

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 894 149 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

24.10.2001 Bulletin 2001/43

(21) Numéro de dépôt: **97903163.0**

(22) Date de dépôt: **24.02.1997**

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

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/BE97/00020

(87) Numéro de publication internationale:
WO 97/39152 (23.10.1997 Gazette 1997/45)

(54) **PROCEDE POUR LA FABRICATION D'UNE BANDE LAMINEE A CHAUD EN ACIER A HAUTE
RESISTANCE**

VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES STAHLBANDES HOHER FESTIGKEIT DURCH
WALMWALZEN

METHOD FOR PRODUCING A HOT-ROLLED HIGH-TENSILE STEEL STRIP

(84) Etats contractants désignés:
DE FR NL

(30) Priorité: **16.04.1996 BE 9600324**

(43) Date de publication de la demande:
03.02.1999 Bulletin 1999/05

(73) Titulaire: **CENTRE DE RECHERCHES
METALLURGIQUES-CENTRUM VOOR
RESEARCH IN DE METALLURGIE Assoc. sans
but lucratif-Ver. zonder winstoogmerk
1000 Bruxelles (BE)**

(72) Inventeurs:

- **SCHMITZ, Alain
B-4920 Harze (BE)**
- **HERMAN, Jean-Claude
B-4670 Blegny (BE)**
- **LEROY, Vincent
B-4000 Liège (BE)**

(74) Mandataire: **Van Malderen, Michel et al
Office van Malderen
85/043 Boulevard de la Sauvenière
4000 Liège (BE)**

(56) Documents cités:
FR-A- 2 446 323 US-A- 3 102 831
US-A- 3 849 209 US-A- 4 184 898
US-A- 4 188 241

- **CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE
LA REVUE DE METALLURGIE, PARIS, FR, vol.
89, no. 2, 1 Février 1992, pages 163-170,
XP000267962 YOKOI T ET AL: "DEVELOPMENT
OF HOT-ROLLED GALVANNEALED
HIGH-STRENGTH STEEL SHEETS WITH GOOD
STRETCH FLANGEABILITY"**

Remarques:

Le dossier contient des informations techniques
présentées postérieurement au dépôt de la
demande et ne figurant pas dans le présent
fascicule.

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 894 149 B1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé pour la fabrication d'une bande laminée à chaud en acier à haute résistance, destinée à être utilisée directement, c'est-à-dire sans que le laminage à chaud soit suivi d'un laminage à froid.

[0002] Actuellement, les aciers dits de résistance doivent présenter des propriétés mécaniques de plus en plus élevées afin de répondre à des conditions de mise en oeuvre toujours plus diversifiées et sévères.

[0003] En particulier, on exige à présent de ces aciers qu'ils présentent une charge de rupture (R_m) supérieure à 550 MPa, un rapport de la limite d'élasticité (R_e) à la charge de rupture (R_m), soit R_e/R_m , inférieur à 0,7 et une ductilité élevée, exprimée par un allongement (A) supérieur à 20 %. De plus, la résilience doit également être élevée, par exemple au moins égale à 150 J/cm² à -50°C, afin de conférer à l'acier une haute résistance aux chocs. Une bonne résistance en fatigue oligocyclique et une soudabilité élevée sont aussi considérées comme des caractéristiques essentielles. Par exemple, la résistance en fatigue oligocyclique sous une déformation de 0,25 % devrait se traduire par une réduction relative de la résistance de moins de 20% après au moins 30.000 cycles, tandis que la soudabilité devrait être assurée par une composition chimique conduisant à un carbone équivalent inférieur à 0,35 %, le carbone équivalent étant défini de façon connue par la relation $C_{eq} = [C + (Mn + Si)/6]$ où les teneurs des différents éléments sont exprimées en pourcents en poids.

[0004] La pratique actuelle pour la fabrication d'une bande laminée à chaud destinée à être utilisée directement consiste à couler en continu une brame en acier dont l'épaisseur est en général supérieure à 150 mm, par exemple comprise entre 150 mm et 300 mm. Cette brame est laminée à haute température dans un laminoir dégrossisseur afin de produire une ébauche dont l'épaisseur est généralement comprise entre 20 mm et 40 mm. Cette ébauche est ensuite laminée dans un train finisseur à chaud jusqu'à l'épaisseur désirée, le plus souvent comprise entre 1,5 mm et 5 mm. Selon la pratique usuelle, le laminage des ébauches jusqu'à l'épaisseur finale est effectué intégralement dans le domaine austénitique, avec des températures d'entrée au train finisseur à chaud supérieures à 950°C. La bande à chaud ainsi laminée est transférée sur une table de refroidissement à l'eau et est ensuite bobinée dans le domaine ferritique avec une température de bobinage supérieure à 500°C.

