



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 736 610 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
21.02.2001 Bulletin 2001/08

(51) Int Cl.7: **C22C 38/42, C22C 38/60**

(21) Numéro de dépôt: **96400532.6**

(22) Date de dépôt: **15.03.1996**

(54) **Acier inoxydable austénitique resulfuré à usinabilité améliorée, utilisé notamment dans le domaine de l'usinage à très grande vitesse de coupe et le domaine du décolletage**

Heraufgeschwefelter rostfreier austenitischer Stahl mit erhöhter Bearbeitbarkeit, insbesondere zur Verwendung in maschinelle Bearbeitung mit hohe Schnittgeschwindigkeit und auf den Drehautomaten

Resulfurized austenitic stainless steel with improved machinability, suitable for use in the field of high-speed cutting and on the automatic lathe

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU NL PT SE

(30) Priorité: **07.04.1995 FR 9504140**

(43) Date de publication de la demande:
09.10.1996 Bulletin 1996/41

(73) Titulaire: **UGINE-SAVOIE IMPHY
73400 Ugine (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Terrien, Pascal
73200 Albertville (FR)**
• **Cholin, Xavier
73200 Albertville (FR)**
• **Pedarre, Pierre
74000 Annecy (FR)**

(74) Mandataire: **Neyret, Daniel Jean Marie
USINOR
Direction Propriété Industrielle
Immeuble Pacific
11, cours Valmy - TSA 10001
La Défense 7
92070 La Défense Cedex (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A- 0 257 979 EP-A- 0 403 332
SE-A- 346 813**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 219 (C-943), 22 Mai 1992 & JP-A-04 041651 (DAIDO STEEL CO.LTD.), 12 Février 1992,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 123 (C-698), 8 Mars 1990 & JP-A-01 319652 (NIPPON KOSHUKA KOGYO K.K.), 25 Décembre 1989,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 18, no. 185 (C-1185), 30 Mars 1994 & JP-A-05 339680 (DAIDO STEEL CO.LTD.), 21 Décembre 1993,**

EP 0 736 610 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 concerne un acier inoxydable austénitique resulfuré à usinabilité améliorée, utilisé notamment dans le domaine de l'usinage à très grande vitesse de coupe et le domaine du décolletage.

[0002] Pour un homme du métier, on entend par usinage à grande vitesse des aciers inoxydables austénitiques, l'utilisation de vitesses de coupe supérieures à 500 m/mn.

[0003] Les vitesses utilisables sur un acier sont, par exemple, déterminées par des tests de tournage avec des outils comportant des plaquettes en carbure revêtu, tests désignés Vb_{15/0,15}, qui consistent à déterminer la vitesse pour laquelle l'usure en dépouille est de 0,15 mm après 15 mn d'usinage. Au delà de cette vitesse, il n'est pas envisageable d'usiner sans risque, en deçà la pratique industrielle est possible.

[0004] Il est connu du brevet européen N° 403 332 un acier austénitique resulfuré à usinabilité améliorée. Ce document décrit un procédé dans lequel il est proposé, pour améliorer l'usinabilité, d'introduire dans un acier ayant la composition générale suivante : carbone inférieur à 0,15%, silicium inférieur à 2%, manganèse inférieur à 2%, molybdène inférieur à 3%, nickel compris entre 7 et 12%, chrome compris entre 15 et 25%, une quantité de soufre dans une proportion comprise entre 0,1 et 0,4%, associée à du calcium et de l'oxygène dans des teneurs respectivement supérieures à 30.10⁻⁴ % et 70.10⁻⁴ %, les teneurs en calcium et oxygène satisfaisant à la relation Ca/O comprise entre 0,2 et 0,6.

[0005] Dans ce document, le but recherché est la formation, avec le manganèse et dans une plus faible proportion, avec le chrome, d'un sulfure de manganèse et de chrome (Mn,Cr)S qui génère sous la forme d'inclusions spécifiques une lubrification solide de l'outil de coupe pendant les opérations d'usinage.

[0006] Il est également précisé que le soufre a un effet défavorable sur la résistance à la corrosion et que, malgré cela, une orientation choisie est l'introduction, dans un acier resulfuré, d'inclusions d'oxydes de silicoaluminat de chaux le plus souvent associées aux inclusions de sulfures.

