

(19)



(11)

**EP 2 334 830 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.04.2017 Patentblatt 2017/16**

(51) Int Cl.:  
**C21D 8/12** (2006.01) **B21B 1/46** (2006.01)  
**C21D 9/46** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09740663.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2009/063245**

(22) Anmeldetag: **12.10.2009**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2010/043578 (22.04.2010 Gazette 2010/16)**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON WARMBAND-WALZGUT AUS SILIZIUMSTAHL**

METHOD FOR PRODUCING HOT-ROLLED STRIP FROM SILICON STEEL

PROCÉDÉ DE FABRICATION DE FEUILLARDS LAMINÉS À CHAUD EN ACIER AU SILICIUM

(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 MK MT NL NO PL  
PT RO SE SI SK SM TR**

- **LINZER, Bernd**  
**A-4020 Linz (AT)**
- **HOHENBICHLER, Gerald**  
**A-4484 Kronstorf (AT)**

(30) Priorität: **17.10.2008 AT 16342008**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.06.2011 Patentblatt 2011/25**

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

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-98/46802 WO-A1-2004/026497**  
**WO-A1-2009/012963 JP-A- 3 229 822**  
**US-A- 4 718 951**

(72) Erfinder:  
• **ECKERSTORFER, Gerald**  
**A-4060 Leonding (AT)**

**EP 2 334 830 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Warmband-Walzgut aus siliziumlegierten Stählen zur Weiterverarbeitung zu kornorientiertem Elektrobild. Die Weiterverarbeitung des Warmbands ist nicht Gegenstand dieser Anmeldung; sie erfolgt durch Wärmebehandlungen und Kaltwalzen.

**[0002]** Kornorientiertes Elektrobild, beispielsweise für eine nachfolgende Verarbeitung zu laminiertem Elektrobild für Transformatoren oder elektrische Maschinen, zeichnet sich durch niedrige spezifische Ummagnetisierungsverluste und eine hohe magnetische Permeabilität aus. Da der Verbrauch an elektrischer Energie steigt und immer höhere Ansprüche an die Wirkungsgrade elektrischer Maschinen gestellt werden, ist eine hohe Nachfrage nach qualitativ hochwertigen und preisgünstigen Elektrobildern gegeben.

**[0003]** Die Herstellung von Elektrobild kann in folgende Prozessschritte unterteilt werden: Stahl-, Warmband- und Kaltbänderzeugung, Wärmebehandlung und Bandbeschichtung (siehe Merkblatt 401 "Elektrobild und -blech", Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf, Ausgabe 2005).

**[0004]** Dem Fachmann sind Gieß-Walz-Verbundanlagen für eine besonders wirtschaftliche Herstellung von qualitativ hochwertigen Warmbändern bekannt, beispielsweise für eine nachfolgende Verarbeitung zu Automobilblechen (siehe z.B. EP 1662011 A1).

**[0005]** Aus der WO 98/46802 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von kornorientierten Elektrobildern bekannt, wobei entweder

- a) eine spezifische Stahlliegierung erschmolzen und daraus ein dünner Strang in einer Stranggießanlage gegossen wird, anschließend wird der Strang zerteilt, die Brammen gegläht, fertiggewalzt, abgekühlt und das Warmband aufgewickelt; oder
- b) eine spezifische Stahlliegierung erschmolzen und daraus ein dünner Strang in einer Stranggießanlage gegossen wird, anschließend wird der Strang fertiggewalzt, abgekühlt und das Warmband aufgewickelt.

Im Anschluss an die Arbeitsschritte gemäß a) oder b) wird das Warmband im Wesentlichen gegläht, in einer Kaltwalzstraße auf die Enddicke gewalzt, entkohl und einer gezielten Sekundärrekristallisation unterzogen. Die erschmolzene Stahlliegierung beinhaltet sog. Wachstumsinhibitoren, nämlich Sulfide, Karbide oder Nitride der Elemente Mn, Cu und Al, die das Kornwachstum des nach dem Fertigwalzen vorliegenden Gefüges verhindern. Diese Ausscheidungen wirken des Weiteren je nach Temperatur bereits während der Verformung und unmittelbar danach auf die Rekristallisation in einer Weise ein, dass ein Gefüge entstehen kann, welches in weiterer Folge zur Produktion eines Materials mit den gewünschten Korneigenschaften geeignet ist.

