

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 371/2013
(22) Anmeldetag: 03.05.2013
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2014

(51) Int. Cl.: **C21D 1/02** (2006.01)
C21D 9/52 (2006.01)
C21D 11/00 (2006.01)
G05D 5/00 (2006.01)
G05D 23/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
KR 102008100162 A
AT 408623 B
JP 2002294351 A
US 20100219567 A1
CN 201915121 U
JP 2012011448 A
JP 2012201956 A
US 20080135137 A1
WO 2005099923 A1

(73) Patentinhaber:
SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES
GMBH
4031 LINZ (AT)

(72) Erfinder:
Burger Rainer
90491 Nürnberg (DE)
Linsbod Robert Dipl.Ing.
4020 Linz (AT)
Linzer Bernd Dipl.Ing. Dr.
4020 Linz (AT)
Rimnac Axel Dipl.Ing.
4020 Linz (AT)

(74) Vertreter:
MIKOTA JOSEF DR.
4020 LINZ (AT)

(54) Bestimmung der ferritischen Phasenanteile beim Abkühlen eines Stahlbands

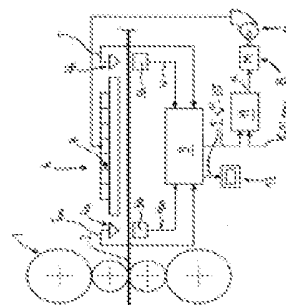
(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_a^{(i)}$ beim Abkühlen eines Stahlbands (2) in einer metallurgischen Anlage. Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Summe der ferritischen Phasenanteile im Stahlband (2) online, rasch, und mit möglichst einfachen Mitteln bestimmt werden kann. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, das folgende Verfahrensschritte aufweist:

- Messen einer Breite w_{FM} und einer Temperatur T_{FM} des Stahlbands (2), wobei sich das Stahlband (2) während der Messungen vollständig im austenitischen Zustand befindet;
- Abkühlen des Stahlbands (2), wobei im Stahlband (2) zumindest teilweise eine Phasenumwandlung $\gamma \rightarrow \alpha$ vom austenitischen Zustand γ in einen ferritischen Zustand α stattfindet;
- Messen einer Breite w und einer Temperatur T des zumindest teilweise umgewandelten Stahlbands (2);

- Bestimmen der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_a^{(i)}$ durch

$$\sum_i x_a^{(i)} = \frac{w[1 + \alpha_\gamma(T_{FM} - T_0)] - w_{FM} - w_{FM}\alpha_\gamma(T - T_0)}{w_{FM}[\alpha_\alpha(T - T_0) - \alpha_\gamma(T - T_0)]}$$

Fig 2



Beschreibung

[0001] Bestimmung der ferritischen Phasenanteile beim Abkühlen eines Stahlbands

GEBIET DER TECHNIK

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(i)}$ beim Abkühlen eines Stahlbands in einer metallurgischen Anlage, wie einem Warmwalzwerk. Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

STAND DER TECHNIK

[0003] Nach dem Stand der Technik ist es bekannt, die Phasenanteile in einem Stahlband über das sog. Barkhausen-Rauschen oder die Messung der magnetischen Hysterese zu bestimmen. Außerdem ist es bekannt, die Phasenanteile in einem Stahlband durch eine sog. post-mortem Analyse zu bestimmen, umfassend die Schritte Probennahme, Probenaufbereitung und eine metallkundliche Analyse der aufbereiteten Probe. Durch die post-mortem Analyse kann indirekt (d.h. über das Gefüge) die in der Kühlstrecke vorhandenen Prozessbedingungen rückgeschlossen werden.

[0004] Nachteilig an der Messung des Barkhausen-Rauschens oder der Messung der magnetischen Hysterese ist, dass der Messkopf sehr nahe an das Band herangeführt werden muss. Außerdem sind zusätzliche Messgeräte notwendig, die in einer metallurgischen Anlage typischerweise nicht vorhanden sind.

