



(11) **EP 1 563 105 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
02.01.2008 Bulletin 2008/01

(51) Int Cl.:
C21D 1/19 (2006.01) C22C 38/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **03786006.1**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2003/003358

(22) Date de dépôt: **13.11.2003**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2004/048619 (10.06.2004 Gazette 2004/24)

(54) **PROCEDE POUR FABRIQUER UNE TOLE EN ACIER RESISTANT A L'ABRASION ET TOLE
OBTENUE**

VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES ABRIEBFESTEN STAHLBLECHS UND SO
HERGESTELLTES STAHLBLECH

METHOD FOR MAKING AN ABRASION RESISTANT STEEL PLATE AND PLATE OBTAINED

(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: **19.11.2002 FR 0214426**

(43) Date de publication de la demande:
17.08.2005 Bulletin 2005/33

(73) Titulaire: **INDUSTEEL CREUSOT
92800 Puteaux (FR)**

(72) Inventeurs:
• **BEGUINOT, Jean
F-71200 Le Creusot (FR)**

• **BRISSON, Jean-Georges
F-71200 Le Creusot (FR)**

(74) Mandataire: **Lagrange, Jacques Etienne M.M. et al
Cabinet Lavoix
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A- 0 527 276 EP-A- 0 739 993
US-A- 4 170 497 US-A- 5 595 614**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no.
01, 30 janvier 1998 (1998-01-30) & JP 09 249935 A
(SUMITOMO METAL IND LTD), 22 septembre 1997
(1997-09-22)**

EP 1 563 105 B1

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).

Description

[0001] La présente invention est relative à un acier résistant à l'abrasion et à son procédé de fabrication.

[0002] On connaît des aciers à haute résistance à l'abrasion dont la dureté est d'environ 600 Brinell. Ces aciers contiennent de 0,4% à 0,6% de carbone et de 0,5% à 3% d'au moins un élément d'alliage tel que le manganèse, le nickel, le chrome et le molybdène et ils sont trempés pour avoir une structure entièrement martensitique. Mais ces aciers sont très difficiles à souder et à découper. Pour remédier à ces inconvénients, on a proposé, notamment dans EP 0 739 993, d'utiliser pour les mêmes usages, un acier moins dur, dont la teneur en carbone est d'environ 0,27% et ayant une structure trempée contenant une quantité significative d'austénite résiduelle. Mais ces aciers restent cependant difficiles à souder ou à découper.

[0003] Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients, en proposant une tôle en acier résistant à l'abrasion dont la résistance à l'abrasion est comparable à celle des aciers connus mais dont l'aptitude au soudage et au découpage thermique est meilleure.

[0004] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé pour fabriquer une pièce, et notamment une tôle, en acier pour abrasion dont la composition chimique comprend, en poids :

$$0,24\% \leq C < 0,35\%$$

$$0\% \leq Si \leq 2\%$$

$$0\% \leq Al \leq 2\%$$

$$0,5\% \leq Si + Al \leq 2\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 2,5\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 5\%$$

$$0\% \leq Mo \leq 1\%$$

$$0\% \leq W \leq 2\%$$

$$0,1\% \leq Mo + W/2 \leq 1\%$$

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

$$0\% \leq B \leq 0,02\%$$

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

$$0\% \leq Zr \leq 2,2\%$$

$$0,35\% < Ti + Zr/2 \leq 1,1\%$$

$$0\% \leq S \leq 0,15\%$$

$$N < 0,03\%$$

- éventuellement au moins un élément pris parmi Nb, Ta et V en des teneurs telles que $Nb/2 + Ta/4 + V \leq 0,5\%$,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Se, Te, Ca, Bi, Pb en des teneurs inférieures ou égales à 0,1%,

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations suivantes :

$$C^* = C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \geq 0,095\% \text{ et de préférence } \geq 0,12\% \text{ et :}$$

$$1,05xMn + 0,54xNi + 0,50xCr + 0,3x(Mo + W/2)^{1/2} + K > 1,8 \text{ ou mieux } 2$$

avec : $K = 0,5$ si $B \geq 0,0005\%$ et $K = 0$ si $B < 0,0005\%$.

Selon ce procédé, on soumet la pièce ou la tôle à un traitement thermique de trempe, effectué dans la chaude de mise en forme à chaud telle que le laminage ou après austénitisation par réchauffage dans un four, qui consiste à :

- refroidir la pièce ou la tôle à une vitesse de refroidissement moyenne supérieure à $0,5^\circ\text{C/s}$ entre une température supérieure à AC_3 et une température comprise entre $T = 800 - 270xC^* - 90xMn - 37xNi - 70xCr - 83x(Mo + W/2)$ et $T - 50^\circ\text{C}$, la température étant exprimée en $^\circ\text{C}$ et les teneurs en C^* , Mn, Ni, Cr, Mo et W, étant exprimées en % en poids,
- puis refroidir la pièce ou la tôle à une vitesse de refroidissement moyenne à coeur $V_r < 1150xep^{-1,7}$ (en $^\circ\text{C/s}$) et supérieure à $0,1^\circ\text{C/s}$ entre la température T et 100°C , ep étant l'épaisseur de la pièce ou la tôle exprimée en mm,
- et à refroidir la pièce ou la tôle jusqu'à la température ambiante, éventuellement, on effectue un planage.

