



(11) **EP 2 460 596 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
28.08.2013 Patentblatt 2013/35

(51) Int Cl.: **B21B 1/46** (2006.01) **B22D 11/06** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10193403.2**

(22) Anmeldetag: **02.12.2010**

(54) **Verfahren zur Herstellung von hochfestem, niedrig legiertem Stahl mit Kupfer**

Method for producing high-strength, low alloy steel with copper

Procédé de fabrication d'acier très résistant et faiblement allié avec la cuivre.

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.06.2012 Patentblatt 2012/23

(73) Patentinhaber: **Siemens VAI Metals Technologies
GmbH
4031 Linz (AT)**

(72) Erfinder:
• **Arth, Gregor
8700, Leoben (AT)**
• **Bernhard, Christian
8793, Trofaiach (AT)**
• **Eckerstorfer, Gerald
4060, Leonding (AT)**
• **Hohenbichler, Gerald
4484, Kronstorf (AT)**
• **Linzer, Bernd
4020, Linz (AT)**

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A1-2004/026497 DE-A1- 10 025 080
US-A1- 2005 199 319**

- **GIOVANNI A: "Achievements of ISP steelmaking technology", IRONMAKING AND STEELMAKING, METALS SOCIETY, LONDON, GB, Bd. 37, Nr. 4, 1. Mai 2010 (2010-05-01), Seiten 251-256, XP002624184, ISSN: 0301-9233, DOI: DOI: 10.1179/030192310X12628786049279**
- **ARVEDI G ET AL: "Arvedi ESP first thin slab endless casting and rolling results", IRONMAKING AND STEELMAKING, METALS SOCIETY, LONDON, GB, Bd. 37, Nr. 4, 1. Mai 2010 (2010-05-01), Seiten 271-275, XP002624183, ISSN: 0301-9233, DOI: DOI: 10.1179/030192310X12646889255744**

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).

EP 2 460 596 B1

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von hochfestem, niedrig legiertem Stahl unter Beigabe von Kupfer.

[0002] Hochfester, niedrig legierter Stahl wird aufgrund seiner englischen Bezeichnung "high-strength low-alloy steel" auch als HSLA Stahl bezeichnet. HSLA Stahl bietet bessere mechanische und Verarbeitungseigenschaften als C-legierter Stahl gleicher Festigkeit. HSLA Stahl hat einen Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 0,25 Gewichts% und enthält bis zu 2 Gewichts% Mangan und geringe Anteile an anderen Legierungselementen wie Kupfer, Nickel, Niob, Stickstoff, Vanadium, Chrom, Molybdän, Titan, Kalzium, seltene Erden oder Zirkon. Die Streckfestigkeit liegt zwischen 250-590 MPa und kann sogar bis 700 MPa gehen.

[0003] Die Legierungselemente Niob, Titan und Vanadium sind für eine bestimmte Festigkeit des Stahls notwendig, machen aber trotz ihres geringen (und je nach Stahlsorte anderen) Anteils einen großen Anteil an den Kosten des Stahls aus. Deshalb gab und gibt es Versuche, den Einsatz dieser Legierungselemente zu verringern.

STAND DER TECHNIK

[0004] Die WO 2004/026497 A1 zeigt ein Verfahren zur Herstellung von Stahlband, mit welchem ein Strang hergestellt wird und dann durch Endloswalzen in einer Vorwalzstraße und einer Fertigwalzstraße weiter verarbeitet wird, wobei nach der Fertigwalzstraße eine nicht näher definierte Kühlung stattfindet.

[0005] Es ist auch bereits bekannt, zur Reduktion der teuren Legierungselemente bei HSLA Stahl Kupfer zuzusetzen, siehe etwa die veröffentlichte Patentanmeldung JP 2009-280902 A.

[0006] Dort wird die Zugabe von Kupfer im Ausmaß von 1 bis 2% für die Streckfestigkeit angeregt, siehe etwa Absatz 22 der englischen Maschinenübersetzung. Der Anteil von Niob liegt im Bereich von 0,01-0,05%, der Anteil von Vanadium bei 0,01 bis 0,1% und der Anteil von Titan bei 0,01-0,03%.

[0007] Kupfer in diesen Mengen hat die Eigenschaft, eine Ausscheidung von Partikeln zu erzeugen, welche im Temperaturbereich der Umformung und Erwärmung stabil sind und eine Korngrößenverteilung besitzen, die Kornwachstum verhindert und dadurch gleichzeitig eine

[0008] Festigkeitssteigerung im Stahl bzw. im fertigen Stahlband oder Stahlblech bewirken.