[0005] Nachteilig an der post-mortem Analyse ist, dass erst längere Zeit nachdem die Herstellung des Stahlbands abgeschlossen ist, auf das Erreichen der geforderten Eigenschaften des ausgebildeten Gefüges rückgeschlossen werden kann. Durch die lange Zeitverzögerung bei der post-mortem Analyse kann sie für den geregelten Ausgleich transienter Bedingungen bei der Herstellung des Stahlbands - z.B. bei einer Verlangsamung der Gießgeschwindigkeit aufgrund eines Pfannenwechsels, die bei einer Gieß-Walz-Verbundanlage mit einer Reduktion der Durchlaufgeschwindigkeit des Stahlbands durch eine Kühlstrecke einhergeht - nicht eingesetzt werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0006] Die Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile des Stands der Technik zu überwinden und ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile beim Abkühlen eines Stahlbands in einem metallurgischen Prozessschritt anzugeben, mit denen die Summe der ferritischen Phasenanteile am Ende des Prozessschritts unter der Voraussetzung eines austenitischen Anfangszustandes am Beginn des Prozessschritts

- online, d.h. ohne Unterbrechung des laufenden Betriebs,
- rasch, d.h. innerhalb einer kurzen Zeit für die Messung und Auswertung,
- mit möglichst einfachen Mitteln, d.h. ohne aufwändige Messgeräte,
- ohne eine aufwändige Auswertung, und
- mit ausreichend hoher Genauigkeit bestimmt werden

kann.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(i)}$ beim Abkühlen eines Stahlbands gelöst, das folgende Verfahrensschritte aufweist:

- Messen einer Breite w_{FM} und einer Temperatur T_{FM} des Stahlbands, wobei sich das

Stahlband während der Messungen vollständig im austenitischen Zustand befindet;

- Abkühlen des Stahlbands, wobei im Stahlband zumindest teilweise eine Phasenumwandlung $\gamma \rightarrow \alpha$ vom austenitischen Zustand γ in einen ferritischen Zustand α stattfindet;
- Messen einer Breite w und einer Temperatur T des zumindest teilweise umgewandelten Stahlbands;
- Bestimmen der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(i)}$ durch

$$\sum_i x_{\alpha}^{(i)} = \frac{w[1 + \alpha_{\gamma}(T_{FM} - T_0)] - w_{FM} - w_{FM}\alpha_{\gamma}(T - T_0)}{w_{FM}[\alpha_{\alpha}(T - T_0) - \alpha_{\gamma}(T - T_0)]}$$

[0008] Dabei wird - typischerweise unmittelbar nach dem austenitischen Fertigwalzen (wobei das Stahlband beim letzten Walzstich ein vollständig austenitisches Gefüge aufweist) des Stahlbands - die Breite w_{FM} und die Temperatur T_{FM} des Stahlbands gemessen. Beide Messungen erfolgen vorteilhafterweise berührungslos, z.B. durch eine optische Breitenmessung bzw. einen Pyrometer. Für eine möglichst hohe Genauigkeit ist es vorteilhaft, wenn beide Messungen ungefähr zur selben Zeit auf demselben Abschnitt des - typischerweise ungeschnittenen - Bands erfolgen. Anschließend wird das Stahlband, z.B. in einer Laminar-Kühlstrecke, abgekühlt, wodurch das Gefüge des Stahlbands zumindest teilweise vom austenitischen Zustand γ d.h. vom Austenit) in einen ferritischen Zustand α (z.B. in einen Ferrit, einen Martensit...) umgewandelt wird. Nach dem Abkühlen des Stahlbands inkl. der vollständigen oder partiellen Umwandlung des Gefüges im Stahlband, wird wiederum die Breite w und die Temperatur T des zumindest teilweise umgewandelten Stahlbands ermittelt. Auch hierbei ist es vorteilhaft, wenn beide Messungen ungefähr zur selben Zeit auf demselben Abschnitt des Bands erfolgen. Schließlich wird die Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(i)}$ durch die Formel

$$\sum_i x_{\alpha}^{(i)} = \frac{w[1 + \alpha_{\gamma}(T_{FM} - T_0)] - w_{FM} - w_{FM}\alpha_{\gamma}(T - T_0)}{w_{FM}[\alpha_{\alpha}(T - T_0) - \alpha_{\gamma}(T - T_0)]}$$

bestimmt, wobei zur Bestimmung neben den Breiten w_{FM} und w , den Temperaturen T_{FM} und T , lediglich einige physikalische Parameter für das Stahlband, wie die Längenausdehnungsfunktionen α_{γ} für Austenit und α_{α} für Ferrit verwendet werden. Diese Funktionen werden typischerweise als linear angenommen; deren Parameter - in der Literatur meist als linear Längenausdehnungskoeffizienten bezeichnet - sind dem Fachmann bekannt, z.B. aus http://www.memory-metalle.de/html/03_knowhow/PDF/MM_04_properties_d.pdf bzw. <http://www.attempo.com/Daten/Kernmaterialien.pdf>. Schließlich handelt es sich bei T_0 um eine Referenztemperatur von typischerweise 20 °C.

