

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 379 706 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
17.11.2004 Bulletin 2004/47

(51) Int Cl.7: **C22C 38/44**, C22C 38/50,
C22C 38/42, C22C 38/46,
C22C 38/60, C21C 7/06

(21) Numéro de dépôt: **02727658.3**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2002/001302

(22) Date de dépôt: **16.04.2002**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2002/083966 (24.10.2002 Gazette 2002/43)

(54) **ACIER A OUTILS A TENACITE RENFORCEE, PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES DANS
CET ACIER ET PIECES OBTENUES**

WERKZEUGSTAHL VON HOHER ZÄHIGKEIT, VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON TEILEN
AUS DIESEM STAHL UND SO HERGESTELLTE TEILE

TOOL STEEL HAVING HIGH TOUGHNESS, METHOD FOR PRODUCING PARTS MADE OF SAID
STEEL, AND PARTS THUS OBTAINED

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Etats d'extension désignés:
RO SI

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

(30) Priorité: **18.04.2001 FR 0105225**

(56) Documents cités:
EP-A- 0 458 646 EP-A- 0 475 804
WO-A-99/50469 US-A- 5 972 129

(43) Date de publication de la demande:
14.01.2004 Bulletin 2004/03

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

(72) Inventeurs:
• **BEGUINOT, Jean**
F-71200 Le Creusot (FR)
• **VIALE, Dominique**
F-71710 Marmagne (FR)

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 2000, no. 10, 17 novembre 2000 (2000-11-17) -& JP 2000 192195 A (DAIDO STEEL CO LTD), 11 juillet 2000 (2000-07-11)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 015, no. 216 (C-0837), 4 juin 1991 (1991-06-04) -& JP 03 064429 A (DAIDO STEEL CO LTD), 19 mars 1991 (1991-03-19)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 017, no. 554 (C-1118), 6 octobre 1993 (1993-10-06) -& JP 05 156407 A (HITACHI METALS LTD), 22 juin 1993 (1993-06-22)

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 1 379 706 B1

Description

[0001] La présente invention concerne une composition d'acier à outils présentant une ténacité renforcée par rapport aux nuances de l'art antérieur, un procédé d'élaboration de cette composition ainsi que les pièces pouvant être ainsi obtenues.

[0002] Les aciers à outils sont très largement utilisés dans de nombreuses applications impliquant notamment des déplacements relatifs entre pièces métalliques en contact, où l'une des pièces doit conserver son intégrité géométrique le plus longtemps possible. On peut citer à titre d'exemples de réalisation, les outils d'usinage et de coupe ainsi que les équipements métrologiques.

[0003] La conservation de l'intégrité géométrique de ces pièces demande une bonne résistance à l'usure, une bonne résistance à la déformation et à la rupture sous sollicitations statiques ou dynamiques, ce qui implique que l'acier utilisé présente une ténacité et une dureté élevées.

[0004] Par ailleurs, la nuance doit présenter une bonne trempabilité, afin que la structure soit la plus homogène possible sur de grandes épaisseurs après la trempe.

[0005] Or ces différentes exigences se révèlent bien souvent contradictoires. Ainsi, on connaît une nuance d'acier à outils pour travail à froid dénommée AISI D2 et largement répandue, contenant 1,5% en poids de carbone et 12% de chrome avec quelques additions complémentaires d'éléments carburigènes durcissants tels que Mo ou V. Les fortes teneurs en carbone et en chrome mènent à une importante précipitation de carbures eutectiques de type M_7C_3 qui sont formés à haute température en fin de solidification et sont dès lors grossiers et répartis de façon hétérogène dans la matrice métallique.

[0006] Si la présence d'une fraction volumique importante de carbures durs dans l'acier est favorable au renforcement de la tenue à l'usure, leur mauvaise répartition nuit quant à elle à la ténacité.