[0009] Kupfer ist bei bestimmten Herstellungsverfahren von Stahl oft bereits im Stahl enthalten, etwa, wenn niederwertiger Schrott mit hohem Kupferanteil im Lichtbogenofen eingesetzt wird.

[0010] Kupfer hat aber den Nachteil, dass es vor allem in Verbindung mit Schwefel zur Ausbildung eines zweiten

Duktilitätsminimums des Stahls führen kann, welches durch Rissbildungen bei der Umformung in der Walzstraße, etwa in Form von Kantenrissen, in Erscheinung tritt. Dieses Phänomen ist mit Anreicherungsmechanismen verbunden, die vor allem durch langsame Erstarrungsgeschwindigkeiten und lange Aufenthalte des Stahls in Wiedererwärmungsöfen verstärkt werden.

[0011] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, diese Phänomene, die zur Ausbildung eines zweiten Duktilitätsminimums führen, zu reduzieren.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0012] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst, wonach der Stahl auf einen Kupfergehalt von 0,15% bis 0,35% gebracht wird und anschließend in einer Strang- oder Bandgießanlage in einen Strang bzw. ein Band mit einer maximalen Dicke von 130 mm gegossen und erstarrt wird, wobei die Gießgeschwindigkeit mindestens 4,5 m/min, bevorzugt mindestens 5 m/min, beträgt und der Strang bzw. das Band anschließend durch Endloswalzen oder Semi-Endloswalzen in weniger als 5,8 min, insbesondere weniger als 4,5 min, auf die gewünschte Enddicke gewalzt wird, und wobei nach dem Walzen auf die gewünschte Enddicke eine Kühlung von 15-90 K/s, bevorzugt von 25-60 K/s, auf eine Temperatur unterhalb 650°C, bevorzugt unterhalb 600°C, stattfindet.

[0013] Die Prozentangaben in den Ansprüchen geben den Prozentsatz des Gewichtsanteils wieder.

[0014] Die Dauer des Walzvorgangs wird ab dem Ende der Strang- oder Bandgießanlage gemessen, wenn also der gegossene Strang oder das gegossene Band die letzte Führungseinrichtung (meist ein Führungsrollenpaar) der Strang- oder Bandgießanlage verlassen hat. Dabei entspricht die Dauer von 5,8 min einer Gießgeschwindigkeit von etwa 3-3,5 m/min, die Dauer von 4,5 min einer Gießgeschwindigkeit von etwa 4,8-5,4 m/min.

[0015] Im Gegensatz zur eingangs genannten JP 2009-280902 A entstehen bei der vorliegenden Erfindung aufgrund des geringeren Kupfergehalts der Legierung und des unterschiedlichen Herstellungsverfahrens Ausscheidungen mit etwa 20 nm oder größer. Dies ist zu groß um eine Ausscheidungshärtung herbeizuführen, weil der Effekt bei diesen Größen der Ausscheidungen stark verringert ist, und der gelöste Anteil in der Matrix wird gesenkt. Ausscheidungen im Bereich von 20 nm helfen jedoch sehr wohl bei der Erzeugung eines gleichmäßigen Gefüges mit geringen Korngrößen.

[0016] Bei den Legierungen der JP 2009-280902 A wird Kupfer als den Mischkristall verfestigend und als Beitrag zur Ausscheidungshärtung beschrieben. Mit den genannten Gehalten an Kupfer ist mit Schweißproblemen und auch mit Brüchigkeiten zu rechnen.

[0017] Bevorzugt erfolgt das erfindungsgemäße Endloswalzen oder Semi-Endloswalzen in einem zweistufigen Walzwerk, bestehend aus Vorwalzstraße und Fertigwalzstraße.

[0018] Die Dauer des Walzvorganges von weniger als 5,8 min beginnt mit dem Austritt des Strangs bzw. des Bandes aus der Strang- oder Bandgießanlage und endet mit dem Austritt des Stahls, in der Regel als Stahlband, aus dem letzten aktiven (= in Eingriff mit dem Stahl befindlichen) Walzgerüst der Fertigwalzstraße. Unter einer Walzstraße wird die unmittelbare Aneinanderreihung von Walzgerüsten mit jeweils weniger als 7 m, bevorzugt weniger als 6 m, Gerüstabstand verstanden. Weiter voneinander beabstandete Walzgerüste gehören bereits zur nächsten Walzstraße oder sind Einzelgerüste.

