



(11)

EP 2 209 573 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
17.01.2018 Patentblatt 2018/03

(51) Int Cl.:
B21B 37/00 ^(2006.01) **B21B 1/46** ^(2006.01)
B22D 11/12 ^(2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
14.08.2013 Patentblatt 2013/33

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/065787

(21) Anmeldenummer: **08852273.5**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/065840 (28.05.2009 Gazette 2009/22)

(22) Anmeldetag: **19.11.2008**

(54) **VERFAHREN ZUM KONTINUIERLICHEN AUSTENITISCHEN WALZEN EINES IN EINEM
KONTINUIERLICHEN GIESSPROZESS HERGESTELLTEN VORBANDES**

METHOD FOR CONTINUOUS AUSTENITIC ROLLING OF A PRELIMINARY STRIP, WHICH IS
PRODUCED IN A CONTINUOUS CASTING PROCESS

PROCÉDÉ DE LAMINAGE AUSTÉNITIQUE CONTINU D'UNE BANDE FABRIQUÉE LORS D'UN
PROCESSUS DE COULÉE CONTINU

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **22.11.2007 AT 18932007**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.07.2010 Patentblatt 2010/30

(73) Patentinhaber: **Primetals Technologies Austria
GmbH
4031 Linz (AT)**

(72) Erfinder: **HOHENBICHLER, Gerald
A-4484 Kronstorf (AT)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 306 076 EP-A- 0 720 874
WO-A-97/36699 WO-A-2006/106376
WO-A-2007/045988 DE-A1- 3 840 812**

EP 2 209 573 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum kontinuierlichen austenitischen Walzen eines in einem kontinuierlichen Gießprozess in einer Stranggießanlage mit einer Gießdicke von weniger als 300 mm, vorzugsweise mit einer Gießdicke von weniger als 150 mm, hergestellten Vorbandes durch Dickenreduktionsschritte in mindestens einer - von mehreren aufeinander folgenden Walzgerüsten gebildeten - Walzstraße zu einem Warmband mit einer Walzenddicke zwischen 0,5 und 15 mm und nachfolgender Querteilung des gewalzten Warmbandes in Bundgrößen bzw. Bundlängen vor dem Aufwickeln in einer Speichereinrichtung.

[0002] Weiters betrifft die Erfindung eine kombinierte Gieß- und Walzanlage zur Herstellung von austenitisch gewalztem Warmband in einem kontinuierlich fortlaufenden Gieß- und Walzprozess mit einer Stranggießanlage zum Gießen von Stahlsträngen mit einer Gießdicke von weniger als 300 mm, vorzugsweise zum Gießen von Stahlsträngen mit einer Gießdicke von weniger als 150 mm, und mit mindestens einer Walzstraße, die mehrere aufeinander folgende Walzgerüste umfasst, zur Erzeugung eines im austenitischen Temperaturbereich gewalzten Warmbandes mit einer Walzenddicke zwischen 0,5 und 15 mm und einer dem letzten Walzgerüst nachgeordneten Zerteilanlage und Bandspeichereinrichtung.

[0003] Unter einem erfindungsgemäßen Verfahren zum kontinuierlichen austenitischen Walzen eines in einem kontinuierlichen Gießprozess hergestellten Vorbandes ist ein Verfahren zu verstehen, bei dem das in einer Stranggießanlage hergestellte Vorband ohne Vorbandtrennschnitt mit Gießgeschwindigkeit in das erste Walzgerüst oder die erste Walzstraße und mit einer vorgenommenen Dickenreduzierungen berücksichtigenden Transportgeschwindigkeit in jede nachfolgende Walzstraße eingeleitet wird, um Warmband zu erzeugen. Gleichermaßen ist die kombinierte Gieß- und Walzanlage in ihrem strukturellen Aufbau so konfiguriert, dass das gegossene Vorband ohne Vorbandtrennschnitt mit Gießgeschwindigkeit in das erste Walzgerüst der ersten Walzstraße eintritt.

[0004] Aus der DE 38 40 812 A1 ist ein kombiniertes Gieß- und Walzverfahren bekannt, bei dem ein in einer Stranggießanlage gegossenes Stahlband in zwei Verformungsschritten unmittelbar aus der Gießhitze und ohne Trennschnitt zwischen der Gießanlage und den nachgeordneten Walzeinrichtungen gewalzt wird. Eine erste Walzverformung des gegossenen Stahlstranges erfolgt unmittelbar nach der Durcherstarrung im Auslaufbereich der Stranggießanlage mit einem einzelnen Walzgerüst bei einer Strangtemperatur von etwa 1100°C. Die weitere Walzung erfolgt in einer mehrgerüstigen Walzstraße mit einer Walzgeschwindigkeit, die von der Gießgeschwindigkeit, die maximal 5 m/min beträgt, und dem erreichten Verformungsgrad im ersten Walzgerüst abhängt. Zur Sicherstellung einer Endwalzung im austenitischen Bereich ist ein induktives Wiederaufheizen des Stahlbandes zwischen dem ersten Walzgerüst und der nachfolgenden Walzstraße zwingend notwendig. Auch Zwischenerwärmungsstufen zwischen den einzelnen Walzgerüsten der Walzstraße sind vorgesehen.

[0005] Aus der WO 92/00815 A1 ist weiters ein kombiniertes Gieß- und Walzverfahren bekannt, bei dem ein in einer Stranggießanlage erzeugter gegossener Stahlstrang ohne vorheriger Querteilung in zwei aufeinander folgenden Verformungsstufen zu einem wickelbaren Gut walzverformt wird, welches Kaltwalzeigenschaften aufweist. Eine erste Dickenreduktion des gegossenen Stahlstranges erfolgt noch innerhalb der Stranggießmaschine zu einem Zeitpunkt, in dem der Stahlstrang noch einen flüssigen Kern aufweist (liquid core reduction). Eine zweite Dickenreduktion des im Weiteren durcherstarrten Stahlstranges erfolgt unmittelbar nach dem Verlassen der Stranggießmaschine in einer mehrgerüstigen Walzanlage bei einer Bandtemperatur von etwa 1100°C im austenitischen Bereich. Im Verlauf dieser zwei Verformungsstufen wird das Stahlband von einer Gießdicke <100 mm auf ein wickelbares Warmband mit einer Banddicke von 10-30 mm warm gewalzt.

[0006] Aus der WO 97/36699 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von warm gewalztem Stahlband bekannt, bei dem der gegossene Stahlstrang ohne Trennschnitt unmittelbar einer mehrgerüstigen Walzstraße zugeführt und im austenitischen Bereich fertig gewalzt wird. Hierbei wird für einen spezifischen, auf eine Brammenbreite von 1,0 m bezogener Volumenfluss, der größer als 0,487 m²/min ist, eine bestimmte Mindestanzahl von Verformungsschritten vorgeschlagen, um eine austenitische Endwalzung sicher zu gewährleisten. Betriebsbedingt kann durch verschiedene Umstände im Gießprozess eine Stahlbandtemperatur am Ende der Stranggießanlage vorliegen, die eine austenitische Walzung im letzten Gerüst der Walzstraße nicht mehr gewährleistet und die auch durch die Homogenisierung vor dem ersten Walzgerüst nicht korrigiert werden kann. Es ist daher in einer verfahrenstechnischen Weiterbildung vorgeschlagen worden, zwischen zwei oder mehreren Walzgerüsten der Walzstraße zusätzliche Heiz- oder Kühlaggregate zur Einstellung beliebiger Temperaturverläufe des Walzbandes vorzusehen. Diese sehr allgemeine Definition für die Positionierung entsprechender Heiz- und/oder Kühlaggregate lässt eine optimale Auslegung der Walzstraße und die Festlegung einer bestmöglichen Gruppierung von Walzgerüsten nicht zu.

