



(11) **EP 1 587 963 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
12.10.2011 Bulletin 2011/41

(51) Int Cl.:
C21D 8/02 (2006.01) **C22C 38/28** (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **04701978.1**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2004/000058

(22) Date de dépôt: **14.01.2004**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2004/070064 (19.08.2004 Gazette 2004/34)

(54) **ACIER LAMINÉ À CHAUD À TRÈS HAUTE RÉSISTANCE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION DE BANDES**

HOCHFESTER WARMGEWALZTER STAHL UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON BÄNDERN

ULTRAHIGH STRENGTH HOT-ROLLED STEEL AND METHOD OF PRODUCING BANDS

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **15.01.2003 FR 0300371**

(43) Date de publication de la demande:
26.10.2005 Bulletin 2005/43

(73) Titulaire: **ArcelorMittal France
93200 Saint Denis (FR)**

(72) Inventeurs:
• **SEUX, Mireille
F-13430 Ayguères (FR)**
• **ISSARTEL, Christophe
F-13200 Arles (FR)**
• **ROUMEGOUX, Fabienne
F-13500 Martigues (FR)**

(74) Mandataire: **Plaisant, Sophie Marie et al
ARCELOR France
Arcelor Research Intellectual Property
5 Rue Luigi Cherubini
93212 La Plaine Saint-Denis Cedex (FR)**

(56) Documents cités:
DE-A- 2 133 744 US-A- 4 388 122
US-A- 4 472 208 US-A- 4 501 626
US-B1- 6 328 826 US-B1- 6 364 968

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 02, 30 janvier 1998 (1998-01-30) -& JP 09 263884 A (KOBE STEEL LTD), 7 octobre 1997 (1997-10-07)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 632 (C-1280), 2 décembre 1994 (1994-12-02) -& JP 06 240356 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 30 août 1994 (1994-08-30)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 172 (C-0933), 24 avril 1992 (1992-04-24) -& JP 04 017641 A (TOA STEEL CO LTD), 22 janvier 1992 (1992-01-22)**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 1 587 963 B1

Description

[0001] La présente invention concerne un acier laminé à chaud à très haute résistance, et un procédé de fabrication de bandes de cet acier, dont la structure est bainito-martensitique et peut contenir jusqu'à 5% de ferrite.

[0002] Les aciers à très haute résistance ont été développés ces dernières années, notamment afin de répondre aux besoins spécifiques de l'industrie automobile, qui sont en particulier la réduction du poids et donc de l'épaisseur des pièces, et l'amélioration de la sécurité qui passe par l'augmentation de la résistance à la fatigue et de la tenue aux chocs des pièces. Ces améliorations ne doivent en outre pas détériorer l'aptitude à la mise en forme des tôles utilisées pour la fabrication des pièces.

[0003] Cette aptitude à la mise en forme suppose que l'acier présente un allongement A important (> 10%) ainsi qu'un rapport de la limite d'élasticité E sur la résistance à la traction Rm ayant une valeur basse.

[0004] L'amélioration de la tenue aux chocs des pièces mises en forme peut être réalisée de différentes façons et, en particulier, en utilisant des aciers possédant d'une part un allongement A important et, d'autre part, un rapport E/Rm ayant une valeur basse, ce qui permet après mise en forme et grâce à la capacité de consolidation de l'acier d'augmenter sa limite d'élasticité.

[0005] La tenue en fatigue des pièces définit leur durée de vie en fonction des contraintes subies, et peut être améliorée en augmentant la résistance à la traction Rm de l'acier. Mais, l'augmentation de la résistance détériore l'aptitude à la mise en forme de l'acier, limitant ainsi les pièces réalisables, en particulier en ce qui concerne leur épaisseur.

[0006] Par acier à très haute résistance, on désigne dans le cadre de la présente invention, un acier dont la résistance à la traction Rm est supérieure à 800 MPa.