Eventuellement, la trempe peut être suivie d'un revenu à une température inférieure à 350°C , et préférence inférieure à 250°C .

L'invention concerne également une pièce, notamment une tôle, obtenue notamment par ce procédé, l'acier ayant une structure martensitique ou martensito-bainitique, ladite structure contenant de 5% à 20% d'austénite retenue,

ainsi que des carbures. L'épaisseur de la tôle peut être comprise entre 2 mm et 150 mm et sa planéité est caractérisée par une flèche inférieure ou égale à 12mm/m et de préférence inférieure à 5mm/m.

[0007] L'invention va maintenant être décrite de façon plus précise mais non limitative et être illustrée par des exemples.

[0008] Pour fabriquer une tôle selon l'invention, on élabore un acier dont la composition chimique comprend, en % en poids :

- de 0,24% à 0,35% de carbone pour permettre la formation d'une quantité importante de carbures et d'obtenir une dureté suffisante, tout en ayant une aptitude au soudage suffisante ; de préférence, la teneur en carbone est inférieure à 0,325%, et mieux inférieure à 0,3%.
- De 0% à 1,1% de titane, de 0% à 2,2% de zirconium. La somme $Ti + Zr/2$ doit être supérieure à 0,35% et de préférence supérieure à 0,4%, et mieux encore supérieure à 0,5%, de façon à former une quantité importante de gros carbures. Cependant, cette somme doit rester inférieure à 1,1% de façon à conserver suffisamment de carbone en solution dans la matrice après formation des carbures. De préférence cette somme doit rester inférieure à 1%, et mieux à 0,9% et mieux encore, inférieure à 0,7% si l'on a besoin de privilégier la ténacité du matériau. Il en résulte que la teneur en titane doit de préférence rester inférieure à 1%, et mieux inférieure à 0,9%, voire inférieure à 0,7%, et la teneur en zirconium doit de préférence rester inférieure à 2%, et mieux inférieure à 1,8%, voire inférieure à 1,4%.
- De 0% (ou des traces) à 2% de silicium et de 0% (ou des traces) à 2% d'aluminium, la somme $Si+Al$ étant comprise entre 0,5% et 2% et de préférence supérieure à 0,7%. Ces éléments, qui sont des désoxydants, ont en outre pour effet de favoriser l'obtention d'une austénite retenue métastable fortement chargée en carbone dont la transformation en martensite s'accompagne d'un gonflement important favorisant l'ancrage des carbures de titane ou de zirconium.
- De 0% (ou des traces) à 2% ou même 2,5% de manganèse, de 0% (ou des traces) à 4% ou même 5% de nickel et de 0% (ou des traces) à 4% ou même 5% de chrome, pour obtenir une trempabilité suffisante et ajuster les différentes caractéristiques mécaniques ou d'emploi. Le nickel a, en particulier un effet favorable sur la ténacité, mais cet élément est cher. Le chrome forme également de fins carbures dans la martensite ou la bainite.
- De 0% (ou des traces) à 1% de molybdène et de 0% (ou des traces) à 2% de tungstène, la somme $Mo+W/2$ étant comprise entre 0,1% et 1%, et de préférence restant inférieure à 0,8%, ou mieux, inférieure à 0,6%. Ces éléments augmentent la trempabilité et forment dans la martensite ou dans la bainite de fins carbures durcissant, notamment par précipitation par auto revenu au cours du refroidissement. Il n'est pas nécessaire de dépasser une teneur de 1% en molybdène pour obtenir l'effet désiré en particulier en ce qui concerne la précipitation de carbures durcissants. Le molybdène peut être remplacé, en tout ou partie, par un poids double de tungstène. Néanmoins cette substitution n'est pas recherchée en pratique car elle n'offre pas d'avantage par rapport au molybdène et est plus coûteuse.
- Eventuellement de 0% à 1,5% de cuivre. Cet élément peut apporter un durcissement supplémentaire sans détériorer la soudabilité. Au-delà de 1,5%, il n'a plus d'effet significatif, il engendre des difficultés de laminage à chaud et coûte inutilement cher.
- De 0% à 0,02% de bore. Cet élément peut être ajouté de façon optionnelle afin d'augmenter la trempabilité. Pour que cet effet soit obtenu, la teneur en bore doit, de préférence, être supérieure à 0,0005% ou mieux 0,001%, et n'a pas besoin de dépasser sensiblement 0,01%.
- Jusqu'à 0,15% de soufre. Cet élément est un résiduel en général limité à 0,005% ou moins, mais sa teneur peut être volontairement augmentée pour améliorer l'usinabilité. A noter qu'en présence de soufre, pour éviter des difficultés de transformation à chaud, la teneur en manganèse doit être supérieure à 7 fois la teneur en soufre.
- Eventuellement au moins un élément pris parmi le niobium, le tantale et le vanadium, en des teneurs telles que $Nb/2+Ta/4+V$ reste inférieure à 0,5% afin de former des carbures relativement gros qui améliorent la tenue à l'abrasion. Mais les carbures formés par ces éléments sont moins efficaces que ceux qui sont formés par le titane ou le zirconium, c'est pour cela qu'ils sont optionnels et ajoutés en quantité limitée.
- Eventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le sélénium, le tellure, le calcium, le bismuth et le plomb en des teneurs inférieures à 0,1% chacun. Ces éléments sont destinés à améliorer l'usinabilité. A noter que, lorsque l'acier contient du Se et/ou du Te, la teneur en manganèse doit être suffisante compte tenu de la teneur en soufre pour qu'il puisse se former des séléniures ou des tellures de manganèse.
- Le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration. Parmi les impuretés, il y a en particulier l'azote dont la teneur dépend du procédé d'élaboration mais ne dépasse en général pas 0,03%. Cet élément peut réagir avec le titane ou le zirconium pour former des nitrures qui ne doivent pas être trop gros pour ne pas détériorer la ténacité. Afin d'éviter la formation de gros nitrures, le titane et le zirconium peuvent être ajoutés dans l'acier liquide de façon très progressive, par exemple en mettant au contact de l'acier liquide oxydé une phase oxydée telle qu'un laitier chargé en oxydes de titane ou de zirconium, puis en désoxydant l'acier liquide, de façon à faire diffuser lentement le titane ou le zirconium depuis la phase oxydée vers l'acier liquide.