[0007] Un tel acier austénitique a de bonnes propriétés en usinabilité dans le domaine des vitesses de coupe conventionnelle, c'est-à-dire inférieures à 500 m/mn en tournage. L'acier comporte des inclusions associées composées d'oxydes de type silicoaluminat qui enrobent préférentiellement des inclusions de sulfure. Ces inclusions sont plus grandes et plus déformables que les inclusions de sulfure seules. L'effet de la lubrification dite solide de l'outil de coupe s'en trouve amélioré. L'acier décrit dans le document cité comporte cependant un inconvénient. En effet, le soufre réduit de façon conséquente les propriétés de l'acier du point de vue déformation à froid avec apparition de tapures par exemple en étirage ou tréfilage.

[0008] L'invention a pour but de proposer un acier à usinabilité améliorée pouvant être utilisé, d'une part dans le domaine de l'usinage à très grande vitesse, avec des vitesses de coupe en tournage pouvant dépasser 700 m/mn, et, d'autre part dans le domaine du décolletage avec des productivités supérieures à 30% à celles obtenues avec un acier inoxydable austénitique resulfuré ordinaire.

[0009] L'invention a pour objet un acier inoxydable austénitique resulfuré à usinabilité amélioré utilisable notamment dans le domaine de l'usinage à grande vitesse de coupe et le domaine du décolletage, tel que défini dans la revendication 1.

[0010] Les caractéristiques préférées de l'invention sont :

- la teneur en soufre est comprise entre 0,20 et 0,40% et, de préférence, entre 0,25 et 0,35%.
- la teneur en cuivre est comprise entre 1,2 et 3% et, de préférence, entre 1,4 et 1,8%.
- la composition comprend en outre moins de 3% de molybdène.

[0011] La description qui suit et les figures annexées, le tout donné à titre d'exemple non limitatif, fera bien comprendre l'invention.

[0012] La figure 1 présente les courbes d'usure en dépouille d'aciers inoxydables resulfurés, soit sans cuivre, soit sans inclusion aluminosilicate de chaux et d'un acier resulfuré selon l'invention, ces aciers étant usinés à très grande vitesse de coupe.

[0013] La figure 2 présente les courbes d'écroissance d'un acier resulfuré sans cuivre et d'un acier selon l'invention.

[0014] L'acier inoxydable austénitique selon l'invention a la composition pondérale suivante : carbone inférieur à 0,1%, silicium inférieur à 2%, manganèse inférieur à 2%, nickel, de 7 à 12%, chrome, de 15 à 25%, soufre, de 0,10 à 0,55%, cuivre, de 1 à 5%, calcium supérieur à 35.10⁻⁴ %, oxygène supérieur à 70.10⁻⁴ %, le rapport de la teneur en calcium sur la teneur en oxygène étant compris entre 0,2 et 0,6.

[0015] Cet acier est du domaine des aciers dit resulfurés dont la teneur en soufre et les teneurs en calcium et en oxygène dans un rapport déterminé assurent auxdits aciers une bonne usinabilité à des vitesses de coupe inférieures à 500 m/mn.

[0016] Dans l'usage de l'acier selon l'invention, dans le domaine de l'usinage à très grande vitesse de coupe, l'usinabilité est améliorée par l'action conjointe d'un grand nombre d'inclusions, sulfures de manganèse et oxydes alumi-

EP 0 736 610 B1

nosilicates de chaux issus de l'apport de calcium et d'oxygène et par la présence du cuivre. Le cuivre limite les efforts nécessaires à la formation du copeau. Du fait de cette propriété, la température à la pointe de l'outil reste à un niveau supportable pour celui-ci. Dans ces conditions, les nombreuses inclusions de sulfure de manganèse et d'oxydes aluminosilicates de chaud assurent pleinement, en combinaison, leur rôle de lubrifiant solide pour retarder l'usure de l'outil. Dans l'acier selon l'invention, les sulfures de manganèse sont très peu substitués en chrome du fait d'une teneur en manganèse adaptée à la teneur en soufre, leur malléabilité et donc leur efficacité lors de la coupe s'en trouvant améliorée. Le soufre peut être partiellement remplacé par du sélénium et/ou du tellure.

[0017] L'acier resulfuré selon l'invention, utilisable préférentiellement dans le domaine de l'usinage dit à grande vitesses de coupe, par la présence d'un grand nombre d'inclusions malléables à bas point de fusion de sulfure et d'oxyde associées ou non associées, et par la présence d'une teneur en cuivre selon l'invention, assure d'une part, des usinages à des vitesses de coupe exceptionnelles et d'autre part, une conservation de la durée de vie de l'outil de coupe .