[0005] Les hauts niveaux de résistance désirés pour ces aciers peuvent être obtenus par l'addition d'éléments d'alliage (Mn, Si, Cr, ...), qui engendrent la formation de microstructures multiphases hors équilibre dans certaines conditions de refroidissement et de bobinage. L'obtention de ces aciers multiphases (ferrite, bainite, martensite, austénite résiduelle, ...) demande la mise en oeuvre de cycles de refroidissement complexes comprenant des phases de refroidissement accéléré et de trempe étagée. Ces pratiques peuvent cependant ne pas être compatibles avec certaines applications comme par exemple le soudage.

[0006] On connaît, par le document FR-A-2 446 323, un procédé pour fabriquer des tôles d'acier à deux phases, présentant de bonnes propriétés mécaniques. Ce procédé consiste à laminier l'acier à chaud avec une température de fin de laminage inférieure à A_r3 , comprise entre 750°C et 860°C, à le refroidir rapidement à moins de 230°C et à le bobiner à cette température. L'acier contient 0,03 - 0,13 % C, 0,8 - 1,7 % Mn, moins de 0,1 % Al, et éventuellement moins de 1 % Si, moins de 0,5 % Cr, moins de 0,2 % Nb, V, Ti et/ou W, notamment.

[0007] On connaît, en outre, du document US-A-4 188 241, un procédé pour fabriquer des tôles d'acier à 0,05-0,15% C, 0,50-2,00% Mn, moins de 0,70 % Si et sans Nb, V ou Ti, avec une température de fin de laminage supérieure à A_r3 et une température de bobinage inférieure à 300°C.

[0008] Afin de pallier ces inconvénients, une autre voie de fabrication consiste à utiliser des aciers microalliés (dénommés HSLA) à faible teneur en carbone, pour lesquels le durcissement résulte de la solution solide et de la précipitation. Cette technique a cependant pour effet d'augmenter sensiblement le prix de revient de ce type d'acier. Il est en outre difficile avec ces aciers de respecter la condition $R_e/R_m \leq 0,7$.

[0009] Si ces deux solutions connues permettent d'obtenir de hautes performances mécaniques, elles conduisent cependant aussi à une grande dispersion des propriétés mécaniques le long de la bande laminée à chaud, en raison de la difficulté de contrôler le procédé de fabrication avec une précision suffisante.

[0010] La présente invention a pour objet de proposer un procédé pour fabriquer une bande laminée à chaud destinée à être utilisée directement, qui permet d'améliorer fortement les propriétés mécaniques mentionnées ci-dessus tout en garantissant une constance de ces propriétés le long de la bande ainsi produite.

[0011] Conformément à la présente invention, un procédé pour fabriquer une bande laminée à chaud en acier à haute résistance, dans lequel on lamine à chaud un acier dont les teneurs en carbone, en manganèse et en silicium sont comprises, en poids, entre 0,04% et 0,2%, entre 0,5% et 2% et entre 0,010 % et 0,5 % respectivement, est caractérisé en ce que ledit acier contient en outre du niobium en une teneur comprise entre 0,01 % et 0,1 % en poids, le reste étant du fer et des impuretés habituelles, en ce qu'on effectue le laminage à chaud de finition dudit acier entre une température initiale inférieure à 950°C et une température finale supérieure à la température de transformation de l'austénite en ferrite (A_r3), avec un taux de réduction d'épaisseur d'au moins 85 %, en ce que l'on refroidit ledit acier laminé à chaud dans un délai inférieur à 5 s avec une vitesse de refroidissement supérieure à 20°C/s à partir de ladite

température finale jusqu'à une température inférieure à 200°C et en ce que l'on bobine ledit acier laminé à chaud à ladite température inférieure à 200°C.

[0012] Suivant l'invention, le refroidissement est effectué en un temps aussi court que possible, de préférence inférieur à 1 s.