[0007] Pour pallier ce problème, il a alors été proposé de réduire les teneurs en carbone et chrome de ce type de nuances à des teneurs respectives d'environ 1 et 8% avec en compensation une teneur plus élevée en molybdène, de l'ordre de 2,5% (EP 0 930 374). La réduction de la teneur en carbone permet de réduire la fraction volumique des carbures eutectiques ce qui est favorable pour la ténacité. L'enrichissement de ces carbures en molybdène qui accroît leur dureté, permet à son tour de maintenir la dureté de l'acier et sa tenue à l'usure.

[0008] Toutefois, il resterait nécessaire d'affiner encore la distribution de ces carbures pour accroître la ténacité sans réduire les caractéristiques de dureté et de tenue à l'usure de l'acier.

[0009] Les inventeurs ont constaté qu'une nouvelle amélioration du compromis ténacité - tenue mécanique et à l'usure résulte de manière inattendue d'une teneur suffisante en azote accompagnée d'une teneur minimale en titane et/ou zirconium, elle-même fonction de la teneur en azote.

[0010] Plus précisément, il a été observé un affinement des carbures de chrome, de molybdène et de tungstène, et un renforcement conjoint de la ténacité, lorsque :

- d'une part $N \geq 0,004\%$, de préférence $\geq 0,006\%$,
- d'autre part $(Ti + Zr/2) \times N \geq 2,5 \cdot 10^{-4} \%^2$,

les teneurs en Ti, Zr et N étant exprimés en % pondéral.

[0011] Cette exigence conjointe en azote et titane ou zirconium suggère que le facteur actif est la présence de nitrures de titane et ou zirconium, supposés jouer le rôle d'affineur de la taille des carbures de chrome, de molybdène et de tungstène. La taille moyenne des gros carbures de chrome, de molybdène et de tungstène passe ainsi d'une valeur typique d'environ 10 μm selon l'art antérieur, à une valeur d'environ 4 μm , selon la présente invention.

[0012] Un premier objet de l'invention est ainsi constitué par un acier dont la composition comprend, les pourcentages étant exprimés en % en poids :

$$0,8 \leq C \leq 1,5$$

$$5,0 \leq Cr \leq 14$$

$$0,2 \leq Mn \leq 3$$

$$Ni \leq 5$$

$$V \leq 1$$

$$Nb \leq 0,1$$

$$Si+Al \leq 2$$

$$Cu \leq 1$$

$$S \leq 0,3$$

$$Ca \leq 0,1$$

$$Se \leq 0,1$$

$$Te \leq 0,1$$

$$1,0 \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 4$$

$$0,06 \leq \text{Ti} + \text{Zr}/2 \leq 0,15$$

$$0,004 \leq \text{N} \leq 0,02$$

5 le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés résultant de l'élaboration, étant en outre entendu que : $2,5 \cdot 10^{-4} \%^2 \leq (\text{Ti} + \text{Zr}/2) \times \text{N}$.

[0013] Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, la composition d'acier comprend, les pourcentages étant exprimés en % en poids :

$$10 \quad 0,8 \leq \text{C} \leq 1,2$$

$$7,0 \leq \text{Cr} \leq 9$$

$$0,2 \leq \text{Mn} \leq 1,5$$

$$\text{Ni} \leq 1$$

$$0,1 \leq \text{V} \leq 0,6$$

$$15 \quad \text{Nb} \leq 0,1$$

$$\text{Si} + \text{Al} \leq 1,2$$

$$\text{Cu} \leq 1$$

$$\text{S} \leq 0,3$$

$$\text{Ca} \leq 0,1$$

$$20 \quad \text{Se} \leq 0,1$$

$$\text{Te} \leq 0,1$$

$$2,4 \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 3$$

$$0,06 \leq \text{Ti} + \text{Zr}/2 \leq 0,15$$

$$0,004 \leq \text{N} \leq 0,02$$

25 le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés résultant de l'élaboration, étant en outre entendu que : $2,5 \cdot 10^{-4} \%^2 \leq (\text{Ti} + \text{Zr}/2) \times \text{N}$.

