

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 754/2010
(22) Anmeldetag: 04.05.2010
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2011

(51) Int. Cl. : **B21B 1/26** (2006.01)
B21B 45/02 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C21D 8/04 (2006.01)

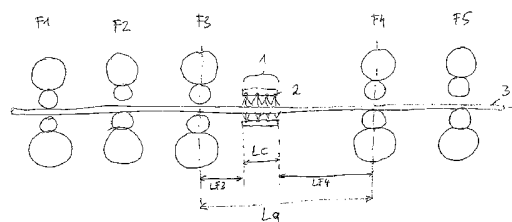
(56) Entgegenhaltungen:
DE 19531538A1 DE 69730154T2
DE 69819773T2 WO 00/30776A1
DE 69812712T2 DE 69730750T2
DE 19712616A1 DE 60028875T2
EP 0823294A1
WO 2007/132436A2

(73) Patentanmelder:
SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES
GMBH
A-4031 LINZ (AT)

(72) Erfinder:
ECKERSTORFER GERALD DIPL.ING.
LEONDING (AT)
HOHENBICHLER GERALD DIPL.ING. DR.
KRONSTORF (AT)
LINZER BERND DR.
LINZ (AT)

(54) **VERFAHREN ZUM WARMWALZEN VON STAHLBÄNDERN UND WARMWALZSTRASSE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Warmwalzen von Stahlbändern (3) in mehreren aufeinander folgenden Walzgerüsten (F1-F5), wobei die Stahlbänder zuerst im austenitischen Zustand und anschließend, nach einer Flüssigkeitskühlung, im ferritischen Zustand in einem oder mehreren Walzgerüsten auf die Enddicke fertig gewalzt werden. Um sicherzustellen, dass das Stahlband nach der Kühlung tatsächlich den ferritischen Zustand erreicht, wird vorgesehen, dass die Enddicke des Stahlbandes (3) kleiner 3 mm ist, dass die Differenz zwischen der Auslauftemperatur des Stahlbandes aus dem letzten Walzgerüst (F3) vor der Flüssigkeitskühlung und der Gleichgewichts-Austenitgrenztemperatur durch Regelung der Auslauftemperatur auf nicht größer als 70 K, vorzugsweise nicht größer als 50 K, bevorzugt kleiner als 25 K eingestellt wird, und dass die Flüssigkeitskühlung zwischen zwei Walzgerüsten in Abhängigkeit von der Länge L_c einer Kühlstrecke (1) erfolgt, indem in der Kühlstrecke beidseits des Stahlbandes (3) zumindest je eine Flüssigkeitsmenge $Q_u > 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, insbesondere $Q_u > 2 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, aber nicht mehr als $Q_u = 7 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, bevorzugt $Q_u < 4 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite aufgebracht wird.



201005413



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Warmwalzen von Stahlbändern (3) in mehreren aufeinander folgenden Walzgerüsten (F1-F5), wobei die Stahlbänder zuerst im austenitischen Zustand und anschließend, nach einer Flüssigkeitskühlung, im ferritischen Zustand in einem oder mehreren Walzgerüsten auf die Enddicke fertig gewalzt werden.

Um sicherzustellen, dass das Stahlband nach der Kühlung tatsächlich den ferritischen Zustand erreicht, wird vorgesehen, dass die Enddicke des Stahlbands (3) kleiner 3 mm ist, dass die Differenz zwischen der Auslauftemperatur des Stahlbandes aus dem letzten Walzgerüst (F3) vor der Flüssigkeitskühlung und der Gleichgewichts-Austenitgrenztemperatur durch Regelung der Auslauftemperatur auf nicht größer als 70 K, vorzugsweise nicht größer als 50 K, bevorzugt kleiner als 25 K eingestellt wird, und dass die Flüssigkeitskühlung zwischen zwei Walzgerüsten in Abhängigkeit von der Länge L_c einer Kühlstrecke (1) erfolgt, indem in der Kühlstrecke beidseits des Stahlbandes (3) zumindest je eine Flüssigkeitsmenge $Q_u > 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, insbesondere $Q_u > 2 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, aber nicht mehr als $Q_u = 7 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, bevorzugt $Q_u < 4 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite aufgebracht wird.

(Fig.)

201005413

004055

1

1

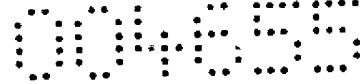
Beschreibung**Verfahren zum Warmwalzen von Stahlbändern und Warmwalzstraße****GEBIET DER ERFINDUNG**

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Warmwalzen von Stahlbändern in mehreren aufeinander folgenden Walzgerüsten, wobei die Stahlbänder zuerst im austenitischen Zustand und anschließend, nach einer intensiven Zwischengerüst-Flüssigkeitskühlung, im ferritischen Zustand in einem oder mehreren
- 10 Walzgerüsten auf die Enddicke fertig gewalzt werden, sowie eine entsprechende Warmwalzstraße.

Man spricht von Warmwalzen, wenn das Walzgut beim Walzen eine Temperatur oberhalb seiner Rekristallisationstemperatur aufweist. Bei Stahl ist dies der Bereich oberhalb von etwa 720°C, üblicherweise wird bei Temperaturen bis zu 1200°C warm gewalzt.