[0009] Bei einer alternativen Ausführungsform der Erfindung wird anstelle des linearen Längenausdehnungskoeffizienten der sog. räumliche Längenausdehnungskoeffizient verwendet. Dabei wird über die Längen- und Breitenänderung des Stahlbands während einer Abkühlung auf die Summe der ferritischen Phasenanteile rückgeschlossen.

[0010] Durch die Erfindung kann der umgewandelte Gefügeanteil online, d.h. während des laufenden Betriebs der metallurgischen Anlage, mit einer ausreichend hohen Genauigkeit und im Wesentlichen durch Gerätschaften bestimmt werden, die typischerweise bereits in metallurgischen Anlagen vorhanden sind. Zudem kann die Summe der - während des betrachteten Prozessschrittes entstandenen - Phasenanteile durch die obige Formel einfach und rasch ausgewertet werden.

[0011] Durch die Erfindung sollen auch jene Fälle mitumfasst werden, bei denen das Stahlband anfangs nicht vollständig, jedoch im hinreichenden Maße bzw. im Wesentlichen - austenitisch vorliegt. Die angegebene Formel gilt exakt für den vollständig austenitischen Anfangszustand

und kann als hinreichend genaue Näherung für annähernd austenitische Anfangszustände verwendet werden.

[0012] Im Allgemeinen ist es vorteilhaft, das erfindungsgemäße Verfahren in einer Warmwalzstraße einzusetzen, bei dem das Stahlband vor dem Messen der Breite w_{FM} und der Temperatur T_{FM} des Stahlbands vollständig im austenitischen Zustand warmgewalzt wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Messen der Breite w_{FM} und der Temperatur T_{FM} des Stahlbands unmittelbar nach dem Warmwalzen des Stahlbands erfolgt. Dadurch wird eine teilweise Phasenumwandlung vom austenitischen Zustand zwischen dem Warmwalzen und den Messungen verhindert.

[0013] Beim Warmwalzen kann es zweckmäßig sein, wenn das Messen der Breite w und der Temperatur T des zumindest teilweise umgewandelten Stahlbands unmittelbar vor dem Aufwickeln erfolgt. Allerdings könnten diese Messungen auch vorher, z.B. am Ende der Kühlstrecke, erfolgen.

[0014] Typischerweise wird das Stahlband nach dem Messen der Breite w_{FM} und der Temperatur T_{FM} in einer Kühlstrecke abgekühlt.

[0015] Die Phasenumwandlung kann besonders genau eingestellt werden, wenn die Kühlung in der Kühlstrecke in Abhängigkeit der auf diesem Wege ermittelten Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(1)}$ eingestellt wird.

[0016] Im einfachsten Fall wird die Kühlstrecke gesteuert eingestellt. Eine besonders genaue Einstellung der Phasenumwandlung erfolgt geregelt, d.h. durch einen Soll-Ist-Vergleich, wobei die Abweichung zwischen dem Soll- und dem Ist-Wert der Summe der ferritischen Phasenanteile für die Einstellung der Kühlstrecke verwendet wird. Dadurch kann selbst bei transienten Betriebsbedingungen der Umwandlungsgrad in der Kühlstrecke genau vorgegeben werden.

[0017] Eine Vorrichtung zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(1)}$ beim Abkühlen eines Stahlbands in einer Kühlstrecke, insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, weist auf

- eine erste Temperaturmesseinrichtung zur Messung von T_{FM} und eine erste Breitenmesseinrichtung zur Messung von w_{FM} ;

- eine zweite Temperaturmesseinrichtung zur Messung von T und eine zweite Breitenmesseinrichtung zur Messung von w , wobei die erste Temperaturmesseinrichtung und die erste Breitenmesseinrichtung vor der Kühlstrecke und die zweite Temperaturmesseinrichtung und die zweite Breitenmesseinrichtung nach der Kühlstrecke angeordnet sind; und

- eine Recheneinheit zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(1)} = \frac{w[1 + \alpha_{\gamma}(T_{FM} - T_0)] - w_{FM} - w_{FM}\alpha_{\gamma}(T - T_0)}{w_{FM}[\alpha_{\alpha}(T - T_0) - \alpha_{\gamma}(T - T_0)]}$, wobei die Recheneinheit signaltechnisch

mit der ersten Temperaturmesseinrichtung, der ersten Breitenmesseinrichtung, der zweiten Temperaturmesseinrichtung und der zweiten Breitenmesseinrichtung verbunden ist.