30 **[0014]** La teneur en titane et/ou en zirconium de l'acier selon l'invention doit être comprise entre 0,06 et 0,15% en poids. En effet, au-delà de 0,15% en poids, la précipitation de nitrures de titane et/ou de zirconium tend à coalescer et à perdre de son efficacité. Par contre, si la teneur est inférieure à 0,06% en poids, la quantité de titane et/ou de zirconium présent est insuffisante pour former suffisamment de nitrures de titane et/ou de zirconium pour obtenir l'amélioration recherchée en ténacité et en résistance à l'usure. On notera que le zirconium peut être substitué en tout ou partie au titane dans la proportion de deux parts de zirconium pour une part de titane.

35 **[0015]** La teneur en azote de l'acier selon l'invention doit être comprise entre 0,004 et 0,02% en poids, de préférence entre 0,006 et 0,02% en poids. On limite sa teneur à 0,02% en poids car au-delà, la ténacité tend à décroître.

[0016] La teneur en carbone de l'acier selon l'invention doit être comprise entre 0,8 et 1,5% en poids, de préférence entre 0,8 et 1,2% en poids. Le carbone doit être présent en une quantité suffisante pour former des carbures et atteindre le niveau de dureté que l'on souhaite obtenir pour la nuance.

40 **[0017]** Dans un autre mode de réalisation préféré, la teneur en carbone de l'acier selon l'invention est comprise entre 0,9% et 1,5% en poids, afin d'assurer une dureté améliorée, à traitement thermique inchangé, et de renforcer la tenue à l'usure en augmentant la fraction volumique de carbures durs.

[0018] La teneur en chrome de l'acier selon l'invention doit être comprise entre 5 et 14% en poids, de préférence entre 7 et 9% en poids. Cet élément permet d'une part d'augmenter la trempabilité de la nuance et, d'autre part, de former des carbures durcissants.

45 **[0019]** La teneur en manganèse de l'acier selon l'invention doit être comprise entre 0,2 et 3% en poids, de préférence entre 0,2 et 1,5% en poids. On l'ajoute dans la nuance selon l'invention car c'est un élément trempant, mais on limite sa teneur pour limiter la ségrégation qui entraînerait une mauvaise forgeabilité et une ténacité trop faible.

50 **[0020]** L'acier peut contenir jusqu'à 5% en poids de nickel. De préférence, la teneur en cet élément doit rester inférieure à 1% en poids. On peut l'ajouter dans la nuance selon l'invention car c'est un élément trempant et qui ne pose pas de problème de ségrégation. On limite cependant sa teneur car c'est un élément gammagène favorable à la formation d'austénite résiduelle.

[0021] Pour renforcer la résistance à l'adoucissement dans le cas fréquent où l'acier est soumis à revenu avant utilisation, il est utile d'ajouter à la composition des éléments carburigènes forts formant au revenu de fins carbures de types MC.

55 **[0022]** Parmi eux le vanadium est préféré, et on l'utilise alors en des teneurs d'au moins 0,1% mais ne dépassant pas 1%, préférentiellement inférieures à 0,6%.

[0023] Le niobium, qui tend à précipiter à plus haute température et qui, de ce fait, nuit fortement à la forgeabilité

de l'acier est à éviter et ne dépassera pas en tous cas 0,1%, et sera de préférence inférieur à 0,02% en poids.

[0024] La teneur en silicium et/ou en aluminium de l'acier selon l'invention doit être inférieure à 2% en poids. Outre leur rôle de désoxydation de la nuance, ces éléments permettent de ralentir la coalescence des carbures en température et réduisent de ce fait la cinétique d'adoucissement au revenu. On limite leur teneur car au-delà de 2% en-poids, ils fragilisent la nuance.