[0009] En outre, afin d'obtenir des propriétés satisfaisantes, les teneurs en carbone, titane, zirconium, et azote doivent être telles que :

$C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 > 0,095\%$

[0010] L'expression $C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 = C^*$ représente la teneur en carbone libre après précipitation des carbures de titane et de zirconium, compte tenu de la formation de nitrures de titane et de zirconium. Cette teneur en carbone libre C^* doit être supérieure à 0,095%, et de préférence $\geq 0,12\%$, pour avoir une martensite ayant une dureté minimale.

Plus cette teneur est faible, plus l'aptitude au soudage et à la découpe thermique est bonne.

[0011] De plus, la composition chimique doit être choisie de telle sorte que la trempabilité de l'acier soit suffisante, compte tenu de l'épaisseur de la tôle qu'on souhaite fabriquer. Pour cela, la composition chimique doit satisfaire la relation:

$$\text{Tremp} = 1,05xMn + 0,54xNi + 0,50xCr + 0,3x(Mo + W/2)^{1/2} + K > 1,8 \text{ ou mieux } 2 \text{ avec : } K = 0,5 \text{ si } B > 0,001\% \text{ et } K = 0 \text{ si } B < 0,001\%,$$

[0012] En outre, et pour obtenir une bonne tenue à l'abrasion, la structure micrographique de l'acier est constituée de martensite ou de bainite ou d'un mélange de ces deux structures, et de 5% à 20% d'austénite retenue. Cette structure comprenant en outre des gros carbures de titane ou de zirconium formés à haute température, voire des carbures de niobium, de tantale ou de vanadium. Les inventeurs ont constaté que l'efficacité des gros carbures pour l'amélioration de la tenue à l'abrasion pouvait être obérée par le déchaussement prématuré de ceux-ci et que ce déchaussement pouvait être évité par la présence d'austénite métastable qui se transforme sous l'effet des phénomènes d'abrasion. La transformation de l'austénite métastable se faisant par gonflement, cette transformation dans la sous-couche abrasée augmente la résistance au déchaussement des carbures et, ainsi, améliore la résistance à l'abrasion.

[0013] D'autre part, la dureté élevée de l'acier et la présence de carbures de titane fragilisant imposent de limiter autant que possible les opérations de planage. De ce point de vue, les inventeurs ont constaté qu'en ralentissant de façon suffisante le refroidissement dans le domaine de transformation bainite-martensitique, on réduit les déformations résiduelles des produits, ce qui permet de limiter les opérations de planage. Les inventeurs ont constaté qu'en refroidissant la pièce ou la tôle à une vitesse de refroidissement $V_r < 1150xep^{-1,7}$, (dans cette formule, ep est l'épaisseur de la tôle exprimée en mm, et la vitesse de refroidissement est exprimée en $^{\circ}C/s$) en dessous d'une température $T = 800 - 270xC^* - 90xMn - 37xNi - 70XCr - 83x(Mo + W/2)$, (exprimée en $^{\circ}C$), d'une part, on obtenait une proportion significative d'austénite résiduelle, et d'autre part, on réduisait les contraintes résiduelles engendrées par les changements de phase. Cette réduction de contraintes est souhaitable, à la fois pour limiter le recours au planage ou faciliter celui-ci d'une part, et pour limiter les risques de fissuration lors des opérations ultérieures de soudage et de pliage.