**[0006]** Das Verfahren nach dem Stand der Technik für die Herstellung von Warmband-Walzgut ist entweder sehr energieaufwändig, oder resultiert in Qualitätseinbußen der weiterverarbeiteten kornorientierten Elektrobildern. Die für das Glühen der Brammen verwendeten Ausgleichsofen sind zudem wenig kompakt, was wiederum die Investitionskosten der Gesamtanlage erhöht.

**[0007]** Aus der US 4 718 951 A ist es bekannt, siliziumhaltige Stähle für kornorientiertes Elektrobild durch Vorwalzen mit hohen Umformgraden von 10 - 50%, einer Zwischenerhitzung auf 1260 - 1400 °C und nachfolgendes Warmwalzen herzustellen.

**[0008]** Schließlich ist aus der nicht vorveröffentlichten WO 2009/012963 A1 ein Verfahren zur Herstellung von Warmband-Walzgut aus siliziumlegierten Stahl auf einer Gieß-Walz-Verbundanlage bekannt, umfassend die Schritte:

- Gießen einer Bramme in einer Stranggießanlage;
- Entzundern der Bramme;
- Vorwalzen der entzundernten Bramme zu einem Zwischenband;
- Aufheizen des Zwischenbands in einem Ofen;
- Fertigwalzen des Bands in einer Fertigwalzstraße; und
- Abkühlen und Aufhaspeln des Bands.

**[0009]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit welchem hochqualitatives Warmband-Walzgut zur Weiterverarbeitung zu kornorientiertem Elektrobild mit hervorragenden magnetischen, elektrischen und geometrischen Eigenschaften kostengünstig hergestellt werden kann. Unter einem hochqualitativen Warmband-Walzgut solcher Art versteht man ein Warmband, bei dem die Wachstumsinhibitoren feindispers und homogen im Warmband verteilt sind.

**[0010]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, bei dem folgende Verfahrensschritte in der genannten Reihenfolge auf einer Gieß-Walz-Verbundanlage durchgeführt werden:

- a) Erschmelzen eines Stahl mit einer chemischen Zusammensetzung in Gewichts % von Si 2 bis 7 %, C 0,01 bis

0,1 %, Mn < 0,3 %, Cu 0,1 bis 0,7 %, Sn < 0,2 %, S < 0,05 %, Al < 0,09 %, Cr < 0,3 %, N < 0,02 %, P < 0,1 %, Rest Fe und Verunreinigungen;

b) Gießen eines Strangs mit einer Dicke von 25 bis 150 mm auf einer Stranggießanlage;

c) Walzen zu einem Band in bis zu 4 Walzstichen unmittelbar nach dem Gießen des Strangs, wobei zumindest bei einem Walzstich ein Umformgrad > 30 % oder der Gesamtumformgrad aller Stiche > 50 % beträgt;

d) Aufheizen des Bands auf eine Endtemperatur von 1050 bis 1250 °C, bevorzugt 1100 bis 1180 °C, wobei die Endtemperatur nach dem Aufheizen des Bands für eine Dauer  $t$ ,  $t > 15$  s, aufrechterhalten wird;

e) Fertigwalzen des Bands in einer zweiten Walzstraße, anschließend

f) Abkühlen und Aufhaspeln des Bands.

**[0011]** Bei diesem Herstellverfahren wird die Bildung von homogen verteilten und feindispers vorliegenden Wachstumsinhibitoren, nämlich Sulfide, Nitride und Karbide der Elemente Mn, Cu, Al aber auch Cr, durch das Erschmelzen einer spezifischen Stahlliegierung (Schritt a) und das dem Gießen eines dünnen Strangs (Schritt b) unmittelbar folgende Walzen eines Bands mit hohen Umformgraden (Schritt c) auf einer ersten Walzstraße gefördert. Der Umformgrad  $\varphi$  ist

definiert als  $\varphi = \frac{h_0 - h_1}{h_0}$ , wobei  $h_0$  die Dicke vor der Umformung und  $h_1$  die Band- bzw. Strangdicke nach einem

