

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 739 993 B2

(12)

NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la
décision concernant l'opposition:
23.11.2005 Bulletin 2005/47

(51) Int Cl.7: **C22C 38/44**, C22C 38/54

(45) Mention de la délivrance du brevet:
01.12.1999 Bulletin 1999/48

(21) Numéro de dépôt: **96400737.1**

(22) Date de dépôt: **05.04.1996**

(54) **Acier et procédé pour la fabrication de pièces à haute résistance à l'abrasion**

Stahl und Verfahren zur Herstellung von Bauteilen mit hoher Abriebfestigkeit

Steel and process for manufacturing workpieces with high abrasion resistance

(84) Etats contractants désignés:
AT BE DE ES GB IT SE

(30) Priorité: **27.04.1995 FR 9505016**

(43) Date de publication de la demande:
30.10.1996 Bulletin 1996/44

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

(72) Inventeurs:
• **Beguinet, Jean**
71200 Le Creusot (FR)
• **Brisson, Jean-Georges**
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:
DE-C- 4 337 148 **FR-A- 1 551 909**
US-A- 4 216 014

- **Werkstoffblatt 704**
"Verschleisswiderstandsfähiger Baustahl XAR
500", Thyssen Stahl AG, Duisburg, mars 1995,
Verlag Stahleisen mbH, Düsseldorf
- **Stahleisen-Liste, 9ème édition, 1994, Verlag**
Stahleisen mbH, Düsseldorf, pages 145 et 353
- **S. Béchet, K. Röhrig, G. Tither**
"Verschleissbeständige Bleche", Stahl u. Eisen
104 (1984), No. 22, pages 74-82

EP 0 739 993 B2

Description

[0001] La présente invention concerne les aciers pour la fabrication de pièces à haute résistance à l'abrasion.

[0002] Dans l'industrie minérale, on utilise des équipements tels que, par exemple, des goulottes, des cribles, des lames d'attaque, soumis à des usures abrasives très sévères. Pour fabriquer ces équipements, on utilise des pièces, et notamment des tôles, en acier à haute résistance à l'abrasion, trempé, de dureté comprise entre, environ, 550HB et 600HB. Ces aciers contiennent de 0,35 % à 0,5% de carbone, et de 0,5% à 3% d'au moins un élément d'alliage tel que le manganèse, le chrome, le nickel ou le molybdène. Ces aciers ont l'inconvénient d'être très difficiles à découper et à souder, ils ont une faible capacité de formage et sont, en général, fragiles.

[0003] Le but de la présente invention est de remédier à cet inconvénient en proposant un acier permettant de fabriquer des pièces, et notamment des tôles, facilement soudables et découpables, et ayant une résistance à l'abrasion comparable à celle des pièces selon l'art antérieur.

[0004] A cet effet, l'invention a pour objet un acier dont la composition chimique comprend, en poids:

$$0,24\% \leq C \leq 0,3\%$$

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

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

$$0\% \leq Mn \leq 2\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 4\%$$

$$0\% < Cr \leq 3\%$$

$$0\% \leq Mo \leq 0,6\%$$

$$0\% \leq W \leq 1,2\%$$

éventuellement de 0,0005% à 0,005% de bore, éventuellement au moins un élément pris parmi Nb, V, Zr et Ti, en des teneurs inférieures à 0,3%, éventuellement au moins un élément pris parmi Se, Te, Ca, Bi et Pb en des teneurs inférieures à 0,1%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations suivantes :

$$0,6\% \leq Al + Si \leq 2\%$$

et

$$4,6xC + 1,05xMn + 0,54xNi + 0,66x(Mo + W/2) + 0,5xCr + K \geq 1,6$$

avec

K = 0 si l'acier contient moins de 0,0005% de bore résultant d'impuretés résiduelles,

K = 0,5 si l'acier contient plus de 0,0005% de bore

l'acier ayant une structure martensitique ou martensito-bainitique, ladite structure contenant entre 5% et 15% d'austénite, et une dureté comprise entre 400HB et 500HB.