[0019] Beim erfindungsgemäßen Verfahren kommt eine Form der Erzeugung von Flachband aus Stahl zur Anwendung, bei welcher der Gießprozess und der Walzprozess gekoppelt sind.

[0020] Der Gießprozess erfolgt in einer Gießanlage, wobei ein aus einer Kokille einer Gießanlage austretender flüssiger Stahlstrang durch eine unmittelbar an die Kokille anschließende Strangführungsvorrichtung hindurchgeführt wird. Diese umfasst mehrere (üblicherweise drei bis fünfzehn) Führungssegmente, wobei jedes Führungssegment ein oder mehrere (üblicherweise drei bis zehn) Paare an vorzugsweise als Strangstützrollen ausgeführten Führungselementen umfasst. Die Stützrollen sind um eine orthogonal zur Transportrichtung des Stranges verlaufende Achse drehbar. Anstelle von Strangstützrollen wäre es auch denkbar, einzelne Führungselemente als statische, z.B. kufenförmige Bauteile auszuführen. Unabhängig von der konkreten Ausführung der Führungselemente sind diese beiderseits der Strangbreite angeordnet, sodass der Strang durch obere und untere Führungselemente-Serien geführt wird.

[0021] Der Strang tritt im Wesentlichen vertikal nach unten aus der Kokille aus und wird in die Horizontale umgelenkt. Die Strangführungsvorrichtung weist daher einen im Wesentlichen über einen Winkelbereich von 90° gekrümmten Verlauf auf.

[0022] Man spricht von "Endloswalzen", wenn eine Gießanlage so mit einer Walzanlage verbunden ist, dass der in der Gießanlage gegossene Strang bzw. das gegossene Band direkt - ohne Abtrennung vom gerade gegossenen Strang- bzw. Bandteil und ohne Zwischenlagerung - in eine Walzanlage geführt und dort auf die Enddicke gewalzt wird. Der Beginn des Strangs bzw. des Bandes kann also schon zu einem Stahlband auf die Enddicke fertig gewalzt sein, während die Gießanlage weiterhin am gleichen Strang bzw. am gleichen Band gießt, also gar kein Ende des Strangs bzw. des Bandes existiert. Man spricht auch von direkt gekoppeltem Betrieb oder Endlos-Betrieb der Gieß- und Walzanlage.

[0023] Beim sogenannten "Semi-Endloswalzen" wird der gegossene Strang nach dem Gießen in Brammen geteilt bzw. werden die Bänder nach dem Gießen geteilt und die abgeteilten Brammen bzw. Bänder werden ohne Zwischenlagerung und Abkühlung auf Umgebungstemperatur der Walzanlage zugeführt. Diese Abtrennung kann so erfolgen, dass der Brammenkopf der vorangehenden Bramme bereits in der nachfolgenden Walzstra-

ße gewalzt wird oder wurde, oder zufolge größerer Abstände vom ersten Walzgerüst noch nicht erfasst ist.

[0024] Der aus der Gießanlage austretende Strang wird in der Regel entzündet, in der Vorwalzstraße vorgewalzt, das dabei entstehende Zwischenband wird in einem Ofen üblicher Weise auf Temperaturen von etwa 1200°C wiedererwärmt und in der Fertigwalzstraße fertig gewalzt. In der Fertigwalzstraße wird in der Regel warm gewalzt, das heißt, dass das Walzgut beim Walzen im Austenitbereich verbleibt. Die Endwalztemperaturen liegen im Bereich von 780-850°C, bevorzugt im Bereich von 800-830°C.

[0025] Durch das Endloswalzen oder Semi-Endloswalzen wird die Abkühlung des Stahls nach dem Gießvorgang durch die sofortige Weiterverarbeitung in der Vorwalzstraße verhindert. Im Vergleich dazu werden bei herkömmlichen Walzwerken die Brammen nach ihrer Herstellung oftmals gelagert und müssen bereits vor der Vorwalzstraße wiedererwärmt werden. Dies setzt aber die unerwünschten Anreicherungsmechanismen in Gang.

[0026] Zudem wirken sich auch die beim Endlos- bzw. Semi-Endloswalzen auftretenden Dicken der gegossenen Stränge bzw. Brammen oder Bänder von höchstens 130 mm positiv auf unerwünschte Ausscheidungen aus, weil die Kupferpartikel schneller abgeschieden werden und damit auf einen bestimmten, kleinen mittleren Durchmesser beschränkt werden, der vor allem von der Erstarrungsgeschwindigkeit abhängt.