[0018] Eine Beeinflussung der Phasenumwandlung während des Betriebs der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist möglich, wenn die Kühlstrecke zumindest eine Kühldüse mit einer Stelleinrichtung aufweist, wobei die Recheneinheit signaltechnisch mit der Stelleinrichtung verbunden ist, sodass die Summe der ferritischen Phasenanteile in der Kühlstrecke eingestellt werden kann.

[0019] Die Stelleinrichtung kann z.B. als ein Ventil, bspw. ein Kugelhahn mit Drehantrieb, ausgeführt sein, wobei das Ventil vom Kühlmedium (z.B. Wasser, Luft oder Wasser mit Luft etc.) durchströmt wird. Bei einer anderen Ausführungsform kann z.B. die Drehzahl einer Kreislumpum-

pe eingestellt werden, wodurch der Druck des Kühlmediums eingestellt werden kann.

[0020] Zweckmäßig ist es, wenn zwischen der Recheneinheit und der Stelleinrichtung eine Steuereinrichtung ist. Vorteilhaft ist es, wenn dazwischen eine Regeleinrichtung angeordnet ist.

[0021] Vorteilhaft ist es, wenn die Kühlstrecke in der Transportrichtung des Stahlbands zumindest zwei Abschnitte aufweist, wobei vor jedem Abschnitt eine erste Temperaturmesseinrichtung und eine erste Breitenmesseinrichtung und nach jedem Abschnitt eine zweite Temperaturmesseinrichtung und eine zweite Breitenmesseinrichtung angeordnet sind, und jeder Abschnitt eine Recheneinheit zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(i)}$ aufweist. Dadurch kann die Phasenumwandlung auch innerhalb der Abschnitte der Kühlstrecke ermittelt werden.

[0022] Besonders vorteilhaft ist es, wenn jede Kühlstrecke zumindest eine Kühldüse mit einer Stelleinrichtung aufweist, und die Recheneinheit signaltechnisch mit der Stelleinrichtung verbunden ist, sodass die Summe der ferritischen Phasenanteile in der Kühlstrecke eingestellt werden kann. Dadurch kann die Phasenumwandlung innerhalb der Kühlstrecke ganz gezielt beeinflusst werden, z.B. gesteuert oder geregelt.

[0023] Um eine Verfälschung der Temperaturmesswerte T_{FM} und T durch Kühlwasser zu verhindern, ist es vorteilhaft, wenn vor der ersten und/oder der zweiten Temperaturmesseinrichtung eine Abblaseeinrichtung zum Abblasen des Stahlbands angeordnet ist. Bei der Abblaseeinrichtung kann es sich z.B. um eine Luftdüse handeln, die durch Druckluft Kühlwasser vom Stahlband abbläst.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0024] Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung nicht einschränkender Ausführungsbeispiele, wobei auf die folgenden Figuren Bezug genommen wird, die Folgendes zeigen:

[0025] Fig. 1 eine Seitenansicht und eine Darstellung im Grundriss eines Teils eines Warmwalzwerks mit einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

