

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 966 547 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

04.10.2001 Patentblatt 2001/40

(51) Int Cl.7: **C21D 8/02**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP98/01376

(21) Anmeldenummer: **98916911.5**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 98/40522 (17.09.1998 Gazette 1998/37)

(22) Anmeldetag: **10.03.1998**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BANDSTAHLES MIT HOHER FESTIGKEIT UND GUTER UMFORMBARKEIT**

METHOD FOR PRODUCING A HIGHLY RESISTANT, VERY DUCTILE STEEL STRIP

PROCEDE PERMETTANT DE FABRIQUER UN FEUILLARD D'ACIER A RESISTANCE ET A MALLEABILITE ELEVEES

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE DE ES FI FR GB IT LU NL SE

• **STICH, Günter**

D-44869 Bochum (DE)

(30) Priorität: **13.03.1997 DE 19710125**

(74) Vertreter: **Simons, Johannes, Dipl.-Ing.**

Cohausz & Florack

Patentanwälte

Kanzlerstrasse 8 A

40472 Düsseldorf (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

29.12.1999 Patentblatt 1999/52

(73) Patentinhaber: **Thyssen Krupp Stahl AG**
47166 Duisburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 080 809

DE-A- 3 323 255

DE-B- 2 201 855

JP-A- 52 114 518

JP-A- 58 185 719

JP-A- 60 190 518

(72) Erfinder:

• **ENGL, Bernhard**

D-44267 Dortmund (DE)

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 0 966 547 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bandstahles mit hoher Festigkeit von mind. 900 MPa und guter Umformbarkeit.

[0002] Die Forderung nach Reduzierung des Treibstoffverbrauchs von Fahrzeugen macht die Anwendung von Leichtbaukonzepten erforderlich. Leichte Konstruktionen können durch eine Verringerung der Blechdicken erreicht werden.

Zum Ausgleich des dadurch bedingten Verlustes an Festigkeit des Bauteils muß die Festigkeit des Werkstoffs erhöht werden. Eine Steigerung der Festigkeit bewirkt normalerweise eine Verminderung der Verformbarkeit. Im Fahrzeugbau eingesetzte Bleche müssen durch eine Umformung in die aus Design- und Funktionsgründen erforderliche Endform gebracht werden. Wenn die Steigerung der Festigkeit und die damit verbundene verschlechterte Umformbarkeit zu groß werden, kommt es zum Versagen beim Umformen durch lokale Einschnürung und Reißen. Aus diesem Grund ist eine Steigerung der Festigkeit begrenzt.

Die Entwicklung von Stählen zielte stets auf eine Verbesserung des Verformbarkeit/Festigkeit-Verhältnisses ab.

Im Festigkeitsbereich unter 500 MPa konnten bereits beachtliche Erfolge hinsichtlich einer Reduzierung der Blechdicke durch Einsatz von phosphorlegierten oder mikrolegierten Stählen erzielt werden. Noch bessere Ergebnisse wurden mit Bake-hardening-Stählen erzielt. Im Festigkeitsbereich zwischen 500 und 800 MPa lieferten die Entwicklungen der Dualphasen- und der TRIP-(Transformation-induced plasticity) Stähle recht gute Umformbarkeitswerte.

[0003] Die für die Umformung relevanten Kennwerte können mit hoher Aussagekraft für die Praxis aus dem Zugversuch gewonnen werden. Besonders die Bruchdehnung und der n-Wert (Maß für das Verfestigungsvermögen) stellen wichtige Maßzahlen dar. Der n-Wert ist kennzeichnend für die Verformbarkeit unter einer Streckziehbeanspruchung. Diese ist bei den meisten Blechteilen eines Fahrzeugs der vorherrschende Verformungsmechanismus. Der n-Wert steht in verhältnismäßig guter Übereinstimmung mit dem Streckgrenzenverhältnis, das ebenfalls ein für die Praxis brauchbares Maß für das Verfestigungsvermögen eines Werkstoffs darstellt.