- 15 Beim Warmwalzen von Stahl befindet sich das Metall meist im austenitischen Zustand, wo die Eisenatome kubisch flächenzentriert angeordnet sind. Hier sind Umformgrade, also das Verhältnis von Ausgangsdicke zu Eingangsdicke, von bis zu 1:250 möglich: es können beispielsweise in einer Warmbreitbandstraße ausgehend von einer Brammendicke von typischer Weise 240 mm Enddicken von
- 20 0,8 mm erreicht werden. Man spricht dann von Walzen im austenitischen Zustand, wenn sowohl die Walzanfangs- als auch die Walzendtemperatur im Austenitgebiet des jeweiligen Stahls liegen. Das Austenitgebiet eines Stahls ist abhängig von der Stahlzusammensetzung, liegt aber in der Regel über 800°C.

- 25 Wenn man wegen des definierten Materialverhaltens ausschließlich im Austenitgebiet walzt, so kann die Enddicke nicht beliebig klein gewählt werden, weil das Walzgut bei jedem Walzvorgang abkühlt und schließlich aus dem Austenitgebiet herausfällt. Dem kann nur dadurch begegnet werden, dass das Walzgut die Warmwalzgerüste bereits mit verringerter Dicke erreicht, also entweder in einer Vorwalzstraße entsprechend reduziert wurde oder in einer –
- 30 entkoppelten – Dünnbandgießanlage hergestellt wird, weil die Kapazität einer



201005413

2

Dünnbandgießanlage in der Regel nicht für einen gekoppelten Betrieb ausreicht. Die Verringerung der Dicke des Walzguts vor dem Warmwalzen führt somit zu erheblichen Kapazitätseinbußen, die direkte Koppelung der Warmwalzgerüste an eine Strangguss- oder Bandgießanlage mit hoher Kapazität zur Durchführung des sogenannten direkt gekoppelten oder Endlos-Betriebs ist dann nicht möglich.

Statt im austenitischen Zustand kann Stahl aber auch im ferritischen Zustand warm gewalzt werden. Im ferritischen Zustand sind die Eisenatome kubisch raumzentriert angeordnet, der Stahl ist weicher als im austenitischen Zustand und kann leichter verformt werden. Obwohl die Temperatur des Stahls im ferritischen Zustand (Ferritgebiet) niedriger als im Austenitgebiet ist, wird doch weniger Walzkraft benötigt, um den Stahl umzuformen. Dies wird dazu ausgenützt, um noch geringere Dicken und/oder noch größere Breiten beim fertigen Stahlband zu erzielen. Der niedrige Umformwiderstand des Ferrits ist aber vorzugsweise auf einen relativ engen Temperaturbereich von 100-150°C unterhalb jener Temperatur beschränkt, wo die vollständige Gleichgewichts-Phasenumwandlung von Austenit zu Ferrit stattfindet. Diese Gleichgewichts-Austenitgrenztemperatur liegt – abhängig von der Zusammensetzung des Stahls – zwischen 800 und 900°C und ist für die meisten Stahlzusammensetzungen bekannt. Sie ist im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm, wo auf der x-Achse der Kohlenstoffgehalt in Gewichtsprozent und auf der y-Achse die Temperatur aufgetragen ist, als Linie zwischen den Punkten G und P zu erkennen. Oberhalb der Linie G-P liegen sowohl Austenit (sogenannte Gamma-Mischkristalle) als auch Ferrit (sogenannte Alpha-Mischkristalle) vor, unterhalb der Linie G-P, also unter der Gleichgewichts-Austenitgrenztemperatur, liegt nur mehr Ferrit (Alpha-Mischkristalle) vor.

25 STAND DER TECHNIK

Aus dem Stand der Technik ist die Kombination von Warmwalzen im austenitischen Zustand mit anschließendem Warmwalzen im ferritischen Zustand bereits bekannt. Die DE 196 00 990 A1 schlägt hierzu vor, das Stahlband nach dem austenitischen Walzen auf eine Zwischendicke von 2-12 mm in einem einzigen Kühlschritt abzukühlen und dann in einem oder mehreren Schritten, also in einem oder mehreren Walzgerüsten, ferritisch fertig zu walzen.

201005413

04/05

3

Allerdings kann allein durch diese Maßnahmen nicht sichergestellt werden, dass es zu einer kontrollierten Abkühlung des Stahlbands kommt und dieses – je nach Bandbreite des Stahlbands, Dicke, Temperatur vor der Kühlung, etc. - nach der Kühlung tatsächlich den ferritischen Zustand erreicht.

