



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 453 984 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.04.2005 Patentblatt 2005/15

(51) Int Cl.7: **C21D 8/02**
// (C22C38/04, 38:14)

(21) Anmeldenummer: **01270630.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2001/014829

(22) Anmeldetag: **15.12.2001**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2002/048410 (20.06.2002 Gazette 2002/25)

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON WARBAND ODER -BLECH AUS EINEM
MIKROLEGIERTEN STAHL**

METHOD FOR THE PRODUCTION OF HOT STRIP OR SHEET FROM A MICRO-ALLOYED STEEL
PROCEDE DE PRODUCTION DE FEUILLARDS OU DE TOLES A CHAUD EN ACIER MICROALLIE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 564 309 US-A- 3 925 111

(30) Priorität: **15.12.2001 DE 10062919**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.09.2004 Patentblatt 2004/37

(73) Patentinhaber: **ThyssenKrupp Stahl AG
47161 Duisburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **HÄNSCH, Wilfried
58239 Schwerte (DE)**
• **SCHOLTEN, Werner
59379 Selm (DE)**

(74) Vertreter: **Simons, Johannes, Dipl.-Ing.
COHAUSZ & FLORACK
Patent- und Rechtsanwälte
Bleichstrasse 14
40211 Düsseldorf (DE)**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 274 (C-1064), 27. Mai 1993 (1993-05-27) & JP 05 009572 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 19. Januar 1993 (1993-01-19)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 021 (C-560), 18. Januar 1989 (1989-01-18) & JP 63 223130 A (KAWASAKI STEEL CORP), 16. September 1988 (1988-09-16)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 10, 31. August 1999 (1999-08-31) & JP 11 140542 A (NKK CORP), 25. Mai 1999 (1999-05-25)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 141 (C-421), 8. Mai 1987 (1987-05-08) & JP 61 281814 A (KOBESTEEL LTD), 12. Dezember 1986 (1986-12-12) in der Anmeldung erwähnt**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 248 (C-193), 4. November 1983 (1983-11-04) & JP 58 136719 A (NIPPON KOKAN KK), 13. August 1983 (1983-08-13)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 453 984 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Warmband oder -blech aus mikrolegiertem Stahl.

[0002] Aus dem Patent Abstract of Japan zur JP 61-281814 A ist ein Verfahren zum Herstellen von hochfesten Warmbändern bekannt. Die Warmbänder bestehen aus einem Stahl, der in Gewichts-% höchstens 0,3 % C, höchstens 0,5 % Si, 0,3 - 2,0 % Mn, $\leq 0,05$ % Al, 0,01 - 0,02 % Nb, 0,01 - 0,2 % V sowie ggf. 0,01 - 0,2 % Mo und 0,01 - 0,2 % Ti, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthält. Ein aus diesem Stahl erzeugtes Vormaterial wird bei einer Walzendtemperatur von mindestens 750 °C zu Warmband fertiggewalzt, welches unmittelbar anschließend auf eine höchstens 650 °C betragende Haspeltemperatur abgekühlt wird. Anschließend wird das Warmband einer abschließenden Wärmebehandlung unterzogen.

[0003] Praktische Versuche haben ergeben, daß die Festigkeit der nach dem bekannten Verfahren erzeugten Warmbänder bei größeren Dicken von 8 mm und mehr nicht die Anforderungen erfüllt, die sich beispielsweise beim Bau von tragenden Konstruktionselementen von Kraftfahrzeug-Chassis ergeben.

[0004] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ausgehend von dem voranstehend erläuterten Stand der Technik ein kostengünstiges Verfahren zur Herstellung von Warmbändern anzugeben, die auch bei größeren Dicken eine hohe Festigkeit besitzen.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1. Zum Herstellen von bei einer Dicke von 8 mm eine Mindeststreckgrenze von 700 N/mm² besitzenden Warmbändern oder -blechen wird ein mikrolegierter Stahl, welcher neben Mikrolegierungselementen (in Gewichts-%) 0,05 - 0,12 % C, 0,2 - 0,5 % Si, 1,5 - 2,2 % Mn, $\leq 0,025$ % P, $\leq 0,01$ % S, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthält, zu einem Vormaterial wie Brammen, Dünnbrammen oder Vorblöcken, vergossen; das Vormaterial wird auf eine Temperatur von 1300 - 1350 °C erwärmt; das erwärmte Vormaterial wird mit einem Verformungsgrad von 36 % bis 43 % vorgewalzt; das vorgewalzte Vormaterial wird thermomechanisch bei einer oberhalb der Ac₃-Temperatur liegenden Walzendtemperatur zu einem Warmband warmgewalzt; das Warmband wird mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 15 °C/s auf eine mindestens 590 °C und höchstens 630 °C betragende Haspeltemperatur gekühlt und das abgekühlte Warmband schließlich gehaspelt.

