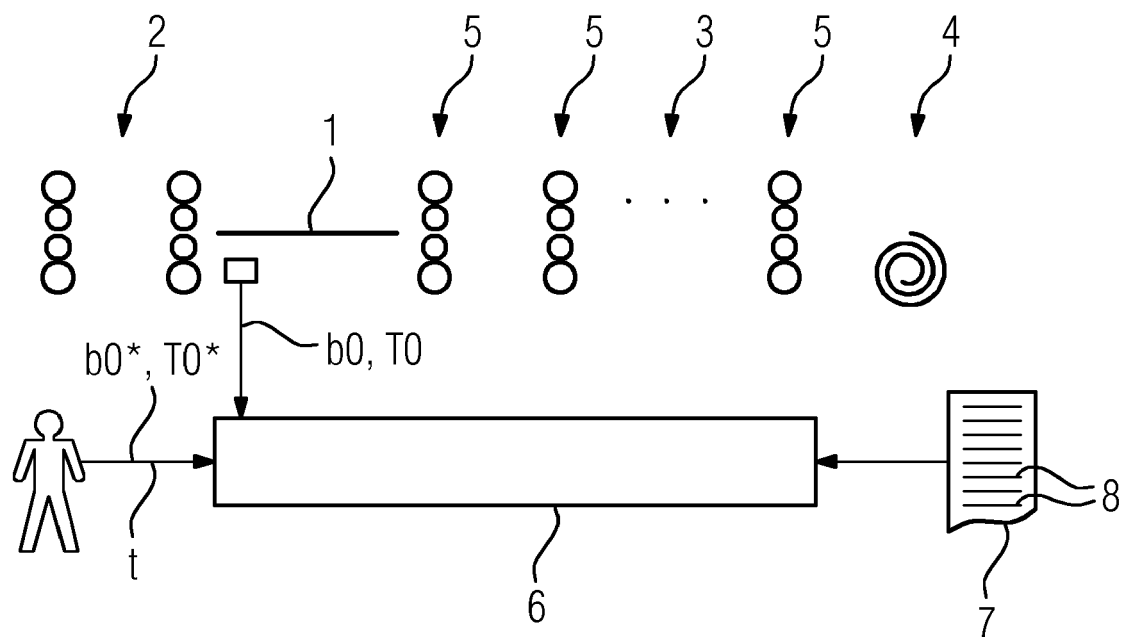


FIG 2

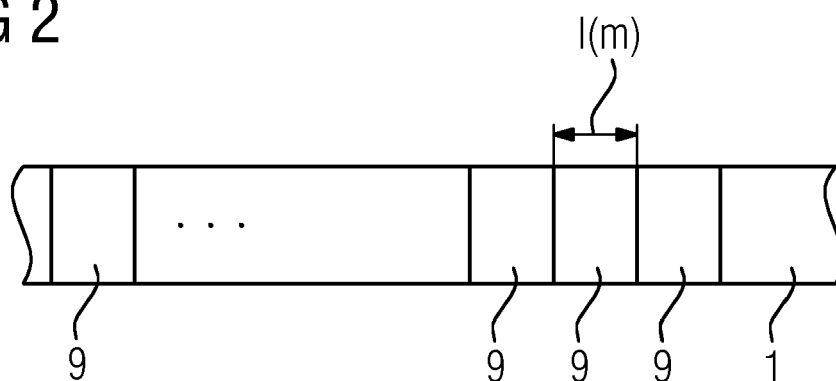


FIG 3

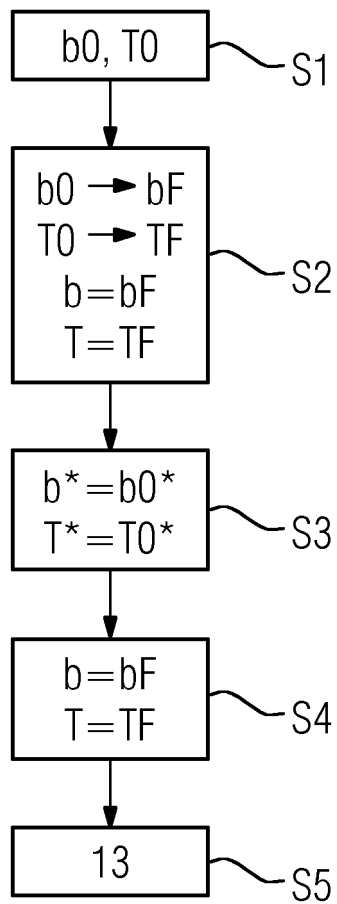


FIG 4