[0014] Pour fabriquer une tôle ayant une bonne résistance à l'abrasion et bien plane, on élabore l'acier, on le coule sous forme de brame ou de lingot. On lamine à chaud la brame ou le lingot pour obtenir une tôle qu'on soumet à un traitement thermique permettant tout à la fois d'obtenir la structure souhaitée et une bonne planéité sans planage ultérieur ou avec un planage limité. Le traitement thermique peut être effectué directement dans la chaude de laminage ou réalisé ultérieurement, et éventuellement après un planage à froid ou à mi-chaud.

[0015] Pour réaliser le traitement thermique :

- Soit directement après laminage à chaud, soit après réchauffage au-dessus du point AC_3 , on refroidit la tôle à une vitesse de refroidissement moyenne, supérieure à $0,5^{\circ}C/s$, c'est à dire supérieure à la vitesse critique de transformation bainitique jusqu'à une température égale ou légèrement inférieure à une température $T = 800 - 270xC^* - 90xMn - 37xNi - 70XCr - 83x(Mo + W/2)$, (exprimée en $^{\circ}C$), de façon à éviter la formation de constituants ferritiques ou perlitiques. Par légèrement inférieure, on entend une température comprise entre T et $T - 50^{\circ}C$, ou mieux entre T et $T - 25^{\circ}C$, ou mieux encore, entre T et $T - 10^{\circ}C$.
- puis, entre la température précédemment définie et $100^{\circ}C$ environ, on refroidit la tôle à une vitesse de refroidissement moyenne à coeur V_r comprise entre $0,1^{\circ}C/s$, pour obtenir une dureté suffisante, et $1150xep^{-1,7}$ pour obtenir la structure souhaitée,
- et on refroidit la tôle jusqu'à la température ambiante, de préférence, sans que ce soit obligatoire, à une vitesse lente.

[0016] En outre, on peut effectuer un traitement de détente, tel qu'un revenu, à une température inférieure ou égale à $350^{\circ}C$, et de préférence, inférieure à $250^{\circ}C$.

[0017] On obtient ainsi une tôle, dont l'épaisseur peut être comprise entre 2 mm et 150 mm, ayant une excellente planéité caractérisée par une flèche inférieure à 12 mm par mètre sans planage, ou avec un planage modéré. La tôle a une dureté comprise entre 280HB et 450HB, environ. Cette dureté dépend principalement de la teneur en carbone libre $C^* = C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8$.

[0018] A titre d'exemple, on a réalisé des tôles en acier repérées A à C selon l'invention et D à E selon l'art antérieur. Les compositions chimiques des aciers, exprimés en $10^{-3} \%$ en poids, ainsi que la dureté et un indice de résistance à l'usure Rus, sont reportées au tableau 1.

[0019] La résistance à l'usure est mesurée par la perte de poids d'une éprouvette prismatique mise en rotation dans un bac contenant des granulats calibrés de quartzite pendant 5 heures.

EP 1 563 105 B1

[0020] L'indice Rus d'un acier est égal à 100 fois le rapport de la résistance à l'usure de l'acier considéré et de la résistance à l'usure d'un acier de référence (l'acier D). Ainsi, un acier dont l'indice Rus = 110 a une résistance à l'usure de 10% supérieure à celle de l'acier de référence.

[0021] Toutes les tôles ont une épaisseur de 27 mm, et sont trempées après austénitisation à 900°C.

[0022] Après austénitisation :

- pour les tôles en acier A et C, la vitesse moyenne de refroidissement est de 7°C/s au dessus de la température T définie plus haut, et de 1,6°C/s en dessous, conformément à l'invention;
- pour la tôle B, la vitesse moyenne de refroidissement est de 0,8°C/s au dessus de la température T définie plus haut, et de 0,15°C/s en dessous, conformément à l'invention;
- les tôles en acier D et E, données à titre de comparaison, ont été refroidies à une vitesse moyenne de 24°C/s au dessus de la température T définie plus haut, et à une vitesse moyenne de 12°C/s en dessous.

Tableau 1

	C	Si	Al	Mn	Ni	Cr	Mo	W	Ti	B	N	C*	HB	Rus
A	245	820	40	1620	220	150	280	-	405	3	6	149	380	121
B	275	650	50	1210	210	1100	250	-	600	2	5	129	305	111
C	245	480	30	1340	300	710	100	200	360	2	5	159	385	114
D	290	810	60	1290	495	726	330	-	-	2	6	290	520	100
E	295	260	300	1330	300	710	340	-	100	2	5	274	525	103

[0023] Les tôles selon l'invention ont une structure martensito-bainitique auto-revenue contenant de 5% à 20% d'austénite retenue et des gros carbures de titane, alors que les tôles données à titre de comparaison ont une structure entièrement martensitique.