[0006] Überraschend hat sich gezeigt, daß sich durch die erfindungsgemäße Bemessung der Gehalte der einzelnen Legierungselemente und die gezielte Abstimmung der Walzendtemperatur, der Abkühlgeschwindigkeit und der Haspeltemperatur Warmbänder erzeugen lassen, die auch bei Dicken von mehr als 8 mm höchste Festigkeiten besitzen. So liegt bei einem erfindungsgemäß zusammengesetzten und hergestellten Warmband mit einer Dicke von 16 mm die Streckgrenze immer noch bei mindestens 700 N/mm². Für Dicken von 13 mm läßt sich eine Streckgrenze von mindestens 760 N/mm² erreichen. Einer ergänzenden Wärmebehandlung im Anschluß an die im Coil erfolgende Abkühlung bedarf es dazu nicht.

[0007] Die hohe Festigkeit von erfindungsgemäß erzeugtem Stahl wird durch die kombinierte Anwendung der Ausscheidungs-, Feinkorn- und Mischkristallverfestigung erzielt. Dabei führen die gewählten Gehalte der Legierungselemente C und Mn zu der angestrebten Mischkristallverfestigung. Indem das Vormaterial vor dem Vorwalzen auf eine Temperatur von 1300 °C bis 1350 °C gebracht wird, werden die Ausscheidungen der Mikrolegierungselemente Ti, V und Nb vollständig in Lösung gebracht. Die bei der anschließenden Vorverformung eingestellten Verformungsgrade führen zu einem feinen, gleichmäßig verteilten und rekristallisierten Austenitkorn.

[0008] Die hervorragenden Festigkeitswerte machen erfindungsgemäß erzeugtes Warmband insbesondere geeignet zur Herstellung von tragenden Bauelementen an Kraftfahrzeugen, wie beispielsweise stark belasteten Längsträgern von LKW.

[0009] Der Stahl enthält mindestens eines der Mikrolegierungselemente V, Mo, Ti, Nb in folgenden Gehalten (in Gewichts-%) 0,08 - 0,12 % V, 0,1 - 0,2 % Mo, 0,08 - 0,11 % Ti und 0,05 - 0,06 % Nb. Der Al-Gehalt sollte dabei zwischen 0,02 - 0,05 Gewichts-% liegen. Das Mikrolegierungselement Niob behindert das Austenitkornwachstum. Zusätzlich behindert es die Rekristallisation der Austenitkörner während des Warmwalzens.

[0010] Vermieden wird die Rekristallisation während des Warmwalzens auch dadurch, daß erfindungsgemäß bei oberhalb der Ac₃-Temperatur liegenden Temperaturen warmgewalzt wird. Die Austenit/Ferrit-Umwandlung erfolgt während der Bandabkühlung hinter dem letzten Gerüst der Warmwalzfertigstraße. Auf diese Weise wird ein rekristallisiertes, feinkörniges Gefüge mit geringen Perlitanteilen erhalten. Die Ferritkörner haben dabei eine Größe von 11 bis 14 ASTM.

[0011] Die Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 15 °C/s wird gewählt, um das Warmband von der vorzugsweise mindestens 840 °C betragenden Warmwalzendtemperatur ausreichend schnell auf die Haspeltemperatur abzukühlen. Bei der von dieser Haspeltemperatur ausgehenden Abkühlung im Coil wird das Ausscheidungshärtemaximum durch die Mikrolegierungselemente Ti und V sowie Nb erreicht. Besonders sicher läßt sich dieser Effekt erzielen, wenn die Haspeltemperatur im Bereich von 600 °C bis 620 °C liegt.