[0027] Versuche an Bandmaterial einer Stranggießanlage haben gezeigt, dass die Kupfer-Ausscheidungen einen Durchmesser von etwa 20-40 nm aufweisen, wenn die Gießgeschwindigkeit zumindest größer als 4,5 m/min eingestellt wird und anschließend in 4,3 min zweistufig (mit jeweils drei bzw. fünf Walzgerüsten) gewalzt wird. Dabei war der Gehalt ausgewählter Legierungselemente wie folgt:

0,3% Kupfer (Cu)

0,025% Niob (Nb)

[0028] Der Größenbereich der Ausscheidungen von 20-40 nm entspricht auch dem durch Mikrolegierungselemente (Titan, Niob) angestrebten Größenbereich der Ausscheidungen, um mikrostrukturbeeinflussende und auch festigkeitssteigernde Wirkung zu haben.

[0029] Bei Abkühlgeschwindigkeiten von 15-90 K/s, bevorzugt von 25-60 K/s, auf eine Temperatur unterhalb 650°C, bevorzugt unterhalb 600°C, insbesondere innerhalb von maximal 35 Sekunden, bevorzugt innerhalb von maximal 15 Sekunden, nach dem Walzen auf die gewünschte Enddicke kann eine Zugfestigkeit von bis zu 925 MPa bzw. eine Streckgrenze von bis zu 700 MPa erzielt werden, wobei die höheren Werte bevorzugt durch rasche Abkühlung (50-90 K/s) unmittelbar nach dem letzten Umformschritt und durch Abkühlung auf weniger als 500°C erreicht werden.

[0030] Das erzielte Raumtemperaturgefüge besteht je

nach Kühlstrategie und damit auch Festigkeitsklasse vorrangig aus Ferrit bzw. Perlit und Bainit.

[0031] Vergleichbare HSLA Stähle, die konventionell hergestellt werden, enthalten ca. 0,07% Vanadium, 0,15% Titan und 0,07% Niob.

[0032] Erfindungsgemäß kann daher vorgesehen werden, dass der zugesetzte Anteil von Vanadium (V) im Stahl unter 0,03%, insbesondere unter 0,01% liegt und/oder dass der zugesetzte Anteil von Niob (Nb) im Stahl unter 0,055%, bevorzugt unter 0,045%, besonders bevorzugt unter 0,03% liegt.

[0033] Im Falle einer Stranggießanlage kann vorgesehen sein, dass die gegossene Bramme eine bevorzugte Dicke von 40-130 mm, besonders bevorzugt von 40-105 mm, insbesondere etwa 80 mm aufweist.

[0034] Im Falle einer Bandgießanlage kann vorgesehen sein, dass das gegossene und erstarrte Band eine bevorzugte Dicke von 1-4,5 mm, insbesondere etwa 3 mm aufweist. Sofern nach dem Bandgießen noch gewalzt wird, findet eine Unterteilung in eine Vorwalz- und eine Fertigwalzstraße naturgemäß nicht statt.

[0035] Die Dicke des Zwischenbandes, also des Stahls zwischen Vorwalzstraße und Fertigwalzstraße, beträgt beim erfindungsgemäßen Verfahren vorzugsweise 5-25 mm, bevorzugt 10-18 mm.

[0036] Die Vorwalzstraße sollte zumindest zwei, am besten drei Walzgerüste umfassen, die Fertigwalzstraße zumindest vier, am besten fünf Walzgerüste.

[0037] Die Enddicke des fertig gewalzten Produkts liegt im Bereich von 0,6-12 mm, vorzugsweise 1-6 mm.

[0038] Das erfindungsgemäße Verfahren bietet den Vorteil, dass bei der Stahlerzeugung auch minderwertiger und damit kupferhaltiger Schrott verwendet werden kann und zudem die Zugabe von Legierungselementen, insbesondere Mikrolegierungselementen (Niob, Titan, Vanadium) verringert werden kann.