[0007] Aus der EP 0 823 294 A1 ist weiters ein Verfahren zur Herstellung eines gewalzten Stahlbandes aus niedrig gekohlten und ultra-niedrig gekohlten Stählen in einem kontinuierlichen Gieß- und Walzprozess beschrieben, bei dem ebenfalls kein Trennschnitt zwischen dem Gießprozess und dem Walzprozess vorgenommen wird. Das gegossene Stahlband mit einer Erstarrungsdicke von mehr als 70 mm wird in einer ersten Verformungsstufe in einem Temperaturbereich von 1150°C - 900°C bis auf eine Banddicke <20mm austenitischgewalzt. Anschließend erfolgt eine beschleunigte Abkühlung auf eine Temperatur im Bereich von <738°C mit anschließender ferritischer Walzung in mindestens drei

Walzstichen.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Nachteile des bekannten Standes der Technik zu vermeiden und ein Verfahren zum kontinuierlichen austenitischen Walzen eines in einem kontinuierlichen Gießprozesses hergestellten Vorbandes mit minimiertem Investitionsaufwand durch Angabe der maximal erforderlichen Gerüstanzahl, Zwischenheizungen und/oder -heizleistungen und in Abhängigkeit von gewünschten Produktions- und Materialkennzahlen vorzuschlagen. Darunter sind beispielsweise die Endwalzdicke (des aufzuwickelnden Bandes) sowie die Gießdicke und die durch die chemische Analyse definierten Austenitgrenztemperatur zu verstehen.

[0009] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Gesamtanlagenkonfiguration zur Durchführung des Walzverfahrens auf Basis eines zu erwartenden Produktionspektrums unter der Nebenbedingung zu optimieren, dass Brammendicken von 30 bis 150 mm betragen und die breitenspezifische Erzeugungsrate der Verbundanlage 2,5 bis 4,5 t/min Warmband, vorzugsweise 3,0 bis 3,6 t/min (bei einer typischen Heißbrammendichte von 7,4 t/m³) betragen soll.

[0010] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass das Vorband in jeder der Stranggießanlage nachgeordneten Walzstraße mit einer Anzahl von n_i Dickenreduktionsschritten dickenreduziert wird, wobei die Anzahl n_i der durchzuführenden Dickenreduktionsschritte durch die Bedingung

$$n_i \leq \left\lceil \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^0 \log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\rceil \cdot \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n_i \in \mathbb{N}$$

bestimmt wird, wobei

$T_{VB,i}$ [°C] die querschnittsgemittelte Vorbandtemperatur am Ende der Gießmaschine (im Bereich der Sumpfspitze) bzw. am Ende einer vor der i-ten Walzstraße installierten Zwischenerwärmungseinrichtung,

T_{aust} [°C] die stahlgüteabhängige Austenitbildungs-Grenztemperatur (austenit. Endwalztemperatur),

h_{Br} [mm] die Brammen-/Gießdicke bei Durcherstarrung (= Sumpfspitze),

$d_{end,i}$ [mm] die Banddicke nach den n_i Dickenreduktionsschritten, der i-ten Walzstraße,

m_{vor} die Anzahl aller ab der Brammendurcherstarrung erfolgten Dickenreduktionsschritte bis zum Einlauf in das erste Gerüst der nachfolgenden i-ten Walzstraße,

v_g [m/min] die Brammengießgeschwindigkeit

sind.

[0011] Mit dieser Berechnungsvorschrift kann in einfacher Weise für eine bestimmte Stahlqualität bei festgelegten Ein- und Ausgangsbedingungen (Bandformate, Temperaturen) die maximale Anzahl der notwendigen Dickenreduktionsschritte bzw. erforderlichen Walzgerüste einer Walzstraße ermittelt werden, bei denen auch im letzten Dickenreduktionsschritt bzw. Walzgerüst der Walzstraße noch eine Walzung im austenitischen Bereich möglich ist. Und in weiterer Folge wird dadurch bestimmt, wie viele Zwischenerwärmungen und welche Zwischenerwärmungsleistungen erforderlich werden, um eine bestimmte Warmbandenddicke, durchgehend austenitisch gewalzt, zu erreichen.

[0012] Unter dem Begriff "Walzstraße" ist die aufeinanderfolgende Anordnung mehrerer Walzgerüste zu verstehen, wobei der Gerüstabstand benachbarter Walzgerüste 5,6 m, vorzugsweise 4,9 m, nicht überschreitet und zwischen benachbarten Walzgerüsten keine Zwischenerwärmungsstufe angeordnet ist oder eine Zwischenerwärmung des Walzbandes stattfindet. Jedes Walzgerüst umfasst ein Arbeitswalzenpaar.

[0013] Weiters ist es mit dieser Berechnungsvorschrift auch möglich, die Anzahl der notwendigen Dickenreduktionsschritte bzw. die Anzahl der erforderlichen Walzgerüste mehrerer hintereinander angeordneter Walzstraßen bzw. Gruppen von Walzgerüsten zu bestimmen, wenn zwischen den einzelnen Walzstraßen oder Gruppen von Walzgerüsten Zwischenerwärmungseinrichtungen zur Erhöhung der Bandtemperatur vorgesehen sind. Bei Anwendung der Berechnungsvorschrift auf eine der Stranggießanlage nachgeordnete zweite oder weitere Walzstraße werden sämtliche, bereits erfolgte Dickenreduktionsschritte in der/den ersten Walzstraße(n) durch den Faktor m_{vor} berücksichtigt, wobei die ursprüngliche Brammendicke h_{Br} berücksichtigt bleibt. Somit kann auch bei mehreren Walzstraßen oder Gruppen von Walzgerüsten für jede dieser Gruppen die maximal sinnvolle Anzahl von Dickenreduktionsschritten ermittelt werden. Bei der ersten der Stranggießanlage unmittelbar nachgeordneten Walzstraße gilt $m_{vor} = 0$, da ja noch keinerlei vorgelegte Dickenreduktionsschritte vorliegen.

[0014] Vorzugsweise wird die Anzahl n der innerhalb einer Walzstraße aktivierten Dickenreduktionsschritte durch die Bedingung

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} ; n \in N$$

bestimmt. Dies bedeutet, dass die Anzahl der innerhalb jeder Walzstraße entsprechend den produktspezifischen Anforderungen aktivierten Dickenreduktionsschritte durch die beiden größten natürlichen Zahlen N aus der Menge der sich aus der mathematischen Bedingung ergebenden natürlichen Zahlen N bestimmt ist und aus diesen ausgewählt werden kann.

[0015] Diese Verfahrensvorschrift ermöglicht somit bei einer bestehenden Gieß- und Walzanlage zum kontinuierlichen Gießen und austenitischen Walzen von Stahlband eine Bestimmung der zu aktivierenden optimalen Anzahl von Dickenreduktionsschritten bzw. Walzgerüsten in jeder der Gießanlage nachgeordneten Walzstraßen aus der Menge der vorhandenen Walzgerüste.