[0018] Dans un essai d'usinabilité comparatif à très grande vitesse de coupe, c'est-à-dire à plus de 500 m/mn, il est utilisé un outil en carbure revêtu TiN. Il a été comparé l'évolution de l'usure en dépouille de l'outil au cours de l'usinage de trois aciers resulfurés référencés A, B et C. Les aciers A et B sont des aciers resulfurés de référence, l'acier A ne contenant pas de calcium ni d'oxygène en proportion convenable, l'acier B ne contenant pas de cuivre dans sa composition. L'acier C, selon l'invention, dans cet exemple d'application, comporte dans sa composition, 1,5 % de cuivre, 44.10⁻⁴% de calcium et 118 10⁻⁴% d'oxygène . Les compositions des aciers A et B de référence et de l'acier C selon l'invention sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous.

Acier	C	Si	Mn	Mo	Ni	Cr	S	Cu	Ca	O
A	0,048	0,42	1,50	0,29	8,05	17,03	0,30	1,5	10	53
B	0,051	0,38	1,49	0,29	8,03	17,05	0,30	0,5	51	110
C	0,050	0,43	1,50	0,31	8,10	17,04	0,30	1,5	44	118
D	0,049	0,45	1,48	0,28	8,02	17,11	0,39	1,5	14	57
E	0,052	0,39	1,51	0,30	8,07	17,03	0,30	1,5	62	134

[0019] L'essai consiste en une opération de tournage, sans lubrification, avec une avance de 0,25 mm/tour, une profondeur de passe de 1,5 mm et une vitesse de coupe de 700 m/mn. L'outil est démonté régulièrement pour la mesure de l'usure en dépouille. Les courbes qui en résultent sont présentées sur la figure 1.

[0020] Les aciers de référence A et B sont inaptes à ce type d'usinage. Après seulement quelques minutes de tournage, les outils usinant ces aciers sont détruits, c'est-à-dire que soit, leur usure en dépouille est supérieure à 0,15 mm, soit leur arête est effondrée. Il n'est donc pas pensable d'utiliser, pour l'usinage de ces aciers, de telles vitesses de coupe. Par contre, avec l'acier C selon l'invention, l'outil revêtu est encore en état d'usiner après 20 minutes de tournage, ce qui permet, avec des outils classiques en carbure revêtu de travailler industriellement à de telles vitesses de coupe. Ceci est dû à la présence combinée, dans la composition de l'acier, d'une grande quantité de soufre, d'oxydes malléables à bas point de fusion et d'une teneur optimale de cuivre.

[0021] Dans l'usage de l'acier selon l'invention, dans le domaine du décolletage, l'usinabilité est améliorée par la présence du cuivre lors de la fabrication de barres, puis par l'action des inclusions de sulfure de manganèse et d'oxydes aluminosilicates de chaux lors de l'usinage. Le cuivre diminue l'érouissabilité, comme le montre la figure 2 sur laquelle sont à nouveau comparés l'acier B de référence et l'acier C selon l'invention. Cette faible érouissabilité conduit à l'obtention de barres étirées moins dures, en particulier en surface.

[0022] L'effet des inclusions vient ensuite en complément pour favoriser le cisaillement du copeau et lubrifier l'interface outil/métal.

[0023] Dans un essai de production de pièces en décolletage, il a été comparé la productivité de deux d'aciers resulfurés référencés D et E. L'acier D de référence, est un acier resulfuré ne contenant pas dans sa composition de calcium ni d'oxygène en proportion convenable, et l'acier E, selon l'invention, dans cet exemple de réalisation, comporte dans sa composition, 1,5 % de cuivre, 62.10⁻⁴% de calcium et 134.10⁻⁴% d'oxygène.

[0024] De manière surprenante, l'action en combinaison des trois éléments cuivre, oxygène, calcium, génère un effet particulier sur l'amélioration de l'usinabilité, imprévisible lorsque ces éléments sont introduits dans la composition deux à deux ou de manière séparée.

[0025] Les compositions de l'acier D de référence, et de l'acier E selon l'invention, sont décrites dans le tableau 1.

[0026] L'essai consiste en la production, à partir d'une barre étirée d'un diamètre de 5 mm, de pièce de 50 mm de long comprenant essentiellement du tournage, à profondeur de passe variable de 0,5 à 1,5 mm. Le tableau 2 ci-dessous présente les résultats d'un essai de décolletage sur un tour monobroche à cames avec des outils en carbure monobloc et une lubrification en huile entière. Les valeurs du tableau 2 représentent le nombre de pièces ayant un usinage de

EP 0 736 610 B1

bonne qualité avant changement des outils.