[0004] Um den Vorteil einer Erhöhung der Festigkeit zur Reduzierung der Blechdicke möglichst weitgehend ausnutzen zu können, werden möglichst hohe Werte der Bruchdehnung (A) und des Verfestigungswertes (n-Wert) angestrebt.

[0005] Stähle mit sehr hohen Festigkeiten über 800 MPa können sehr effizient zur Gewichtsoptimierung von crashrelevanten Teilen, wie Türaufprallträger, Stoßfängerträger, eingesetzt werden. Dazu muß die Blechdicke jedoch von z. B. über 2,0 mm auf Dicken unter 2,0 mm, etwa auf 1,5 mm, abgesenkt werden. Solch höchstfeste Stahlerzeugnisse konnten in der Vergangenheit nur als kaltgewalzte Bleche zur Verfügung gestellt werden.

[0006] Vor allem im Bereich höchster Festigkeiten über 800 MPa reichen beim Einsatz herkömmlicher Werkstoffkonzepte zur Herstellung von Kaltband oder Warmband die Verformungseigenschaften nicht aus, um Bleche zu brauchbaren Teilen umzuformen. Die hohe Festigkeit wird dabei durch die Einstellung von martensitischen Gefügen erzielt. Die Streckgrenzen ist aber bei solchen Stählen ebenfalls sehr hoch. Die daraus resultierenden Werte für das Streckgrenzenverhältnis bzw. die Verfestigung sind entsprechend niedrig. Dies führt neben der geringen Umformbarkeit außerdem zu hohen Rückfederungswerten, so daß Preßteile nur schwierig oder gar nicht formgerecht herstellbar sind.

[0007] DE-A-3323255 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Bandstahl mit hoher Festigkeit und guter Kaltverformbarkeit. Der in DE-A-3323255 definierte Stahl liegt innerhalb den Bereichen, die in Anspruch 1 definiert werden.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist nun Bandstähle zu entwickeln, die ein hohes Verfestigungsvermögen, gepaart mit guter Umformbarkeit und hoher Bauteilfestigkeit aufweisen.

[0009] Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem ein Aluminiumberuhigter Stahl, bestehend aus (in Masse-%)

0,10 bis 0,20 % C

0,30 bis 0,60 % Si

1,50 bis 2,00 % Mn

max. 0,08 % P

0,30 bis 0,80 % Cr

bis 0,40 % Mo

bis 0,20 % Ti und/oder Zr

bis 0,08 % Nb

Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen

erschmolzen, zu Brammen abgegossen wird und anschließend zu Warmband ausgewalzt wird, wobei die Walzendtemperatur oberhalb 880 °C, die Abkühlgeschwindigkeit auf dem Auslaufrollgang mindestens 30 °C/s und die Haspeltemperatur 300 bis 600 °C betragen.

[0010] Die gezielte Einstellung sehr feiner Mikrostrukturen, bestehend aus weichen und harten Phasen nebeneinander, kombiniert mit einer Verteilung feinsten Ausscheidungen, eröffnete die Möglichkeit attraktiver, bisher nicht be-

kannter Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften. Eine Gefügehärtung durch Mehrphasigkeit in Verbindung mit Härtung durch Feinkorn und feine Teilchen verursachen dabei einen multiplen Verfestigungsvorgang.

[0011] Die besondere wirtschaftliche Bedeutung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht in der Herstellungsmöglichkeit als Warmband in Dicken unter 2,0 mm, z.B. 1,5 mm. Das Herstellungsverfahren erfordert somit nicht unbedingt den aufwendigen Fertigungsprozeß einer Kaltbänderzeugung mit den zusätzlichen Schritten einer Kaltwalzung und abschließenden Glühung.