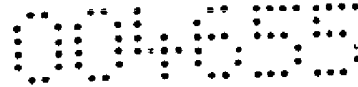
5 DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren anzugeben, dass für Stahlbänder verschiedener Bandbreite, Dicke und Temperatur vor der Kühlung sicherstellt, dass sich diese nach der Kühlung im ferritischen Zustand befinden, wobei hier bereits bei einem Anteil von > 90% ferritischem Gefüge vom Vorliegen des ferritischen Zustands gesprochen werden kann.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Enddicke des Stahlbands kleiner 3 mm, insbesondere kleiner 2,5 mm, bevorzugt kleiner 1,49 mm, ist, dass die Differenz zwischen der Auslauftemperatur des Stahlbandes aus dem letzten Walzgerüst vor der Flüssigkeitskühlung und der Gleichgewichts-Austenitgrenztemperatur durch Regelung dieser Auslauftemperatur auf nicht größer als 70 K, vorzugsweise nicht größer als 50 K, bevorzugt kleiner als 25 K eingestellt wird, und dass die Flüssigkeitskühlung zwischen zwei Walzgerüsten in Abhängigkeit von der Länge L_c einer Kühlstrecke erfolgt, indem in der Kühlstrecke beidseits des Stahlbandes zumindest je eine Flüssigkeitsmenge $Q_u > 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, insbesondere $Q_u > 2 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, aber nicht mehr als $Q_u = 7 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, bevorzugt $Q_u < 4 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite aufgebracht wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist nur dann gut anwendbar, wenn die Enddicke unter 3 mm liegt, weil nur dann in der Kühlstrecke eine ausreichende Kühlung stattfinden kann.

Das heißt für eine Bandbreite des Stahlbandes von 1 m und einer Länge L_c der Kühlstrecke von 1 m sind auf der Kühlstrecke auf jeder Seite des Bandes zumindest 284 Liter pro Minute an Flüssigkeit, in der Regel Wasser, aufzubringen, bevorzugt 568 l/min und Seite des Bandes. Wenn das Stahlband nur 0,5 m breit ist und die Länge der Kühlstrecke gleich bleibt, so sind auf der Kühlstrecke auf die



201005413

4

obere und die untere Seite des Stahlbandes zumindest jeweils 759 l/min aufzubringen, bevorzugt 1519 l/min.

In der Regel wird als Kühlflüssigkeit Wasser mit einer Anwendungstemperatur zwischen 15°C und 60°C, vorzugsweise zwischen 25°C und 40°C, eingesetzt.

- 5 Durch die erfindungsgemäße Wassermenge lässt sich bei entsprechender Regelung der Auslauftemperatur aus dem letzten Walzgerüst vor der Kühlung, welche in der Regel durch die sogenannte Level 2 Regelung der Warmwalzstraße erfolgt, eine Zwischenabkühlung des Stahlbandes von mehr als 30 K bis zu mehr als 100 K erreichen, sodass vollferritisches Gefüge des Stahlbandes sichergestellt wird, bevor es in das nächste Walzgerüst einläuft, wo dann ferritisch gewalzt wird.

Besonders gut lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren einsetzen, wenn der breitenspezifische Durchsatz durch die Walzgerüste kleiner 12 mm m/s, bevorzugt kleiner 9,5 mm m/s, ist. Der Durchsatz oder Volumenstrom wird in der Walztechnik oft als breitenspezifischer Volumenstrom angegeben, also als Volumenstrom pro 15 Einheitsbreite (1 m), und kann dabei als Produkt aus Dicke eines Bandes (meist in mm) und Bandgeschwindigkeit (meist in m/s) dargestellt werden. Für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sollte der breitenspezifische Durchsatz nicht zu hoch sein, also etwa kleiner als 15 mm m/s sein, noch besser aber kleiner als 12 mm m/s, z.B. kleiner 9,5 mm m/s.

- 20 Der erfindungsgemäße Zusammenhang wurde mit Hilfe von Versuchen erstellt. Damit die günstigen Eigenschaften des Ferrits, seine gute Verformbarkeit, beim Warmwalzen ausgenutzt werden können, muss das Walzgut, also das Stahlband, homogen sein und es dürfen im Stahlband keine signifikanten Austenitanteile vorliegen, welche die Höhe der Walzkraft erheblich beeinflussen würden. Die 25 Kühlung muss daher sicherstellen, dass im Stahlband nach der Kühlung und vor Eintritt in die folgenden Walzgerüste zum ferritischen Walzen fast ausschließlich ferritisches Gefüge, also mindestens 90% ferritisches Gefüge, vorzugsweise mindestens 95% ferritisches Gefüge, vorliegt.

In Abhängigkeit von der Banddicke nach dem Walzgerüst vor der Kühlung, dem 30 breitenabhängigen Volumenfluss sowie der Einlauftemperatur des Stahls in die Warmwalzstraße, welche die Walzgerüste zum Warmwalzen bilden, ist eine



201005413

5

intensive Abkühlung zwischen zumindest zwei Walzgerüsten notwendig, um die Umwandlung in fast ausschließlich ferritisches Gefüge sicherzustellen, wobei die Abkühlrate des Stahlbandes zumindest 40 K/s, besser noch größer 60 K/s, bevorzugt 90 K/s, innerhalb des Walzgerüstabstands (zwischen dem letzten
5 Walzgerüst vor und dem ersten Walzgerüst nach der Kühlung) betragen soll.

Die erforderliche Abkühlrate ist auch abhängig von der Auslauftemperatur des Stahlbandes nach dem Walzgerüst vor der Kühlung, von der Auslaufgeschwindigkeit aus diesem Walzgerüst und vom Abstand zwischen letztem Walzgerüst vor der Kühlung und erstem Walzgerüst nach der Kühlung.
10 Selbstverständlich spielt auch die Zusammensetzung des Stahls eine Rolle.