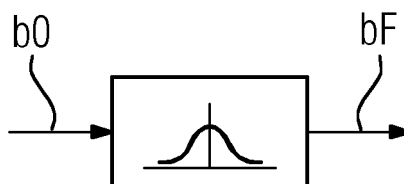


FIG 5

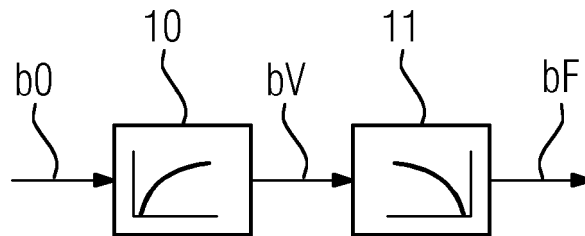


FIG 6

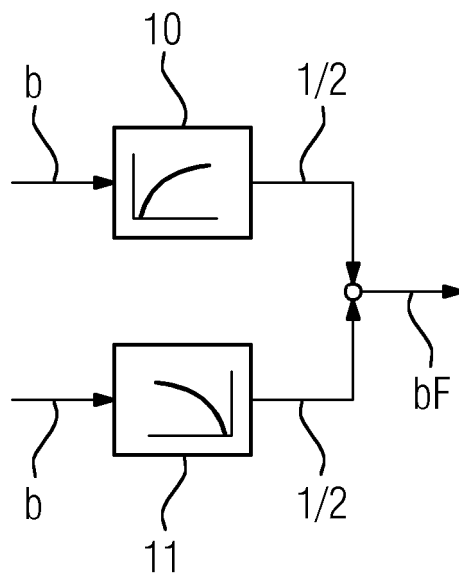
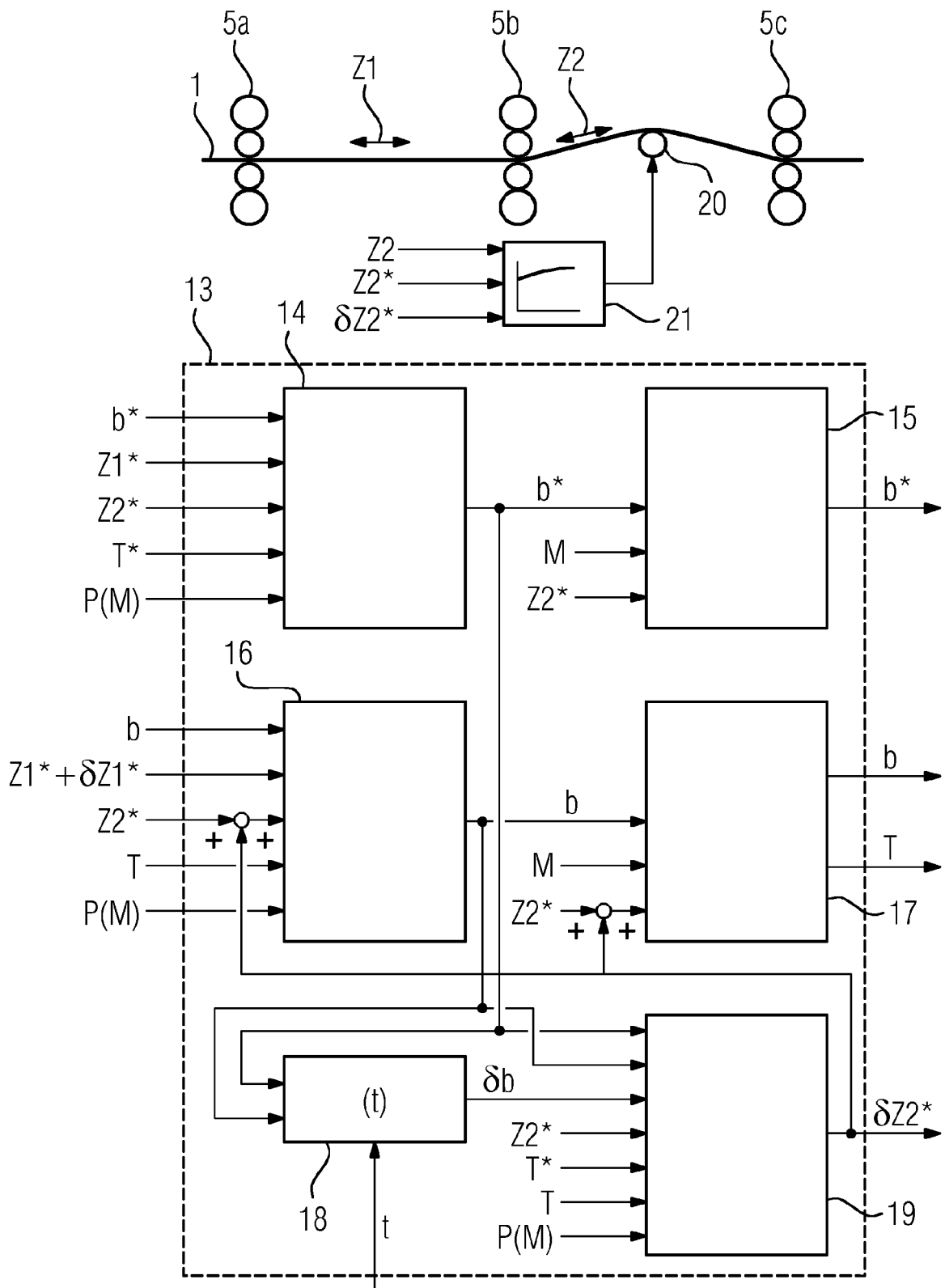