[0026] Fig. 2 eine Seitenansicht eines Teils eines Warmwalzwerks mit einer Variante der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0027] Die Fig. 1 zeigt einen hinteren Teil eines Warmwalzwerks zur Produktion eines Stahlbands. Konkret wird im Warmwalzwerk ein Stahlband 2 aus dem Werkstoff CK60 mit einer Dicke von 2 mm und einer Breite von 1800 mm produziert. Das Stahlband 2 wird im letzten Walzgerüst 1 der nicht vollständig dargestellten Fertigwalzstraße vollständig im austenitischen Zustand bei einer Temperatur von $T_{FM} = 800^{\circ}\text{C}$ fertiggewalzt und verlässt das letzte Walzgerüst 1 mit einer Transportgeschwindigkeit von bspw. 6 bis 8 m/s. Unmittelbar nach dem Fertigwalzen wird die Temperatur T_{FM} des Stahlbands 2 durch eine erste Temperaturmesseinrichtung 4a, konkret einen Pyrometer, erfasst. Zeitgleich dazu wird die Breite des Stahlbands 2 durch eine erste Breitenmesseinrichtung 5a, die hier als Kamera ausgebildet ist, erfasst. Anschließend wird das Stahlband 2 in einer Kühlstrecke 6 abgekühlt, wodurch sich der austenitische Phasenanteil γ im Gefüge des Stahlbands 2 zumindest teilweise in ferritische Phasenanteile α umwandelt. Ziel der Erfindung ist es, den Grad der Umwandlung $\gamma \rightarrow \alpha$ in der Kühlstrecke 6 bzw. nach der Kühlstrecke (z.B. vor dem Aufwickeln in der Wickeleinrichtung 3) zu bestimmen. Dazu wird das Stahlband 2 in der durch den Pfeil dargestellten Transportrichtung durch die Kühlstrecke 6 bewegt und dabei abgekühlt. Die Abkühlung des Bands 2 erfolgt durch mehrere Kühldüsen, die nicht extra dargestellt worden sind. Nach der Kühlstrecke 6 wird die Temperatur T und die Breite w des Stahlbands 2 durch eine zweite Temperaturmesseinrichtung

tung 4b, konkret einen Pyrometer oder eine Wärmekamera, und eine zweite Breitenmessenrichtung 5b erfasst. Anschließend wird das Stahlband durch die Wickeleinrichtung 3 zu einem Haspel (engl. coil) aufgewickelt.

[0028] Durch die Kenntnis der Temperaturen und Breiten an zumindest zwei Stellen des Bands vor und nach einer Abkühlung sowie unter der Voraussetzung eines vollständig austenitischen Anfangszustandes und der Längenausdehnungskoeffizienten für Ferrit und Austenit, kann die Summe der ferritischen Phasenanteile ermittelt werden. Dies wird nachfolgend skizziert:

[0029] Die Breite w eines Stahlbands in Abhängigkeit der Temperatur T ist gegeben durch $w = w_0[1 + \alpha(T - T_0)]$, wobei w_0 der Breite des Stahlbands bei einer Referenztemperatur T_0 von typischerweise 20 °C entspricht und α der lineare Temperatursdehnungskoeffizient ist. Selbstverständlich kann anstelle des linearen Ansatzes auch ein polynomialer Ansatz mit höherer Ordnung verwendet werden.

[0030] Da die austenitische Phase γ einen anderen Längenausdehnungskoeffizient α_γ als eine ferritische Phase $\alpha^{(i)}$ mit $\alpha_\alpha^{(i)}$ aufweist, kann die Breite eines Stahlbands, das einen Anteil $x_\alpha^{(i)}$ einer ferritischen Phase (i) und einen Anteil x_γ der austenitischen Phase γ aufweist, in einem gemischten Ansatz wie folgt angeschrieben werden

$$w = w_0 \left[1 + x_\gamma \alpha_\gamma (T - T_0) + \sum_i x_\alpha^{(i)} \alpha_\alpha^{(i)} (T - T_0) \right]$$

[0031] Nimmt man weiter an, dass nur eine ferritische Phase im Stahlband bei der Abkühlung vorhanden ist, so vereinfacht sich die vorige Ausdruck zu

$$w = w_0 [1 + x_\gamma \alpha_\gamma (T - T_0) + x_\alpha \alpha_\alpha (T - T_0)]$$

[0032] Weiter ist bekannt, dass die Summe der austenitischen Phase und aller ferritischen Phasen stets 1 beträgt, d.h.

$$x_\gamma + \sum_i x_\alpha^{(i)} = 1$$

[0033] Liegt nur eine ferritische Phase vor, so gilt $x_\gamma + x_\alpha = 1$

[0034] Für den Fall mit nur einer ferritischen Phase gilt somit

$$w = w_0 [1 + (1 - x_\alpha) \alpha_\gamma (T - T_0) + x_\alpha \alpha_\alpha (T - T_0)]$$

[0035] Somit gilt für den ferritischen Phasenanteil

$$x_\alpha = \frac{\frac{w}{w_0} - 1 - \alpha_\gamma (T - T_0)}{(T - T_0)(\alpha_\alpha - \alpha_\gamma)}$$

[0036] Die Breite w_{FM} des Stahlbands bei einer Temperatur T_{FM} beim austenitischen Walzen ist gegeben durch

$$w_{FM} = w_0 [1 + \alpha_\gamma (T_{FM} - T_0)]$$

wobei α_γ der lineare Ausdehnungskoeffizient von Austenit ist.