[0012] Warmbänder, deren Streckgrenze auch bei einer Dicke von 16 mm mindestens 700 N/mm² beträgt, lassen sich bei erfindungsgemäßer Vorgehensweise dann besonders zuverlässig erzeugen, wenn der Stahl (in Gewichts-%)

0,06 - 0,08 % C, 0,2 - 0,3 % Si, 1,95 - 2,1 % Mn, $\leq 0,02$ % P und $\leq 0,005$ % S enthält. Dabei sollte, sofern vorhanden, der Ti-Gehalt nicht mehr als 0,1 Gewichts-% betragen.

[0013] Gemäß einer anderen Variante der Erfindung lassen sich Warmbänder, deren Streckgrenze bei einer Dicke von 13 mm mindestens 760 N/mm² beträgt, dadurch sicher erzeugen, daß der Stahl (in Gewichts-%) 0,10 - 0,12 % C, 0,4 - 0,5 % Si, 1,95 - 2,1 % Mn, $\leq 0,02$ % P, $\leq 0,005$ % S enthält. Dabei weist der Stahl vorzugsweise mindestens eines der Mikrolegierungselemente V, Mo, Ti, Nb in folgenden Gehalten (in Gewichts-%) auf: 0,08 - 0,10 % V, 0,1 - 0,2 % Mo, 0,09 - 0,11 % Ti, 0,05 - 0,06 % Nb.

[0014] Der erfindungsgemäß verwendete Stahl kann herstellungsbedingt oder zur Ausprägung bestimmter Eigenschaften wahlweise eines oder mehrere der Elemente N, Cu, Ni, Sn, B oder As enthalten, wobei die Summe der Gehalte an diesen Elementen nicht mehr als 0,1 Gew.-% beträgt.

[0015] Werden als Vormaterial Brammen verarbeitet, so sollte die Haltezeit während der Erwärmung der Brammen mindestens 135 Minuten betragen, um eine sichere Durchwärmung des Vormaterials zu gewährleisten.

[0016] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen erläutert:

Beispiel 1

[0017] Eine Stahlschmelze mit (in Gew.-%)

C: 0,075 %
Si: 0,254 %
Mn: 2,011 %
P: 0,015 %
S: 0,003 %
Al: 0,02 %
N: 0,007 %
Cu: 0,017 %
Cr: 0,039 %
Ni: 0,021 %
Sn: 0,004 %
V: 0,098 %
Mo: 0,121 %
Ti: 0,080 %
Nb: 0,060 %
B: 0,0003 %
As: 0,002 %

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen, wurde zu Brammen vergossen. Die Brammen wurden anschließend bei einer Temperatur von 1350 °C für 135 Minuten vorgewärmt und dann bei einem zwischen 36 % und 43 % liegenden Verformungsgrad auf eine Dicke von 55 mm vorgewalzt. Die vorgewalzten Brammen wurden in einer Fertigwalzstaffel auf eine Dicke von 16 mm thermomechanisch fertig warmgewalzt. Im Zuge dieses Warmwalzens wurden die Temperaturführung und Umformgrade so aufeinander abgestimmt, daß das fertig warmgewalzte Warmband A eine für den Verwendungszweck optimale Gefügestruktur aufweist. Die Walzendtemperatur betrug dabei 840 °C.

[0018] Das aus der Fertigwalzstaffel austretende Warmband A wurde unmittelbar anschließend auf eine Haspeltemperatur von 610 °C wassergekühlt und gehaspelt. Im Zuge der Wasserkühlung wurden Abkühlgeschwindigkeiten von mindestens 15 °C/s erzielt.

[0019] An aus dem derart erzeugten Warmband A gewonnenen Proben A1 - A8 wurden Zugversuche durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 1 angegeben sind:

Tabelle 1

	R _{eh} [N/mm ²]	R _m [N/mm ²]	R _{eh} /R _m	A ₅ [%]	A ₈₀ [%]
A1	725	830	87,3	19,5	19,6
A2	701	816	85,9	21,5	21,6
A3	712	824	86,4	20,2	20,2
A4	753	842	89,5	21,5	20,8

EP 1 453 984 B1

Tabelle 1 (fortgesetzt)