[0012] Das vorliegende Werkstoffkonzept beinhaltet auch die Möglichkeit werkseitig aufgebrachtter Oberflächenveredelung. So kann beispielsweise eine elektrolytisch abgeschiedene Zinkschicht aufgebracht werden. Die enorme Verbesserung des Korrosionsschutzes durch eine Zinkschicht kann als bekannte Tatsache vorausgesetzt werden. Weiterhin ist bekannt, daß höchstfeste Stähle zur Versprödung durch eine Wasserstoffaufnahme beim elektrolytischen Verzinkungsvorgang neigen. Es konnte gezeigt werden, daß der erfindungsgemäße Bandstahl frei von diesen gefährdeten Verzinkungsproblemen bleibt.

[0013] Im folgenden werden die Bedeutung der Legierungselemente und der Fertigungsparameter beschrieben.

[0014] Kohlenstoff wird zur Gefügehärtung und zur Bildung von Feinstausscheidungen benötigt. Aus Gründen der Schweißbarkeit sollte der Gehalt auf 0,1 bis 0,2 % begrenzt werden.

[0015] Silizium erhöht die Härte des Mischkristalls, wozu mindestens 0,3 % erforderlich sind. Aus Gründen der Schweißbarkeit und zur Vermeidung ungünstiger Zunderausbildung ist der Gehalt auf 0,6 % zu begrenzen.

[0016] Mangan bei einem Gehalt von mindestens 1,5 % verzögert die Umwandlung und bewirkt die Bildung harter Umwandlungsprodukte. Zur Vermeidung unzulässig starker Mikrosegrierungen ist der Gehalt auf max. 2,0 % zu begrenzen.

[0017] Phosphor kann zur weiteren Steigerung der Mischkristallverfestigung eingesetzt werden, sollte aber aus Gründen der Schweißbarkeit einen Gehalt von 0,08 % nicht übersteigen.

[0018] Chrom fördert bei mindestens 0,3 % die Bildung eines bainitreichen Endgefüges. Um die Umwandlung nicht zu stark zu verzögern, sollte sein Gehalt auf max. 0,80 % begrenzt werden.

[0019] Titan oder Zirkonium lassen sich zur Bildung von Feinstausscheidungen mit aushärtender Wirkung benutzen. Die Wirkung läßt bei Gehalten über 0,2 % deutlich nach. Deshalb ist der Maximalwert auf 0,2 % festgesetzt.

[0020] Niob läßt sich ebenfalls zur Ausscheidungshärtung einsetzen. Es sollten bevorzugt mindestens 0,04 % zulegiert werden. Aus Gründen der Wirksamkeit ist der Gehalt auf max. 0,08 % festgelegt.

[0021] Bor verbessert die Härte bei Gehalten im Bereich von 0,0005 bis 0,005 %. Dazu wird es nach dem Kenntnisstand bei martensitisch umwandelnden Stählen eingesetzt. Es hat sich überraschenderweise herausgestellt, daß Bor auch im vorliegenden Fall im bainitischen Grundgefüge eine signifikante Steigerung der Festigkeit bei nur geringer Erniedrigung der Umformbarkeit hervorruft.

[0022] Die Walzenendtemperatur sollte im Bereich des homogenen Austenits und damit nicht unter 800 °C liegen, um zum einen ausreichend niedrige Formänderungswiderstände zu gewährleisten und zum anderen verformungsinduzierte Ausscheidungen gering zu halten.

[0023] Die Abkühlbedingungen sind so zu wählen, daß eine Umwandlung zu Perlit vermieden wird und die Umwandlung weitestgehend in der Bainitstufe erfolgt. Anteile von Martensit können zu weiterer Verfestigung beitragen. Des weiteren soll eine Verfestigung durch Ausscheidung von feinsten Teilchen erzielt werden. Dazu ist eine Abkühlung von Walzendtemperatur mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 30 °C/s erforderlich. Dieser Abkühlvorgang ist bei einer Temperatur unter 600 °C zu beenden, indem das Band auf einen Haspel aufgewickelt wird und danach im Coil abkühlt.

[0024] Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Beispiele beschrieben.