[0005] De préférence, la composition chimique de l'acier comprend :

EP 0 739 993 B2

$$0,24\% \leq C \leq 0,27\%$$

$$0\% \leq Si \leq 1\%$$

$$0\% \leq Al \leq 1\%$$

$$0,3\% \leq Mn \leq 1,6\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 2\%$$

$$0,5\% \leq Cr \leq 1,8\%$$

et satisfait aux relations :

$$0,15\% \leq Mo + W/2 \leq 0,45\%$$

et

$$0,6\% \leq Si + Al \leq 1\%$$

[0006] Mieux encore, la composition chimique peut satisfaire, en outre, la relation : $4,6 \times C + 1,05 \times Mn + 0,54 \times Ni + 0,66 \times (Mo + W/2) + 0,5 \times Cr + K \leq 3,7$

avec :

K = 0 si l'acier contient moins de 0,0005% de bore résultant d'impuretés résiduelles

K = 0,5 si l'acier contient plus de 0,0005% de bore.

[0007] L'invention concerne également, un procédé de fabrication d'une pièce en acier à haute résistance à l'abrasion selon lequel :

- on approvisionne une pièce en acier conforme à l'invention,
- on austénitise la pièce par chauffage au dessus de A_{c3} , puis on la refroidit jusqu'à la température ambiante de telle sorte que, en tout point de la pièce, la vitesse de refroidissement entre la température d'austénitisation et 450°C soit supérieure à 1°C/s, et le temps de passage de la température de 450°C à la température de 200°C soit comprise entre 50s et 60mn, et de préférence comprise entre 100s et 30mn,
- éventuellement, on effectue un revenu à température inférieure à 250°C pendant un temps inférieur à 3 heures.

[0008] Pour refroidir la pièce jusqu'à la température ambiante, depuis la température d'austénitisation, on peut tremper la pièce à l'huile, c'est notamment le cas lorsque la pièce est une tôle d'épaisseur comprise entre 10mm et 100mm.

[0009] Pour refroidir la pièce jusqu'à la température ambiante, depuis la température d'austénitisation, on peut également tremper la pièce à l'air. C'est notamment le cas lorsque la pièce est une tôle d'épaisseur comprise entre 2mm et 20mm.

[0010] L'invention concerne enfin une pièce résistant à l'abrasion constituée d'acier selon l'invention ayant une structure martensitique ou martensito-bainitique contenant entre 5% et 15% d'austénite, et ayant une dureté comprise entre 400HB et 500HB.

[0011] Les pièces conformes à l'invention, ou fabriquées par le procédé conforme à l'invention, peuvent être utilisées pour la fabrication de pièces d'usure pour des équipements destinés, notamment, à l'exploitation des carrières et des mines, aux travaux publics, aux cimenteries, à la sidérurgie, aux tuileries, aux briqueteries ou à l'agriculture.

[0012] L'invention va maintenant être décrite plus en détail mais de façon non limitative.

[0013] L'acier selon l'invention contient, en poids :

- plus de 0,24% de carbone pour permettre d'obtenir une dureté suffisante, nécessaire à une bonne résistance à

l'abrasion, mais moins de 0,3% et, de préférence, moins de 0,27% pour obtenir une bonne soudabilité, une bonne découabilité, une bonne aptitude au pliage et une ténacité satisfaisante ;

- de 0% à 2% de silicium et de 0% à 2% d'aluminium, la somme des teneurs en aluminium et en silicium étant supérieure à 0,6% pour ralentir la précipitation des carbures au cours du traitement thermique, mais inférieure à 2%, et de préférence, inférieure à 1% afin de faciliter l'élaboration de l'acier et de ne pas détériorer sa ténacité ;
- de 0% à 2% et, de préférence de 0,3% à 1,6% de manganèse, de 0% à 4% et, de préférence de 0% à 2% de nickel, de 0% à 3% et, de préférence de 0,5% à 1,8% de chrome, de 0% à 0,6% de molybdène, de 0% à 1,2% de tungstène, la somme de la teneur en molybdène et de la moitié de la teneur en tungstène étant de préférence comprise entre 0,15% et 0,45%, de façon à obtenir une trempabilité suffisante, mais pas trop importante, pour permettre d'obtenir une structure principalement martensitique ou martensito-bainitique contenant une proportion notable d'austénite retenue ; le chrome, le molybdène et le tungstène ayant, de plus, l'avantage de permettre la formation de carbures favorables à la résistance à l'abrasion ;
- éventuellement, de 0,0005% à 0,005% de bore pour ajuster la trempabilité ;
- éventuellement, au moins un élément pris parmi Nb, V, Zr et Ti pour obtenir un durcissement par précipitation qui ne détériore pas la soudabilité ;
- éventuellement, au moins un élément pris parmi Se, Te, Ca, Bi et Pb pour améliorer l'aptitude à l'usinage ;