[0007] On connaît une première famille d'aciers à très haute résistance, qui sont des aciers contenant des proportions élevées de carbone (plus de 0,1%) et de manganèse (plus de 1,2%) et dont la structure est entièrement martensitique. Ils présentent une résistance de plus de 1000 MPa, obtenue par un traitement thermique de trempe, mais ont un allongement A de moins de 8% ce qui interdit toute mise en forme.

[0008] Une deuxième famille d'aciers à très haute résistance est constituée d'aciers dits dual phase, à structure comprenant environ 10% de ferrite et 90% de martensite. Ces aciers présentent une très bonne formabilité, mais des niveaux de résistance ne dépassant pas 800 MPa.

[0009] US6364968 décrit un procédé de fabrication d'une feuille d'acier laminé à chaud à très haute résistance qui consiste à préparer et chauffer une brique de composition $0,05\% \leq C \leq 0,3\%$, $1,5\% \leq Mn \leq 3,5\%$, $0,03\% \leq S \leq 1\%$, $Al \leq 0,07\%$, $S \leq 0,05\%$, $P \leq 0,02\%$, $N \leq 0,0200\%$, $0,003\% \leq Nb \leq 0,20\%$ ou/et $0,005\% \leq Si \leq 0,20\%$ reste fer et des impuretés résultant de l'élaboration à une température <1200°C, laminier à chaud à une température >800°C, refroidir cette feuille avec une vitesse de refroidissement de 20-150°C et bobiner ladite feuille à une température de bobinage de 300-350°C et un acier ayant cette composition.

[0010] Le but de la présente invention est de remédier aux inconvénients des aciers de l'art antérieur en proposant un acier laminé à chaud à très haute résistance, apte à la mise en forme, et présentant une tenue en fatigue et une tenue aux chocs améliorées.

[0011] A cet effet, l'invention a pour premier objet un acier laminé à chaud à très haute résistance, caractérisé en ce que sa composition chimique comprend, en poids :

$$0,05\% \leq C \leq 0,1\%$$

$$0,7\% \leq Mn \leq 1,1\%$$

$$0,5\% \leq Cr \leq 1,0\%$$

$$0,05\% \leq Si \leq 0,3\%$$

$$0,05 \leq Ti \leq 0,1\%$$

$$Al \leq 0,07 \%$$

5

$$S \leq 0,03\%$$

10

$$P \leq 0,05\%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,
ledit acier ayant une structure bainito-martensitique pouvant contenir jusqu'à 5% de ferrite.

15

[0012] Dans un mode de réalisation préféré, la composition chimique comprend en outre, en poids :

$$0,08\% \leq C \leq 0,09\%$$

20

$$0,8\% \leq Mn \leq 1,0\%$$

25

$$0,6\% \leq Cr \leq 0,9\%$$

$$0,2\% \leq Si \leq 0,3\%$$

30

$$0,05\% \leq Ti \leq 0,09\%$$

35

$$Al \leq 0,07\%$$

$$S \leq 0,03\%$$

40

$$P \leq 0,05\%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

45

[0013] Dans un autre mode de réalisation préféré, la structure de l'acier selon l'invention est constituée de 70 à 90% de bainite, de 10 à 30% de martensite et de 0 à 5% de ferrite, et de façon plus particulièrement préférée, de 70 à 85% de bainite, de 15 à 30% de martensite et de 0 à 5% de ferrite.

[0014] L'acier selon l'invention peut également comprendre les caractéristiques suivantes, seules ou en combinaison :

50

- une résistance à la traction R_m supérieure ou égale à 950 MPa,
- un allongement à la rupture A supérieur ou égal à 10%,
- une limite d'élasticité E supérieure ou égale à 680 MPa,
- un rapport E/R_m inférieur à 0,8.