[0025] La teneur en molybdène et/ou en tungstène de l'acier selon l'invention doit être comprise entre 1 et 4% en poids, de préférence entre 2,4 et 3% en poids. On notera que le tungstène peut être substitué en tout ou partie au molybdène dans la proportion de deux parts de tungstène pour une part de molybdène. Ces deux éléments permettent d'améliorer la trempabilité de la nuance et de former des carbures durcissants. Leur teneur est limitée car ils sont à l'origine de ségrégations.

[0026] Le cuivre peut être présent dans l'acier en teneur néanmoins inférieure à 1% pour ne pas nuire à la forgeabilité de la nuance.

[0027] Par ailleurs, afin d'améliorer l'usinabilité de l'acier, du soufre, en une teneur ne dépassant pas 0,3% peut être ajouté, éventuellement accompagné de calcium, sélénium, tellure en teneurs chacune inférieure à 0,1%.

[0028] L'élaboration de la nuance d'acier selon l'invention, y compris le mode d'addition du titane et/ou du zirconium, peut se faire par tout procédé classique, mais peut être effectuée de façon avantageuse par le procédé selon l'invention qui constitue un deuxième objet de l'invention.

[0029] Ce procédé de fabrication de pièces comprend une première étape consistant à élaborer un acier liquide par fusion de l'ensemble des éléments de la nuance selon l'invention, à l'exception du titane et/ou du zirconium, puis à ajouter au bain d'acier fondu le titane et/ou le zirconium en évitant à tout instant les surconcentrations locales en titane et/ou en zirconium dans le bain d'acier fondu.

[0030] En effet, les présents inventeurs ont constaté que les procédés d'addition classiques, selon l'art antérieur, du titane et du zirconium sous forme d'éléments massifs de ferro-alliage ou métallique, génèrent des nitrures de titane et/ou de zirconium grossiers et conséquemment moins nombreux, d'autant plus qu'alors une partie d'entre eux peuvent même décanter. Cette situation semble être à relier au fait que ces procédés d'addition provoquent de fortes surconcentrations locales de titane et/ou de zirconium dans le liquide au voisinage des éléments additionnés.

[0031] Un des modes de réalisation de cette première étape du procédé selon l'invention consiste à ajouter le titane et/ou le zirconium dans le laitier couvrant le bain d'acier liquide de façon continue, le titane et/ou le zirconium se répandant ensuite de façon progressive dans le bain d'acier.

[0032] Un autre mode de réalisation de cette première étape du procédé selon l'invention consiste à ajouter le titane et/ou le zirconium en introduisant de façon continue un fil composé de ce ou ces éléments dans le bain d'acier fondu, tout en agitant le bain par bullage ou par tout autre procédé adapté.

[0033] Un autre mode de réalisation de cette première étape du procédé selon l'invention consiste à ajouter le titane et/ou le zirconium en soufflant une poudre contenant ce ou ces éléments dans le bain d'acier fondu, tout en agitant le bain par bullage ou par tout autre procédé adapté.

[0034] Dans le cadre de la présente invention, on préfère utiliser les différents modes de réalisation qui viennent d'être décrits, mais il est bien entendu que tout procédé permettant d'éviter une surconcentration locale en titane et/ou en zirconium pourra être mis en oeuvre.

[0035] L'élaboration est généralement effectuée dans un four à arc, ou dans un four à induction.

[0036] A l'issue de cette élaboration, l'acier liquide est coulé en lingots ou en brames. Afin d'affiner sa structure, on pourra effectuer un brassage dans la lingotière ou bien encore utiliser le procédé de refusion sous laitier avec électrode consommable.

[0037] Ces lingots ou ces brames sont ensuite transformés au moyen de traitements de mise en forme par déformation plastique à chaud adaptés tel que le forgeage ou le laminage, par exemple.