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

[0014] Pour que la trempabilité soit suffisante, il est préférable que la composition chimique de l'acier satisfasse à la relation :

$$A = 4,6 \times C + 1,05 \times Mn + 0,54 \times Ni + 0,66 \times (Mo + W/2) + 0,5 \times Cr + K \geq 1,6$$

avec,

K = 0 si l'acier contient moins de 0,0005% de bore résultant d'impuretés résiduelles, c'est-à-dire si il n'y a pas eu d'addition de bore

K = 0,5 si l'acier contient plus de 0,0005% de bore, c'est-à-dire, si du bore a été ajouté.

[0015] Mais, pour que la trempabilité ne soit pas trop importante pour ne pas détériorer l'aptitude à la mise en oeuvre, notamment par soudage ou par découpe thermique, il est préférable également, que A reste inférieur ou égal à 3,7.

[0016] Cet acier, du fait de sa relativement faible teneur en carbone, a une bonne soudabilité et une bonne aptitude au découpage par des moyens thermiques, mais sa résistance à l'abrasion dépend de sa structure micrographique et donc du traitement thermique auquel il est soumis.

[0017] Les inventeurs ont constaté que lorsque cet acier avait une structure constituée principalement de martensite ou d'un mélange de martensite et de bainite (structure martensito-bainitique) et de 5% à 15% d'austénite retenue enrichie en carbone, de façon à avoir une dureté comprise entre 450HB et 500HB, sa résistance à l'abrasion était très comparable à celle d'aciers martensitiques de dureté supérieure à 550HB et son aptitude au formage à froid par déformation plastique était bien meilleure. La bonne résistance à l'abrasion résulte de ce que, sous l'action des particules abrasives, l'austénite retenue se transforme localement en martensite très dure tout en bénéficiant de la capacité à se déformer de façon importante du métal sollicité. En outre, la présence d'une fine dispersion de carbures de chrome et de molybdène dans le constituant martensitique améliore la tenue à l'usure.

[0018] Les inventeurs ont également constaté que, pour obtenir cette structure, il fallait austénitiser l'acier par chauffage au dessus de Ac_3 , puis le refroidir jusqu'à la température ambiante de telle sorte que, la vitesse de refroidissement entre la température d'austénitisation et 450°C soit supérieure à 1°C/s, et le temps de passage de la température de 450°C à la température de 200°C soit comprise entre 50s et 60mn, et de préférence, comprise entre 100s et 30mn. Ce traitement thermique peut éventuellement, être complété par un revenu à une température inférieure à 250°C pendant un temps inférieur à 3 heures.

[0019] Pour fabriquer une pièce résistant à l'abrasion, on élabore un acier conforme à l'invention, on le coule sous forme d'un demi produit qui est alors mis en forme par déformation plastique à chaud, par exemple par laminage ou par forgeage. La pièce ainsi obtenue est alors austénitisée par chauffage au dessus de Ac_3 , puis refroidie jusqu'à la température ambiante de telle sorte que, en tout point, la vitesse de refroidissement entre la température d'austénitisation et 450°C soit supérieure à 1°C/s, et le temps de passage de la température de 450°C à la température de 200°C soit comprise entre 50s et 60mn, et de préférence, comprise entre 100s et 30mn. Eventuellement, la pièce est soumise à un revenu à une température inférieure à 250°C pendant un temps inférieur à 3 heures.

[0020] La traversée à vitesse ralentie du domaine 450°C/200°C a pour effet de permettre la rétention d'austénite métastable, tout en favorisant la formation de fins carbures de chrome et de molybdène, répartis de façon homogène dans le constituant martensitique ou martensito-bainitique.