55

[0015] L'invention a également pour deuxième objet un procédé de fabrication d'une bande d'acier laminé à chaud à très haute résistance selon l'invention, dans lequel on lamine à chaud une brique dont la composition comprend :

EP 1 587 963 B1

$$0,05\% \leq C \leq 0,1\%$$

5

$$0,7\% \leq Mn \leq 1,1\%$$

10

$$0,5\% \leq Cr \leq 1,0\%$$

$$0,05\% \leq Si \leq 0,3\%$$

15

$$0,05 \leq Ti \leq 0,1\%$$

20

$$Al \leq 0,07\%$$

25

$$S \leq 0,03\%$$

$$P \leq 0,05\%$$

30

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,
la température de laminage étant inférieure à 950°C, puis on fait refroidir la bande ainsi obtenue jusqu'à une température inférieure ou égale à 400°C, en maintenant une vitesse de refroidissement supérieure à 50°C/s entre 800 et 700°C, puis on bobine ladite bande à une température de bobinage inférieure ou égale à 250°C.

[0016] Dans un mode de réalisation préféré, la composition de la brame est la suivante :

35

$$0,08\% \leq C \leq 0,09\%$$

40

$$0,8\% \leq Mn \leq 1,0\%$$

$$0,6\% \leq Cr \leq 0,9\%$$

45

$$0,2\% \leq Si \leq 0,3\%$$

50

$$0,05\% \leq Ti \leq 0,09\%$$

$$Al \leq 0,07\%$$

55

$$S \leq 0,03\%$$

$$P \leq 0,05\%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

[0017] Dans un autre mode de réalisation préféré, la bande d'acier laminé à chaud est revêtue de zinc ou d'un alliage de zinc, par immersion dans un bain de zinc ou d'alliage de zinc fondu, à l'issue du bobinage et après avoir été débobinée, puis recuite.

[0018] Le procédé selon l'invention consiste tout d'abord à laminier à chaud une brame de composition spécifique, afin d'obtenir une structure homogène. La température de laminage est inférieure à 950°C, et de préférence inférieure à 900°C.

[0019] A l'issue du laminage, on fait refroidir la bande ainsi obtenue jusqu'à une température inférieure ou égale à 400°C, en maintenant une vitesse de refroidissement supérieure à 50°C/s entre 800 et 700°C. Ce refroidissement rapide est effectué de telle sorte que l'on forme moins de 5% de ferrite, dont on ne souhaite pas la présence, car le titane précipiterait préférentiellement dans cette phase. Cette vitesse de refroidissement est de préférence comprise entre 50°C/s et 200°C/s.

[0020] Le procédé consiste ensuite à bobiner la bande à une température de bobinage inférieure ou égale à 250°C. On limite la température de cette étape afin d'éviter de provoquer un revenu de la martensite, qui diminuerait la résistance mécanique et ferait remonter la limite élastique, d'ou un mauvais ratio E/Rm.

[0021] La composition selon l'invention comprend du carbone à une teneur comprise entre 0,05% et 0,100%. Cet élément est essentiel à l'obtention de bonnes caractéristiques mécaniques, mais ne doit pas être présent en trop grande quantité, car il pourrait générer des ségrégations. Une teneur en carbone inférieure à 0,100 permet notamment d'avoir une bonne soudabilité, et une amélioration des propriétés de mise en forme et de limite d'endurance.

[0022] Elle comprend également du manganèse à une teneur comprise entre 0,7% et 1,1%. Le manganèse améliore la limite d'élasticité de l'acier tout en réduisant fortement sa ductilité, ce pour quoi on limite sa teneur. Une teneur inférieure à 1,1% permet également d'éviter toute ségrégation lors de la coulée continue.

[0023] La composition comprend également du chrome à une teneur comprise entre 0,50% et 1,0%. Une teneur minimale de 0,50% permet de favoriser l'apparition de la bainite dans la microstructure. On limite cependant sa teneur à 1,0% car une teneur élevée en chrome favoriserait l'augmentation de la quantité de ferrite formée au-delà de 5%, en raison de son caractère alphagène.

[0024] La composition comprend également du silicium à une teneur comprise entre 0,05% et 0,3%. Il améliore fortement la limite d'élasticité de l'acier tout en réduisant faiblement sa ductilité et en détériorant sa revêtabilité, ce qui explique pourquoi on limite sa teneur.