bzw. mehreren Umformschritten angibt; der Umformgrad wird in dieser Anmeldung in Prozent angegeben. Das Aufheizen des Bands (Schritt d) bewirkt, dass das weitere Ausscheiden von Wachstumsinhibitoren gestoppt wird und bereits gebildete Ausscheidungen mit gegebener Kinetik wieder aufgelöst werden. Bei einer erneuten Temperaturabsenkung beim Fertigwalzen auf einer zweiten Walzstraße (Schritt e) und dem anschließenden Abkühlen des Bands (Schritt f), werden weitere homogen verteilte und feindispers vorliegende Wachstumsinhibitoren gebildet. Das Herstellverfahren kann entweder vollkontinuierlich, dh. basierend auf einem Strang bzw. einem unzerlegten Band, oder im nicht-kontinuierlichen Batch-Betrieb, dh. basierend auf Brammen, durchgeführt werden.

**[0012]** In einer vorteilhaften Ausführungsform des Herstellverfahrens wird die Endtemperatur nach dem Aufheizen des Bands für eine Dauer  $t$ , für die gilt  $t > 60$  s, aufrechterhalten. Durch diese Maßnahme wird ein höherer Anteil an gegebenenfalls bereits im Band in groben Clustern vorliegenden Ausscheidungen aufgelöst. Eine Aufrechterhaltung der Temperatur für eine Zeit  $t$ ,  $t > 90$  s, ist nicht sinnvoll, da nach dieser Zeit bereits sämtliche Ausscheidungen aufgelöst vorliegen.

**[0013]** Im vollkontinuierlichen Betrieb wird die Endtemperatur des Bands vorteilhafterweise in einem Durchlaufofen, welcher beispielsweise als ein gasbefeuerteter Ofen oder als ein Induktionsofen ausgeführt ist, aufrechterhalten. Dadurch kann die Temperatur des Bands im vollkontinuierlichen Betrieb auf besonders kompakte Art und Weise aufrechterhalten werden.

**[0014]** Im nicht-kontinuierlichen Batch-Betrieb wird die Endtemperatur des Bands vorteilhafterweise durch ein Auf- und Abwickeln in einem Haspelofen aufrechterhalten. Dadurch kann die Temperatur des Bands im nicht-kontinuierlichen Betrieb auf besonders kompakte Art und Weise aufrechterhalten werden.

**[0015]** In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Band auf einer zweiten Walzstraße in 2 bis 6, bevorzugt in 3 bis 5, Walzstichen fertiggewalzt. Dadurch können gängige Banddicken auf besonders wirtschaftliche Weise erzeugt werden.

**[0016]** Beim Fertigwalzen ist es günstig, wenn das Band nach dem Fertigwalzen eine Endwalztemperatur von 900 bis 1050 °C aufweist. Dadurch wird sichergestellt, dass das Band in einem günstigen Temperaturbereich fertiggewalzt wird.

**[0017]** Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform besteht darin, dass das Band innerhalb von max. 10 s, bevorzugt innerhalb von max. 6 s, nach dem Fertigwalzen auf eine Haspeltemperatur von 300 bis 600 °C mittels eines Intensiv-Abkühlungsschrittes abgekühlt wird.

**[0018]** Eine weitere vorteilhafte Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass das Band am Beginn des Intensiv-Abkühlungsschrittes mit einer doppelt, bevorzugt dreifach, so hohen Abkühlrate wie am Ende des Abkühlungsschrittes abgekühlt wird. Mittels dieser Temperaturführung wird sichergestellt, dass das nach dem Fertigwalzen vorliegende Gefüge möglichst rasch für die nachfolgenden Schritte "eingefroren" wird.

**[0019]** Bezüglich der Ausbildung von Wachstumsinhibitoren ist es vorteilhaft, dass in der Stahlschmelze die Summe der Legierungselemente Cu+Mn > 0,35 Gewichts %, bevorzugt > 0,55 Gewichts %, beträgt. Zur Ausbildung einer genügend hohen Anzahl von Wachstumsinhibitoren ist es vorteilhaft, dass in der Stahlschmelze die Summe der Legierungselemente S+N > 100 ppm, bevorzugt > 200 ppm, beträgt. Eine hinreichende Menge an Cu, Mn, S und N in der Stahlschmelze ist vorteilhaft, um mengenmäßig genügend Wachstumsinhibitoren in das Warmband hinein ausscheiden zu können.