[0039] Das erfindungsgemäße Verfahren kann für unbeschichtete Bleche für die Automobilindustrie, für elektrolytisch verzinkte Bleche und für feuerverzinkte Bleche im Automobilbereich eingesetzt werden.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0040] Bei der Produktion im Endloswalzverfahren wird in einer Gießmaschine ein Strang gegossen, der ca. 70 - 100mm dick ist. Direkt im Anschluss an die Gießmaschine befinden sich drei Gerüste der Vorwalzstraße, in welchen eine hohe Abnahme der Banddicke des Zwischenbands erzielt wird, auf ca. 15 mm. Daran anschließend ist eine Anlage zur Entzunderung vorgesehen und danach durchläuft das Material einen induktiven Erhitzer und eine fünfgerüstige Fertigwalzstraße, in welcher die Dicke bis auf 0,6 mm reduziert werden kann. Anschließend erfolgt eine Abkühlung des Bandes in der Kühlstrecke, etwa durch Wasserauftrag, zur Einstellung der Materialeigenschaften und nach dieser befindet sich ein Haspel auf welchem das Band zu Bunden gewickelt wird, womit der Produktionsprozess abge-

schlossen ist.

[0041] Durch Installation mehrerer Scheren (nach der Vorwalzstraße, vor der Fertigwalzstraße und vor dem Haspel), könnte man das Walzwerk im Einzelstückmodus betreiben, wobei die Zwischenbänder nach der Vorwalzstraße geschnitten werden und einzeln in der Fertigwalzstraße ausgewalzt werden. Beim Endloswalzen werden die auf Enddicke gewalzten Bänder erst vor dem Haspel geschnitten, der Walzbetrieb erfolgt kontinuierlich. Der große Vorteil dieser Anlage ist der geringe Energiebedarf zur Erzeugung des Stahlbands. Während in konventionellen Warmwalzwerken ca. 2 GJ Energie zur Erzeugung einer Tonne Warmbandes benötigt werden, fällt dieser Wert in einer Anlage zum Endloswalzen oder Semi-Endloswalzen auf bis zu 0,4 GJ pro Tonne Warmband.

[0042] In der Kühlstrecke für das fertig gewalzte Band erfolgt eine Abkühlung von 15-90 K/s, bevorzugt von 25-60 K/s, auf eine Temperatur unterhalb 650°C, bevorzugt unterhalb 600°C, innerhalb von maximal 35 Sekunden, bevorzugt innerhalb von maximal 15 Sekunden, nach dem Walzen auf die gewünschte Enddicke.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von hochfestem, niedrig legiertem Stahl unter Beigabe von Kupfer, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stahl auf einen Kupfergehalt von 0,15% bis 0,35% gebracht wird und anschließend in einer Strang- oder Bandgießanlage in einen Strang bzw. ein Band mit einer maximalen Dicke von 130 mm gegossen und erstarrt wird, wobei die Gießgeschwindigkeit mindestens 4,5 m/min, bevorzugt mindestens 5 m/min, beträgt und der Strang bzw. das Band anschließend durch Endloswalzen oder Semi-Endloswalzen in weniger als 5,8 min, insbesondere weniger als 4,5 min, auf die gewünschte Enddicke gewalzt wird, und dass nach dem Walzen auf die gewünschte Enddicke eine Kühlung von 15-90 K/s, bevorzugt von 25-60 K/s, auf eine Temperatur unterhalb 650°C, bevorzugt unterhalb 600°C, stattfindet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Endloswalzen oder Semi-Endloswalzen in einem zweistufigen Walzwerk, bestehend aus Vorwalzstraße und Fertigwalzstraße, erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlung innerhalb von maximal 35 Sekunden, bevorzugt innerhalb von maximal 15 Sekunden, nach dem Walzen auf die gewünschte Enddicke erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zugesetzte Anteil

von Vanadium (V) im Stahl unter 0,03%, insbesondere unter 0,01% liegt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zugesetzte Anteil von Niob (Nb) im Stahl unter 0,055%, bevorzugt unter 0,045%, besonders bevorzugt unter 0,03% liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gegossene und erstarrte Strang eine bevorzugte Dicke von 40-130 mm, besonders bevorzugt von 40-105 mm, insbesondere etwa 80 mm aufweist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gegossene und erstarrte Band eine bevorzugte Dicke von 1-4,5 mm, insbesondere etwa 3 mm aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke des Zwischenbandes 5-25 mm, bevorzugt 10-18 mm beträgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6 und 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorwalzstraße mindestens zwei, vorzugsweise drei Walzgerüste umfasst.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, 8 und 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fertigwalzstraße mindestens vier, vorzugsweise fünf Walzgerüste umfasst.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Enddicke im Bereich von 0,6-12 mm, vorzugsweise 1-6 mm, liegt.