[0025] La composition comprend également du titane à une teneur comprise entre 0,05 et 0,1%. Cet élément permet d'accroître notablement les caractéristiques mécaniques par un phénomène de précipitation au cours du laminage et du refroidissement. Il n'augmente pas la dureté à chaud du fait de sa teneur modérée. On limite sa teneur à 0,1% pour éviter de dégrader les propriétés de résistance au choc, la dureté à chaud, ainsi que l'aptitude au pliage.

[0026] La composition peut également comprendre du phosphore à une teneur inférieure à 0,05%, car au-delà il pourrait poser des problèmes de ségrégation lors de la coulée continue.

[0027] La composition comprend également de l'aluminium à une teneur comprise inférieure à 0,07%, qui intervient lors du calmage de l'acier lors de son élaboration à l'aciérie.

Exemples

[0028] A titre d'exemple non limitatif, et afin de mieux illustrer l'invention, une nuance d'acier a été élaborée. Sa composition est donnée dans le tableau suivant :

	C	Mn	Cr	Si	Ti	S	P	Al
A	0,78	0,95	0,79	0,233	0,094	0,001	0,038	0,048

Le reste de la composition est constitué de fer et d'impuretés inévitables résultant de l'élaboration.

Abréviations employées

[0029]

EP 1 587 963 B1

Rm : résistance à la traction en MPa,
Rp0,2 : limite d'élasticité en MPa,
A : allongement, mesuré en %

[0030] A partir de la nuance A, on a préparé trois échantillons, en les laminant à 860°C, puis en les soumettant à des chemins thermo-mécaniques différents. On a fait varier les vitesses de refroidissement entre 800 et 700°C, ainsi que la température de bobinage, afin de mettre en évidence les différences de structure obtenues.

[0031] On mesure ensuite les caractéristiques mécaniques des aciers obtenus. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Essai	V ₈₀₀₋₇₀₀ (°C)	T bob (°C)	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	E/Rm	A%
1*	57	200	995	690	0,7	14
2	42	200	780	635	0,8	14
3	20	400	800	705	0,9	-
* selon l'invention.						

[0032] La microstructure de l'essai 1, conforme à l'invention, est bainito-martensitique, tandis que la microstructure des essais 2 et 3 est ferrito-bainitique.

[0033] On constate qu'une vitesse de refroidissement entre 800 et 700°C inférieure à 50°C/s, induit une présence de ferrite dans une proportion supérieure à 5%. Le titane va alors précipiter dans cette ferrite, ce qui ne permet plus d'obtenir le niveau de caractéristiques mécaniques recherché, en particulier un Rm élevé.

[0034] Par ailleurs, une température de bobinage supérieure à 250°C, associée à une vitesse de refroidissement entre 800 et 700°C inférieure à 50°C/s, augmente la limite d'élasticité sans augmenter la résistance mécanique. Le rapport E/Rm est donc trop élevé.

[0035] Enfin, on constate qu'une vitesse de refroidissement entre 800 et 700°C supérieure à 50°C/s, associée à une température de bobinage inférieure à 250°C, donne d'excellentes valeurs de résistance mécanique et de limite d'élasticité. La structure essentiellement bainito-martensitique confère au produit un bon ratio E/Rm et un allongement supérieur à 10%.

[0036] En outre, l'acier selon l'invention présente une bonne aptitude au revêtement par immersion dans un bain de métal fondu, tel que du zinc ou un alliage de zinc, ou que de l'aluminium ou un de ses alliages.

Revendications

1. Acier laminé à chaud à très haute résistance, caractérisé en ce que sa composition chimique comprend, en poids :

$$0,05\% \leq C \leq 0,1\%$$

$$0,7\% \leq Mn \leq 1,1\%$$

$$0,5\% \leq Cr \leq 1,0\%$$

$$0,05\% \leq Si \leq 0,3\%$$

$$0,05 \leq Ti \leq 0,1\%$$

$$Al \leq 0,07\%$$

5

$$S \leq 0,03\%$$

10

$$P \leq 0,05\%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,
ledit acier ayant une structure bainito-martensitique pouvant contenir jusqu'à 5% de ferrite.