**[0020]** Vorteilhafterweise beträgt in der Stahlschmelze der Quotient der Legierungselemente Cu/Mn > 2,5, bevorzugt > 3,5. Da Cu-Sulfide eine geringere Größe und Ausscheidetemperatur als Mn-Sulfide aufweisen und daher zu bevorzugen

sind, ist es vorteilhaft, wenn die Stahlschmelze mehr Cu als Mn enthält. Da jedoch Mn affiner zu S ist als Cu, muss ein "Überangebot" an Cu vorhanden sein, um mengenmäßig mehr Cu-Sulfide als Mn-Sulfide bilden zu können.

**[0021]** 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:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Gieß-Walz-Verbundanlage zur nicht-kontinuierlichen Herstellung von Warmband-Walzgut zur Weiterverarbeitung zu kornorientierten Blechen

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Gieß-Walz-Verbundanlage zur vollkontinuierlichen Herstellung von Warmband-Walzgut zur Weiterverarbeitung zu kornorientierten Blechen

#### Ausführungsbeispiel 1

**[0022]** In Fig. 1 ist eine Gieß-Walz-Verbundanlage 1 zur Herstellung von Warmband-Walzgut aus siliziumlegierten Stählen dargestellt; die Anlagenteile zur Weiterverarbeitung des Warmbands zu einem kornorientierten Elektroband sind nicht gezeigt. Die Zustände, dh. die Temperaturen und Dicken, des Strangs bzw. Bands bei den einzelnen Verfahrensschritten sind in Tab. I angegeben; die Zustände werden als P1 bis P15 bezeichnet. In einer Stranggussanlage 2 zur Herstellung von Dünnbrammen wird aus einer spezifischen Stahllegierung, in Gewichts % bestehend aus Si 3,2 %, C 0,08 %, Mn 0,1 %, Cu 0,3 %, Sn 0,08 %, S 0,01 %, Al 0,03 %, Cr 0,1 %, N 0,012 %, P 0,05 %, Rest Fe und Verunreinigungen, ein Strang 3 mit einer Dicke von 90 mm gegossen. Unmittelbar nach der Durcherstarrung (Temperatur des Strangs 1174 °C, Zustand P1) wird der Strang 3 einem ersten Walzschrift, bestehend aus 2 Walzstichen, auf einer ersten Walzstraße 5 unterzogen. Dabei betragen die Einzel-Umformgrade jeweils 53 % und 52 %, dh. es wird zuerst ein Band mit einer Dicke von 42 mm (Zustand P2) und anschließend ein 20 mm dickes Band (Zustand P3) gewalzt. Die Temperatur des Bandes nach dem ersten Stich beträgt 1171 °C, nach dem zweiten Stich 1086 °C. Dieser erste Walzschrift begünstigt die Bildung von homogen verteilten und feindispers vorliegenden Clustern von Wachstumsinhibitoren, nämlich Sulfide, Nitride und Karbide der Elemente Cu, Al, Mn und Cr, im Band, wodurch das weitere Kornwachstum gehemmt wird. Im Anschluss an den ersten Walzschrift wird das Band 4 mittels eines Rollgangs zu einer Aufheizvorrichtung 6, ausgeführt als Induktionsofen, transportiert, in welcher das einlaufende, auf 944 °C abgekühlte (Zustand P4), Band auf eine Endtemperatur von 1150 °C (Zustand P5) aufgeheizt wird. Anschließend wird die Temperatur des Bands in einem Haspelofen 7 (Temperatur am Eingang des Haspelofens 1134 °C, Zustand P6) für mindestens 30 s aufrechterhalten. Die Verweilzeit eines Bandbereichs, die sog. örtliche Verweilzeit, ist je nach Bandposition unterschiedlich. Aufgrund des Auf- und Abwickelns des Bands, verbleibt z.B. der - vor dem Wickeln vorhandene - Bandkopf länger im Haspelofen als das Bandende; in diesem Sinne wird der vor dem Wickeln vorhandene Bandkopf zum Bandende und umgekehrt. Durch das Aufheizen des Bands 4 wird ein Ausscheiden von Wachstumsinhibitoren bis zu einem Fertigwalzen des Bands in einer zweiten Walzstraße 8 verhindert; durch das Aufrechterhalten der Temperatur für eine Zeit t werden grobe Cluster von Wachstumsinhibitoren aufgelöst, welche bei einer erneuten Temperaturabsenkung beim Fertigwalzen fein verteilt wieder gebildet werden. Nach einem Auf- und Abwickeln des Vorbands im Haspelofen 7 wird das Band mittels einer Entzunderungsanlage 12 von Zunder befreit, wodurch die Temperatur des Bandes von 1101 °C auf 1070 °C abfällt (Temperaturen vor und nach der Entzunderung, Zustände P7 und P8). Anschließend wird das Band auf einer zweiten Walzstraße 8 in vier Walzstichen (Einzel-Umformgrade 55, 53, 28 und 16 %, dh. Banddicken von 9,1, 4,3, 3,1 und 2,6 mm, Zustände P9 bis P12) auf eine Warmband-Enddicke von 2,6 mm fertiggewalzt. Bei diesen Walzstichen kühlt das Band von 1043, 1012 und 984 auf eine Endwalztemperatur von 955 °C nach dem letzten Walzstich ab. Nach dem Fertigwalzen wird das Band auf einer Kühlstrecke 9 innerhalb von 3 s nach dem letzten Stich in der zweiten Walzstraße 8 von 932 °C (Eingang Kühlstrecke, Zustand P13) auf eine Temperatur von 560 °C am Ausgang der Kühlstrecke abgekühlt (Zustand P14). Beim Fertigwalzen und Abkühlen des Bands werden die im Strang vorhandenen Cluster von Wachstumsinhibitoren feindispers, dh. mit einer typischen Clustergröße < 60 nm, ausgeschieden. Nach einem Abschneiden des Warmbands mittels einer Schere 10 wird das Band in einer Aufwickelvorrichtung 11 aufgewickelt; die Wickeltemperatur beträgt dabei 540 °C (Zustand P15). In weiterfolgenden, nicht mehr dargestellten, Herstellschritten wird das vorliegende Warmband geglüht, in einer Kaltwalzstraße auf die Enddicke gewalzt, entkohlt und einer gezielten Sekundärrekristallisation unterzogen.