[0016] Von Dickenreduktionsschritt zu Dickenreduktionsschritt kommt es zu einer Abnahme der querschnittsgemittelten Vorbandtemperatur, wobei diese die stahlgüteabhängige Austenitbildungs-Grenztemperatur nicht unterschreiten darf. Damit die stahlgüteabhängige Austenitbildungs-Grenztemperatur auch im letzten Dickenreduktionsschritt einer Walzstraße nicht unterschritten wird, erfolgt nach der Durchführung von Dickenreduktionsschritten in einer Walzstraße und vor der Durchführung von Dickenreduktionsschritten in einer darauf folgenden Walzstraße eine Zwischenerwärmung des Walzbandes, wobei die querschnittsgemittelte Walzbandtemperatur um 50 K bis 450 K, vorzugsweise um 120 K bis 350 K, erhöht wird. Diese Zwischenerwärmung erfolgt vorzugsweise durch eine induktive Querfelderwärmung. Jedoch können, vor allem in Abhängigkeit der Zwischenbanddicke, auch andere bekannte Methoden für die Umsetzung der Zwischenerwärmung herangezogen werden.

[0017] Vorzugsweise werden bei einer Gießdicke $h_{Br} < 45$ mm alle Dickenreduktionsschritte in einer Walzstraße und bei einer Gießdicke $h_{Br} > 60$ mm alle erforderlichen Dickenreduktionsschritte in zumindest zwei Walzstraßen durchgeführt. Im Gießdickenbereich zwischen 45 mm und 60 mm kann die Walzung in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren sowohl in einer Walzstraße als auch in zwei Walzstraßen erfolgen. Beispielsweise würde die Walzung bei der Grobblech-Erzeugung vorzugsweise in einer Walzstraße und bei einer Warmband-Erzeugung vorzugsweise in zwei Walzstraßen erfolgen.

[0018] Als zweckmäßig hat sich herausgestellt, dass bei einer Gießdicke $h_{Br} < 50$ mm alle Dickenreduktionsschritte in einer einzigen Walzstraße ohne Zwischenerwärmung durchgeführt werden und bei einer Gießdicke $h_{Br} \geq 50$ mm die erforderlichen Dickenreduktionsschritte in zumindest zwei Walzstraßen durchgeführt werden.

[0019] Bei Gießdicken unter 50 mm und bei Walzbandenddicken über 3,5 mm ist es zumeist ausreichend nach dem Gießprozess eine einzige Walzstraße mit maximal n Walzgerüsten entsprechend der Berechnungsvorschrift vorzusehen und im Anschluss daran das Band in einer Kühlstrecke abzukühlen, entsprechend dem vorgegebenen Bundgewicht querzuteilen und einem Aufwickelsystem zuzuführen. Eine zusätzliche deutliche Banderwärmung ist hierbei nicht notwendig.

[0020] Bei einer Gießdicke des Vorbandes von 50 mm und mehr ergibt sich bei der Festlegung der Anzahl der notwendigen Dickenreduktionsschritte zur Erreichung der zu haspelnden Warmbanddicke meist, dass zumindest zwei Gruppen von Walzgerüsten anzuordnen sind, wobei die Anzahl der maximal notwendigen Walzgerüste für jede Gruppe die Bedingungen der Berechnungsvorschrift erfüllt, d.h. die errechnete Anzahl an Reduktionsschritten keinesfalls über-, sondern tendenziell unterschritten werden sollten. Zwischen den beiden Gruppen von Walzgerüsten erfolgt eine Zwischenerwärmung des Vorbandes um mindestens 50 K auf eine deutlich über der Austenitbildungs-Grenztemperatur liegende Vorbandtemperatur. Jedenfalls ist für die angedachten breitenspezifischen Erzeugungsraten von 2,5 bis 4,5 t/min, bevorzugt, 3,0 bis 3,6 t/min, eine Aufteilung in zumindest zwei Gruppen von Walzgerüsten zweckmäßig, wenn die Endwalzdicke unter 3,5 mm liegt.

[0021] Das Verfahren ist vorteilhaft anwendbar, wenn das in einem kontinuierlichen Gießprozess hergestellte Vorband mit einer Gießdicke von mindestens 30 mm, vorzugsweise mit einer Gießdicke von mindestens 60 mm, hergestellt wird. Das Verfahren ist besonders günstig anwendbar, wenn bei Gießdicken von 30 bis 300 mm, vorzugsweise bei Gießdicken von 60 bis 150 mm, eine Walzenddicke von 0,5 bis 15 mm, vorzugsweise von 0,8 bis 12 mm und im besonderen 1,0 bis 8 mm, erreicht werden soll.

[0022] Zur Umsetzung des Verfahrens ist es zweckmäßig, dass die Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der Anzahl von n_i oder n unmittelbar aufeinander folgenden Dickenreduktionsschritten für jede Walzstraße auf Basis der Bedingung

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} ; n \in N$$

als mathematisches Modell einem Prozessrechner auf einer Prozessleitebene zugeordnet ist und von diesem entsprechende Aktivierungssignale zur Aktivierung einzelner Walzgerüste einer oder mehrerer Walzstraßen an Einzelregelkreise der einen oder mehrerer Walzstraßen übermittelt werden, wobei Zustandsinformationen über den gegossenen Vorstreifen von einem Prozessrechner der vorgelagerten Stranggießanlage mitberücksichtigt werden und wahlweise insbesondere die erforderliche Temperatur $T_{VB,i}$ d.h. die gemittelte Querschnittstemperatur des jeweiligen Vorbandes am Ende der Zwischenerwärmung vor der Walzstraße.

[0023] Eine kombinierte Gieß- und Walzanlage zur Herstellung von austenitisch gewalztem Warmband in einem kontinuierlich fortlaufenden Gieß- und Walzprozess kann eine Stranggießanlage zum Gießen von Stahlsträngen mit einer Gießdicke von weniger als 300 mm, vorzugsweise zum Gießen von Stahlsträngen mit einer Gießdicke von weniger als 150 mm, und mindestens eine Walzstraße, die mehrere aufeinander folgende Walzgerüste umfasst, zur Erzeugung eines im austenitischen Temperaturbereich gewalzten Warmbandes mit einer Walzenddicke zwischen 0,5 und 15,0 mm und eine dem letzten Walzgerüst nachgeordneten Zerteilanlage und Bandspeichereinrichtung umfassen.

[0024] Bei der Auslegung der kombinierten Gieß- und Walzanlage ist ein in Zukunft zu erwartendes abnehmerbestimmtes und darauf abgestimmtes beabsichtigtes Produktionsprogramm für Warmband zugrunde zu legen. Ein wesentliches Ziel besteht darin, mit einer kompakten, ein breites Produktionsspektrum abdeckenden Gieß- und Walzanlage ein kontinuierliches ausschließlich austenitisches Walzen eines Warmbandes zu gewährleisten.