[0037] Durch Kombination der letzten zwei Gleichungen gilt

$$x_{\alpha} = \frac{w[1 + \alpha_{\gamma}(T_{FM} - T_0)] - w_{FM} - w_{FM}\alpha_{\gamma}(T - T_0)}{w_{FM}[\alpha_{\alpha}(T - T_0) - \alpha_{\gamma}(T - T_0)]}$$

[0038] Konkret ergibt sich für $\alpha_{\gamma} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$ und $\alpha_{\alpha} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ aus der letzten Gleichung bei $T = 400^{\circ}\text{C}$ und einer Breite von $w = 1,7923 \text{ m}$ ein ferritischer Phasenanteil $x_{\alpha} = 20\%$.

[0039] Die Fig. 2 zeigt eine weitere Seitenansicht eines hinteren Teils eines anderen Warmwalzwerks zur Erzeugung eines Stahlbands 2. Hierin sind die Temperaturmesswerte T_{FM} und T der ersten und zweiten Temperaturmeseinrichtungen 4a und 4b, sowie die Breitenmesswerte w_{FM} und w der ersten und zweiten Breitenmeseinrichtungen 5a und 5b symbolisch dargestellt. Die Messwerte T_{FM} , T , w_{FM} und w werden in einer Recheneinheit 9 verarbeitet, wobei unter Berücksichtigung weiterer physikalischer Parameter des Stahls der Ist-Wert der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(1)}$ bestimmt wird. Zum Einen wird der Ist-Wert in einer als Display ausgebildeten Ausgabeeinheit 12 angezeigt, zum Anderen wird der Ist-Wert einer Regeleinrichtung 11 zugeführt, die durch einen Soll-Ist-Vergleich mit einem Soll-Wert der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(1)}$ eine nicht dargestellte Regelabweichung berechnet. In Abhängigkeit der Regelabweichung gibt die Regeleinrichtung zumindest eine Stellgröße u aus, die im konkreten Fall einem Elektromotor M als Stelleinrichtung 8 zugeführt wird. In Abhängigkeit der Stellgröße u verändert der Motor M seine Drehzahl, was wiederum den Druck des Kühlmediums beeinflusst, der von der Kreispumpe 14 den einzelnen Kühldüsen 7 der Kühlstrecke 6 zugeführt wird. Durch diese Anordnung wird sichergestellt, dass der Ist-Wert der Summe der ferritischen Phasenanteile im Stahlband 2 dem Soll-Wert weitgehend entspricht, und zwar im Wesentlichen unabhängig von transienten Veränderungen in der Betriebsführung des Warmwalzwerks. Die beiden Breitenmeseinrichtungen 5a, 5b sind bei dieser Ausführungsform als sog. Zeilenkameras unterhalb des Bands 2 ausgebildet. Nicht dargestellt sind die beiden als Druckluftdüsen ausgebildeten Abblaseeinrichtungen bei den Pyrometern 4a, 4b.

[0040] Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Walzgerüst
2	Stahlband
3	Wickeleinrichtung
4a	erste Temperaturmesseinrichtung
4b	zweite Temperaturmesseinrichtung
5a	erste Breitenmesseinrichtung
5b	zweite Breitenmesseinrichtung
6	Kühlstrecke
7	Kühldüse
8	Stelleinrichtung
9	Recheneinheit
11	Regeleinrichtung
12	Ausgabeeinheit
14	Kreiselpumpe
α	linearer Wärmeausdehnungskoeffizient
T	Temperatur
u	Stellgröße
w	Breite
x	Phasenanteil