[0013] Suivant une mise en oeuvre particulière du procédé de l'invention, la vitesse de refroidissement de l'acier laminé à chaud est comprise entre 30°C/s et 1000°C/s, cette valeur représentant une vitesse moyenne de refroidissement entre la température de finition et la température de bobinage.

[0014] Avantagusement, ce refroidissement est effectué de manière continue et monotone jusqu'à ladite température inférieure à 200°C, dite température de bobinage, les plus hautes valeurs de la vitesse de refroidissement permettant d'augmenter la limite d'élasticité et la charge de rupture sans altérer le compromis résistance-ductilité..

[0015] Suivant une caractéristique avantageuse, ladite température de bobinage est comprise entre 20°C et 150°C.

[0016] Pour la mise en oeuvre pratique du procédé sur un train de laminage de finition, les différentes opérations précitées peuvent correspondre à des étapes successives rapportées à l'installation elle-même. Ainsi, la température initiale du laminage de finition désigne normalement la température d'entrée dans le train finisseur, la température finale désigne la température de sortie de ce train finisseur, le refroidissement de la bande comprend le transfert de la bande entre la sortie du train finisseur et l'entrée de la section de refroidissement, transfert qui doit être effectué en un temps aussi court que possible, et le refroidissement effectué sur une table de refroidissement appropriée.

[0017] Le procédé de l'invention et les avantages qui en découlent sont à présent illustrés par deux exemples de bandes à chaud destinées à être utilisées directement, à savoir une bande en acier HSLA fabriquée de manière conventionnelle (1) et une bande fabriquée selon le procédé de la présente invention (2).

[0018] Le tableau I indique la composition chimique des aciers utilisés pour la fabrication de ces bandes.

Tableau I :

Composition chimique des aciers (% poids)						
N°	C	Mn	Si	Nb	Ti	Al
1. HSLA	0,07	0,75	0,011	0,060	0,035	0,025
2. Invention	0,07	1,4	0,01	0,028	0	0,04

[0019] Les deux bandes ont été fabriquées dans les conditions indiquées dans le Tableau II.

Tableau II :

Paramètres de fabrication des bandes					
N°	Epaisseur (mm)	Température d'entrée (°C)	Température de sortie (°C)	Vitesse moyenne de refroidissement (°C/s)	Température de bobinage (°C)
1	4,5	1050	910	20	600
2	5,0	950	850	30	150

[0020] Les propriétés mécaniques des bandes à chaud, fabriquées d'une part par le procédé conventionnel (1) et d'autre part par le procédé de l'invention (2), sont exprimées par les résultats d'essais repris dans le Tableau III.

Tableau III :

Propriétés mécaniques des bandes					
N°	Re (MPa)	Rm (MPa)	Re/Rm	Allongement (%)	Cv à - 60°C (J/cm ²)*
1	494	570	0.87	24	15
2	400	750	0.53	23	170

*mesures effectuées sur éprouvettes de dimensions réduites, épaisseur 5 mm

[0021] Ce tableau montre les améliorations de différentes propriétés mécaniques observées sur les bandes à chaud traitées par les deux procédés. On constate une augmentation importante de la charge de rupture Rm de l'ordre de 180 MPa en faveur de la bande à chaud fabriquée par le procédé de l'invention. Ceci s'accompagne d'une diminution du rapport Re/Rm de 0.87 pour l'acier HSLA conventionnel à 0.53 pour l'acier obtenu suivant l'invention. Ces deux propriétés sont particulièrement importantes pour la mise en oeuvre des aciers de résistance. Il faut en outre noter

que la courbe de traction de l'acier de l'invention est continue et sans palier de la limite d'élasticité, ce qui confère à la bande à chaud de l'invention des propriétés non vieillissantes appréciées par les utilisateurs.

[0022] L'amélioration des propriétés des bandes à chaud est également visible dans le tracé de la courbe de résistance en fatigue oligocyclique, représentée dans le diagramme de la Fig. 1. Une forte amélioration de la résistance en fatigue oligocyclique est en effet observée en faveur de l'acier laminé à chaud suivant l'invention. Cette amélioration s'exprime par une décroissance relative de la résistance à 0,25% (R0,25) beaucoup moindre pour l'acier de l'invention (14 %) que pour l'acier de référence HSLA (35 %), correspondant également à un nombre de cycles (N) plus élevé pour l'acier de l'invention (45000) que pour l'acier HSLA (15000).