[0038] L'acier peut ensuite être soumis à un traitement thermique selon les voies classiques pour les aciers d'outillage. Un tel traitement thermique peut comporter éventuellement un recuit pour faciliter la découpe et l'usinage, puis une austénitisation suivie d'un refroidissement selon un mode adapté à l'épaisseur, tel qu'un refroidissement à l'air ou à l'huile, éventuellement suivi de revenus selon le niveau de dureté que l'on souhaite atteindre.

[0039] Un troisième objet de l'invention est constitué par une pièce d'acier de composition conforme à l'invention ou obtenue par la mise en oeuvre du procédé selon l'invention et dont la taille moyenne des précipités de carbures de chrome, de molybdène ou de tungstène issus de la solidification est comprise entre 2,5 et 6 μm , de préférence entre 3 et 4,5 μm .

[0040] La présente invention est illustrée à partir des observations et des exemples suivants, le tableau 1 donnant la composition chimique des aciers testés, parmi lesquels la coulée 1 est conforme à la présente invention, tandis que la coulée 2 est donnée à titre de comparaison.

EP 1 379 706 B1

Composition (% en poids)	Coulée 1	Coulée 2
C	0,98	0,96
Cr	8,40	8,20
Mn	0,79	0,83
Ni	0,35	0,31
Cu	0,26	0,22
V	0,37	0,40
Nb	0,01	0,09
Si	0,97	0,94
Al	0,03	0,03
Mo	2,60	2,50
W	-	-
Ti	0,11	0,004
Zr	-	-
N	0,011	0,009

Abréviations employées

[0041]

Pv : perte volumique, exprimée en mm³,
 KV : énergie de rupture, exprimée en J/cm²,
 T : ténacité, exprimée en J/cm².

Exemple 1 - Ténacité

[0042] On fabrique deux pièces à partir de la coulée 1 conforme à l'invention et de la coulée 2 comparative, en laminant à chaud à 1150°C des lingots élaborés dans ces compositions. Les échantillons sont ensuite austénitisés à 1050°C pendant une heure, trempés à l'huile puis soumis à un double revenu de 525°C pendant une heure pour obtenir une dureté de 60 Hrc.

[0043] On procède ensuite à deux séries d'essai utilisant des méthodes différentes pour mesurer la ténacité :

- un essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy prenant la forme d'un barreau entaillé en V selon la norme NF EN 10045-2, qui fournit l'énergie de rupture KV et
- un essai de flexion par choc sur barreau non entaillé (barreau de 10mm sur 10mm), qui fournit la ténacité T.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

	KV (J/cm ²)	T (J/cm ²)
Coulée 1	14,0	59
Coulée 2	10,5	47

[0044] On voit que, quelle que soit la méthode employée, la coulée 1 selon l'invention présente une ténacité améliorée par rapport à la coulée 2 comparative.

Exemple 2 - Résistance à l'usure

[0045] On fabrique deux pièces d'une manière analogue à celle utilisée dans l'exemple 1, et on procède à une mesure de la résistance à l'usure en suivant la norme ASTM G52 qui permet de déterminer la perte volumique subie par les échantillons testés. Cet essai consiste à mesurer la perte de poids de l'échantillon soumis à l'usure abrasive d'un filet de sable quartzique à granulométrie calibrée introduit entre une roue caoutchoutée et l'échantillon fixe.

[0046] Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant : 1

	PV (mm ³)
Coulée 1	17,5
Coulée 2	18,5

[0047] On constate que la coulée 1 selon l'invention présente une résistance à l'usure légèrement améliorée par rapport à la coulée 2 comparative.

Revendications

1. Acier à outils dont la composition comprend, les pourcentages étant exprimés en % en poids :

$$0,8 \leq C \leq 1,5$$

$$5,0 \leq Cr \leq 14$$

$$0,2 \leq Mn \leq 3$$

$$Ni \leq 5$$

$$V \leq 1$$

$$Nb \leq 0,1$$

$$Si+Al \leq 2$$

$$Cu \leq 1$$

$$S \leq 0,3$$

$$Ca \leq 0,1$$

$$Se \leq 0,1$$

$$Te \leq 0,1$$

$$1,0 \leq Mo+W/2 \leq 4$$

$$0,06 \leq Ti+Zr/2 \leq 0,15$$

$$0,004 \leq N \leq 0,02$$

le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés résultant de l'élaboration,

étant en outre entendu que : $2,5 \cdot 10^{-4} \%^2 \leq (Ti + Zr/2) \times N$.