#### Ausführungsbeispiel 2

**[0023]** In Fig. 2 ist eine weitere Gieß-Walz-Verbundanlage 1 zur vollkontinuierlichen Herstellung von Warmband-Walzgut aus siliziumlegierten Stählen dargestellt; die Anlagenteile zur Weiterverarbeitung des Warmbands zu einem kornorientierten Elektroband sind wiederum nicht gezeigt. Die Zustände P1 bis P5 und P7 bis P15 des Strangs bzw. Bands bei den einzelnen Verfahrensschritten sind der Tab. I zu entnehmen. Hierbei wird wiederum eine spezifische

## EP 2 334 830 B1

Stahllegierung (chemische Zusammensetzung siehe Ausführungsbeispiel 1) erschmolzen und daraus in einer Stranggießanlage 2 ein Strang 3 gegossen (Zustand P1). Unmittelbar nach der Durcherstarrung wird der Strang einem ersten Walzschrift, bestehend aus 2 Walzstichen, auf einer ersten Walzstraße 5 unterzogen (Zustände P2 und P3). Anschließend wird das Band 4 in einer Aufheizvorrichtung 6, ausgeführt als Induktionsofen, aufgeheizt (Zustände P4 und P5). Der wesentliche Unterschied zum Ausführungsbeispiel 1 besteht nun darin, dass die Temperatur des Bands 4 nach dem Aufheizen in einem Durchlaufofen 13, ausgeführt als gasbefeuerteter Ofen, für mindestens 15 s aufrechterhalten wird; die örtliche Verweilzeit im Durchlaufofen ist für alle Bandbereiche (Bandkopf, Bandfuß) konstant. Die weiteren Verfahrensschritte (Entzunderung P7 bis P8, Fertigwalzen P9 bis P12, Abkühlen P13 bis P14 und Aufhaspeln P15) sind dem Ausführungsbeispiel 1 zu entnehmen.

