



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2002/04/16
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2002/10/24
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2003/10/15
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2002/001302
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2002/083966
 (30) Priorité/Priority: 2001/04/18 (01/05225) FR

(51) Cl.Int.⁷/Int.Cl.⁷ C22C 38/44, C22C 38/60, C22C 38/50,
C21C 7/06, C22C 38/46, C22C 38/42
 (71) Demandeur/Applicant:
USINOR, FR
 (72) Inventeurs/Inventors:
BEGUINOT, JEAN, FR;
VIALE, DOMINIQUE, FR
 (74) Agent: ROBIC

(54) Titre : ACIER A OUTILS A TENACITE RENFORCEE, PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES DANS CET ACIER
ET PIECES OBTENUES
 (54) Title: REINFORCED DURABLE TOOL STEEL, METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF, METHOD FOR
PRODUCING PARTS MADE OF SAID STEEL, AND PARTS THUS OBTAINED

(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un 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 .ltoeq. 5; V ltoreq. 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: $2,5 \cdot 10^{-4} \%^2 \leq (Ti + Zr/2) \times N$, un procédé de fabrication de pièces dans cet atelier et les pièces obtenues.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
24 octobre 2002 (24.10.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/083966 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ :
C22C 38/44, 38/50, 38/42, 38/46, 38/60, C21C 7/06(74) Mandataire : PLAISANT, Sophie; Usinor DIR PI, Im-
meuble "La Pacific", TSA 10001, F-92070 La Defense
Cedex (FR).(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR02/01302(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CN, CO, CR, CU, CZ, DM,
DZ, EC, EE, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, RO,
RU, SD, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(22) Date de dépôt international : 16 avril 2002 (16.04.2002)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
01/05225 18 avril 2001 (18.04.2001) FR(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet
européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ,
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : USI-
NOR [FR/FR]; Immeuble "La Pacific", La Défense 7,
11-13, cours Valmy, F-92800 Puteaux (FR).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : BE-
GUINOT, Jean [FR/FR]; 12, rue des Pyrénées, F-71200
Le Creusot (FR). VIALE, Dominique [FR/FR]; 41, rue
Jean Lafoy, F-71710 Marmagne (FR).En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.(54) Title: REINFORCED DURABLE TOOL STEEL, METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF, METHOD FOR PRO-
DUCING PARTS MADE OF SAID STEEL, AND PARTS THUS OBTAINED(54) Titre : ACIER A OUTILS A TENECITE RENFORCEE, PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES DANS CET ACIER
ET PIECES OBTENUES(57) Abstract: The invention relates to a tool steel, whereby the composition thereof comprises the following expressed in wt. %:
 $0.8 \leq C \leq 1.5$; $5.0 \leq Cr \leq 14$; $0.2 \leq Mn \leq 3$; $Ni \leq 5$; $V \leq 1$; $Nb \leq 0.1$; $Si+Al \leq 2$; $Cu \leq 1$; $S \leq 0.3$; $Ca \leq 0.1$; $Se \leq 0.1$; $Te \leq 0.1$; $1.0 \leq Mo+W/2 \leq 4$; $0.06 \leq Ti+Zr/2 \leq 0.15$; $0.004 \leq N \leq 0.02$. The rest of the composition is comprised of iron and impurities resulting from the production process, including $2.5 \cdot 10^{-4} \%^2 \leq (Ti + Zr/2) \times N$. The invention also relates to a method for producing parts made of said steel and parts thus obtained.(57) Abrégé : L'invention concerne un 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: $2,5 \cdot 10^{-4} \%^2 \leq (Ti + Zr/2) \times N$, un procédé de fabrication de pièces dans cet atelier et les pièces obtenues.

WO 02/083966 A1

Acier à outils à ténacité renforcée, procédé de fabrication de pièces dans cet acier et pièces obtenues.

5 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.

10 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.

15 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.

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

25 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.

30 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.

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
 5 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.

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

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.