2. Acier selon la revendication 1, **caractérisé en outre en ce que** la composition comprend, les pourcentages étant exprimés en % en poids :

$$0,8 \leq C \leq 1,2$$

$$7,0 \leq Cr \leq 9$$

$$0,2 \leq Mn \leq 1,5$$

$$Ni \leq 1$$

$$0,1 \leq V \leq 0,6$$

$Nb \leq 0,1$
 $Si+Al \leq 1,2$
 $Cu \leq 1$
 $S \leq 0,3$
 $Ca \leq 0,1$
 $Se \leq 0,1$
 $Te \leq 0,1$
 $2,4 \leq Mo+W/2 \leq 3$
 $0,06 \leq Ti+Zr/2 \leq 0,15$
 $0,004 \leq N \leq 0,02$

le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés résultant
 de l'élaboration,
 étant en outre entendu que : $2,5 \cdot 10^{-4} \%^2 \leq (Ti + Zr/2) \times N$.

3. Acier selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en outre en ce que** la teneur en niobium est inférieure ou égale à 0,02% en poids.

4. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en outre en ce que** la teneur en azote est comprise entre 0,006 et 0,02% en poids.

5. Procédé de fabrication d'une pièce en acier de composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que**

- on élabore un acier liquide par fusion de l'ensemble des éléments de ladite composition, à l'exception du titane et/ou du zirconium, puis on ajoute au bain d'acier fondu le titane et/ou le zirconium en évitant à tout instant les surconcentrations locales en titane et/ou en zirconium dans le bain d'acier fondu,
- on coule ledit acier liquide pour obtenir un lingot ou une brame,
- on soumet ledit lingot ou ladite brame à un traitement de mise en forme par déformation plastique à chaud, puis éventuellement à un traitement thermique pour obtenir ladite pièce.

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'ajout du titane et/ou du zirconium est effectué en continu dans un laitier couvrant le bain d'acier liquide, le titane et/ou le zirconium se répandant ensuite de façon progressive dans ledit bain d'acier.

7. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'ajout du titane et/ou du zirconium est effectué par introduction continue d'un fil composé de titane et/ou de zirconium dans le bain d'acier, tout en agitant ledit bain.

8. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'ajout du titane et/ou du zirconium est effectué par soufflage d'une poudre contenant du titane et/ou du zirconium, dans le bain d'acier fondu, tout en agitant le bain.

9. Pièce d'acier de composition conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4 ou obtenue par la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, **caractérisée en ce que** la taille moyenne des précipités de carbures de chrome, de molybdène ou de tungstène issus de la solidification est comprise entre 2,5 et 6 μm .

10. Pièce d'acier selon la revendication 9, **caractérisée en outre en ce que** la taille moyenne des précipités de carbures de chrome, de molybdène ou de tungstène issus de la solidification est comprise entre 3 et 4,5 μm .

Patentansprüche

1. Werkzeugstahl, dessen Zusammensetzung, wobei die Prozentangaben in Gewichtsprozent ausgedrückt sind, umfasst:

$0,8 \leq C \leq 1,5$
 $5,0 \leq Cr \leq 14$
 $0,2 \leq Mn \leq 3$

EP 1 379 706 B1

$Ni \leq 5$
 $V \leq 1$
 $Nb \leq 0,1$
 $Si+Al \leq 0,1$
 $Cu \leq 1$
 $S \leq 0,3$
 $Ca \leq 0,3$
 $Se \leq 0,1$
 $Te \leq 0,1$
 $1,0 \leq Mo+W/2 \leq 4$
 $0,06 \leq Ti + Zr/2 \leq 0,15$
 $0,004 \leq N \leq 0,02$

wobei der Rest der Zusammensetzung aus Eisen und aus durch die Herstellung resultierenden Verunreinigungen besteht,

wobei darüber hinaus festgelegt wird: $2,5 \cdot 10^{-4} \%^2 \leq (Ti + Zr/2) \times N$.