[0025] Jede der mindestens einen Walzstraße kann eine Anzahl von n_i unmittelbar aufeinander folgenden Walzgerüsten umfassen, wobei die Anzahl der Walzgerüste n_i durch die Bedingung

$$n_i \leq \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} ; n_i \in N$$

bestimmt wird, wobei

$T_{VB,i}$ [°C] die querschnittsgemittelte Vorbandtemperatur am Ende der Gießmaschine (im Bereich der Sumpfspitze) bzw. am Ende einer vor der i-ten Walzstraße installierten Zwischenerwärmungseinrichtung,
 T_{aust} [°C] die stahlgüteabhängige Austenitbildungs-Grenztemperatur (austenit. Endwalztemperatur),
 h_{Br} [mm] die Brammen-/Gießdicke bei Durcherstarrung (= Sumpfspitze),
 $d_{end,i}$ [mm] die Banddicke nach den n_i Walzgerüsten/Dickenreduktionsschritten, der i-ten Walzstraße,
 m_{vor} die Anzahl aller ab der Brammendurcherstarrung aktivierten Walzgerüste / erfolgten Dickenreduktionsschritte bis zum Einlauf in das erste Gerüst der nachfolgenden i-ten Walzstraße,

sind.

[0026] Vorzugsweise ist die Anzahl n der innerhalb einer Walzstraße installierten Walzgerüste durch die Bedingung

$$\frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} - 1 \leq n \leq$$

$$\frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} ; n \in N$$

bestimmt bzw. begrenzt. Dies bedeutet, dass die Anzahl der innerhalb jeder Walzstraße entsprechend den produktspezifischen Anforderungen vorgesehenen Walzgerüste durch die größte natürliche Zahl N aus der Menge der sich aus der mathematischen Bedingung ergebenden natürlichen Zahlen N bestimmt ist. Die Anwendung dieser Bedingung auf das bei der Anlagenprojektierung zugrundeliegende Produktspektrum ermöglicht eine optimierte Auslegung der Gesamtanlage.

[0027] Zur Sicherstellung einer austenitischen Walzung im letzten Walzgerüst jeder der gegebenenfalls aufeinander folgenden Walzstraßen ist jeweils zwischen zwei aufeinander folgenden Walzstraße W_{i-1} und W_i eine Zwischenerwärmungseinrichtung zur Anhebung der querschnittsgemittelten Vorbandtemperatur auf $T_{VB,i}$ auf ein entsprechend ausreichendes Temperaturniveau angeordnet. Um eine möglichst gleichmäßige Anhebung der querschnittsgemittelten Vorbandtemperatur zu erreichen ist die Zwischenerwärmungseinrichtung als Einrichtung zur induktiven Quersfelderwärmung ausgebildet.

[0028] Die der kombinierten Gieß- und Walzanlage zugrundeliegende Gießanlage umfasst eine auf unterschiedliche Gießdickeneinstellbare Durchlaufkokille oder auswechselbare Durchlaufkokillen und eine nachgeordnete Strangführung mit spaltverstellbaren Strangsegmenten. Zweckmäßig ist im Fall einer auf eine Gießdicke $h_{Br} < 45$ mm eingestellten Durchlaufkokille und Strangführung genau eine Walzstraße mit n Walzgerüsten aktiviert und im Fall einer auf eine Gießdicke $h_{Br} > 60$ mm eingestellten Durchlaufkokille und Strangführung sind mindestens zwei Walzstraßen mit jeweils einer bestimmten Anzahl von Walzgerüsten aktiviert. Im Gießdickenbereich zwischen 45 mm und 60 mm kann die Walzung in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren sowohl in einer Walzstraße als auch in zwei Walzstraßen erfolgen, wobei zwischen den aufeinander folgenden Walzstraßen eine Zwischenerwärmungseinrichtung vorgesehen ist.

[0029] Nach einer weiteren möglichen Ausgestaltung ist es vorteilhaft, dass im Fall einer auf eine Gießdicke $h_{Br} \leq 50$ mm eingestellten Durchlaufkokille und Strangführung genau eine Walzstraße mit n Walzgerüsten aktiviert ist und andernfalls mindestens zwei Walzstraßen, mit jeweils einer bestimmten Anzahl von Walzgerüsten, aktiviert sind.

[0030] In Abhängigkeit von insbesondere der in den einzelnen Walzgerüsten der Walzstraßen angestrebten Dickenreduktion und des thermischen oder thermodynamischen Zustands des Vorbandes bzw. Zwischenbandes, ist es zweckmäßig, wenn der Arbeitswalzendurchmesser der Arbeitswalzen in der ersten Walzstraße nach der Gießanlage in einem Durchmesserbereich von 650 mm bis 980 mm liegt, um größtmögliche Dickenreduktionen bei sehr hohen Brammen- bzw. Vorbandtemperaturen zu erreichen. Ein bevorzugter Bereich der Arbeitswalzendurchmesser liegt zwischen 650 mm und 800 mm. Der Arbeitswalzendurchmesser der Arbeitswalzen in der zweiten Walzstraße nach der Gießanlage liegt in einem Durchmesserbereich von 500 mm bis 870 mm, da die Zwischenbanddicke bereits geringer ist. Ein bevorzugter Bereich der Arbeitswalzendurchmesser liegt für diesen Fall zwischen 500 mm und 720 mm. Generell gilt, dass die Arbeitswalzendurchmesser abnehmen sollen, wenn die Einlaufdicke des Walzgutes geringer ist.

[0031] Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung nicht einschränkender Ausführungsbeispiele, wobei auf die beiliegenden Figuren Bezug genommen wird, die folgendes zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt einer kombinierten Gieß- und Walzanlage nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 einen Längsschnitt einer kombinierten Gieß- und Walzanlage nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 3 einen Längsschnitt einer kombinierten Gieß- und Walzanlage nach einer dritten Ausführungsform der Erfindung

Fig. 4 Regelschema für die Steuerung der kombinierten Gieß- und Walzanlage.

[0032] In den Figuren 1 bis 3 sind mehrere mögliche Ausführungsformen einer kombinierten Gieß- und Walzanlage dargestellt, die eine Stranggießanlage zum kontinuierlichen Gießen eines Stahlstranges mit Dünnbrammen- oder Mittelbrammenquerschnitt und einer unmittelbar daran anschließenden Walzstraße W zum austenitischen Walzen des gegossenen Stranges bzw. Vorbandes umfasst. Die Stranggießanlage G konventioneller Bauart gemäß dem Stand der Technik ist durch eine Durchlaufkokille 3 und eine Strangführung 4 mit Strangführungsrollen 5 angedeutet. Die Stranggießkokille 3 mit anschließender Strangführung bestimmt die Gießdicke h_{Br} des Vorbandes 6, das nach einer Umlenkung von einer im Wesentlichen vertikalen Gießrichtung in eine horizontale Transportrichtung unmittelbar der Walzstraße W zugeführt wird oder fakultativ zuvor eine Homogenisierungseinrichtung 7 durchläuft, in der eine Vergleichmäßigung der Temperaturverteilung im Vorband angestrebt werden könnte. Das Vorband 6 mit der Gießdicke h_{Br} tritt - ohne dass ein Trennschnitt durchgeführt wird - mit Gießgeschwindigkeit v_g und mit einer querschnittsgemittelten Vorbandtemperatur $T_{VB,1}$ in das erste Walzgerüst 8a der Walzstraße W ein. Die Anzahl der in der Walzstraße W eingesetzten Walzgerüste 8a, 8b, ..., 8n wird durch gewünschte Enddicke, $d_{end,1}$ und durch die Endwalztemperatur im Walzgerüst 8n bestimmt, die zwingend über der stahlgüteabhängigen Austenitbildungs-Grenztemperatur T_{aust} liegen muss. Die Anzahl n_1 der maximal einsetzbaren Walzgerüste für eine bestimmte Stahlqualität mit bestimmten geometrischen Vorgabewerten

bestimmt sich hierbei nach der allgemeinen Formel

$$n_i \leq \frac{T_{VB,1} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot \log \left[\frac{h_{br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]; \quad n_i \in \mathbb{N} \quad \text{und } i=1.$$

[0033] Die Anzahl der Walzgerüste ergibt sich hierbei durch die größte natürliche Zahl im Feld der möglichen Ergebniswerte.