15 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 $(Ti + Zr/2) \times N \geq 2,5 \cdot 10^{-4} \%^2$,

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

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
 25 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.

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

30	0,8	≤	C	≤	1,5
	5,0	≤	Cr	≤	14
	0,2	≤	Mn	≤	3
			Ni	≤	5
			V	≤	1

3

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

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

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

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

$$5 \quad \text{Ca} \leq 0,1$$

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

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

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

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

$$10 \quad 0,004 \leq \text{N} \leq 0,02$$

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

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

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

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

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

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

$$20 \quad \text{Ni} \leq 1$$

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

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

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

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

$$25 \quad \text{S} \leq 0,3$$

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

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

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

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

$$30 \quad 0,06 \leq \text{Ti+Zr/2} \leq 0,15$$

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

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

de l'élaboration,

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

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Pour renforcer la résistance à l'adoucissement dans le cas fréquent où
5 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.

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
10 0,6%.

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.

La teneur en silicium et/ou en aluminium de l'acier selon l'invention doit
15 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.

La teneur en molybdène et/ou en tungstène de l'acier selon l'invention
20 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
25 sont à l'origine de ségrégations.

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

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
30 de calcium, sélénium, tellure en teneurs chacune inférieure à 0,1%.

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.

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
5 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.

En effet, les présents inventeurs ont constaté que les procédés d'addition classiques, selon l'art antérieur, du titane et du zirconium sous forme
10 d'éléments massifs de ferro-alliage ou métallique, généraient 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
15 voisinage des éléments additionnés.

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.

20 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.

Un autre mode de réalisation de cette première étape du procédé selon
25 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.

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
30 tout procédé permettant d'éviter une surconcentration locale en titane et/ou en zirconium pourra être mis en œuvre.

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

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.

5 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.

L'acier peut ensuite être soumis à un traitement thermique selon les voies classiques pour les aciers d'outillage. Un tel traitement thermique peut
10 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.

Un troisième objet de l'invention est constitué par une pièce d'acier de
15 composition conforme à l'invention ou obtenue par la mise en œuvre 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 .

La présente invention est illustrée à partir des observations et des
20 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.

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

- Pv : perte volumique, exprimée en mm^3 ,
KV : énergie de rupture, exprimée en J/cm^2 ,
5 T : ténacité, exprimée en J/cm^2 .

Exemple 1 - Ténacité

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
10 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.

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

- 15 – 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.

20

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

On voit que, quelle que soit la méthode employée, la coulée 1 selon
25 l'invention présente une ténacité améliorée par rapport à la coulée 2

comparative.

Exemple 2 - Résistance à l'usure

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.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

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

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	≤	C	≤	1,5
	5,0	≤	Cr	≤	14
5	0,2	≤	Mn	≤	3
			Ni	≤	5
			V	≤	1
			Nb	≤	0,1
			Si+Al	≤	2
10			Cu	≤	1
			S	≤	0,3
			Ca	≤	0,1
			Se	≤	0,1
			Te	≤	0,1
15	1,0	≤	Mo+W/2	≤	4
	0,06	≤	Ti+Zr/2	≤	0,15
	0,004	≤	N	≤	0,02

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

20 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	≤	C	≤	1,2
	7,0	≤	Cr	≤	9
25	0,2	≤	Mn	≤	1,5
			Ni	≤	1
	0,1	≤	V	≤	0,6
			Nb	≤	0,1
			Si+Al	≤	1,2

	Cu	≤ 1.
	S	≤ 0,3
	Ca	≤ 0,1
	Se	≤ 0,1
5	Te	≤ 0,1
	2,4 ≤ Mo+W/2	≤ 3
	0,06 ≤ Ti+Zr/2	≤ 0,15
	0,004 ≤ N	≤ 0,02

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

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

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
15 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
20 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
25 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
30 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.
- 5 9. Pièce d'acier de composition conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4 ou obtenue par la mise en œuvre 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 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 .