15

2. Acier selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** sa composition comprend en outre :

$$0,08\% \leq C \leq 0,09\%$$

20

$$0,8\% \leq Mn \leq 1,0\%$$

$$0,6\% \leq Cr \leq 0,9\%$$

25

$$0,2\% \leq Si \leq 0,3\%$$

30

$$0,05\% \leq Ti \leq 0,09\%$$

$$Al \leq 0,07\%$$

35

$$S \leq 0,03\%$$

40

$$P \leq 0,05\%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,
ledit acier ayant une structure bainito-martensitique pouvant contenir jusqu'à 5% de ferrite.

45

3. Acier selon l'une ou l'autre des revendications 1 ou 2, **caractérisé en outre en ce que** sa structure est constituée de 70 à 90% de bainite, de 10 à 30% de martensite et de 0 à 5% de ferrite.

4. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'il** présente une résistance à la traction R_m supérieure ou égale à 950MPa.

50

5. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'il** présente un allongement à la rupture A supérieur ou égal à 10%.

55

6. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'il** présente une limite d'élasticité E supérieure ou égale à 680 MPa.

7. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'il** présente un rapport E/R_m inférieur à 0,8.

EP 1 587 963 B1

8. Procédé de fabrication d'une bande d'acier laminé à chaud à très haute résistance selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'on lamine à chaud une brame dont la composition comprend :

5 $0,05\% \leq C \leq 0,1\%$

$0,7\% \leq Mn \leq 1,1\%$

10 $0,5\% \leq Cr \leq 1,0\%$

15 $0,05\% \leq Si \leq 0,3\%$

$0,05 \leq Ti \leq 0,1\%$

20 $Al \leq 0,07\%$

25 $S \leq 0,03\%$

$P \leq 0,05\%$

30 le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la température de laminage étant inférieure à 950°C, puis on fait refroidir la bande ainsi obtenue jusqu'à une température inférieure ou égale à 400°C, en maintenant une vitesse de refroidissement supérieure à 50°C/s entre 800 et 700°C, puis on bobine ladite bande à une température de bobinage inférieure ou égale à 250°C.

- 35 9. Procédé de fabrication selon la revendication 8, **caractérisé en outre en ce que** l'on lamine à chaud une brame dont la composition comprend :

40 $0,08\% \leq C \leq 0,09\%$

$0,8\% \leq Mn \leq 1,0\%$

45 $0,6\% \leq Cr \leq 0,9\%$

$0,2\% \leq Si \leq 0,3\%$

50 $0,05\% \leq Ti \leq 0,09\%$

55 $Al \leq 0,07\%$

$$S \leq 0,03\%$$

5

$$P \leq 0,05\%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

- 10 **10.** Procédé de fabrication selon l'une ou l'autre des revendications 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la bande d'acier laminé à chaud est revêtue de zinc ou d'un alliage de zinc, par immersion dans un bain de zinc ou d'alliage de zinc fondu, à l'issue dudit bobinage et après avoir été débobinée, puis recuite.

15 **Claims**

- 1.** Ultrahigh-strength hot-rolled steel, **characterized in that** its chemical composition comprises, by weight:

20

$$0.05\% \leq C \leq 0.1\%$$

$$0.7\% \leq Mn \leq 1.1\%$$

25

$$0.5\% \leq Cr \leq 1.0\%$$

30

$$0.05\% \leq Si \leq 0.3\%$$

$$0.05 \leq Ti \leq 0.1\%$$

35

$$Al \leq 0.07\%$$

$$S \leq 0.03\%$$

40

$$P \leq 0.05\%$$

the balance being iron and impurities resulting from the smelting, said steel having a bainite-martensite structure that may contain up to 5% ferrite.