2. Stahl nach Anspruch 1, darüber hinaus dadurch charakterisiert, dass die Zusammensetzung, wobei die Prozentangaben in Gewichtsprozent ausgedrückt sind, umfasst:

$0,8 \leq C \leq 1,2$
 $7,0 \leq Cr \leq 9$
 $0,2 \leq Mn \leq 1,5$
 $Ni \leq 1$
 $0,1 \leq V \leq 0,6$
 $Nb \leq 0,1$
 $Si+Al \leq 1,2$
 $Cu \leq 1$
 $S \leq 0,3$
 $Ca \leq 0,1$
 $Se \leq 0,1$
 $Te \leq 0,1$
 $2,4 \leq Mo+W/2 \leq 3$
 $0,06 \leq Ti + Zr/2 \leq 0,15$
 $0,004 \leq N \leq 0,02$

wobei der Rest der Zusammensetzung aus Eisen und durch die Herstellung resultierenden Verunreinigungen besteht,

wobei darüber hinaus festgelegt wird: $2,5 \cdot 10^{-4} \%^2 \leq (Ti + Zr/2) \times N$.

3. Stahl nach Anspruch 1 oder 2, darüber hinaus dadurch charakterisiert, dass der Gehalt an Niob kleiner oder gleich 0,02 Gew.-% ist.

4. Stahl nach einem der Ansprüche 1 bis 3, darüber hinaus dadurch charakterisiert, dass der Gehalt an Stickstoff zwischen 0,006 und 0,02 Gew.-% liegt.

5. Verfahren zur Herstellung eines Stücks aus Stahl mit der Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch charakterisiert, dass

- man einen flüssigen Stahl durch Schmelzen aller Elemente der Zusammensetzung mit Ausnahme von Titan und/oder Zirkonium herstellt, man dann in das Stahlschmelzbad Titan und/oder Zirkonium gibt, indem unter allen Umständen lokale Überkonzentrationen von Titan und/oder Zirkonium im Stahlschmelzbad vermieden werden,
- man den flüssigen Stahl zur Herstellung eines Barrens oder einer Röhre gießt,
- man den Barren oder die Röhre einer Formungsbehandlung durch plastische Warmverformung und gegebenenfalls einer thermischen Behandlung zur Herstellung des Stücks unterzieht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch charakterisiert, dass die Zugabe des Titans und/oder des Zirkoniums konti-

nuierlich in eine Schlacke erfolgt, die das Flüssigstahlbad bedeckt, wobei das Titan und/oder das Zirkonium sich anschließend in fortschreitender Weise im Stahlbad verteilen.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch charakterisiert, dass die Zugab des Titans und/oder des Zirkoniums durch kontinuierliche Zugabe eines Drahts aus Titan und/oder Zirkonium in das Stahlbad erfolgt, wobei das Bad gerührt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch charakterisiert, dass die Zugabe des Titans und/oder des Zirkoniums durch Einblasen eines Titan und/oder Zirkonium enthaltenden Pulvers in das Stahlschmelzebad erfolgt, wobei das Bad gerührt wird.

9. Stahlstück mit einer Zusammensetzung entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 4, oder erhalten durch Durchführung des Verfahrens noch einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch charakterisiert, dass die mittlere Größe der Niederschläge von Chrom-, Molybdän- oder Wolframcarbid, die nach der Verfestigung entstehen, zwischen 2,5 und 6 µm liegt.