[0034] Anschließend durchläuft das warmgewalzte Band eine Kühlstrecke 9, wird entsprechend vorbestimmter Bundgewichte mit einer von einer Querteilschere gebildeten Zerteilanlage 10 quergeteilt und in einer Bandhaspeleinrichtung 11 zu Bunden gewickelt.

[0035] Die in der Stranggießanlage festgelegte Ausgangs-Strangdicke und die angestrebte Walzenddicke des zu einem Bund gewickelten Warmbandes bestimmen neben der Stahlqualität ganz wesentlich die Anzahl der notwendigen Walzgerüste / Dickenreduktionsschritte, um ein Endprodukt mit den geforderten Material- und Gefügeeigenschaften zu erzielen. Die querschnittsgemittelte Vorbandtemperatur $T_{VB,1}$ am Ende der Gießmaschine und somit vor Eintritt in das erste Walzgerüst ist nur in sehr engen Grenzen variabel und hängt von den Betriebsbedingungen der Stranggießmaschine ab. Die stahlgüteabhängige Austenitbildungs-Grenztemperatur ist eine Materialkonstante, die für jede Stahlqualität im Wesentlichen festliegt. Während des Walzvorganges wird einerseits Verformungsenergie in Form von Wärme freigesetzt, andererseits gibt der Vorstreifen auf seinem Weg durch die Walzgerüste Wärme an die Umgebung ab. In Summe nimmt die Vorbandtemperatur üblicherweise kontinuierlich ab und dies umso stärker je niedriger die Walzgeschwindigkeit, bzw. eingangsseitig die Gießgeschwindigkeit ist. Die oben angeführte, entwickelte Formel liefert die Festlegung der max. sinnvollen Anzahl der Walzgerüste bzw. Dickenreduktionsschritte, die in einer Walzstraße vorgenommen werden sollen, wobei die Bandtemperatur die Austenitbildungs-Grenztemperatur in der Walzstraße nicht unterschreitet, unter Berücksichtigung aller Vorverformungsschritte. Wenn mit Brammendicken > 50 mm Walzendicken < 3,5 mm angestrebt werden, ist die Anordnung zweier oder mehrerer Walzstraßen W1, W2, W3 notwendig, wie in den Ausführungsbeispielen gemäß Figuren 2 und 3 dargestellt.

[0036] Die kombinierte Gieß- und Walzanlage in der Ausführungsform gemäß Figur 2 stimmt in den Grundansätzen mit der zuvor beschriebenen Ausführungsform gemäß Figur 1 überein. Anstelle der Walzstraße W gemäß Figur 1 sind jetzt zwei aufeinander folgende, durch eine Zwischenerwärmungseinrichtung 12 getrennte Walzstraßen W1 und W2 vorgesehen.

[0037] Die Walzstraße W1 umfasst eine bestimmte Maximal-Anzahl von Walzgerüsten 8a, 8b, ..., 8n, die mit der oben angegebenen Berechnungsvorschrift zu ermitteln ist. Gleichmaßen weist die Walzstraße W2 eine bestimmte Maximal-Anzahl von Walzgerüsten 13a, 13b, ..., 13m auf, die ebenfalls mit der oben angegebenen Berechnungsvorschrift zu ermitteln ist, wobei für W₂ die Anzahl der in der Walzstraße W1 bereits vorgenommenen Dickenreduktionsschritte in der Berechnungsvorschrift durch den Exponenten m_{vor} zu berücksichtigen ist. In der Zwischenerwärmungsvorrichtung 12 wird die querschnittsgemittelte Vorbandtemperatur wieder auf ein ausreichend hohes Temperaturniveau über der Austenitbildungs-Grenztemperatur des in der Walzstraße W1 dickenreduzierten Vorstreifens gebracht, um die in der Walzstraße W2 vorzunehmenden Walzstiche im austenitischen Bereich durchführen zu können. Die mit der Zwischenerwärmungseinrichtung erzielte Temperaturerhöhung liegt bedarfsabhängig im Bereich von 50 K bis zu 450 K, vorzugsweise im Bereich von 120 K bis 350 K.

[0038] Die in Figur 3 schematisch dargestellte kombinierte Gieß- und Walzanlage ist mit drei Walzstraßen W1, W2 und W3 ausgestattet und besonders geeignet, wenn ausgehend von einer relativ großen Gießdicke (zB. >150 mm) und langer metallurgischer Strangführungslänge, bzw. relativ niedriger gemittelter Brammentemperatur T_{VB} austenitisch gewalztes Warmband mit einer sehr geringen Walzenddicke (zB. <1,2 mm) erzeugt werden sollen. Zwischen der Walzstraße W1 mit den Walzgerüsten 8a, ..., 8n und der Walzstraße W2 mit den Walzgerüsten 13a, ... 13m ist eine Zwischenerwärmungseinrichtung 12 und zwischen der Walzstraße W2 und der Walzstraße W3 mit den Walzgerüsten 15a, 15b, ..., 15o ist eine weitere Zwischenerwärmungseinrichtung 14 angeordnet. Die Ermittlung der Anzahl der benötigten Walzgerüste in der Walzstraße W3 erfolgt analog zur Ermittlung der Maximal-Anzahl der Walzgerüste in der Walzstraße W2. Allerdings sind in der Berechnungsvorschrift für die Walzstraße W₂ beim Exponenten m_{vor} alle Vorverformungsstufen in den Walzstraßen W1 und W2 zu berücksichtigen.