Tab. I

	Ort	Dicke [mm]	Temp. [° C]
P1	Ende Gieß-Walz-Verbundanlage	90	1174
P2	Nach 1. Stich in erster Walzstraße	42	1171
P3	Nach 2. Stich in erster Walzstraße	20	1086
P4	Eingang Aufheizvorrichtung	20	944
P5	Ausgang Aufheizvorrichtung	20	1150
P6	Eingang Haspelofen	20	1134
P7	Eingang Entzunderungsanlage	20	1101
P8	Ausgang Entzunderungsanlage	20	1070
P9	Nach 1. Stich in zweiter Walzstraße	9.1	1043
P10	Nach 2. Stich in zweiter Walzstraße	4.3	1012
P11	Nach 3. Stich in zweiter Walzstraße	3.1	984
P12	Nach 4. Stich in zweiter Walzstraße	2.6	955
P13	Eingang Kühlstrecke	2.6	932
P14	Ausgang Kühlstrecke	2.6	560
P15	In Aufwickelvorrichtung	2.6	540

### Bezugszeichenliste

#### [0024]

- 1 Gieß-Walz-Verbundanlage
- 2 Stranggussanlage
- 3 Strang
- 4 Band
- 5 Erste Walzstraße
- 6 Aufheizvorrichtung
- 7 Haspelofen
- 8 Zweite Walzstraße
- 9 Kühlstrecke
- 10 Schere
- 11 Aufwickelvorrichtung
- 12 Entzunderungsanlage
- 13 Durchlaufofen

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Warmband-Walzgut aus siliziumlegierten Stählen auf einer Gieß-Walz-Verbundan-

lage zur Weiterverarbeitung zu kornorientiertem Elektroband, umfassend die folgenden Verfahrensschritte in der genannten Reihenfolge:

- a) Erschmelzen eines Stahls mit einer chemischen Zusammensetzung in Gewichts % von Si 2 bis 7 %, C 0,01 bis 0,1 %, Mn < 0,3 %, Cu 0,1 bis 0,7 %, Sn < 0,2 %, S < 0,05 %, Al < 0,09 %, Cr < 0,3 %, N < 0,02 %, P < 0,1 %, Rest Fe und Verunreinigungen;
- b) Gießen eines Strangs mit einer Dicke von 25 bis 150 mm auf einer Stranggießanlage;
- c) Walzen eines Bands in bis zu 4 Walzstichen unmittelbar nach dem Gießen des Strangs, wobei zumindest bei einem Walzstich ein Umformgrad > 30 % oder der Gesamtumformgrad aller Stiche > 50 % beträgt;
- d) Aufheizen des Bands auf eine Endtemperatur von 1050 bis 1250 °C, bevorzugt 1100 bis 1180 °C, wobei die Endtemperatur nach dem Aufheizen des Bands für eine Dauer t, t > 15 s, aufrechterhalten wird;
- e) Fertigwalzen des Bands in einer zweiten Walzstraße, anschließend
- f) Abkühlen und Aufhaspeln des Bands.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Endtemperatur nach dem Aufheizen des Bands für eine Dauer t, t > 60 s, aufrechterhalten wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Endtemperatur des Bands in einem Durchlaufofen aufrechterhalten wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Endtemperatur des Bands während eines Aufwickelns und eines anschließendes Abwickelns in einem Haspelofen aufrechterhalten wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Band in der zweiten Walzstraße in 2 bis 6, bevorzugt 3 bis 5, Walzstichen fertiggewalzt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Band nach dem Fertigwalzen eine Endwalztemperatur von 900 bis 1050 °C aufweist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Band innerhalb von 10 s, bevorzugt innerhalb von 6 s, nach dem Fertigwalzen auf eine Haspeltemperatur von 300 bis 600 °C mittels eines Intensiv-Abkühlungsschrittes abgekühlt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Band am Beginn des Intensiv-Abkühlungsschrittes mit einer doppelt, bevorzugt dreifach, so hohen Abkühlrate wie am Ende des Abkühlungsschrittes abgekühlt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Stahlschmelze die Summe der Legierungselemente Cu+Mn > 0,35 Gewichts %, bevorzugt > 0,55 Gewichts %, beträgt.
10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Stahlschmelze die Summe der Legierungselemente S+N > 100 ppm, bevorzugt > 200 ppm, beträgt.
11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Stahlschmelze der Quotient der Legierungselemente Cu/Mn > 2,5, bevorzugt > 3,5, beträgt.