Hierbei wurden folgende Überlegungen angestellt: Die zu erreichende Abkühlrate T' lässt sich wie folgt berechnen:

$$T' = A * B * v_m / L_c$$

Der Faktor A hängt von der mittleren Auslauftemperatur T_m des Stahlbands aus dem letzten Walzgerüst vor der Kühlung und deren Abstand zur Gleichgewichts-Austenitgrenztemperatur T_a ab und bestimmt sich vorzugsweise wie folgt:
15

$$A = 40 + (T_m - T_a).$$

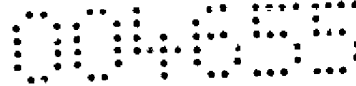
L_c steht für die Länge der Kühlstrecke, innerhalb der die Kühlrate T' zu erreichen ist. Alternativ kann für L_c auch der Gerüstabstand zwischen letztem Walzgerüst vor und erstem Walzgerüst nach der Kühlung eingesetzt werden, dann wird T' zur mittleren Abkühlrate zwischen den beiden Walzgerüsten. v_m bezeichnet die mittlere Auslaufgeschwindigkeit aus dem letzten Walzgerüst vor der Kühlung.
20

Der dimensionslose Faktor B spiegelt den Eisengehalt des Stahlbandes wider und liegt zwischen 0,95 und 1,9, wobei mit Fe der Eisengehalt des Stahls in % der Masse bezeichnet wird:
25

$$B = 0,95 + 0,5 * (100 - Fe)$$

Um eine ausreichende Kühlrate sicherzustellen, sollte die Temperaturdifferenz im Faktor A, $T_m - T_a$, nicht größer als 70 K, besser kleiner 50 K, vorzugsweise kleiner als 25 K sein. Dies kann durch die sogenannte Level 2 Automation, welche die
30 Warmwalzstraße steuert, sichergestellt werden.

201005413



6

Ausgehend von dieser Einstellung der Temperaturdifferenz ($T_m - T_a$), den bekannten Stahleigenschaften der Stahlbänder, die in der Warmwalzanlage gewalzt werden, ergibt sich bei gegebener Länge L_c der Kühlstrecke eine mindestens erforderliche Abkühlrate T' , aus welcher der mindestens erforderliche Wärmeübertragungskoeffizient ermittelt werden kann, und aus welchem wiederum aus den bekannten Zusammenhängen die erforderliche Menge an Kühlflüssigkeit (Kühlwasser) ermittelt werden kann.

Erfindungsgemäß kann vorgesehen werden, dass eine Kühlung nur zwischen vorletztem und letztem Walzgerüst einer Warmwalzstraße stattfindet, dass also am vorletzten Walzgerüst das Stahlband noch im austenitischen Zustand gewalzt wird, dann durch die Kühlung die Ferritisierung stattfindet und im letzten Walzgerüst das Stahlband im ferritischen Zustand gewalzt wird.

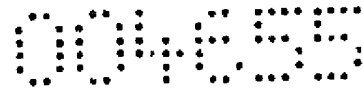
Oder es kann vorgesehen sein, dass eine Kühlung nur zwischen drittletztem und vorletztem Walzgerüst stattfindet, dass also am drittletzten Walzgerüst das Stahlband noch im austenitischen Zustand gewalzt wird, dann durch die Kühlung Ferritisierung stattfindet und im vorletzten und letzten Walzgerüst das Stahlband im ferritischen Zustand gewalzt wird. Dies hat den Vorteil, dass das vorletzte Walzgerüst in Falle nicht ausreichender Kühlung durch die vorgelagerte Kühlstrecke geöffnet werden kann, mit diesem also nicht gewalzt wird. Eine nicht ausreichende Kühlung kann etwa auftreten, wenn einzelne Einrichtungen der Kühlung, wie Düsen, versagen oder wenn die Geschwindigkeit des Stahlbandes bzw. der Massendurchsatz höher als erwartet ausfällt.

Schließlich kann auch vorgesehen sein, dass sowohl zwischen vorletztem und letztem Walzgerüst als auch zwischen drittletztem und vorletztem Walzgerüst eine Kühlung erfolgt. Dies hat den Vorteil, dass das vorletzte Walzgerüst in Falle nicht ausreichender Kühlung durch die vorgelagerte Kühlstrecke geöffnet werden kann, mit diesem also nicht gewalzt wird, und das Stahlband durch die nachgelagerte zweite Kühlung zusätzlich vor dem letzten Walzgerüst gekühlt werden kann, mit dem als einziges das Stahlband im ferritischen Zustand gewalzt wird.

Selbstverständlich kann aber auch im Falle ausreichender Kühlung bis zum ferritischen Zustand vor dem vorletzten Walzgerüst sowohl mit dem vorletzten als

201005413

7



auch mit dem letzten Walzgerüst das Stahlband im ferritischen Zustand gewalzt werden.