[0039] In der betrieblichen Praxis ist es notwendig, Warmband in verschiedenen Stahlqualitäten und mit sehr unterschiedlichen Walzendicken ausgehend von Stahlsträngen mit unterschiedlichen Gießdicken zu produzieren. Eine vielschichtige Produktpalette kann auf einer kombinierten Gieß- und Walzanlage der erfindungsgemäßen Art sehr leicht produziert werden, wenn bereits in der konzeptionellen Phase der Anlagenerstellung eine auf diese Produktpalette abgestimmte Anordnung der Walzstraßen erfolgt ist. Dadurch ist eine produktspezifische Aktivierung benötigter Walzgerüste möglich. Daher wird die Anlage üblicherweise tatsächlich die jeweilige Maximalanzahl an Gerüsten in jeder Walzstraße, in Abhängigkeit von max. Brammendicke, minimaler Bandaufwickeldicke, den jeweiligen Zwischenbanddi-

cken $d_{\text{end},i}$ und den Zwischenerwärmungstemperaturen $T_{VB,i}$ gemäß der entwickelten Formel sowie Zwischenerwärmungseinrichtungen enthalten. Darüber hinaus können betriebsbedingte Temperaturschwankungen bei der Herstellung des Vorstreifens in der Stranggießanlage durch entsprechende Steuerung der Walzstraßen insbesondere, durch Aktivierung einer optimalen Walzgerüstkonfiguration, erreicht werden. Dies kann auf der Prozesselebene P erfolgen, die entsprechende Zustandsinformationen von einem Prozessrechner PS der vorgelagerten Stranggießanlage erhält und Aktivierungssignale an die Einzelregelkreise PW1 und PW2 der Walzstraßen W1 und W2 übermittelt (Fig. 4). Die spezielle Berechnungsvorschrift ist hierbei als mathematisches Modell dem Prozessrechner auf der Prozesselebene zugeordnet, wobei der aktuelle mittlere bzw. stationäre breitenspezifische Massendurchsatz als Multiplikationsfaktor einfließen soll. Für dieses Fall erfolgt die Festlegung der Anzahl der Dickenreduktionsschritte in den einzelnen Walzgerüsten gemäß der Bedingung

$$n_i \leq \left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{\text{aust}}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \left(\frac{1,4}{d_{\text{end},i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{\text{aust}}}{T_{\text{aust}}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n_i \in \mathbb{N}$$

wobei die Anzahl der Dickenreduktionsschritte für jede Walzstraße aus den beiden größten natürlichen Zahlen aus der Menge der natürlichen Zahlen wählbar ist, die sich aus der Bedingung ergeben.

[0040] Die Zwischenerwärmungseinrichtung 12 ist auf der Prozesselebene P in den Regelkreis eingebunden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum kontinuierlichen austenitischen Walzen eines in einem kontinuierlichen Gießprozess in einer Stranggießanlage mit einer Gießdicke von weniger als 300 mm, vorzugsweise mit einer Gießdicke von weniger als 150 mm, hergestellten Vorbandes durch Dickenreduktionsschritte in mindestens einer - von mehreren aufeinander folgenden Walzgerüsten gebildeten - Walzstraße zu einem Warmband mit einer Walzenddicke zwischen 0,5 und 15 mm und nachfolgender Querteilung des gewalzten Warmbandes in Bundgrößen bzw. Bundlängen vor dem Aufwickeln in einer Speichereinrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorband (6) in jeder der der Stranggießanlage nachgeordneten Walzstraßen (W, W1, W2, W3) mit einer Anzahl von (n, n_1, n_i) Dickenreduktionsschritten dickenreduziert wird, wobei die Anzahl n_i der durchzuführenden Dickenreduktionsschritte durch die Bedingung

$$n_i \leq \left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{\text{aust}}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{\text{end},i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{\text{aust}}}{T_{\text{aust}}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n_i \in \mathbb{N}$$

bestimmt wird, wobei

$T_{VB,i}$ [°C] die querschnittsgemittelte Vorbandtemperatur am Ende der Gießmaschine (im Bereich der Sumpfspitze) bzw. am Ende einer vor der i-ten Walzstraße installierten Zwischenerwärmungseinrichtung,

T_{aust} [°C] die stahlgüteabhängige Austenitbildungs-Grenztemperatur (austenit. Endwalztemperatur),

h_{Br} [mm] die Brammen-/Gießdicke bei Durcherstarrung (= Sumpfspitze), $d_{\text{end},i}$ [mm] die Banddicke nach den n_i Dickenreduktionsschritten, der i-ten Walzstraße,

m_{vor} die Anzahl aller ab der Brammendurcherstarrung erfolgten Dickenreduktionsschritte bis zum Einlauf in das erste Gerüst der nachfolgenden i-ten Walzstraße,

v_g [m/min] Brammengießgeschwindigkeit ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl n der innerhalb einer Walzstraße aktivierten Dickenreduktionsschritte durch die Bedingung

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} * \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} * \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 * h_{Br} * v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} * \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} * \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 * h_{Br} * v_g}{4000}; n \in N$$

bestimmt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach der Durchführung von Dickenreduktionsschritten in einer Walzstraße (W1 oder W2) und vor der Durchführung von Dickenreduktionsschritten in einer darauf folgenden Walzstraße (W2 oder W3) eine Zwischenerwärmung des Walzbandes erfolgt, wobei die querschnittsgemittelte Walzbandtemperatur um 50 K bis 450 K, vorzugsweise um 120 bis 350 K, erhöht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenerwärmung durch induktive Querfelderwärmung erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Gießdicke $h_{Br} < 45$ mm alle Dickenreduktionsschritte in einer Walzstraße und bei einer Gießdicke $h_{Br} > 60$ mm alle erforderlichen Dickenreduktionsschritte in zumindest zwei Walzstraßen durchgeführt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Gießdicke $h_{Br} < 50$ mm alle Dickenreduktionsschritte in einer Walzstraße durchgeführt werden, anderenfalls die erforderlichen Dickenreduktionsschritte vorzugsweise in zumindest zwei Walzstraßen durchgeführt werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Walzenddicke des Warmbandes zwischen 0,8 und 12 mm, vorzugsweise zwischen 1,0 mm und 8 mm, liegt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das in einem kontinuierlichen Gießprozess hergestellte Vorband mit einer Gießdicke von mindestens 30 mm, vorzugsweise mit einer Gießdicke von mindestens 60 mm, hergestellt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der Anzahl von n_i oder n unmittelbar aufeinander folgenden Dickenreduktionsschritten für jede Walzstraße auf Basis der Bedingung

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} * \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} * \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 * h_{Br} * v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} * \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} * \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 * h_{Br} * v_g}{4000}; n \in N$$

als mathematisches Modell einem Prozessrechner auf einer Prozessleitebene (P) zugeordnet ist und von diesem entsprechende Aktivierungssignale zur Aktivierung einzelner Walzgerüste (8a, 8b, ..., 8n; 13a, 13b, ..., 13m; 15a, 15b, ..., 15o) einer oder mehrerer Walzstraßen (W, W1, W2, W3) an die Einzelregelkreise (PW1, PW2) der einen oder mehrerer Walzstraßen übermittelt werden, wobei Zustandsinformationen über den gegossenen Vorstreifen von einem Prozessrechner (PS) der vorgelagerten Stranggießenlage mitberücksichtigt werden und wahlweise insbesondere die erforderliche Temperatur $T_{VB,i}$, d.h. die gemittelte Querschnittstemperatur des jeweiligen Vorbandes am Ende der Zwischenerwärmung vor der Walzstraße.