45

- 2.** Steel according to Claim 1, **characterized in that** its composition furthermore comprises:

50

$$0.08\% \leq C \leq 0.09\%$$

$$0.8\% \leq Mn \leq 1.0\%$$

55

$$0.6\% \leq Cr \leq 0.9\%$$

EP 1 587 963 B1

$$0.2\% \leq \text{Si} \leq 0.3\%$$

5

$$0.05\% \leq \text{Ti} \leq 0.09\%$$

$$\text{Al} \leq 0.07\%$$

10

$$\text{S} \leq 0.03\%$$

15

$$\text{P} \leq 0.05\%$$

the balance being iron and impurities resulting from the smelting, said steel having a bainite-martensite structure that may contain up to 5% ferrite.

20

3. Steel according to either of Claims 1 and 2, characterized furthermore in that its structure consists of 70 to 90% bainite, 10 to 30% martensite and 0 to 5% ferrite.

4. Steel according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** it has a tensile strength R_m of 950 MPa or higher.

25

5. Steel according to any one of Claims 1 to 4, **characterized in that** it has an elongation at break A of 10% or higher.

6. Steel according to any one of Claims 1 to 5, **characterized in that** it has a yield strength E of 680 MPa or higher.

7. Steel according to any one of Claims 1 to 6, **characterized in that** it has an E/R_m ratio of less than 0.8.

30

8. Process for manufacturing a strip of ultrahigh-strength hot-rolled steel according to any one of Claims 1 to 7, **characterized in that** a slab, whose composition comprises:

35

$$0.05\% \leq \text{C} \leq 0.1\%$$

$$0.7\% \leq \text{Mn} \leq 1.1\%$$

40

$$0.5\% \leq \text{Cr} \leq 1.0\%$$

$$0.05\% \leq \text{Si} \leq 0.3\%$$

45

$$0.05 \leq \text{Ti} \leq 0.1\%$$

50

$$\text{Al} \leq 0.07\%$$

$$\text{S} \leq 0.03\%$$

55

$$\text{P} \leq 0.05\%,$$

EP 1 587 963 B1

the balance being iron and impurities resulting from the smelting, is hot-rolled, the rolling temperature being below 950°C, then the strip thus obtained is cooled down to a temperature of 400°C or below, maintaining a cooling rate of greater than 50°C/s between 800 and 700°C, and then said strip is coiled at a coiling temperature of 250°C or below.

- 5 9. Manufacturing process according to Claim 8, characterized furthermore in that a slab whose composition comprises:

$$0.08\% \leq C \leq 0.09\%$$

10

$$0.8\% \leq \text{Mn} \leq 1.0\%$$

15

$$0.6\% \leq \text{Cr} \leq 0.9\%$$

$$0.2\% \leq \text{Si} \leq 0.3\%$$

20

$$0.05\% \leq \text{Ti} \leq 0.09\%$$

25

$$\text{Al} \leq 0.07\%$$

$$\text{S} \leq 0.03\%$$

30

$$\text{P} \leq 0.05\%,$$

the balance being iron and impurities resulting from the smelting, is hot-rolled.

- 35 10. Manufacturing process according to either of Claims 8 and 9, **characterized in that** the hot-rolled steel strip is coated with zinc or a zinc alloy, by dipping it into a bath of molten zinc or zinc alloy following said coiling operation and after having been uncoiled, and then annealed.

Patentansprüche

40

1. Hochfester warmgewalzter Stahl, **dadurch gekennzeichnet, dass** seine chemische Zusammensetzung Folgendes umfasst, in Gewichtsanteilen:

45

$$0,05 \% \leq C \leq 0,1 \%,$$

50

$$0,7 \% \leq \text{Mn} \leq 1,1 \%,$$

$$0,5 \% \leq \text{Cr} \leq 1,0 \%,$$

55

$$0,05 \% \leq \text{Si} \leq 0,3 \%,$$

$$0,05 \% \leq \text{Ti} \leq 0,1 \%,$$

EP 1 587 963 B1

$$\text{Al} \leq 0,07 \, \%,$$

5

$$\text{S} \leq 0,03 \, \%,$$

$$\text{P} \leq 0,05 \, \%,$$

10

wobei der Rest Eisen und aus der Erzeugung resultierende Verunreinigungen sind,
wobei der Stahl eine bainitisch-martensitische Struktur aufweist, die bis zu 5 % Ferrit enthalten kann.