[0025] In Tabelle 1 sind die chemischen Zusammensetzungen der erfindungsgemäß hergestellten Bandstähle 1 und 2 und Stahl 3, einem martensitischen Vergleichsstahl, mitgeteilt.

[0026] In der Tabelle 2 sind die kennzeichnenden mechanischen Eigenschaften der erfindungsgemäß erzeugten Bandstähle 1 und 2 und des Vergleichsstahls 3, der durch eine nachgeschaltete Wärmebehandlung auf die in Tabelle 2 angegebenen Werte angelassen wurde, aufgeführt.

[0027] Ein Eigenschaftsvergleich weist die großen Vorteile des erfindungsgemäß erzeugten Bandstahls klar auf. Er weist eine höhere Bruchdehnung und ein besseres Streckgrenzenverhältnis als Maß für die Verfestigung auf.

[0028] Tabelle 3 zeigt den Einfluß niedriger Haspeltemperatur und einer nachfolgenden Wärmebehandlung auf die Eigenschaften eines erfindungsgemäß erzeugten Bandstahls der Zusammensetzung des Stahls 1 in Tabelle 1 auf. Durch niedrige Haspeltemperaturen von vorzugsweise 330 °C können deutlich Steigerungen der Festigkeitseigenschaften erreicht werden, siehe Beispiel 4 in Tabelle 3.

[0029] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung besteht in der Erzielung der vorteilhaften Wirkung einer nachfolgenden Wärmebehandlung. Es hat sich überraschenderweise herausgestellt, daß durch die thermische Behandlung des erfindungsgemäß erzeugten Bandstahls im Temperaturbereich zwischen 500 und 850 °C die Umformeigenschaften noch weiter gesteigert werden können.

[0030] Die Beispiele 4, 5 und 6 in Tabelle 3 zeigen die Wirkung einer solchen Wärmebehandlung an dem Stahl 1

mit der Zusammensetzung gemäß Tabelle 1. Dadurch wird ein Werkstoffzustand erreicht, der Vorteile für Bauteile bietet, die insgesamt noch hohe Festigkeiten, vor allem Streckgrenzen bei guter Umformbarkeit, aufweisen müssen. Dieses Eigenschaftsbild bietet sich für die Herstellung von kaltprofilierten Teilen mit einem hohen Energieaufnahmevermögen an (Beispiel 5a). Durch Wahl höherer Glühtemperaturen können hohe Festigkeiten bei außerordentlich niedrigen Streckgrenzenverhältnissen bzw. gleichbedeutend hoher Verfestigung bei guten Dehnungswerten erreicht werden (Beispiele 5b, 6a bis 6c).

[0031] Viele warmgewalzte Erzeugnisse zeigen den Nachteil, daß sie ihre vorteilhaften Eigenschaften verlieren, wenn sie anschließend kaltgewalzt und rekristallisierend geglüht werden. Für den erfindungsgemäß erzeugten Bandstahl wurde jedoch gefunden, daß er auch nach anschließendem Kaltwalzen und Glühen ebenfalls vorteilhafte Eigenschaften aufweist. So zeigt Beispiel 7 in Tabelle 3, daß der erfindungsgemäß erzeugte Bandstahl 1 nach einer Kaltwalzung mit 50 % Verformungsgrad und anschließender Glühung ebenfalls hohe Festigkeiten bei noch weiter verbessertem Streckgrenzenverhältnis gegenüber den nur warmgewalzten Bandstählen 1 und 2 erreicht.