Um eine schnelle und intensive Kühlung des bereits relativ dünnen Bandes (unter 5 mm, insbesondere unter 3,5 mm) nach dem austenitischen Walzen

5 sicherzustellen, kann vorgesehen werden, dass die Länge L_c der Kühlstrecke zwischen 10 und 30% des Abstands zwischen vorhergehendem und nachfolgendem Walzgerüst beträgt. Beispielsweise besteht die Kühlstrecke aus zumindest zwei Reihen Spritzdüsen je Bandseite, wobei eine Düsenreihe eine Mindestlänge der Kühlstrecke von 350 mm ergibt.

10 Weiters ist es der möglichst vollständigen Austenit-Ferrit-Umwandlung dienlich, wenn die Kühlstrecke näher beim vorhergehenden als beim nachfolgenden Walzgerüst angeordnet ist, insbesondere im Zusammenhang mit einer relativ kurzen Kühlstrecke von 10 und 30% des Abstands zwischen vorhergehendem und nachfolgendem Walzgerüst. Bevorzugter Weise sollte die Kühlstrecke um

15 zumindest 20% näher beim vorhergehenden als beim nachfolgenden Walzgerüst angeordnet sein.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist am besten bei solchen Anlagen anwendbar, wo der Abstand zwischen aufeinander folgenden Walzgerüsten, zwischen denen die Kühlung stattfindet, zwischen 3,5 und 7 m beträgt. Bei diesen Abständen ist es

20 sicher möglich, dass nach der Abkühlung des Stahlbandes noch genügend Zeit für die möglichst vollständige Umwandlung des Gefüges in Ferrit stattfindet.

Die Erfindung ist weiters vorteilhaft bei Stahlbändern mit einer Breite zwischen 800 und 2000 mm anwendbar.

Die Banddicke des Stahlbandes vor der Kühlung beträgt in der Regel 1,2 bis 5

25 mm, insbesondere 1,5 bis 3,5 mm, vorzugsweise 1,8 bis 3,5 mm.

Besonders vorteilhaft am erfindungsgemäßen Verfahren ist, dass das Stahlband aus stranggegossenem Halbzeug in direkt aufeinander folgenden Arbeitsschritten fertig gewalzt werden kann. Es kann also eine direkte Koppelung der

Warmwalzanlage an eine Stranggussanlage erfolgen, sodass Stahlbänder mit

30 einer Banddicke kleiner 3 mm im Endlosverfahren hergestellt werden können. Beispielsweise könnte das Stahlband zuerst in ein bis vier Schritten vorgewalzt,

201005413

8



danach nochmals auf mindestens 1100°C aufgeheizt und anschließend in drei bis fünf Schritten fertig gewalzt werden. Dabei muss nicht erwähnt werden, dass zwischen Stranggussanlage und Warmwalzanlage selbstverständlich in bekannter Anordnung weitere Vorrichtungen wie Scheren, Öfen, Kühlanlagen,

- 5 Vorwalzanlagen, Speichieranlagen, Anlagen zum Entzundern, etc. vorhanden sein können. Selbstverständlich kann die Warmwalzanlage auch aus mehr als fünf Walzgerüsten bestehen, sodass das Stahlband in mehr als fünf Schritten fertig gewalzt werden kann.

- 10 Die Erfindung lässt sich aber auch auf eine stromabwärts einer Bandgießanlage angeordnete Warmwalzanlage anwenden.

- Eine erfindungsgemäße mehrgerüstige Warmwalzstraße weist zwischen zwei aufeinanderfolgenden Walzgerüsten eine Kühlstrecke zum beidseitigen Beaufschlagen des Stahlbandes mit Flüssigkeit und eine zugehörige Regelungseinrichtung auf, welche so eingestellt ist, dass in der Kühlstrecke
15 beidseits des Stahlbandes in Abhängigkeit von der Länge L_c der Kühlstrecke zumindest je eine Flüssigkeitsmenge $Q_u > 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, insbesondere $Q_u > 2 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, aufgebracht wird, und sieht eine Regelung vor, welche die Differenz zwischen der Auslauftemperatur des Stahlbandes aus dem letzten
20 Walzgerüst vor der Kühlstrecke und der Gleichgewichts-Austenitgrenztemperatur durch Regelung der Auslauftemperatur auf nicht größer als 70 K, vorzugsweise nicht größer als 50 K, bevorzugt kleiner als 20 K eingestellt.

Die Kühlstrecke ist jene Strecke, auf der austretende Flüssigkeit am Stahlband auftrifft.

- 25 Wie bereits beim erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben, kann die Kühlstrecke zwischen vorletztem und letztem Walzgerüst und/oder drittletztem und vorletztem Walzgerüst angeordnet sein.

Die Länge L_c der Kühlstrecke kann zwischen 10 und 30% des Abstands zwischen vorhergehendem und nachfolgendem Walzgerüst betragen.

201005413

9



Die Kühlstrecke kann näher beim vorhergehenden als beim nachfolgenden Walzgerüst angeordnet sein, insbesondere um zumindest 20% näher beim vorhergehenden als beim nachfolgenden Walzgerüst.

Der Abstand zwischen aufeinander folgenden Walzgerüsten, zwischen denen eine Kühlstrecke angeordnet ist, sollte am besten zwischen 3,5 und 7 m betragen.