[0023] La Fig. 2 montre l'évolution de la résilience Charpy (éprouvettes de 5 mm) en fonction de la température d'essai. En ce qui concerne les propriétés de résistance, l'examen du Tableau III et de la Fig. 2 montre la nette amélioration observée dans le cas de l'acier laminé suivant le procédé de l'invention.

Revendications

1. Procédé pour fabriquer une bande laminée à chaud en acier à haute résistance, dans lequel on lamine à chaud un acier dont les teneurs en carbone, en manganèse et en silicium sont comprises, en poids, entre 0,04 % et 0,2 %, entre 0,5 % et 2 %, et entre 0,010 % et 0,5 % respectivement, avec une température finale du laminage à chaud de finition supérieure à la température de transformation de l'austénite en ferrite (Ar3), **caractérisé en ce que** ledit acier contient en outre du niobium en une teneur comprise entre 0,01 % et 0,1 % en poids, le reste étant du fer et des impuretés habituelles, **en ce que** l'on effectue ledit laminage à chaud de finition avec une température initiale inférieure à 950°C et un taux de réduction d'épaisseur d'au moins 85 %, **en ce que** l'on refroidit ledit acier laminé à chaud dans un délai inférieur à 5 s avec une vitesse de refroidissement supérieure à 20°C/s jusqu'à une température inférieure à 200°C, et **en ce que** l'on bobine ledit acier laminé à chaud à ladite température inférieure à 200°C.
2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on effectue le refroidissement en une durée inférieure à 1 s.
3. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** la vitesse de refroidissement de l'acier laminé à chaud est comprise entre 30°C/s et 1000°C/s.
4. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** ledit refroidissement est effectué de manière continue et monotone jusqu'à ladite température inférieure à 200°C, dite température de bobinage.
5. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** ladite température de bobinage est comprise entre 20°C et 150°C.

Claims

1. A method for producing a high resistance steel hot rolled strip, wherein a steel is hot rolled having carbon, manganese and silicon contents, in weight, in the ranges from 0.04% to 0.2%, from 0.5% to 2% and from 0.010% to 0.5% respectively, with a lower final temperature of the finishing hot rolling step than the conversion temperature from austenite into ferrite (Ar3), **characterized in that** said steel contains additionally a niobium content in the range from 0.01% to 0.1% in weight, the remainder being iron and usual impurities, **in that** said finishing hot rolling is carried out with a lower starting temperature than 950°C and a thickness reduction rate of at least 85%, **in that** said hot rolled steel is cooled within less than 5 sec at a higher cooling rate than 20°C/sec up to a lower temperature than 200°C and **in that** said hot rolled steel is wound at said lower temperature than 200°C.
2. A method according to claim 1, **characterized in that** the cooling step is carried out within less than 1 sec.
3. A method according to any one of claims 1 and 2, **characterized in that** the cooling rate of the hot rolled steel is in the range from 30°C/sec to 1000°C/sec.
4. A method according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** said cooling step is carried out continuously and monotonously up to said lower temperature than 200°C, the so-called winding temperature.

5. A method according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** said winding temperature is comprised in the range from 20°C to 150°C.

5 **Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung eines warmgewalzten Bandes aus Stahl mit hoher Festigkeit, bei dem ein Stahl, dessen Gehalt an Kohlenstoff, Mangan und Silizium, nach Gewicht, zwischen 0,04 % und 0,2 %, zwischen 0,5 % und 2 %, bzw. zwischen 0,010 % und 0,5 % liegt, warmgewalzt wird mit einer Endtemperatur der Endbearbeitungs-
 10 Warmwalzung über der Umwandlungstemperatur des Austenits in Ferrit (Ar3), **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stahl außerdem Niob in einem Gehalt zwischen 0,01 % und 0,1 % nach Gewicht enthält, wobei der Rest Eisen und übliche Verunreinigungen ist, daß die Endbearbeitungs-Warmwalzung mit einer anfänglichen Temperatur unter 950°C und einem Dickenreduzierungsgrad von mindestens 85 % ausgeführt wird, und daß der warmgewalzte Stahl innerhalb einer Dauer von weniger als 5 s mit einer Abkühlgeschwindigkeit über 20°C/s bis zu einer Temperatur unter 200°C abgekühlt wird, und daß der warmgewalzte Stahl bei der Temperatur unter 200°C aufgewickelt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abkühlung in einer Dauer von weniger als 1 s ausgeführt wird.
- 20 3. Verfahren gemäß dem einen oder dem anderen der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abkühlgeschwindigkeit des warmgewalzten Stahls zwischen 30°C/s und 1000°C/s liegt.
4. Verfahren gemäß dem einen oder dem anderen der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abkühlung auf kontinuierliche und monotone Weise bis zu der Temperatur unter 200°C, die Aufwickeltemperatur genannt wird, ausgeführt wird.
- 25 5. Verfahren gemäß dem einen oder dem anderen der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Aufwickeltemperatur zwischen 20°C und 150°C liegt.