[0024] La comparaison des résistances à l'usure et des duretés montre que, bien qu'étant très sensiblement moins dures que les tôles données à titre de comparaison, les tôles selon l'invention ont une résistance à l'usure légèrement meilleure. La comparaison des carbones libres montre que la bonne tenue à l'usure des tôles selon l'invention est obtenue avec des carbones libres très sensiblement plus faibles, ce qui conduit à des aptitudes au soudage ou au découpage thermique nettement meilleures que pour les tôles selon l'art antérieur. Par ailleurs, la déformation après refroidissement, sans planage, pour les aciers selon l'invention A à C est d'environ 5 mm/m et de 16 mm/m pour les aciers D et E donnés à titre de comparaison. Ces résultats montrent la réduction de déformation des produits obtenus grâce à l'invention.

[0025] Il en résulte en pratique, en fonction du degré d'exigence en planéité des utilisateurs,

- soit la possibilité de livrer les produits sans planage, ce qui engendre un gain sur le coût et une réduction des contraintes résiduelles,
- soit l'exécution d'un planage pour satisfaire une exigence de planéité plus sévère (par exemple 5mm/m) mais réalisée plus facilement et en introduisant moins de contraintes du fait de la déformation originelle moindre sur les produits selon l'invention.

Revendications

1. - Procédé pour fabriquer une pièce ou une tôle en acier résistant à l'abrasion dont la composition chimique comprend, en poids :

$$0,24\% < C < 0,35\%$$

$$0\% \leq Si \leq 2\%$$

$$0\% \leq Al \leq 2\%$$

$$0,5\% \leq Si + Al \leq 2\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 2,5\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 5\%$$

$0\% \leq \text{Mo} \leq 1\%$
 $0\% \leq \text{W} \leq 2\%$
 $0,1\% \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 1\%$
 $0\% \leq \text{B} \leq 0,02\%$
 $0\% \leq \text{Ti} \leq 1,1\%$
 $0\% \leq \text{Zr} \leq 2,2\%$
 $0,35\% < \text{Ti} + \text{Zr}/2 \leq 1,1\%$
 $0\% \leq \text{S} \leq 0,15\%$
 $\text{N} < 0,03\%$

- éventuellement de 0% à 1,5% de cuivre,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Nb, Ta et V en des teneurs telles que $\text{Nb}/2 + \text{Ta}/4 + \text{V} \leq 0,5\%$,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Se, Te, Ca, Bi, Pb en des teneurs inférieures ou égales à 0,1%,

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations suivantes :

$$\text{C}^* = \text{C} - \text{Ti}/4 - \text{Zr}/8 + 7\text{xN}/8 \geq 0,095\%$$

et :

$$1,05\text{xMn} + 0,54\text{xNi} + 0,50\text{xCr} + 0,3\text{x}(\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 1,8$$

avec $\text{K} = 0,5$ si $\text{B} \geq 0,0005\%$ et $\text{K} = 0$ si $\text{B} < 0,0005\%$,

selon lequel on soumet la pièce ou la tôle à un traitement thermique de trempe, effectué dans la chaude de mise en forme à chaud et par exemple de laminage ou après austénitisation par réchauffage dans un four, pour réaliser la trempe :

- on refroidit la pièce ou la tôle à une vitesse de refroidissement moyenne supérieure à $0,5^\circ\text{C/s}$ entre une température supérieure à AC_3 et une température comprise entre $\text{T} = 800 - 270\text{x}\text{C}^* - 90\text{xMn} - 37\text{xNi} - 70\text{XCr} - 83\text{x}(\text{Mo} + \text{W}/2)$, et $\text{T} - 50^\circ\text{C}$ environ,

- puis on refroidit la pièce ou la tôle à une vitesse de refroidissement moyenne à coeur $\text{Vr} < 1150\text{xep}^{-1,7}$ et supérieure à $0,1^\circ\text{C/s}$ entre la température T et 100°C , ep étant l'épaisseur de la pièce ou la tôle exprimée en mm,

- on refroidit la pièce ou la tôle jusqu'à la température ambiante et on effectue, éventuellement, un planage.

2. - Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** :

$$1,05\text{xMn} + 0,54\text{xNi} + 0,50\text{xCr} + 0,3\text{x}(\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 2$$

3. - Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** :

$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 \geq 0,4\%$$

4. - Procédé l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** :

$$\text{C}^* \geq 0,12\%$$

5. - Procédé l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** :

$$\text{Si} + \text{Al} \geq 0,7\%$$

6. - Procédé l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que**, en outre, on effectue un revenu à une température inférieure ou égale à 350°C .

7. - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** pour ajouter le titane dans l'acier, on met l'acier liquide au contact d'un laitier contenant du titane et on fait diffuser lentement le titane du laitier dans l'acier liquide.