2. Stahl nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** seine Zusammensetzung außerdem Folgendes umfasst:

15

$$0,08 \, \% \leq \text{C} \leq 0,09 \, \%,$$

20

$$0,8 \, \% \leq \text{Mn} \leq 1,0 \, \%,$$

$$0,6 \, \% \leq \text{Cr} \leq 0,9 \, \%,$$

25

$$0,2 \, \% \leq \text{Si} \leq 0,3 \, \%,$$

30

$$0,05 \, \% \leq \text{Ti} \leq 0,09 \, \%,$$

35

$$\text{Al} \leq 0,07 \, \%,$$

$$\text{S} \leq 0,03 \, \%,$$

40

$$\text{P} \leq 0,05 \, \%,$$

wobei der Rest Eisen und aus der Erzeugung resultierende Verunreinigungen sind,
wobei der Stahl eine bainitisch-martensitische Struktur aufweist, die bis zu 5 % Ferrit enthalten kann.

45

3. Stahl nach einem der Ansprüche 1 oder 2, außerdem **dadurch gekennzeichnet, dass** seine Struktur aus 70 bis 90 % Bainit, 10 bis 30 % Martensit und 0 bis 5 % Ferrit besteht.

4. Stahl nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Zugfestigkeit R_m aufweist, die größer oder gleich 950 MPa ist.

50

5. Stahl nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Bruchdehnung A aufweist, die größer oder gleich 10 % ist.

6. Stahl nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Streckgrenze E aufweist, die größer oder gleich 680 MPa ist.

55

7. Stahl nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** er ein Verhältnis E/R_m aufweist, das kleiner als 0,8 ist.

EP 1 587 963 B1

8. Verfahren zur Herstellung eines Bandes aus hochfestem warmgewalztem Stahl nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Bramme warmgewalzt wird, deren Zusammensetzung Folgendes umfasst:

5 $0,05 \% \leq C \leq 0,1 \%,$

10 $0,7 \% \leq Mn \leq 1,1 \%,$

$0,5 \% \leq Cr \leq 1,0 \%,$

15 $0,05 \% \leq Si \leq 0,3 \%,$

$0,05 \% \leq Ti \leq 0,1 \%,$

20 $Al \leq 0,07 \%,$

25 $S \leq 0,03 \%,$

$P \leq 0,05 \%,$

30 wobei der Rest Eisen und aus der Erzeugung resultierende Verunreinigungen sind,
wobei die Walztemperatur kleiner als 950 °C ist, wobei anschließend das so erhaltene Band bis zu einer Temperatur
abkühlen gelassen wird, die kleiner oder gleich 400 °C ist, bei Aufrechterhaltung einer Abkühlgeschwindigkeit von
mehr als 50 °C/s zwischen 800 und 700 °C, und wobei dann das Band bei einer Wickeltemperatur, die kleiner oder
gleich 250 °C ist, gewickelt wird.

- 35 9. Verfahren zur Herstellung nach Anspruch 8, außerdem **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Bramme warmgewalzt
wird, deren Zusammensetzung Folgendes umfasst:

40 $0,08 \% \leq C \leq 0,09 \%,$

$0,8 \% \leq Mn \leq 1,0 \%,$

45 $0,6 \% \leq Cr \leq 0,9 \%,$

50 $0,2 \% \leq Si \leq 0,3 \%,$

$0,05 \% \leq Ti \leq 0,09 \%,$

55 $Al \leq 0,07 \%,$

EP 1 587 963 B1

$$S \leq 0,03 \, \%,$$

5

$$P \leq 0,05 \, \%,$$

wobei der Rest Eisen und aus der Erzeugung resultierende Verunreinigungen sind.

10

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das warmgewalzte Stahlband nach dem Aufwickeln, und nachdem es abgewickelt und anschließend geglüht wurde, durch Eintauchen in ein Bad aus geschmolzenem Zink oder geschmolzener Zinklegierung mit Zink oder einer Zinklegierung beschichtet wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 6364968 B [0009]