FIG 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 18 5055

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	DE 103 38 470 B4 (VOEST ALPINE IND ANLAGEN [AT]) 27. September 2007 (2007-09-27) * Ansprüche 1-22; Abbildungen 1-2 *	1-13	INV. B21B37/22
A	JP H04 84612 A (KOBÉ STEEL LTD) 17. März 1992 (1992-03-17) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 *	1-13	
A	JP H04 100620 A (SUMITOMO METAL IND) 2. April 1992 (1992-04-02) * Zusammenfassung *	1-13	
A	JP S61 52917 A (KAWASAKI STEEL CO; TOSHIBA CORP) 15. März 1986 (1986-03-15) * Zusammenfassung *	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. Februar 2015	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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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 14 18 5055

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

19-02-2015

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 10338470 B4	27-09-2007	AT 500765 A1 DE 10338470 A1	15-03-2006 25-03-2004
15	JP H0484612 A	17-03-1992	KEINE	
	JP H04100620 A	02-04-1992	KEINE	
20	JP S6152917 A	15-03-1986	JP H0324283 B2 JP S6152917 A	02-04-1991 15-03-1986
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

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 Patentedokumente

- DE 10338470 B4 [0011]
- DE 19851053 A1 [0012]
- EP 0375095 B1 [0013]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **M. NAKAYAMA et al.** Development of Automatic Width Control System for Hot Strip Finishing Mills. *Proceedings of the Third International Conference on Technology of Plasticity, Kyoto*, 01. Juli 1990, vol. II, 791-796 [0008]
- **HARALD NATUSCH et al.** Automatische Breitenregelung in der Warmbandstraße Borlänge der SSAB Tunnsplatt. *stahl und eisen*, 2002, vol. 122 (11), 93-100 [0009]
- **Y. HOSHI et al.** Automatic width control system using interstand tension in hot strip finishing mill. *Metallurgie-CIT*, November 1996, 1413-1420 [0010]
- **ATSUSHI ISHII et al.** Strip width variation behaviour and its mathematical model in hot strip finishing mills. *Proceedings of The 7th International Conference on Steel Rolling*, 1998, 93-98 [0014]
- **CHEOL JAE PARK et al.** Direct Width Control Systems Based on Width Prediction Models in Hot Strip Mill. *ISIJ International*, 2007, vol. 47 (1), 105-113 [0015]
- **ATSUSHI ISHII.** Strip width variation behaviour and its mathematical model in hot strip finishing mills [0055]
- **CHEOL JAE PARK.** Direct Width Control Systems Based on Width Prediction Models in Hot Strip Mill [0055]