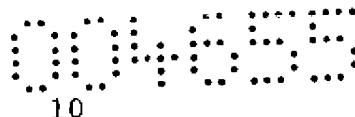
Die Breite der Warmwalzstraße und der Kühlstrecke wird in der Regel für eine Bandbreite des Stahlbandes zwischen 800 und 2000 mm ausgelegt sein.

Die Warmwalzstraße kann so mit einer Stranggussanlage verbunden sein, dass das Stahlband aus stranggegossenem Halbzeug in direkt aufeinander folgenden Arbeitsschritten fertig gewalzt werden kann. Beispielsweise kann dadurch eine Verbundwalzanlage mit einer erfindungsgemäßen Warmwalzstraße entstehen, wobei die Verbundwalzanlage eine Vorwalzstraße mit ein bis vier Walzgerüsten aufweist, eine Heizeinrichtung zum Aufheizen des Stahlbandes aus der Vorwalzstraße auf über 1100°C sowie eine Warmwalzstraße mit drei bis fünf Walzgerüsten zum Fertigwalzen. Selbstverständlich kann die Warmwalzstraße auch mehr als fünf Gerüste umfassen.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der erfindungsgemäßen Warmwalzstraße kann auch bei relativ geringen Durchsätzen von Stahlband (Banddicke mal Geschwindigkeit), etwa kleiner 0,438 m²/min (das sind 7,3 mm m/s), und moderaten Einlauftemperaturen des Stahlbands in die Warmwalzstraße von kleiner 1050°C, insbesondere kleiner 1020°C, in nur drei Walzgerüsten bei austenitischem Walzen Banddicken von 3 mm erreicht werden. Durch die starke erfindungsgemäße Abkühlung nach dem austenitischen Walzen, etwa nach dem dritten (oder vierten) Walzgerüst kann in einem (oder zwei) weiteren Walzgerüst(en) durch ferritisches Walzen eine Enddicke von unter 1 mm erreicht werden mit dem zusätzlichen Vorteil, dass für das letzte (oder die letzten beiden) Walzgerüst(e) deutlich geringere Walzkräfte erforderlich sind, was eine Einsparung bei der Energie für die Warmwalzstraße bringt.

Es sind somit Enddicken für Stahlband von zumindest kleiner 1,2 mm erreichbar, wo bei allein austenitischem Walzen nur 3 mm erreichbar sind.

201005413



Der gesamte Warmwalzprozess verläuft jedenfalls stabiler als herkömmliche Verfahren, weil ein unbestimmt teilferritisches Walzen beim letzten oder vorletzten Stich ausgeschlossen wird.

5 KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

Die Erfindung wird anhand einer schematischen Figur beispielhaft erläutert. Die Figur zeigt die Seitenansicht einer Warmwalzstraße mit Kühlstrecke.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

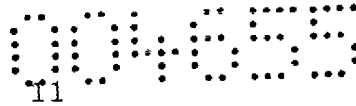
- 10 Das Stahlband 3 tritt am linken Rand der Figur in die Warmwalzstraße, bestehend aus den Walzgerüsten F1 bis F5, mit einer Eingangstemperatur von kleiner 1050°C, bevorzugt von kleiner 1020°C ein, etwa aus einer Vorwalzstraße, die mit einer Stranggießanlage verbunden ist. Die Temperatur des Stahlbandes 3 bezieht sich auf den über den Bandquerschnitt gemittelten Durchschnittswert der
- 15 Temperatur. In den ersten drei Walzgerüsten F1 bis F3 wird das Stahlband 5 im austenitischen Zustand gewalzt, es verlässt das Walzgerüst F3 mit einer typischen Banddicke von kleiner 5 mm.

- Die Kühlstrecke 1 weist hier beidseits des Bandes mehrere Spritzdüsen 2 auf und hat eine Länge L_c von zumindest 350 mm. Der Abstand LF_3 zwischen drittem
- 20 Walzgerüst F3 und Beginn der Kühlstrecke 1 beträgt hier nur einen Bruchteil des Abstands LF_4 zwischen viertem Walzgerüst F4 und Ende der Kühlstrecke 1.

- Die Kühlstrecke führt dem Stahlband 3 erfindungsgemäß sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite eine erfindungsgemäße Menge von Wasser pro Minute und Bandbreite in Metern zu, wodurch das Stahlband 3 abkühlt. Bis das Stahlband
- 25 3 in das vierte Walzgerüst F4 eintritt, hat eine fast vollständige Umwandlung des Gefüges in Ferrit stattgefunden, sodass das Stahlband 3 im ferritischen Zustand im vierten Walzgerüst reduziert wird. Im fünften Walzgerüst F5 wird das Stahlband 3 im ferritischen Zustand auf seine Enddicke von kleiner 3 mm gewalzt.

- In der Regel wird die beidseits aufgebrauchte Wassermenge zwischen dem zwei-
- 30 und dem vierfachen des Werts $284/(L_c^{1,42})$ liegen, wenn die Differenz zwischen

201005413



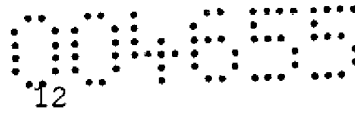
Auslauftemperatur aus dem Walzgerüst F3 und der Austenitgrenztemperatur weniger als 50 K beträgt und der breitenspezifische Durchsatz nicht allzu hoch ist, also im Bereich von 10 bis 12 mm m/s liegt.