Tabelle 1

(Masse-%)										
Stahl	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr	Mo	Ti
1	0,14	0,47	1,83	0,007	0,002	0,025	0,004	0,34	0,12	0,15
2a	0,19	0,43	1,67	0,013	0,007	0,032	0,007	0,49	0,30	0,18
2b	0,17	0,53	1,82	0,013	0,012	0,049	0,012	0,77	0,02	0,18
3*	0,15	0,01	1,75	0,011	0,003	0,020	0,004	0,55	0,01	0,003

*) martensitischer Vergleichsstahl

Tabelle 2

Stahl	Probenlage	R _e N/mm ²	R _m N/mm ²	R _e /R _m	A _g %	A ₅ %	A ₈₀ %	WET °C	HT °C
1	längs	653	1065	0,61	8	18	11	910	530
	quer	652	1098	0,59	8	17	12		
2a	längs	670	1115	0,60	7	16	10	880	550
2b	längs	680	1140	0,60	7	15	9	880	550
3*	längs	1050	1096	0,96	2	10	5	880	280

*) Vergleichsstahl

R_e - Streckgrenze

R_m - Zugfestigkeit

A_g - Gleichmaßdehnung

A₅ - Bruchdehnung

A₈₀ - Bruchdehnung

WET - Walzendtemperatur

HT - Haspeltemperatur

Tabelle 3

Beispiel	Glühung		R _e	R _m	R _e /R _m	A ₈₀	WET	HT
	°C	min	N/mm ²	N/mm ²			°C	°C
4	./. .	./. .	1203	1395	0,86	3	910	330
5a	600	120	1040	1070	0,97	9	910	330
5b	750	1	690	1190	0,58	7	910	330
6a	750	1	620	1095	0,58	6	910	530

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Beispiel	Glühung		R _e	R _m	R _e /R _m	A ₈₀	WET	HT
	°C	min	N/mm ²	N/mm ²			°C	°C
6b	800	1	600	1086	0,55	10	910	530
6c	850	1	492	913	0,54	14	910	530
7*a	800	1	627	1149	0,55	8	910	530
7*b	850	1	446	959	0,47	12	910	530

*) kaltgewalzt mit 50 %

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Aluminium-beruhigten Bandstahl mit hoher Festigkeit von mind. 900 MPa und guter Umformbarkeit, bestehend aus (in Masse-%)

0,10 bis 0,20 % C

0,30 bis 0,60 % Si

1,50 bis 2,00 % Mn

max. 0,08 % P

0,30 bis 0,80 % Cr

bis 0,40 % Mo

bis 0,20 % Ti und/oder Zr

bis 0,08 % Nb

Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen,

der erschmolzen, zu Brammen abgegossen wird und anschließend zu Warmband ausgewalzt wird, wobei die Walzendtemperatur oberhalb 880 °C, die Abkühlgeschwindigkeit auf dem Auslaufrollgang mindestens 30 °C/s und die Haspeltemperatur 300 bis 600 °C betragen.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Warmband bei einer Temperatur von maximal 550 °C gehaspelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Warmband bei maximal 350 °C gehaspelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Warmband nicht unter 330 °C gehaspelt wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband auf eine Enddicke von max. 2,0 mm gewalzt wird.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband dressiert wird.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Band gebeizt und metallisch beschichtet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, daß

die metallische Beschichtung elektrolytisch aufgebracht wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Beschichtung im Schmelztauchverfahren aufgebracht wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband im Bereich von 500 bis 850 °C gegläut wird.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** nach dem Warmwalzen eine Kaltwalzung von mind. 30 % und eine Durchlaufglühung bei Temperaturen zwischen 700 und 900 °C durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem Stahl max. 0,15 % Mo zulegiert wird.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem Stahl mindestens 0,04 % Ti und/oder Zr zulegiert wird.

14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem Stahl 0,0005 bis 0,005 % B zulegiert wird.

15. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem Stahl mindestens 0,04 % Nb zulegiert wird.

Claims

1. A method for producing aluminium-killed steel strip with a high-strength of at least 900 MPa and good workability, comprising (in mass %)

0.10 to 0.20 % C
0.30 to 0.60 % Si
1.50 to 2.00 % Mn
max. 0.08 % P
0.30 to 0.80 % Cr
up to 0.40 % Mo
up to 0.20 % Ti and/or Zr
up to 0.08 % Nb
the remainder being Fe and unavoidable impurities;

said steel strip being melted, poured to form slabs and then rolled to form hot strip, with the final rolling temperature exceeding 880 °C, the rate of cooling on the delivery table being at least 30 °C/s and the coiling temperature ranging from 300 to 600 °C.