[0021] Lorsque la massivité de la pièce s'y prête, pour refroidir la pièce jusqu'à la température ambiante, depuis la

température d'austénitisation, on peut tremper la pièce à l'huile. C'est notamment le cas lorsque la pièce est une tôle d'épaisseur comprise entre 10mm et 100mm.

[0022] De la même façon, lorsque la massivité de la pièce s'y prête, pour refroidir la pièce jusqu'à la température ambiante, depuis la température d'austénitisation, on peut également tremper la pièce à l'air. C'est notamment le cas lorsque la pièce est une tôle d'épaisseur comprise entre 2mm et 20mm.

[0023] On obtient ainsi une pièce, et notamment une tôle, résistant à l'abrasion, constituée d'acier selon l'invention ayant une structure martensitique ou martensito-bainitique contenant entre 5% et 15% d'austénite, et ayant une dureté comprise entre 400HB et 500HB.

[0024] A titre d'exemple, on a fabriqué des tôles avec les aciers A et B conformes à l'invention, et avec les aciers C et D selon l'art antérieur.

[0025] Les compositions de ces aciers étaient, en millièmes de % en poids:

	C	Si	Al	Mn	Ni	Cr	Mo	B
A	247	817	63	1290	495	726	328	2,8
B	251	263	704	1305	439	715	342	2,6
C	254	310	65	1329	445	702	351	2,6
D	415	307	62	1285	293	712	349	2,7

[0026] Les caractéristiques des tôles TA1, TA2, et TB, conformes à l'invention, et les tôles TA3, TC et TD, données à titre de comparaison, étaient:

tôle	acier	épaisseur. mm	austénitisation °C	trempe	revenu °C	dureté après traitement HB	dureté en sous couche abrasée HB	indice de tenue à l'abrasion
TA1	A	35	900	huile	200	463	525	97
TA2	A	5	900	air	200	455	526	105
TB	B	35	900	huile	200	466	529	102
TA3	A	35	900	eau	200	476	492	70
TC	C	35	900	huile	200	468	495	79
TD	D	35	900	eau	200	552	561	100

[0027] La tôle TD, conforme à l'art antérieur, a une structure entièrement martensitique, une dureté supérieure à 550HB et un indice de résistance à l'abrasion de 100 ; mais du fait de la teneur en carbone de l'acier, elle est difficilement soudable.

[0028] La tôle TA3, constituée d'acier conforme à l'invention, a été trempée à l'eau, ce qui lui confère une structure différente de celle qui est requise par l'invention, et elle a un indice de résistance à l'abrasion de 70, sensiblement plus faible que ceux des tôles TA1, TA2 et TB conformes à l'invention, qui sont comparables à celui de la tôle TD de référence.

[0029] Les tôles TA1 et TB se distinguent également de la tôle TD par leurs aptitude au pliage ; Les tôles TA1 et TB peuvent être pliées sur un rayon égal à 6 fois l'épaisseur, alors que la tôle TD ne peut pas être pliée sur un rayon inférieur à 15 fois l'épaisseur.

[0030] Du fait de leurs propriétés, les pièces en général, et les tôles en particulier, conformes à l'invention, sont particulièrement adaptées à la fabrication de tout type de pièce d'usure soumise à une abrasion sévère et incorporées, notamment, à des équipements pour la manipulation de produits en vrac dans tous types d'industries. A titre d'exemple, ces pièces peuvent être des lames d'attaque et des patins de renfort sous lames de godets de chargeurs/transporteurs ou de pelles, des plaques guide-chaînes d'excavateurs et de draglines, des crémaillères, des couronnes d'entraînement, des barbotins, des blindages latéraux de broyeurs à percussion ou à mâchoires, des grilles de cribles pour usage dans les travaux publics, dans l'exploitation des carrières ou des gravières ; des fonds et raclettes de convoyeurs à chaînes, des blindages de trémies ou de couloirs, des écaillés de descendeurs hélicoïdaux, des peignes de déboueurs, des palles de classificateurs, des pièces d'engins d'abattage ou de transport, des jupes de cyclones pour l'exploitation des mines ou des houillères ; des blindages de trémies ou de skips, des lames de bennes preneuses, des fonds de coke-cars, des extracteurs vibrants, des blindages de chambre de grenaillage, des plaques de guidage ou de ripage pour la sidérurgie ; des couteaux de désagréateurs, des pales et des fonds de malaxeurs, des fonds d'extrudeuses à meules, des moules, des pièces de turbo-déliteurs, des trémies doseuses pour les tuileries ou les briqueteries ; des outils et dents de décompactage ou de désouchage, des pinces à bois, des couteaux, des hachoirs, des