5 Üblicher Weise werden Spritzdüsen zum Aufbringen des Kühlwassers verwendet, die in Reihen in Breitenrichtung des Stahlbandes angeordnet sind. Wird nur eine Düsenreihe eingesetzt, so ergibt sich eine Kühlstrecke 1 mit einer Länge von etwa 350 mm. Diese ergibt sich aus dem Abstand zwischen erstem und letztem Auftreffpunkt des Wasserstrahls auf dem Stahlband 3. Ab zwei Düsenreihen, also ab einer Anzahl von n Düsenreihen, berechnet sich die Länge L_c der Kühlstrecke 10 aus dem Abstand zwischen erstem und letztem Auftreffpunkt des Wasserstrahls einer Düsenreihe plus dem $(n-1)$ -fachen mittlerem Abstand zweier Düsenreihen untereinander.

ALTERNATIVE AUSFÜHRUNGSVARIANTE DER ERFINDUNG

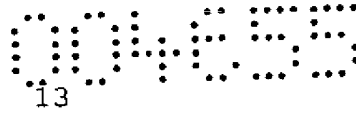
15 Wenn die Kühlstrecke 1 statt zwischen drittem F3 und viertem Walzgerüst F4 zwischen viertem F4 und fünftem Walzgerüst F5 angeordnet werden würde, so wäre der Abstand zwischen drittem F3 und viertem Walzgerüst F4 kleiner, und der Abstand zwischen viertem F4 und fünftem Walzgerüst F5 größer. Dann würde 20 allerdings in den ersten vier Walzgerüsten F1 bis F4 austenitisches Walzen stattfinden, während ferritisches Walzen erst nach der möglichst vollständigen Umwandlung des Gefüges des Stahlbands 3 in Ferrit nur im fünften Walzgerüst F5 stattfinden würde.

201005413

**BEZUGSZEICHENLISTE**

- | | | |
|----|-----|---|
| | 1 | Kühlstrecke |
| | 2 | Spritzdüsen |
| 5 | 3 | Stahlband |
| | F1 | erstes Walzgerüst |
| | F2 | zweites Walzgerüst |
| | F3 | drittes Walzgerüst |
| | F4 | viertes Walzgerüst |
| 10 | F5 | fünftes Walzgerüst |
| | Lc | Länge der Kühlstrecke 1 |
| | Lg | Abstand zwischen drittem und viertem Walzgerüst |
| | LF3 | Abstand zwischen drittem Walzgerüst F3 und Beginn der Kühlstrecke 1 |
| | LF4 | Abstand zwischen viertem Walzgerüst F4 und Ende der Kühlstrecke 1 |

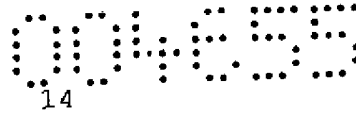
201005413



Patentansprüche

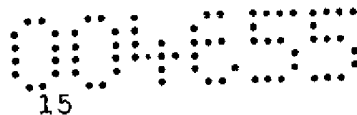
1. Verfahren zum Warmwalzen von Stahlbändern (3) in mehreren aufeinander folgenden Walzgerüsten (F1-F5), wobei die Stahlbänder zuerst im austenitischen Zustand und anschließend, nach einer intensiven
5 Zwischengerüst-Flüssigkeitskühlung, im ferritischen Zustand in einem oder mehreren Walzgerüsten auf die Enddicke fertig gewalzt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Enddicke des Stahlbands (3) kleiner 3 mm, insbesondere kleiner 2,5 mm, bevorzugt kleiner 1,49 mm, ist, dass die Differenz zwischen der Auslauftemperatur des Stahlbandes aus dem letzten
10 Walzgerüst (F3) vor der Flüssigkeitskühlung und der Gleichgewichts-Austenitgrenztemperatur durch Regelung dieser Auslauftemperatur auf nicht größer als 70 K, vorzugsweise nicht größer als 50 K, bevorzugt kleiner als 25 K eingestellt wird, und dass die Flüssigkeitskühlung zwischen zwei Walzgerüsten in Abhängigkeit von der Länge L_c einer Kühlstrecke (1) erfolgt, indem in der
15 Kühlstrecke beidseits des Stahlbandes (3) zumindest je eine Flüssigkeitsmenge $Q_u > 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, insbesondere $Q_u > 2 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, aber nicht mehr als $Q_u = 7 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, bevorzugt $Q_u < 4 \cdot 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter
20 Bandbreite aufgebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der breitenspezifische Durchsatz durch die Walzgerüste kleiner 12 mm m/s, bevorzugt kleiner 9,5 mm m/s, ist.