	R _{eh} [N/mm ²]	R _m [N/mm ²]	R _{eh} /R _m	A ₅ [%]	A ₈₀ [%]
A5	763	841	90,7	19,9	19,1
A6	772	846	91,2	21,0	20,3
A7	761	840	90,6	20,2	19,4
A8	760	858	88,5	19,0	18,4

[0020] An Proben A9 - A12 des Warmbands wurden darüber hinaus Kerbschlagbiegeversuche durchgeführt. Deren Ergebnisse sind in Tabelle 2 angegeben:

Tabelle 2

Probe	Richtung	Prüftemp. [K]	Kv [J]
A9	Längs	233	86,6
A10	Quer	233	49,5
A11	Längs	233	86,0
A12	Quer	233	58,6

Beispiel 2:

[0021] Eine aus (in Gew.-%)

C: 0,115 %
Si: 0,449 %
Mn: 1,988 %
P: 0,019 %
S: 0,003 %
Al: 0,03 %
N: 0,007 %
Cu: 0,017 %
Cr: 0,037 %
Ni: 0,02 %
Sn: 0,003 %
V: 0,092 %
Mo: 0,108 %
Ti: 0,101 %
Nb: 0,055 %
B: 0,0003 %
As: 0,003 %

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen, zusammengesetzte Stahlschmelze wurde zu Brammen vergossen. Die Brammen wurden wie beim Beispiel des Warmbands A bei einer Temperatur von 1350 °C für 135 Minuten vorgewärmt, anschließend auf eine Dicke von 55 mm vorgewalzt und in einer Fertigwalzstaffel bei einer Walzendtemperatur von 840 °C warmgewalzt. Die Dicke des fertig gewalzten Warmbandes betrug 13 mm.

[0022] Das aus der Fertigwalzstaffel austretende Warmband B wurde ebenso wie das Warmband A unmittelbar anschließend auf eine Haspeltemperatur von 610 °C wassergekühlt und gehaspelt. Im Zuge der Wasserkühlung wurden wiederum Abkühlgeschwindigkeiten von 15 °C/s erzielt.

[0023] An aus dem derart erzeugten Warmband B gewonnenen Proben B1 - B8 wurden Zugversuche durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 3 angegeben sind:

Tabelle 3

	R _{eh} [N/mm ²]	R _m [N/mm ²]	R _{eh} /R _m	A ₅ [%]	A ₈₀ [%]
B1	767	899	85,3	15,5	15,4
B2	771	893	86,3	18,1	18,1
B3	783	916	85,5	15,8	15,8
B4	796	875	91,0	18,5	18,0
B5	784	872	89,9	19,0	18,4
B6	792	871	90,9	19,9	19,3
B7	794	890	89,1	19,9	19,2
B8	776	871	89,0	18,6	18,1

[0024] Die Ergebnisse der an Proben B9 - B12 des Warmbands B ebenfalls durchgeführten Kerbschlagbiegeversuche sind in Tabelle 4 angegeben:

Tabelle 4

Probe	Richtung	Prüftemp. [K]	Kv [J]
B9	Längs	233	55,5
B10	Quer	233	36,2
B11	Längs	233	78,4
B12	Quer	233	37,4

[0025] Die durchgeführten Versuche bestätigten klar die hervorragenden mechanischen Eigenschaften der erfindungsgemäß erzeugten Warmbänder A, B.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Warmband oder -blech,

- bei dem ein mikrolegierter Stahl, welcher neben mindestens einem der Mikrolegierungselemente V, Mo, Ti, Nb in folgenden Gehalten in Gewichts-% V: 0,08 - 0,12%, Mo: 0,1 - 0,2%, Ti: 0,08 - 0,11%, Nb: 0,05 - 0,06%, folgende Elemente in Gew.-% enthält :

C: 0,05 - 0,12 %,

Si: 0,2 - 0,5 %,

Mn: 1,5 - 2,2 %,

Al: 0,02 - 0,05 %,

P: ≤ 0,025 %,

S: ≤ 0,01 %, sowie wahlweise eines oder mehrere der Elemente N, Cu, Ni, Sn, B und As, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthält, wobei die Summe der wahlweise vorhandenen Elemente ≤ 0,1 Gew.-% beträgt, zu einem Vormaterial wie Brammen, Vorblöcke oder Dünnbrammen, vergossen wird,