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(1)}$ beim Abkühlen eines Stahlbands (2), aufweisend die Verfahrensschritte:
 - Messen einer Breite w_{FM} und einer Temperatur T_{FM} des Stahlbands (2), wobei sich das Stahlband (2) während der Messungen vollständig im austenitischen Zustand befindet;
 - Abkühlen des Stahlbands (2), wobei im Stahlband (2) zumindest teilweise eine Phasenumwandlung $\gamma \rightarrow \alpha$ vom austenitischen Zustand γ in einen ferritischen Zustand α stattfindet;
 - Messen einer Breite w und einer Temperatur T des zumindest teilweise umgewandelten Stahlbands (2);
 - Bestimmen der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(1)}$ durch

$$\sum_i x_{\alpha}^{(1)} = \frac{w[1 + \alpha_{\gamma}(T_{FM} - T_0)] - w_{FM} - w_{FM}\alpha_{\gamma}(T - T_0)}{w_{FM}[\alpha_{\alpha}(T - T_0) - \alpha_{\gamma}(T - T_0)]}$$
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Stahlband (2) vor dem Messen der Breite w_{FM} und der Temperatur T_{FM} warmgewalzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messen der Breite w_{FM} und der Temperatur T_{FM} des Stahlbands (2) unmittelbar nach dem Warmwalzen des Stahlbands (2) erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messen der Breite w und der Temperatur T des zumindest teilweise umgewandelten Stahlbands (2) unmittelbar vor dem Aufwickeln desselben erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Stahlband (2) nach dem Messen der Breite w_{FM} und der Temperatur T_{FM} in einer Kühlstrecke (6) abgekühlt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlung innerhalb der Kühlstrecke (6) in Abhängigkeit von der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(1)}$ eingestellt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstellung der Kühlstrecke (6) gesteuert erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstellung der Kühlstrecke (6) geregelt erfolgt.
9. Vorrichtung zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(1)}$ beim Abkühlen eines Stahlbands (2) in einer Kühlstrecke (6), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, aufweisend
 - eine erste Temperaturmesseinrichtung (4a) zur Messung von T_{FM} und eine erste Breitenmesseinrichtung (5a) zur Messung von w_{FM} ;
 - eine zweite Temperaturmesseinrichtung (4b) zur Messung von T und eine zweite Breitenmesseinrichtung (5b) zur Messung von w , wobei die erste Temperaturmesseinrichtung (4a) und die erste Breitenmesseinrichtung (5a) vor der Kühlstrecke (6) und die zweite Temperaturmesseinrichtung (4b) und die zweite Breitenmesseinrichtung (5b) nach der Kühlstrecke (6) angeordnet sind;

- eine Recheneinheit (9) zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile

$$\sum_i x_{\alpha}^{(1)} = \frac{w[1 + \alpha_{\gamma}(T_{FM} - T_0)] - w_{FM} - w_{FM}\alpha_{\gamma}(T - T_0)}{w_{FM}[\alpha_{\alpha}(T - T_0) - \alpha_{\gamma}(T - T_0)]}$$

wobei die Recheneinheit (9) signaltechnisch mit der ersten Temperaturmesseinrichtung (4a), der ersten Breitenmesseinrichtung (5a), der zweiten Temperaturmesseinrichtung (4b) und der zweiten Breitenmesseinrichtung (5b) verbunden ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Kühlstrecke (6) zumindest eine Kühldüse (7) mit einer Stelleinrichtung (8) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinheit (9) signaltechnisch mit der Stelleinrichtung (8) verbunden ist, sodass die Summe der ferritischen Phasenanteile in der Kühlstrecke (6) eingestellt werden kann.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der Recheneinheit (9) und der Stelleinrichtung (8) eine Steuereinrichtung oder eine Regeleinrichtung (11) angeordnet ist, wobei die Steuer- oder Regeleinrichtung (11) signaltechnisch mit der Recheneinheit (9) und der Stelleinrichtung (8) verbunden ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlstrecke (6) in der Transportrichtung des Stahlbands (2) zumindest zwei Abschnitte aufweist, wobei vor jedem Abschnitt eine erste Temperaturmesseinrichtung (4a) und eine erste Breitenmesseinrichtung (5a) und nach jedem Abschnitt eine zweite Temperaturmesseinrichtung (4b) und eine zweite Breitenmesseinrichtung (5b) angeordnet sind, und jeder Abschnitt eine Recheneinheit (9) zur Bestimmung der Summe der ferritischen Phasenanteile $\sum_i x_{\alpha}^{(1)}$ aufweist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Kühlstrecke (6) zumindest eine Kühldüse (7) mit einer Stelleinrichtung (8) aufweist, und die Recheneinheit (9) signaltechnisch mit der Stelleinrichtung (8) verbunden ist, sodass die Summe der ferritischen Phasenanteile in der Kühlstrecke (6) eingestellt werden kann.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor der ersten und/oder der zweiten Temperaturmesseinrichtung (4a, 4b) eine Abblaseeinrichtung zum Abblasen des Stahlbands (2) angeordnet ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Fig 1