201005413



3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlflüssigkeit Wasser mit einer Anwendungstemperatur zwischen 15°C und 60°C, vorzugsweise zwischen 25°C und 40°C, ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**
5 die Kühlung zwischen vorletztem (F4) und letztem (F5) Walzgerüst und/oder drittletztem (F3) und vorletztem (F4) Walzgerüst erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Kühlung zwischen drittletztem (F3) und vorletztem (F4) Walzgerüst erfolgt und das vorletzte Walzgerüst (F4) im Falle nicht ausreichender Kühlung geöffnet wird.
- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge L_c der Kühlstrecke (1) zwischen 10 und 30% des Abstands zwischen vorhergehendem (F3) und nachfolgendem (F4) Walzgerüst beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass**
15 die Kühlstrecke (1) näher beim vorhergehenden (F3) als beim nachfolgenden (F4) Walzgerüst angeordnet ist, insbesondere um zumindest 20% näher beim vorhergehenden als beim nachfolgenden Walzgerüst.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand (L_g) zwischen aufeinander folgenden Walzgerüsten (F3, F4), zwischen denen die Kühlung stattfindet, zwischen 3,5 und 7 m beträgt.
- 20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bandbreite des Stahlbandes (3) zwischen 800 und 2000 mm liegt.

201005413



10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Banddicke des Stahlbandes (3) vor der Kühlstrecke (1) 1,2 bis 5 mm, insbesondere 1,5 bis 3,5 mm, vorzugsweise 1,8 bis 3,5 mm, beträgt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,**
5 **dass** das Stahlband (3) aus stranggegossenem Halbzeug in direkt aufeinander folgenden Arbeitsschritten fertig gewalzt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlband (3) zuerst in ein bis vier Schritten vorgewalzt, danach nochmals auf mindestens 1100°C aufgeheizt und anschließend in drei bis fünf Schritten fertig gewalzt
10 wird.
13. Mehrgerüstige Warmwalzstraße zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen zwei aufeinanderfolgenden Walzgerüsten (F3, F4) eine Kühlstrecke (1) zum beidseitigen Beaufschlagen des Stahlbandes (3) mit Flüssigkeit und eine
15 zugehörige Regelungseinrichtung vorgesehen ist, welche so eingestellt ist, dass in der Kühlstrecke (1) beidseits des Stahlbandes in Abhängigkeit von der Länge L_c der Kühlstrecke zumindest je eine Flüssigkeitsmenge $Q_u > 284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, insbesondere $Q_u > 2*284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, aber nicht mehr als
20 $Q_u = 7*284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite, bevorzugt $Q_u < 4*284/(L_c^{1,42})$ Liter pro Minute und pro Meter Bandbreite aufgebracht wird, und dass eine Regelung vorgesehen ist, welche die Differenz zwischen der Auslauftemperatur des Stahlbandes (3) aus dem letzten Walzgerüst (F3) vor

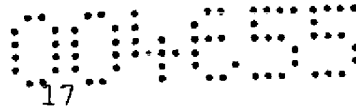
201005413



der Kühlstrecke (1) und der Gleichgewichts-Austenitgrenztemperatur durch Regelung der Auslauftemperatur auf nicht größer als 70 K, vorzugsweise nicht größer als 50 K, bevorzugt kleiner als 25 K eingestellt.

14. Warmwalzstraße nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlstrecke (1) zwischen vorletztem (F4) und letztem (F5) Walzgerüst und/oder drittletztem (F3) und vorletztem (F4) Walzgerüst angeordnet ist.
15. Warmwalzstraße nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge L_c der Kühlstrecke (1) zwischen 10 und 30% des Abstands zwischen vorhergehendem (F3) und nachfolgendem (F4) Walzgerüst beträgt.
16. Warmwalzstraße nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlstrecke (1) näher beim vorhergehenden (F3) als beim nachfolgenden (F4) Walzgerüst angeordnet ist, insbesondere um zumindest 20% näher beim vorhergehenden als beim nachfolgenden Walzgerüst.
17. Warmwalzstraße nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand (L_g) zwischen aufeinander folgenden Walzgerüsten (F3, F4), zwischen denen eine Kühlstrecke (1) angeordnet ist, zwischen 3,5 und 7 m beträgt.
18. Warmwalzstraße nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite der Warmwalzstraße (F1-F5) und der Kühlstrecke (1) für eine Bandbreite des Stahlbandes (3) zwischen 800 und 2000 mm ausgelegt ist.

201005413



19. Warmwalzstraße nach einem der Ansprüche 13 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlstrecke (1) so ausgebildet ist, dass als Kühlflüssigkeit Wasser mit einer Anwendungstemperatur zwischen 15°C und 60°C, vorzugsweise zwischen 25°C und 40°C, verwendet werden kann.
- 5 20. Warmwalzstraße nach einem der Ansprüche 13 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese so mit einer Stranggussanlage verbunden ist, dass das Stahlband (3) aus stranggegossenem Halbzeug in direkt aufeinander folgenden Arbeitsschritten fertig gewalzt werden kann.
- 10 21. Verbundwalzanlage mit einer Warmwalzstraße nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbundwalzanlage eine Vorwalzstraße mit ein bis vier Walzgerüsten aufweist, eine Heizeinrichtung zum Aufheizen des Stahlbandes aus der Vorwalzstraße auf über 1100°C sowie eine Warmwalzstraße mit drei bis fünf Walzgerüsten (F1-F5) zum Fertigwalzen.

1 / 1 00055

ANMELDUNGSNUMMER

19

~~45740~~
~~(201005413)~~

2010.05713 / 2010E05356AT