- bei dem das Vormaterial auf eine Temperatur von 1300 - 1350 °C erwärmt wird,
- bei dem das erwärmte Vormaterial mit einem Verformungsgrad von 36 % bis 43 % vorgewalzt wird,
- bei dem das vorgewalzte Vormaterial thermomechanisch bei einer oberhalb der A_{c3} - Temperatur liegenden Walzendtemperatur zu einem Warmband warmgewalzt wird,
- bei dem das Warmband mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 15 °C/s auf eine mindestens 590 °C und höchstens 630 °C betragende Haspeltemperatur gekühlt wird,
- mit der das abgekühlte Warmband schließlich gehaspelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband oder -blech bei einer Dicke von mehr als 8 mm eine Mindeststreckgrenze von 700 N/mm² besitzt.

3. Verfahren nach Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stahl (in Gewichts-%)

C: 0,06 - 0,08 %,
Si: 0,2 - 0,3 %,
Mn: 1,95 - 2,1 %,
Al: 0,02 - 0,05 %,
P: ≤ 0,02 %,
S: ≤ 0,005 %

enthält.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Ti-Gehalt max. 0,1 Gewichts-% beträgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stahl (in Gewichts-%)

C: 0,10 - 0,12 %,
Si: 0,4 - 0,5 %,
Mn: 1,95 - 2,1 %,
Al: 0,02 - 0,05 %,
P: ≤ 0,02 %,
S: ≤ 0,005 %

enthält.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stahl mindestens eines der Mikrolegierungselemente V, Mo, Ti, Nb in folgenden Gehalten (in Gewichts-%) enthält:

V: 0,08 - 0,10 %,
Mo: 0,1 - 0,2 %,
Ti: 0,09 - 0,11 %,
Nb: 0,05 - 0,06 %.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband oder -blech bei einer Dicke von 13 mm eine Mindeststreckgrenze von 760 N/mm² besitzt.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Vormaterial Brammen verarbeitet werden und die Haltezeit während der Erwärmung der Brammen mindestens 135 Minuten beträgt.

9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Walzendtemperatur mindestens 840 °C beträgt.

10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Haspeltemperatur mindestens 600 °C und höchstens 620 °C beträgt.

Claims

1. A method for producing hot strip or hot plate

- in which a microalloyed steel which, apart from at least one of the microalloying elements V, Mo, Ti, Nb in the following contents (in weight %) V: 0,08 - 0,12 %, Mo: 0,1 - 0,2 %, Ti: 0,09 - 0,11 %, Nb: 0,05 - 0,06 % comprises the following elements (in weight %)

C: 0.05 - 0.12 %;
Si: 0.2 - 0.5 %;

Mn: 1.5 - 2.2 %;
 Al: 0.02 - 0.05 %;
 P: ≤ 0.025 %;
 S: ≤ 0.01 %

as well as optionally one or several of the elements N, Cu, Ni, Sn, B and As, with the remainder being iron and unavoidable impurities, the total content of the optionally present elements being ≤ 0.1 weight %, is cast to form a raw material such as slabs, blooms, or thin slabs;

- in which the raw material is heated to a temperature of 1300 - 1350 °C;
- in which the heated raw material is rough rolled at a degree of deformation of 36 % to 43 %;
- in which the rough rolled raw material is thermomechanically hot rolled at a finish roll temperature which exceeds the A_{c3} temperature so as to form a hot strip;
- in which the hot strip is cooled at a cooling rate of at least 15 °C/s to a coiling temperature of at least 590 °C and at most 630 °C;
- at which temperature the cooled hot strip is finally coiled.

2. The method according to claim 1, **characterised in that** at a thickness exceeding 8 mm, the hot strip or hot plate has a minimum yield point of 700 N/mm².

3. The method according to one of claims 1 or 2, **characterised in that** the steel comprises (in weight %):

C: 0.06 - 0.08 %;
 Si: 0.2 - 0.3 %;
 Mn: 1.95 - 2.1 %;
 Al: 0.02 - 0.05 %;
 P: ≤ 0.02 %;
 S: ≤ 0.005 %.