8. - Pièce, et notamment tôle, en acier résistant à l'abrasion dont la composition chimique comprend, en poids :

$$0,24\% \leq \text{C} < 0,35\%$$

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

EP 1 563 105 B1

$0\% \leq \text{Al} \leq 2\%$
 $0,5\% \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 2\%$
 $0\% \leq \text{Mn} \leq 2,5\%$
 $0\% \leq \text{Ni} \leq 5\%$
 $0\% \leq \text{Cr} \leq 5\%$
 $0\% \leq \text{Mo} \leq 1\%$
 $0\% \leq \text{W} \leq 2\%$
 $0,1\% \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 1\%$
 $0\% \leq \text{B} \leq 0,02\%$
 $0\% \leq \text{Ti} \leq 1,1\%$
 $0\% \leq \text{Zr} \leq 2,2\%$
 $0,35\% \leq \text{Ti} + \text{Zr}/2 \leq 1,1\%$
 $0\% \leq \text{S} \leq 0,15\%$
 $\text{N} < 0,03\%$

- éventuellement de 0% à 1,5% de cuivre,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Nb, Ta et V en des teneurs telles que $\text{Nb}/2 + \text{Ta}/4 + \text{V} \leq 0,5\%$,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Se, Te, Ca, Bi, Pb en des teneurs inférieures ou égales à 0,1%,

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations suivantes :

$$\text{C} - \text{Ti}/4 - \text{Zr}/8 + 7\text{xN}/8 \geq 0,095\%$$

et :

$$1,05\text{xMn} + 0,54\text{xNi} + 0,50\text{xCr} + 0,3\text{x}(\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 1,8$$

avec : $\text{K} = 0,5$ si $\text{B} \geq 0,0005\%$ et $\text{K} = 0$ si $\text{B} < 0,0005\%$,
l'acier ayant une structure martensitique ou martensito-bainitique, la dite structure contenant de 5% à 20% d'austénite retenue et des carbures.

9. - Pièce selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** :

$$1,05\text{xMn} + 0,54\text{xNi} + 0,50\text{xCr} + 0,3\text{x}(\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 2$$

10. - Pièce selon la revendication 8 ou la revendication 9, **caractérisé en ce que** :

$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 \geq 0,4\%$$

11. - Pièce l'une quelconque des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** :

$$\text{C}^* \geq 0,12\%$$

12. - Pièce l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** :

$$\text{Si} + \text{Al} \geq 0,7\%$$

13. - Pièce selon l'une quelconque de revendications 8 à 12, **caractérisé en ce qu'elle** est une tôle d'épaisseur comprise entre 2 mm et 150 mm.

Claims

1. Process for manufacturing a part or a plate made of an abrasion-resistant steel, the chemical composition of which comprises, by weight:

$$0.24\% \leq C < 0.35\%$$

$$0\% \leq Si \leq 2\%$$

$$0\% \leq Al \leq 2\%$$

$$0.5\% \leq Si + Al \leq 2\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 2.5\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 5\%$$

$$0\% \leq Mo \leq 1\%$$

$$0\% \leq W \leq 2\%$$

$$0.1\% \leq Mo + W/2 \leq 1\%$$

$$0\% \leq B \leq 0.02\%$$

$$0\% \leq Ti \leq 1.1\%$$

$$0\% \leq Zr \leq 2.2\%$$

$$0.35\% \leq Ti + Zr/2 \leq 1.1\%$$

$$0\% \leq S \leq 0.15\%$$

$$N < 0.03\%$$

- optionally, 0% to 1.5% of copper;

- optionally, at least one element taken from Nb, Ta and V in contents such that $Nb/2 + Ta/4 + V \leq 0.5\%$;

- optionally, at least one element taken from Se, Te, Ca, Bi and Pb in contents of 0.1% or less, the balance being iron and impurities resulting from the smelting, the chemical composition furthermore satisfying the following relationships:

$$C^* = C - Ti/4 - Zr/8 + 7 \times N/8 \geq 0.095\%$$

and

$$1.05 \times Mn + 0.54 \times Ni + 0.50 \times Cr + 0.3 \times (Mo + W/2)^{1/2} + K > 1.8$$

where $K = 0.5$ if $B \geq 0.0005\%$ and $K = 0$ if $B < 0.0005\%$,

in which the part or the plate undergoes a hardening heat treatment carried out in the hot-forming heat, for example rolling heat, or after austenitization by reheating in a furnace, in order to carry out the hardening, in which:

- the part or the plate is cooled at an average cooling rate of greater than 0.5°C/s between a temperature above AC_3 and a temperature between $T = 800 - 270 \times C^* - 90 \times Mn - 37 \times Ni - 70 \times Cr - 83 \times (Mo + W/2)$ and about $T - 50^\circ\text{C}$;

- then the part or the plate is cooled at an average core cooling rate $V_c < 1150 \times th^{-1.7}$ and greater than 0.1°C/s between the temperature T and 100°C , th being the thickness of the part or plate expressed in mm; and

- the part or the plate is cooled down to ambient temperature and, optionally, undergoes skin pass rolling.

2. Process according to Claim 1, **characterized in that**:

$$1.05 \times Mn + 0.54 \times Ni + 0.50 \times Cr + 0.3 \times (Mo + W/2)^{1/2} + K > 2$$

3. Process according to Claim 1 or Claim 2, **characterized in that**:

$$Ti + Zr/2 \geq 0.4\%.$$

4. Process according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that**:

$$C^* \geq 0.12\%.$$

5. Process according to any one of Claims 1 to 4, **characterized in that**:

$$Si + Al \geq 0.7\%.$$

6. Process according to any one of Claims 1 to 5, **characterized in that** a tempering operation is also carried out at a temperature of 350°C or below.