EP 0 739 993 B2

battoirs, des marteaux, des plaques lisseuses, des pièces de défricheuses ou d'épierreuses, des longerons de grumiers, des dents de sous-soleuses, des fléaux de déchaumeuses pour l'agriculture ou le travail des sols.

5 Revendications

1. Acier pour la fabrication de pièces à haute résistance à l'abrasion, **caractérisé en ce que** sa composition chimique comprend, en poids :

10 $0,24\% \leq C \leq 0,3\%$

15 $0\% \leq Si \leq 2\%$

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

20 $0\% \leq Mn \leq 2\%$

$0\% \leq Ni \leq 4\%$

25 $0\% \leq Cr \leq 3\%$

$0\% \leq Mo \leq 0,6\%$

30 $0\% \leq W \leq 1,2\%$

35 éventuellement de 0,0005% à 0,005% de bore pour ajuster la trempabilité, éventuellement au moins un élément pris parmi Nb, V, Zr et Ti, en des teneurs inférieures à 0,3%, éventuellement au moins un élément pris parmi Se, Te, Ca, Bi et Pb en teneurs inférieures à 0,1%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations suivantes :

40 $0,6\% \leq Al + Si \leq 2\%$

et, pour que la trempabilité soit suffisante,

45 $4,6 \times C + 1,05 \times Mn + 0,54 \times Ni + 0,66 \times (Mo + W/2) + 0,5 \times Cr + K \geq 1,6$

avec

k = 0 si l'acier contient moins de 0,0005% de bore résultant d'impuretés résiduelles,

K = 0,5 si l'acier contient plus de 0,0005% de bore

50 l'acier ayant une structure martensitique ou martensito-bainitique, ladite structure contenant entre 5% et 15% d'austénite, et une dureté comprise entre 400HB et 500HB.

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

55 $0,24\% \leq C \leq 0,27\%$

EP 0 739 993 B2

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

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

$$0,3\% \leq \text{Mn} \leq 1,6\%$$

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

$$0,5\% \leq \text{Cr} \leq 1,8\%$$

la composition chimique satisfaisant en outre les relations :

$$0,15\% \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 0,45\%$$

et

$$0,6\% \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 1\%$$

3. Acier selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** sa composition chimique satisfait, en outre, la relation :

$$4,6 \times \text{C} + 1,05 \times \text{Mn} + 0,54 \times \text{Ni} + 0,66 \times (\text{Mo} + \text{W}/2) + 0,5 \times \text{Cr} + \text{K} \leq 3,7$$

avec :

K = 0 si l'acier contient moins de 0,0005% de bore résultant d'impuretés résiduelles,

K = 0,5 si l'acier contient plus de 0,0005% de bore.

4. Procédé de fabrication d'une pièce en acier à haute résistance à l'abrasion **caractérisée en ce que**,

- on approvisionne une pièce en acier dont la composition chimique est définie par l'une quelconque des revendications 1 à 3,
- on austénitise la pièce par chauffage au dessus de Ac_3 , puis on la refroidit jusqu'à la température ambiante de telle sorte que, en tout point de la pièce, la vitesse de refroidissement entre la température d'austénitisation et 450°C soit supérieure à 1°C/s , et le temps de passage de la température de 450°C à la température de 200°C soit comprise entre 50s et 60mn, et de préférence comprise entre 100s et 30mn,
- éventuellement, on effectue un revenu à une température inférieure à 250°C pendant un temps inférieur à 3 heures.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisée en ce que**, pour refroidir la pièce jusqu'à la température ambiante, depuis la température d'austénitisation, on trempe la pièce à l'huile.