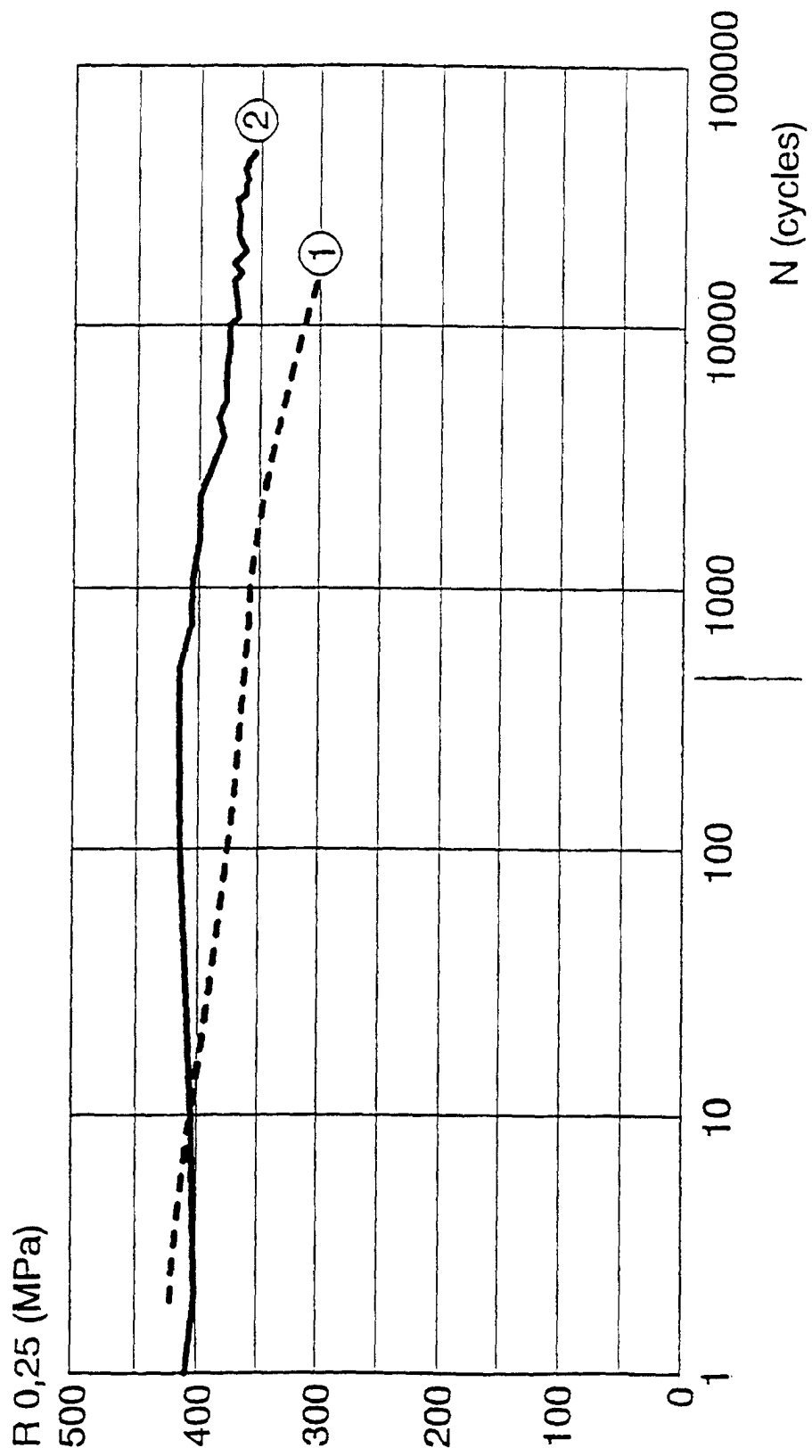


Fig. 1