## Claims

1. Process for producing hot-rolled strip from silicon-alloyed steels on a combined casting/rolling installation for further processing to form grain-oriented magnetic steel strip, comprising the following process steps in the sequence given:
  - a) a steel having a chemical composition (in % by weight) of Si 2 to 7%, C 0.01 to 0.1%, Mn < 0.3%, Cu 0.1 to 0.7%, Sn < 0.2%, S < 0.05%, Al < 0.09%, Cr < 0.3%, N < 0.02%, P < 0.1%, remainder Fe and impurities is melted;
  - b) a strand having a thickness of 25 to 150 mm is cast on a continuous casting installation;
  - c) a strip is rolled in up to 4 roll passes immediately after the strand has been cast, wherein at least in one roll pass a degree of deformation is > 30% or the total degree of deformation of all the passes is > 50%;
  - d) the strip is heated to a final temperature of 1050 to 1250°C, preferably 1100 to 1180°C, wherein the final temperature after the strip has been heated is maintained for a duration t, where t > 15 s;

- e) the strip is finish-rolled in a second rolling mill train, and then
- f) the strip is cooled and coiled.

2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the final temperature after the strip has been heated is maintained for a duration  $t$ , where  $t > 60$  s.
3. Process according to Claims 1 and 2, **characterized in that** the final temperature of the strip is maintained in a continuous furnace.
4. Process according to one of Claims 1 and 2, **characterized in that** the final temperature of the strip is maintained during winding-up and subsequent unwinding in a coiling furnace.
5. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the strip is finish-rolled in 2 to 6, preferably 3 to 5, roll passes in the second rolling mill train.
6. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the strip has a final rolling temperature of 900 to 1050°C after the finish-rolling.
7. Process according to one of the preceding claims, **characterized in that** the strip is cooled to a coiling temperature of 300 to 600°C by means of an intensive cooling step within 10 s, preferably within 6 s, after the finish-rolling.
8. Process according to Claim 7, **characterized in that**, at the start of the intensive cooling step, the strip is cooled at a cooling rate which is twice as high, preferably three times as high, as the cooling rate at the end of the cooling step.
9. Process according to Claim 1, **characterized in that** the sum of the alloying elements Cu+Mn in the steel melt is  $> 0.35\%$  by weight, preferably  $> 0.55\%$  by weight.
10. Process according to Claim 1, **characterized in that** the sum of the alloying elements S+N in the steel melt is  $> 100$  ppm, preferably  $> 200$  ppm.
11. Process according to Claim 1, **characterized in that** the quotient of the alloying elements Cu/Mn in the steel melt is  $> 2.5$ , preferably  $> 3.5$ .

## Revendications

1. Procédé destiné à la fabrication de feuillards laminés à chaud en acier au silicium sur une installation composite de coulée et de laminage en vue d'un finissage en feuillard électrique à grains orientés, comprenant les étapes de procédé suivantes dans l'ordre indiqué :
  - a) fusion d'un acier avec une composition chimique en pourcentages en poids de 2 à 7 % de Si, de 0,01 à 0,1 % de C, de moins de 0,3 % de Mn, de 0,1 à 0,7 % de Cu, de moins de 0,2 % de Sn, de moins de 0,05 % de S, de moins de 0,09 % de Al, de moins de 0,3 % de Cr, de moins de 0,02 % de N, de moins de 0,1 % de P, le reste étant du Fe et des impuretés ;
  - b) coulée d'une barre avec une épaisseur de 25 à 150 mm sur une installation de coulée continue ;
  - c) laminage d'un feuillard en 1 à 4 passes de laminage directement après la coulée de la barre, dans lequel au moins lors d'une passe de laminage un degré de transformation est supérieur à 30 % ou le degré de transformation total de toutes les passes est supérieur à 50 % ;
  - d) chauffage du feuillard à une température finale de 1050 à 1250°C, de préférence de 1100 à 1180°C, dans lequel la température finale à l'issue du chauffage du feuillard est maintenue pendant une durée  $t$ ,  $t$  étant supérieure à 15 s ;
  - e) laminage de finition du feuillard dans un deuxième train de laminage, puis
  - f) refroidissement et bobinage du feuillard.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la température finale à l'issue du chauffage du feuillard est maintenue pendant une durée  $t$ ,  $t$  étant supérieure à 60 s.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la température finale du feuillard est maintenue