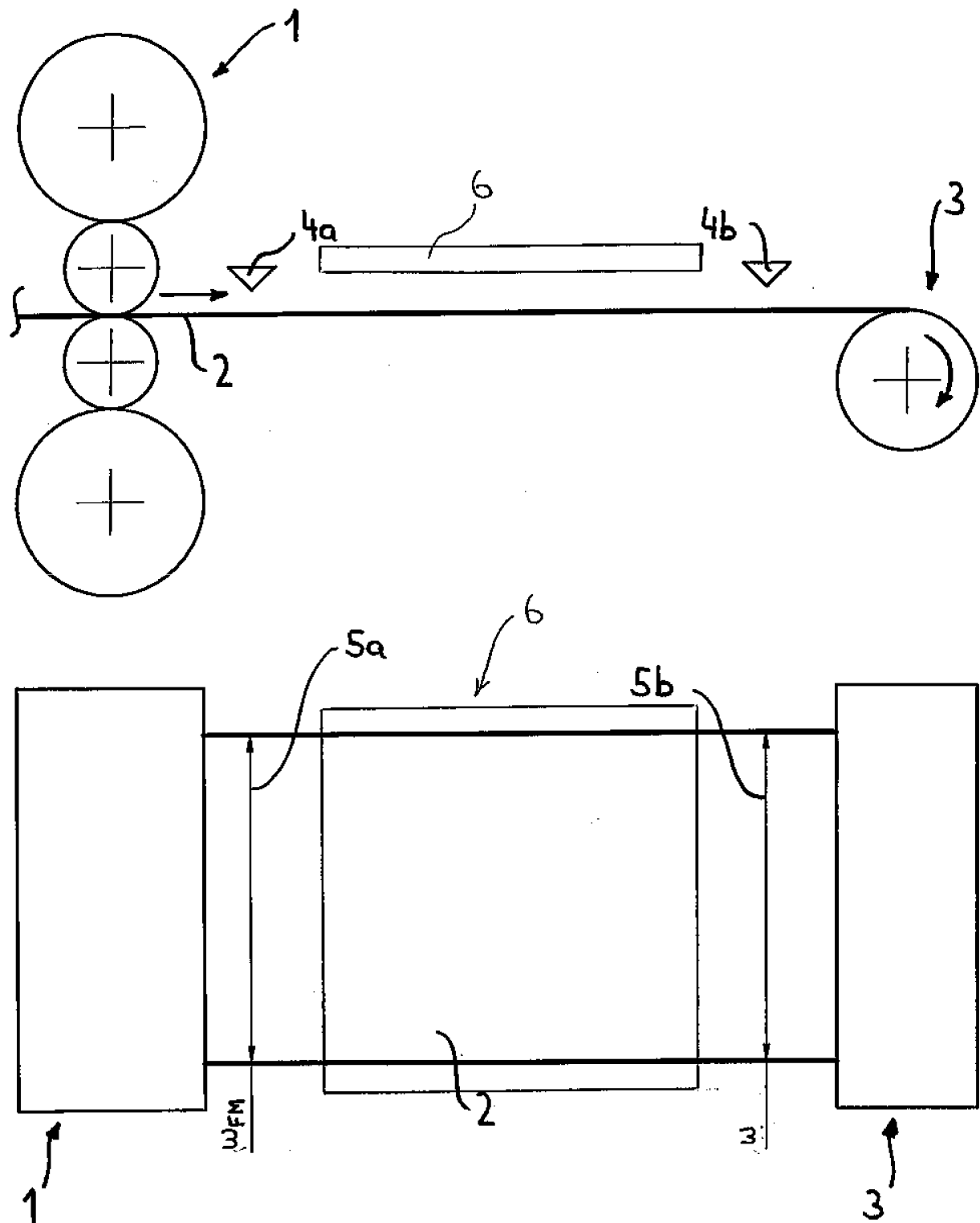


Fig 2