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** la pièce est une tôle d'épaisseur comprise entre 10mm et 100mm.

7. Procédé selon la revendication 4, **caractérisée en ce que**, pour refroidir la pièce jusqu'à la température ambiante, depuis la température d'austénitisation, on trempe la pièce à l'air.

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** la pièce est une tôle d'épaisseur comprise entre 2mm et 20mm.

9. Pièce résistante à l'abrasion, **caractérisée en ce que** elle est constituée d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3.

5 **Patentansprüche**

1. Stahl zur Herstellung von Bauteilen mit hoher Abriebfestigkeit, **dadurch gekennzeichnet, dass** er die folgende chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozenten aufweist:

10
$$0,24\% \leq C \leq 0,3\%$$

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

15
$$0\% \leq Al \leq 2\%$$

20
$$0\% \leq Mn \leq 2\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 4\%$$

25
$$0\% \leq Cr \leq 3\%$$

$$0\% \leq Mo \leq 0,6\%$$

30
$$0\% \leq W \leq 1,2\%$$

35 ggf. 0,0005% bis 0,005% Bor, ggf. wenigstens ein Element das ausgewählt ist aus Nb, V, Zr und Ti mit Anteilen von weniger als 0,3%, ggf. wenigstens ein Element das ausgewählt ist aus Se, Te, Ca, Bi und Pb mit Anteilen von weniger als 0,1%, Rest Eisen und aus der Verarbeitung stammende Verunreinigungen, wobei diese chemische Zusammensetzung außerdem die folgenden Bedingungen erfüllt:

40
$$0,6\% \leq Al+Si \leq 2\%$$

und zum Zweck einer ausreichenden Härtung

45
$$4,6xC+1,05xMn+0,54xNi+0,66x(Mo+W/2)+0,5xCr+K \geq 1,6$$

mit

K = 0 wenn der Stahl weniger als 0,0005% Bor enthält

K = 0,5 wenn der Stahl mehr als 0,0005% Bor enthält,

50 wobei der Stahl eine Martensit-Struktur oder eine Martensit-Bainit-Struktur aufweist, die 5% bis 15% Austenit enthält und die eine Härte zwischen 400HB und 500HB aufweist.

2. Stahl nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozenten aufweist:

55
$$0,24\% \leq C \leq 0,27\%$$

EP 0 739 993 B2

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

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

$$0,3\% \leq \text{Mn} \leq 1,6\%$$

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

$$0,5\% \leq \text{Cr} \leq 1,8\%$$

wobei die chemische Zusammensetzung im übrigen die folgenden Bedingungen erfüllt:

$$0,15\% \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 0,45\%$$

und

$$0,6\% \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 1\%$$

3. Stahl nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die chemische Zusammensetzung außerdem die folgende Beziehung erfüllt:

$$4,6 \times \text{C} + 1,05 \times \text{Mn} + 0,54 \times \text{Ni} + 0,66 \times (\text{Mo} + \text{W}/2) + 0,5 \times \text{Cr} + \text{K} \leq 3,7$$

mit

K = 0 wenn der Stahl weniger als 0,0005% Bor enthält

K = 0,5 wenn der Stahl mehr als 0,0005% Bor enthält.

4. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus Stahl mit hoher Abriebfestigkeit, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- ein Bauteil hergestellt wird aus einem Stahl nach einem der Ansprüche 1 bis 3;
- das Bauteil durch Erwärmung auf einen Wert oberhalb von Ac_3 austenisiert wird, danach auf die Umgebungstemperatur derart abgekühlt wird, dass an jeder Stelle des Bauteils die Abkühlgeschwindigkeit zwischen der Austenisierungstemperatur und 450°C oberhalb von 1°C/s liegt und die Übergangszeit der Temperatur von 450°C auf eine Temperatur von 200°C zwischen 50s und 60mn und vorzugsweise zwischen 100s und 30mn liegt;
- ggf. auf eine Temperatur von weniger als 250°C während einer Zeit von weniger als 3 Stunden zurückgekehrt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Abkühlung des Bauteils auf die Umgebungstemperatur ausgehend von der Austenisierungstemperatur das Bauteil in Öl getaucht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil ein Blech ist, dessen Dicke zwischen 10 mm und 100 mm liegt.

7. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Abkühlung des Bauteils auf die Umgebungstemperatur, ausgehend von der Austenisierungstemperatur, das Bauteil in Luft getaucht wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil ein Blech ist mit einer Dicke zwischen 2 mm und 20 mm.

9. Bauteil hoher Abriebfestigkeit, **dadurch gekennzeichnet, dass** es aus einem Stahl nach einem der Ansprüche 1 bis 3 besteht.

Claims

1. Steel for the fabrication of pieces having a high resistance to wear, **characterized in that** its chemical composition comprises by weight:

$$0.24\% \leq C \leq 0.3\%$$

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

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

$$0\% \leq Mn \leq 2\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 4\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 3\%$$

$$0\% \leq Mo \leq 0.6\%$$

$$0\% \leq W \leq 1.2\%$$

possibly from 0.0005 % to 0.005 % boron in order to adjust hardenability, possibly at least one element selected from the group comprising Nb, V, Zr and Ti in concentration of less than 0.3 %, possibly at least one element selected from the group comprising Se, Te, Ca, Bi and Pb in concentrations of less than 0.1 %, the rest being of iron and impurities resulting from production, the chemical composition satisfying in addition the following relations:

$$0.6\% \leq Al + Si \leq 2\%$$

and, in order to ensure sufficient hardenability,

$$4.6 \times C + 1.05 \times Mn + 0.54 \times Ni + 0.66 \times (Mo + W/2) + 0.5 \times Cr + K \geq 1.6$$

with

k = 0 if the steel contains less than 0.0005 % of boron resulting from residual impurities,

K = 0.5 if the steel contains more than 0.0005 % boron

the steel having a martensitic structure or martensitic-bainitic, said structure containing between 5 % and 15 % austenite and a hardness of between 400 HB and 500 HB.

2. Steel according to Claim 1, wherein its chemical composition comprises by weight:

$$0.24\% \leq C \leq 0.27\%$$

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

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

$$0.3\% \leq \text{Mn} \leq 1.6\%$$

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

$$0.5\% \leq \text{Cr} \leq 1.8\%$$

its chemical composition in addition satisfying the relations:

$$0.15\% \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 0.45 \%$$

$$0.6\% \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 1\%$$

3. Steel according to Claim 1 or Claim 2, wherein its chemical composition satisfies, in addition, the relation:

$$4.6 \times \text{C} + 1.05 \times \text{Mn} + 0.54 \times \text{Ni} + 0.66 \times (\text{Mo} + \text{W}/2) + 0.5 \times \text{Cr} + \text{K} \leq 3.7$$

with:

K = 0 if the steel contains less than 0.0005 % boron resulting from residual impurities,
K = 0.5 if the steel contains more than 0.0005 % boron.

4. A method for manufacturing a part made of steel that is highly resistant to wear, **characterized in that**:

- a steel part is provided whose chemical composition is defined by any one of Claims 1 to 3;
- the part is austenitized by heat below Ac_3 then cooled to room temperature such that at every point on the part, the cooling rate between the austenitizing temperature and 450°C is higher than 1°C/s and the passage time from the temperature of 450°C to a temperature of 200°C is between 50 seconds and 60 minutes and preferably between 100 seconds and 30 minutes;
- tempering at a temperature of less than 250°C may be done over a time of less than 3 hours.

5. The method according to Claim 4, **characterized in that** for cooling the part to ambient temperature from the temperature of austenitization the part is oil quenched.

6. The method according to Claim 5, wherein the part is a sheet having a thickness of between 10 mm and 100 mm.

7. The method according to Claim 4, wherein, in order to cool the part to ambient temperature from the of austenitization the part is air quenched.

8. The method according to Claim 7, wherein the part is a sheet having a thickness of between 2 mm and 20 mm.

9. A wear-resistant part, **characterized in that** it is comprised of a steel according to one of Claims 1 to 3.