Claims

1. Method for the continuous austenitic rolling of a preliminary strip, which is produced in a continuous casting process in a continuous casting facility with a casting thickness of less than 300 mm, preferably with a casting thickness of less than 150 mm, by performing thickness reduction steps in at least one rolling train - formed by a plurality of successive rolling stands - to form a hot strip having a final rolling thickness of between 0.5 and 15 mm and subsequent transverse separation of the rolled hot strip into coil sizes or coil lengths before winding in a storage device, **characterized in that** the preliminary strip (6) is reduced in thickness in each of the rolling trains (W, W1, W2, W3) downstream of the continuous casting facility by a number (n, n₁, n_i) of thickness reduction steps, the number n_i of thickness reduction steps to be carried out being determined by the condition

$$n_i \leq \left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1.5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \left(\frac{1.4}{d_{end,i}} \right)^{2.2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7.4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n_i \in \mathbb{N}$$

where

T_{VB,i} [°C] is the cross-sectionally averaged preliminary strip temperature at the end of the casting machine (in the region of the liquidus tip) or at the end of an intermediate heating device installed before the ith rolling train, T_{aust} [°C] is the steel quality-dependent austenite formation limit temperature (austenitic final rolling temperature),

h_{Br} [mm] is the slab/casting thickness at solidification (=liquidus tip),

d_{end,i} [mm] is the strip thickness after the n_i thickness reduction steps of the ith rolling train,

m_{vor} is the number of all thickness reduction steps carried out from the slab solidification until entry into the first stand of the subsequent ith rolling train,

v_g [m/min] is the slab casting speed.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the number n of thickness reduction steps activated inside a rolling train is determined by the condition

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1.5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \left(\frac{1.4}{d_{end,i}} \right)^{2.2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7.4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} - 2 \leq n \leq \left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1.5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \left(\frac{1.4}{d_{end,i}} \right)^{2.2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7.4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n \in \mathbb{N}$$

3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** intermediate heating of the rolling strip is performed after carrying out thickness reduction steps in a rolling train (W1 or W2) and before carrying out thickness reduction steps in a subsequent rolling train (W2 or W3), the cross-sectionally averaged rolling strip temperature being increased by from 50 K to 450 K, preferably by from 120 to 350 K.

4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the intermediate heating is carried out by inductive transverse field heating.

5. Method according to one of the preceding Claims 1 to 4, **characterized in that** for a casting thickness h_{Br} < 45 mm all the thickness reduction steps are carried out in one rolling train, and for a casting thickness h_{Br} > 60 mm all necessary thickness reduction steps are carried out in at least two rolling trains.

6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** for a casting thickness h_{Br} < 50 mm all the thickness reduction steps are carried out in one rolling train, otherwise the necessary thickness reduction steps are preferably carried out in at least two rolling trains.

7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the rolling thickness of the hot strip lies between 0.8 and 12 mm, preferably between 1.0 mm and 8 mm.
8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the preliminary strip produced in a continuous casting process is produced with a casting thickness of at least 30 mm, preferably with a casting thickness of at least 60 mm.
9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a calculation rule for determining the number n_i or n of immediately successive thickness reduction steps for each rolling train is assigned on the basis of the condition

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1.5 \cdot \log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1.4}{d_{end,i}} \right)^{2.2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7.4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1.5 \cdot \log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1.4}{d_{end,i}} \right)^{2.2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7.4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n \in \mathbb{N}$$

as a mathematical model to a process computer on a process management level (P), and corresponding activation signals for activating individual rolling stands (8a, 8b, ..., 8n; 13a, 13b, ..., 13m; 15a, 15b, ..., 15o) of one or more rolling trains (W, W1, W2, W3) are transmitted by the latter to the individual control loops (PW1, PW2) of the one or more rolling trains, status information concerning the cast preliminary strip from a process computer (PS) of the preceding continuous casting facility being jointly taken into account, and optionally in particular the required temperature $T_{VB,i}$, i.e. the averaged cross-sectional temperature of the respective preliminary strip at the end of the intermediate heating before the rolling train.

Revendications

1. Procédé de laminage austénitique continu d'un préfeuillard fabriqué lors d'un processus de coulée continu dans une installation de coulée continue avec une épaisseur de coulée inférieure à 300 mm, de préférence avec une épaisseur de coulée inférieure à 150 mm, au moyen d'étapes de réduction d'épaisseur dans au moins un train de laminoir, formé par plusieurs cages de laminoir les unes à la suite des autres, pour former un feuillard laminé à chaud avec une épaisseur de laminage entre 0,5 et 15 mm et une division transversale subséquente du feuillard laminé à chaud en tailles de bobine ou longueurs de bobine avant l'enroulement dans un dispositif d'accumulation, **caractérisé en ce que** le préfeuillard (6) dans chacun des trains de laminoir (W, W1, W2, W3) agencés en aval de l'installation de coulée continue est soumis à une réduction d'épaisseur avec plusieurs étapes de réduction d'épaisseur (n, n_1, n_i), le nombre n_i des étapes de réduction d'épaisseur à réaliser étant déterminé par la condition

$$n_i \leq \left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1.5 \cdot \log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1.4}{d_{end,i}} \right)^{2.2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right] \right\} \frac{7.4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000}; \quad n_i \in \mathbb{N}$$

dans laquelle

$T_{VB,i}$ [°C] est la température de feuillard moyenne sur la section transversale à l'extrémité de la machine de coulée (dans la zone de l'extrémité du bassin de coulée) ou à l'extrémité d'un dispositif de chauffage intermédiaire installé en amont du i-ème train de laminoir,

T_{aust} [°C] est la température limite de formation d'austénite dépendant de la qualité de l'acier (température finale de laminage austénitique)

h_{Br} [mm] est l'épaisseur de brames/de coulée lors de la solidification totale (= extrémité du bassin de coulée), $d_{end,i}$ [mm] est l'épaisseur de feuillard après les n_i étapes de réduction d'épaisseur, de l'i-ème train de laminoir, m_{vor} est le nombre de toutes les étapes de réduction d'épaisseur effectuées à partir de la solidification totale

des brames jusqu'à l'entrée dans la première cage de l'i-ème train de laminoir suivant,
Vg [m/min] est la vitesse de coulée des brames.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le nombre n des étapes de réduction d'épaisseur activées à l'intérieur d'un train de laminoir est déterminé par la condition

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} ; n \in N$$

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**après la réalisation des étapes de réduction d'épaisseur dans un train de laminoir (W1 ou W2) et avant la réalisation d'étapes de réduction d'épaisseur dans un train de laminoir suivant (W2 ou W3) un chauffage intermédiaire du feuillard à laminer est effectué, la température de feuillard à laminer moyenne sur la section transversale étant augmentée de 50 K à 450 K, de préférence de 120 à 350 K.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le chauffage intermédiaire s'effectue par chauffage par champ transversal inductif.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** dans le cas d'une épaisseur de coulée $h_{Br} < 45$ mm toutes les étapes de réduction d'épaisseur sont réalisées dans un train de laminoir et dans le cas d'une épaisseur de coulée $h_{Br} > 60$ mm toutes les étapes de réduction d'épaisseur nécessaires sont réalisées dans au moins deux trains de laminoir.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** dans le cas d'une épaisseur de coulée $h_{Br} < 50$ mm toutes les étapes de réduction d'épaisseur sont réalisées, autrement les étapes de réduction d'épaisseur nécessaires sont de préférence réalisées dans au moins deux trains de laminoir.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de laminage du feuillard laminé à chaud se situe entre 0,8 et 12 mm, de préférence entre 1,0 mm et 8 mm.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le préfeuillard fabriqué lors d'un processus de coulée continu est fabriqué avec une épaisseur de coulée d'au moins 30 mm, de préférence avec une épaisseur de coulée d'au moins 60 mm.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une règle de calcul pour déterminer le nombre ni ou n des étapes de réduction d'épaisseur directement les unes à la suite des autres pour chaque train de laminoir sur la base de la condition