dans un four à passage continu.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la température finale du feuillard est maintenue pendant un enroulement et un déroulement consécutif dans un four à dévidoir.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard est soumis à un laminage de finition dans le deuxième train de laminage en 2 à 6, de préférence 3 à 5, passes de laminage.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard présente à l'issue du laminage de finition une température finale de laminage de 900 à 1050°C.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard est refroidi en l'espace de 10 s, de préférence en l'espace de 6 s, à l'issue du laminage de finition à une température de bobinage de 300 à 600°C au moyen d'une étape de refroidissement intensif.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard est refroidi au début de l'étape de refroidissement intensif avec un taux de refroidissement doublé, de préférence triplé, aussi élevé qu'à la fin de l'étape de refroidissement.
9. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** dans l'acier fondu la somme des éléments d'alliage Cu + Mn est supérieure à 0,35 % en poids, de préférence supérieure à 0,55 % en poids.
10. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** dans l'acier fondu la somme des éléments d'alliage S + N est supérieure à 100 ppm, de préférence supérieure à 200 ppm.
11. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** dans l'acier fondu le quotient des éléments d'alliage Cu/Mn est supérieur à 2,5, de préférence supérieur à 3,5.



Fig. 1

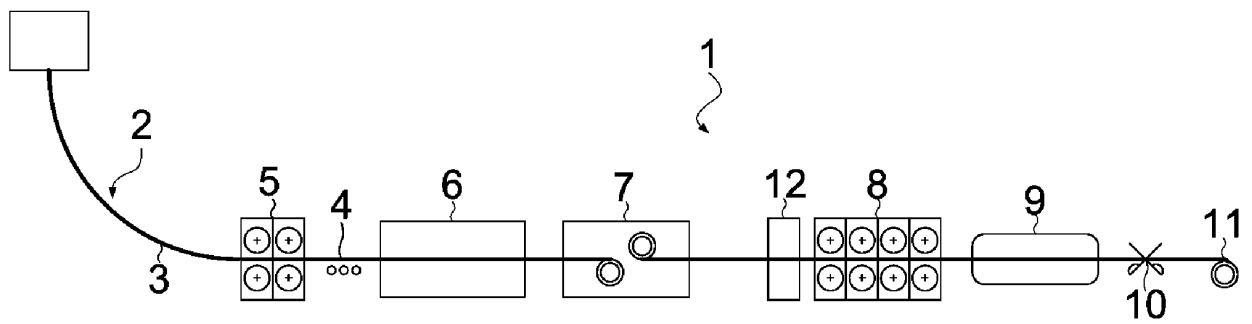
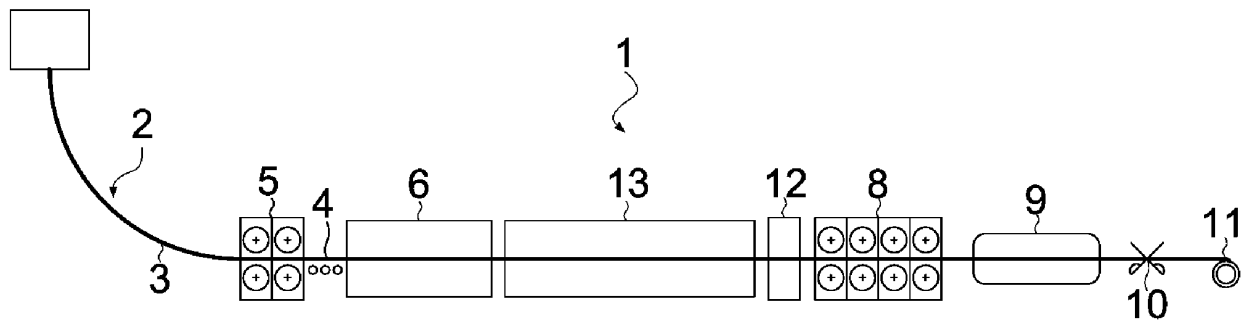


Fig. 2



**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**

- EP 1662011 A1 [0004]
- WO 9846802 A1 [0005]
- US 4718951 A [0007]
- WO 2009012963 A1 [0008]