Claims

1. Process for producing high-strength low-alloy steel with the addition of copper, **characterized in that** the steel is provided with a copper content of 0.15% to 0.35%, and is then cast into a strand or a strip having a maximum thickness of 130 mm in a continuous or strip casting installation and solidified, wherein the casting rate is at least 4.5 m/min, preferably at least 5 m/min, and the strand or the strip is then rolled to the desired final thickness by continuous rolling or semi-continuous rolling in less than 5.8 min, in particular less than 4.5 min, and **in that** the rolling to the desired final thickness is followed by cooling of 15-90 K/s, preferably of 25-60 K/s, to a temperature below 650°C, preferably below 600°C.
2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the continuous rolling or semi-continuous rolling

takes place in a two-stage rolling mill, consisting of a rough-rolling mill train and a finishing rolling mill train.

3. Process according to Claim 1, **characterized in that** the cooling takes place within at most 35 seconds, preferably within at most 15 seconds, after the rolling to the desired final thickness.
4. Process according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the proportion of vanadium (V) added to the steel is below 0.03%, in particular below 0.01%.
5. Process according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the proportion of niobium (Nb) added to the steel is below 0.055%, preferably below 0.045%, particularly preferably below 0.03%.
6. Process according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the cast and solidified strand has a preferred thickness of 40-130 mm, particularly preferably of 40-105 mm, in particular about 80 mm.
7. Process according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the cast and solidified strip has a preferred thickness of 1-4.5 mm, in particular about 3 mm.
8. Process according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the thickness of the intermediate strip is 5-25 mm, preferably 10-18 mm.
9. Process according to one of Claims 2 to 6 and 8, **characterized in that** the rough-rolling mill train comprises at least two, preferably three, rolling stands.
10. Process according to one of Claims 2 to 6, 8 and 9, **characterized in that** the finishing rolling mill train comprises at least four, preferably five, rolling stands.
11. Process according to one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the final thickness is in the range of 0.6-12 mm, preferably 1-6 mm.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'acier haute résistance faiblement allié avec adjonction de cuivre, **caractérisé en ce que** l'acier est amené à une teneur en cuivre de 0,15% à 0,35% et est ensuite coulé et solidifié en barre resp. feuillard d'une épaisseur maximale de 130 mm dans une installation de coulée continue ou de coulée en bande, la vitesse de coulée étant d'au moins 4,5 m/min, de préférence d'au moins 5 m/min,

- et la barre resp. le feuillard étant ensuite laminé(e) à l'épaisseur finale voulue par laminage continu ou laminage semi-continu en moins de 5,8 min, notamment moins de 4,5 min, et **en ce qu'**un refroidissement de 15-90 K/s, de préférence 25-60 K/s, à une température inférieure à 650°C, de préférence inférieure à 600°C, a lieu après le laminage à l'épaisseur finale voulue. 5
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le laminage continu ou laminage semi-continu est réalisé dans un laminoir à deux étages formé d'un train dégrossisseur et d'un train finisseur. 10
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le refroidissement a lieu dans les 35 secondes au maximum, de préférence dans les 15 secondes au maximum, qui suivent le laminage à l'épaisseur finale voulue. 15
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la proportion ajoutée de vanadium (V) dans l'acier est inférieure à 0,03%, notamment inférieure à 0,01%. 20
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la proportion ajoutée de niobium (Nb) dans l'acier est inférieure à 0,055%, de préférence inférieure à 0,045%, plus préférablement inférieure à 0,03%. 25
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la barre coulée et solidifiée a une épaisseur préférentielle de 40-130 mm, plus préférablement de 40-105 mm, notamment d'environ 80 mm. 30
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le feuillard coulé et solidifié a une épaisseur préférentielle de 1-4,5 mm, notamment d'environ 3 mm. 35
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'épaisseur du feuillard intermédiaire est de 5-25 mm, de préférence 10-18 mm. 40
9. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6 et 8, **caractérisé en ce que** le train dégrossisseur comprend au moins deux, de préférence trois, cages de laminoir. 45
10. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, 8 et 10, **caractérisé en ce que** le train finisseur comprend au moins quatre, de préférence cinq, cages de laminoir. 50
11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** l'épaisseur finale est comprise 55
- entre 0,6 mm et 12 mm, de préférence entre 1 mm et 6 mm.

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

- WO 2004026497 A1 [0004]
- JP 2009280902 A [0005] [0015] [0016]