4. The method according to claim 3, **characterised in that** the Ti content does not exceed 0.1 weight %.

5. The method according to any one of claims 1 or 2, **characterised in that** the steel comprises (in weight %):

C: 0.10 - 0.12 %;
 Si: 0.4 - 0.5 %;
 Mn: 1.95 - 2.1 %;
 Al: 0.02 - 0.05 %;
 S: ≤ 0.005 %.

6. The method according to claim 5, **characterised in that** the steel comprises at least one of the microalloying elements V, Mo, Ti, Nb in the following percentages (in weight %):

V: 0.08 - 0.10 %;
 Mo: 0.1 - 0.2 %;
 Ti: 0.09 - 0.11 %;
 Nb: 0.05 - 0.06 %.

7. The method according to claim 5 or 6, **characterised in that** at a thickness of 13 mm, the hot strip or hot plate has a minimum yield point of 760 N/mm².

8. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** slabs are used as raw material, with the holding time during heating of the slabs being at least 135 minutes.

9. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the final rolling temperature is

at least 840 °C.

10. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the coiling temperature is at least 600 °C and at most 620 °C.

Revendications

1. Procédé de fabrication de feuillards ou de tôles à chaud,

- dans lequel on coule un acier micro-allié qui, en plus d'au moins l'un des éléments de micro-alliage V, Mo, Ti, Nb, dans les teneurs suivantes, en % en poids : V 0,08 à 0,12 %, Mo 0,1 à 0,2 %, Ti 0,08 à 0,11 %, Nb 0,05 à 0,06 %, contient les éléments suivants en % en poids :

C: 0,05 - 0,12 %
 Si: 0,2 - 0,5 %
 Mn: 1,5 - 2,2 %
 Al: 0,02 - 0,05 %
 P: ≤ 0,025 %
 S: ≤ 0,01 %,

ainsi que sélectivement, un ou plusieurs des éléments n, Cu, Ni, Sn, B et As, le reste étant le fer et des impuretés inévitables, la somme des éléments facultativement présents étant ≤ 0,1 % en poids, pour obtenir un pré-matériau qui présente par exemple la forme de brames, de pré-blocs ou de brames minces,

- dans lequel le pré-matériau est chauffé à une température de 1 300 à 1 150°C,
- dans lequel le pré-matériau réchauffé est pré laminé à un taux de déformation de 36 % à 43 %,
- dans lequel le matériau pré laminé est laminé à chaud par voie thermomécanique en un feuillard à chaud, la température finale de laminage étant située au-dessus de la température A_{c3} ,
- dans lequel le feuillard à chaud est refroidi à une vitesse de refroidissement d'au moins 15°C/s jusqu'à une température de bobinage qui vaut au moins 590°C et au plus 630°C et
- le feuillard à chaud refroidi est enfin bobiné.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le feuillard ou la tôle à chaud possèdent une limite d'allongement minimale de 700 N/mm² pour une épaisseur à 8 mm.

3. Procédé selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'acier contient (en % en poids) :

C: 0,06 - 0,08 %
 Si: 0,2 - 0,3 %
 Mn: 1,95 - 2,1 %
 Al: 0,02 - 0,05 %
 P: ≤ 0,02 %
 S: ≤ 0,005 %.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la teneur en Ti est d'au plus 0,1 % en poids.

5. Procédé selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'acier contient (en % en poids) :

C: 0,10 - 0,12 %
 Si: 0,4 - 0,5 %
 Mn: 1,95 - 2,1 %
 Al: 0,02 - 0,05 %
 P: ≤ 0,02 %
 S: ≤ 0,005 %,

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'acier contient l'un au moins des éléments de micro-alliage V, Mo, T, Nb aux teneurs suivantes (en % en poids):

EP 1 453 984 B1

V: 0,08 - 0,10 %
Mo: 0,1 - 0,2 %
Ti: 0,09 - 0,11 %
Nb: 0,05 - 0,06 %

5

7. Procédé selon les revendications 5 ou 6, **caractérisé en ce que** le feuillard ou la tôle à chaud possèdent une limite d'allongement minimum de 760 N/mm² pour une épaisseur de 13 mm.

10

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** comme pré-matériau, on traite des brames, et la durée de maintien des brames en préchauffage est au moins 135 minutes.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température finale de laminage est d'au moins 840°C.

15

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de bobinage est d'au moins 600°C et d'au plus 620°C.

20

25

30

35

40

45

50

55