2. The method according to claim 1, **characterised in that** the hot strip is coiled at a temperature of max. 550 °C.

3. The method according to claim 1, **characterised in that** the hot strip is coiled at max. 350 °C.

4. The method according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the hot strip is coiled not below 330 °C.

5. The method according to one or several of claims 1 to 4, **characterised in that** the hot strip is rolled to a final thickness of max. 2.0 mm.

6. The method according to one or several of claims 1 to 5, **characterised in that** the hot strip is skin pass rolled.

7. The method according to one or several of claims 1 to 6, **characterised in that** the strip is pickled and metal coated.

8. The method according to claim 7, **characterised in that** the metallic coating is applied electrolytically.

9. The method according to claim 7, **characterised in that** the metallic coating is applied in a hot-dip galvanising process.

10. The method according to one or several of claims 1 to 6, **characterised in that** the hot strip is annealed in a range between 500 and 850 °C.

11. The method according to one or several of claims 1 to 6, **characterised in that** after hot rolling, cold rolling of at least 30 % and continuous annealing at temperatures between 700 and 900 °C are carried out.

12. The method according to one of claims 1 to 11, **characterised in that** max. 0.15 % Mo is added to the steel by alloying.

13. The method according to one or several of claims 1 to 12, **characterised in that** at least 0.04 % Ti and/or Zr are/ is added to the steel by alloying.

14. The method according to one or several of claims 1 to 13, **characterised in that** 0.0005 to 0.005 % B is added to the steel by alloying.

15. The method according to one or several of claims 1 to 14, **characterised in that** at least 0.04 % Nb is added to the steel by alloying.

Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'un acier en feuillard, calmé à l'aluminium, ayant une résistance mécanique élevée d'au moins 900 MPa et une bonne formabilité, composé de (en % en masse)

0,10 à 0,20 % de C

0,30 à 0,60 % de Si

1,50 à 2,00 % de Mn

max. 0,08 % de P

0,30 à 0,80 % de Cr

jusqu'à 0,40 % de Mo

jusqu'à 0,20 % de Ti et/ou Zr

jusqu'à 0,08 % de Nb

le reste étant constitué de Fe et d'impuretés inévitables, qui est fondu, coulé en brames et ensuite laminé en feuillard laminé à chaud, la température finale de laminage étant supérieure à 880°C, la vitesse de refroidissement sur le train de rouleaux de sortie étant d'au moins 30°C/s et la température du bobinage étant de 300 à 600°C.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le feuillard laminé à chaud est enroulé à une température d'au maximum 550°C.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le feuillard laminé à chaud est enroulé à une température d'au maximum 350°C.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le feuillard laminé à chaud est enroulé à une température non inférieure à 330°C.

5. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le feuillard laminé à chaud est laminé à une épaisseur finale de 2,0 mm au maximum.

6. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le feuillard laminé à chaud est dressé.

7. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le feuillard est décapé et muni d'un revêtement métallique.

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le revêtement métallique est appliqué par électrolyse.

9. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le revêtement métallique est appliqué par le procédé de

revêtement métallique à chaud.

10. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le feuillard laminé à chaud est recuit dans la plage de 500 à 850°C.

11. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'**après le laminage à chaud, on effectue un laminage à froid d'au moins 30 % et un recuit continu à des températures comprises entre 700 et 900°C.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce qu'**au maximum 0,15 % de Mo est allié à l'acier.

13. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce qu'**au moins 0,04 % de Ti et/ou Zr est allié à l'acier.

14. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** 0,0005 à 0,005 % de B est allié à l'acier.

15. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce qu'**au moins 0,04 % de Nb est allié à l'acier.