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} - 2 \leq n \leq$$

$$\left\{ \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{75} + 1,5 \cdot 10^{\log \left[\frac{h_{Br}}{2^{m_{vor}}} \cdot \left(\frac{1,4}{d_{end,i}} \right)^{2,2} \cdot \frac{T_{VB,i} - T_{aust}}{T_{aust}} \right]} \right\} \frac{7,4 \cdot h_{Br} \cdot v_g}{4000} ; n \in N$$

est associée en tant que modèle mathématique à un ordinateur industriel à un niveau du contrôle des process (P) et des signaux d'activation correspondants pour l'activation de cages de laminoir individuelles (8a, 8b, ..., 8n ; 13a,

EP 2 209 573 B2

13b, ..., 13m ; 15a, 15b, ..., 15o) d'un ou plusieurs trains de laminoir (W, W1, W2, W3) sont transmis par cet ordinateur individuel aux circuits de régulation individuels (PW1, PW2) des un ou plusieurs trains de laminoir, dans lequel des informations relatives à l'état sont prises en compte via l'ébauchage apprécié par un ordinateur industriel (PS) de l'installation de coulée continue en amont et sélectivement en particulier la température nécessaire $T_{VB,i}$, c'est-à-dire la température de section transversale établie du préfeuillard respectif à la fin du chauffage intermédiaire en amont du train de laminoir.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

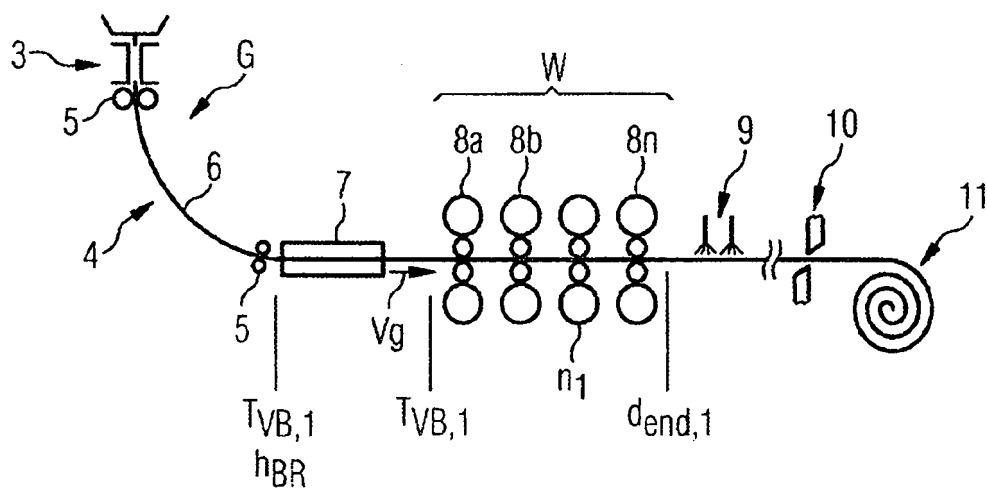


FIG 2

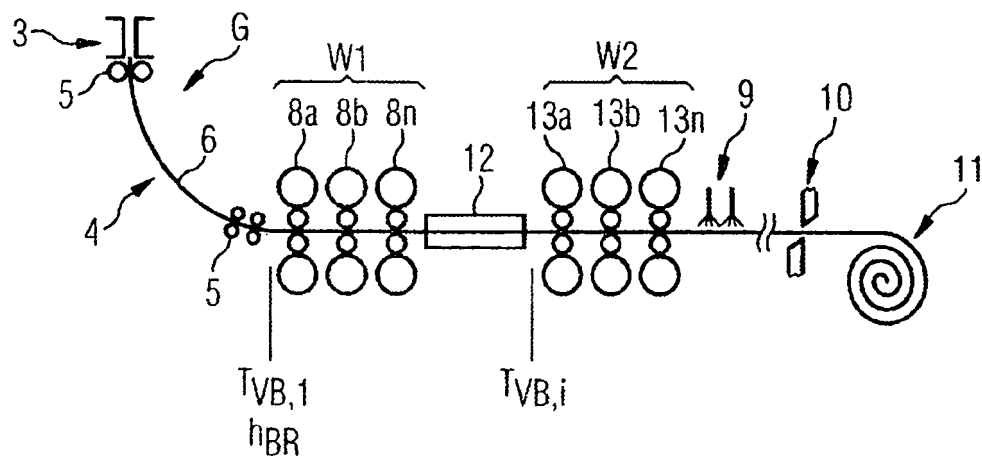


FIG 3

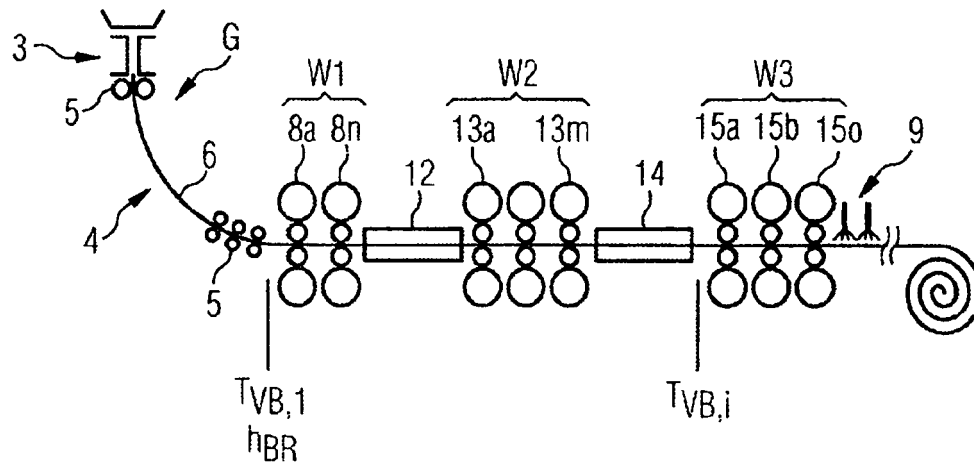
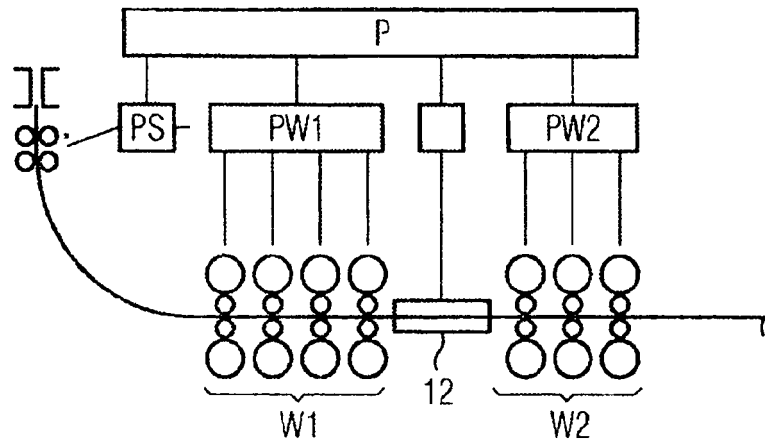


FIG 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3840812 A1 [0004]
- WO 9200815 A1 [0005]
- WO 9736699 A1 [0006]
- EP 0823294 A1 [0007]