10. Stahlstück nach Anspruch 9, darüber hinaus dadurch charakterisiert, dass die mittlere Größe der Niederschläge von Chrom-, Molybdän- oder Wolframcarbid, die nach der Verfestigung entstehen, zwischen 3 und 4,5 µm liegt.

Claims

1. Tooling steel with a composition comprising the following, the percentages being expressed as % by weight:

$0.8 \leq C \leq 1.5$
 $5.0 \leq Cr \leq 14$
 $0.2 \leq Mn \leq 3$
 $Ni \leq 5$
 $V \leq 1$
 $Nb \leq 0.1$
 $Si+Al \leq 2$
 $Cu \leq 1$
 $S \leq 0.3$
 $Ca \leq 0.1$
 $Se \leq 0.1$
 $Te \leq 0.1$
 $1.0 \leq Mo+W/2 \leq 4$
 $0.06 \leq Ti+Zr/2 \leq 0.15$
 $0.004 \leq N \leq 0.02$

the rest of the composition being made up of iron and foreign matter resulting from the processing, and further it is understood that: $2.5 \times 10^{-4} \%^2 \leq (Ti + Zr/2) \times N$.

2. Steel according to Claim 1, **characterised in addition in that** the composition comprises the following, the percentages being expressed as % by weight:

$0.8 \leq C \leq 1.2$
 $7.0 \leq Cr \leq 9$
 $0.2 \leq Mn \leq 1.5$
 $Ni \leq 1$
 $0.1 \leq V \leq 0.6$
 $Nb \leq 0.1$
 $Si+Al \leq 1.2$
 $Cu \leq 1$
 $S \leq 0.3$
 $Ca \leq 0.1$
 $Se \leq 0.1$
 $Te \leq 0.1$

$$2.4 \leq \text{Mo+W}/2 \leq 3$$

$$0.06 \leq \text{Ti+Zr}/2 \leq 0.15$$

$$0.004 \leq \text{N} \leq 0.02$$

the rest of the composition being made up of iron and foreign matter resulting from the processing, and further it is understood that: $2.5 \times 10^{-4} \%^2 \leq (\text{Ti} + \text{Zr}/2) \times \text{N}$.

3. Steel according to Claim 1 or 2, further **characterised in that** the niobium content is below or equal to 0.02% by weight.

4. Steel according to any one of the Claims 1 to 3, characterised further in that the nitrogen content is between 0.006 and 0.02% by weight inclusive.

5. Process for manufacturing a steel component with a composition according to any one of the Claims 1 to 4, **characterised in that**

- a liquid steel is worked by melting all of the elements of the said composition, with the exception of the titanium and/or zirconium, then the titanium and/or zirconium is added to the melted steel bath while avoiding at any time local overconcentrations of titanium and/or zirconium in the melted steel bath;
- the said liquid steel is poured to make an ingot or a slab;
- the said ingot or slab is subjected to a forming treatment by hot plastic deformation, then possibly to heat treatment to make the said component.

6. Process according to Claim 5, **characterised in that** the titanium and/or zirconium are added continuously into a slag covering the bath of liquid steel, the titanium and/or zirconium then spreading out gradually in the said steel bath.

7. Process according to Claim 5, **characterised in that** the titanium and/or zirconium are added by continuous introduction of a titanium and/or zirconium wire into the steel bath, while the said bath is being stirred.

8. Process according to Claim 5, **characterised in that** the titanium and/or zirconium are added by blowing a powder containing the titanium and/or zirconium into the melted steel bath, while the bath is being stirred.

9. Steel component with a composition in accordance with any one of the Claims 1 to 4 or made by using the process according to any one of the Claims 5 to 8, **characterised in that** the average size of the precipitates of molybdenum or tungsten or chromium carbides from the solidification is between 2.5 and 6 μm .

10. Steel component according to Claim 9, characterised further in that the average size of the molybdenum or tungsten or chromium carbides from the solidification is between 3 and 4.5 μm .