7. Process according to any one of Claims 1 to 6, **characterized in that**, to add titanium to the steel, a liquid steel is brought into contact with a titanium-containing slag and the titanium is made to diffuse slowly from the slag into the liquid steel.

8. Part, and especially a plate, made of an abrasion-resistant steel, the chemical composition of which comprises, by weight:

$$0.24\% \leq C < 0.35\%$$

$$0\% \leq Si \leq 2\%$$

$$0\% \leq Al \leq 2\%$$

$$0.5\% \leq Si + Al \leq 2\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 2.5\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 5\%$$

$$0\% \leq Mo \leq 1\%$$

$$0\% \leq W \leq 2\%$$

$$0.1\% \leq Mo + W/2 \leq 1\%$$

$$0\% \leq B < 0.02\%$$

$$0\% \leq Ti \leq 1.1\%$$

$$0\% \leq Zr \leq 2.2\%$$

$$0.35\% \leq Ti + Zr/2 \leq 1.1\%$$

$$0\% \leq S \leq 0.15\%$$

$$N < 0.03\%$$

- optionally, 0% to 1.5% of copper;

- optionally, at least one element taken from Nb, Ta and V in contents such that $Nb/2 + Ta/4 + V \leq 0.5\%$;

- optionally, at least one element taken from Se, Te, Ca, Bi and Pb in contents of 0.1% or less, the balance being iron and impurities resulting from the smelting, the chemical composition furthermore satisfying the following relationships:

$$C^* = C - Ti/4 - Zr/8 + 7 \times N/8 \geq 0.095\% \text{ and}$$

$$1.05 \times Mn + 0.54 \times Ni + 0.50 \times Cr + 0.3 \times (Mo + W/2)^{1/2} + K > 1.8$$

where $K = 0.5$ if $B \geq 0.0005\%$ and $K = 0$ if $B < 0.0005\%$,

the steel having a martensitic or martensitic-bainitic structure, said structure containing 5% to 20% residual austenite and carbides.

9. Part according to Claim 8, **characterized in that**:

$$1.05 \times Mn + 0.54 \times Ni + 0.50 \times Cr + 0.3 \times (Mo + W/2)^{1/2} + K > 2$$

10. Part according to Claim 8 or Claim 9, **characterized in that**:

$$Ti + Zr/2 \geq 0.4\%.$$

11. Part according to any one of Claims 8 to 10, **characterized in that**:

$$C^* \geq 0.12\%.$$

12. Part according to any one of Claims 8 to 11, **characterized in that**:

$$Si + Al \geq 0.7\%.$$

13. Part according to any one of Claims 8 to 12, **characterized in that** it is a plate with a thickness between 2 mm and 150 mm.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines abriebbeständigen Stahlteils oder -blechs, dessen chemische Zusammensetzung in Gew.-% enthält:

$$0,24\% \leq C < 0,35\%$$

$$0\% \leq Si \leq 2\%$$

$$0\% \leq Al \leq 2\%$$

$$0,5\% \leq Si+Al \leq 2\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 2,5\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 5\%$$

$$0\% \leq Mo \leq 1\%$$

$$0\% \leq W \leq 2\%$$

$$0,1\% \leq Mo + W/2 \leq 1\%$$

$$0\% \leq B \leq 0,02\%$$

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

$$0\% \leq Zr \leq 2,2\%$$

$$0,35\% \leq Ti + Zr/2 \leq 1,1\%$$

$$0\% \leq S \leq 0,15\%$$

$$N < 0,03\%$$

- eventuell 0 % bis 1,5 % Kupfer,

- eventuell wenigstens ein Element aus Nb, Ta und V in Anteilen, derart, dass $Nb/2 + Ta/4 + V \leq 0,5\%$,

- eventuell wenigstens ein Element aus Se, Te, Ca, Bi und Pb in Anteilen, die kleiner oder gleich 0,1 % sind,

wobei der Rest Eisen und sich aus der Bearbeitung ergebende Verunreinigungen sind, wobei die chemische Zusammensetzung außerdem die folgenden Beziehungen erfüllt:

$$C^* = C - Ti/4 - Zr/8 + 7 \times N/8 \geq 0,095\%$$

und:

$$1,05 \times Mn + 0,54 \times Ni + 0,50 \times Cr + 0,3 \times (Mo + W/2)^{1/2} + K > 1,8$$

mit $K = 0,5$, falls $B \geq 0,0005\%$, und $K = 0$, falls $B < 0,0005\%$,

wobei das Teil oder das Blech einer thermischen Härtungsbearbeitung unterworfen wird, die in der Wärme zum Warmformen und beispielsweise zum Walzen oder nach der Austenitisierung nach dem erneuten Erhitzen in einem Ofen ausgeführt wird, um die Härtung zu verwirklichen:

- Abkühlen des Teils oder des Blechs mit einer mittleren Abkühlungsgeschwindigkeit von mehr als $0,5\text{ °C/s}$ zwischen einer Temperatur oberhalb von AC_3 und einer Temperatur im Bereich von $T = 800 - 270 \times C^* - 90 \times Mn - 37 \times Ni - 70 \times Cr - 83 \times (Mo + W/2)$ bis etwa $T - 50\text{ °C}$,

- dann Abkühlen des Teils oder des Blechs mit einer mittleren Abkühlungsgeschwindigkeit im Kern $V_r < 1150 \times e^{p-1.7}$ und höher als $0,1\text{ °C/s}$ zwischen der Temperatur T und 100 °C , wobei e_p die Dicke des Teils oder des Blechs, ausgedrückt in mm, ist,

- Abkühlen des Teils oder des Blechs bis auf Umgebungstemperatur und eventuell Ausführen eines Kalt-nachwalzens.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

$$1,05 \times Mn + 0,54 \times Ni + 0,50 \times Cr + 0,3 \times (Mo + W/2)^{1/2} + K > 2.$$

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

$$Ti + Zr/2 \geq 0,4\%.$$

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

$$C^* \geq 0,12\%.$$

EP 1 563 105 B1

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

$$\text{Si} + \text{Al} \geq 0,7 \text{ \%}.$$

5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** außerdem ein Anlassen bei einer Temperatur kleiner oder gleich 350 °C ausgeführt wird.

10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Hinzufügen von Titan zu dem Stahl der flüssige Stahl mit einer titanhaltigen Schlacke in Kontakt gebracht wird und dass bewirkt wird, dass das Titan in der Schlacke langsam in den flüssigen Stahl diffundiert.

8. Teil, insbesondere Blech, aus Stahl, das abriebbeständig ist und dessen chemische Zusammensetzung in Gew.-% umfasst:

15 $0,24 \text{ \%} \leq \text{C} < 0,35 \text{ \%}$

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

$$0 \text{ \%} \leq \text{Al} \leq 2 \text{ \%}$$

$$0,5 \text{ \%} \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 2 \text{ \%}$$

$$0 \text{ \%} \leq \text{Mn} \leq 2,5 \text{ \%}$$

20 $0 \text{ \%} \leq \text{Ni} \leq 5 \text{ \%}$

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

$$0 \text{ \%} \leq \text{Mo} \leq 1 \text{ \%}$$

$$0 \text{ \%} \leq \text{W} \leq 2 \text{ \%}$$

$$0,1 \text{ \%} \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 1 \text{ \%}.$$

25 $0 \text{ \%} \leq \text{B} \leq 0,02 \text{ \%}$

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

$$0 \text{ \%} \leq \text{Zr} \leq 2,2 \text{ \%}$$

$$0,35 \text{ \%} \leq \text{Ti} + \text{Zr}/2 \leq 1,1 \text{ \%}$$

$$0 \text{ \%} \leq \text{S} < 0,15 \text{ \%}$$

30 $\text{N} < 0,03 \text{ \%}$

- eventuell von 0 % bis 1,5 % Kupfer,

- eventuell wenigstens ein Element aus Nb, Ta und V in Anteilen, derart, dass $\text{Nb}/2 + \text{Ta}/4 + \text{V} \leq 0,5 \text{ \%}$,

- eventuell ein Element aus Se, Te, Ca, Bi und Pb in Anteilen kleiner oder gleich 0,1 %,

35 wobei der Rest Eisen und sich aus der Verarbeitung ergebende Verunreinigungen sind, wobei die chemische Zusammensetzung außerdem die folgenden Beziehungen erfüllt:

$$\text{C}^* = \text{C} - \text{Ti}/4 - \text{Zr}/8 + 7 \times \text{N}/8 \geq 0,095 \text{ \%}$$

40 und:

$$1,05 \times \text{Mn} + 0,54 \times \text{Ni} + 0,50 \times \text{Cr} + 0,3 \times (\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 1,8$$

mit: $\text{K} = 0,5$, falls $\text{B} \geq 0,0005 \text{ \%}$, und $\text{K} = 0$, falls $\text{B} < 0,0005 \text{ \%}$,

45 wobei der Stahl eine martensitische oder martensito-bainitische Struktur hat, wobei diese Struktur 5 % bis 20 % zurückbehaltenen Austenit und Carbide enthält.

9. Teil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

$$1,05 \times \text{Mn} + 0,54 \times \text{Ni} + 0,50 \times \text{Cr} + 0,3 \times (\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 2$$

50

10. Teil nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 \geq 0,4 \text{ \%}.$$

55 11. Teil nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

$$\text{C}^* \geq 0,12 \text{ \%}.$$

EP 1 563 105 B1

12. Teil nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

$\text{Si} + \text{Al} \geq 0,7 \%$.

5 13. Teil nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Blech mit einer Dicke im Bereich von 2 mm bis 150 mm ist.

10

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

- EP 0739993 A [0002]