Productivité	Acier D	Acier E
1,82 pièce/mn	3 200	8 000
2,30 pièce/mn	1 500	3 200

[0027] Dans les conditions de coupe optimisées pour un acier de référence, on peut produire 2,5 fois plus de pièces avec l'acier selon l'invention, avant d'avoir à changer les outils. Inversement, avec une productivité 30 % supérieure sur l'acier selon l'invention, la durée de vie est identique.

[0028] Dans un autre essai de décolletage, les deux mêmes aciers D et E sont comparés sur une simple opération de tronçonnage, consistant à produire des axes de 4 mm de diamètre à partir d'un fil machine tronçonné sur une machine à torche. La productivité a été améliorée de 28 % avec l'acier E selon l'invention en comparaison avec l'acier D de référence ne contenant pas de calcium ni d'oxygène en proportion convenable.

Revendications

1. Acier inoxydable austénitique resulfuré, à usinabilité améliorée, utilisé notamment dans le domaine de l'usinage à grande vitesse de coupe, et dans le domaine du décolletage et contenant dans sa composition pondérale les éléments suivants :

- carbone < 0,15%
- silicium < 2%
- manganèse < 2%
- nickel de 7 à 12%
- chrome de 15 à 25%
- soufre > 0,10 %, éventuellement remplacé en partie par du sélénium et/ou tellure,
- calcium > $30 \cdot 10^{-4}\%$
- oxygène > $70 \cdot 10^{-4}\%$,

le reste étant constituée par du fer et des impuretés résiduelles, le rapport de la teneur en calcium sur la teneur en oxygène étant compris entre 0,2 et 0,6, caractérisé en ce que dans sa composition pondérale :

- Carbone < à 0,1%,
- Soufre $\leq 0,55\%$,
- Cuivre, de 1 à 5%,
- Calcium > à $35 \cdot 10^{-4} \%$.

2. Acier selon la revendication 1, caractérisé en ce que la teneur en cuivre est comprise entre 1,2 et 3%.

3. Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que la teneur en cuivre est comprise entre 1,4 et 1,8%.

Claims

1. Resulphurized austenitic stainless steel having improved machinability, used especially in the high-cutting-speed machining field and in the screw-machining field, and containing, in its weight composition, the following elements:

- Carbon < 0.15%
- Silicon < 2%
- Manganese < 2%
- Nickel from 7 to 12%
- Chromium from 15 to 25%
- Sulphur > 0.10%, optionally replaced in part with selenium and/or tellurium
- Calcium > $30 \times 10^{-4}\%$
- Oxygen > $70 \times 10^{-4}\%$,

EP 0 736 610 B1

the balance consisting of iron and residual impurities,
the ratio of the calcium content to the oxygen content being between 0.2 and 0.6,
characterized in that in its weight composition:

- 5
- carbon < 0.1%,
 - sulphur \leq 0.55%,
 - copper from 1 to 5%,
 - calcium > $35 \times 10^{-4}\%$.
- 10
2. Steel according to Claim 1, characterized in that the copper content is between 1.2 and 3%.
 3. Steel according to Claim 1, characterized in that the copper content is between 1.4 and 1.8%.

15 Patentansprüche

1. Sulfurierter rostfreier austenischer Stahl mit verbesserter Bearbeitbarkeit, zur Verwendung insbesondere auf dem Gebiet der Bearbeitung mit hoher Schnittgeschwindigkeit und auf dem Gebiet des Abtragens, der in seiner Gewichtszusammensetzung die folgenden Elemente aufweist:

- 20
- Kohlenstoff < 0,15%
 - Silizium < 2%
 - Mangan < 2%
 - Nickel zwischen 7 und 12%
 - 25 - Chrom zwischen 15 und 25%
 - Schwefel > 0,10%, gegebenenfalls teilweise ersetzt durch Selen und/oder Tellur
 - Calcium > $30 \cdot 10^{-4}\%$
 - Sauerstoff > $70 \cdot 10^{-4}\%$

30 Rest bestehend aus Eisen und verbleibenden Verunreinigungen, wobei das Verhältnis des Calciumgehaltes zum Sauerstoffgehalt zwischen 0,2 und 0,6 liegt, dadurch gekennzeichnet, dass seine Gewichtszusammensetzung aufweist:

- 35
- Kohlenstoff < 0,1%
 - Schwefel \leq 0,55%
 - Kupfer zwischen 1 und 5%
 - Calcium > $0,35 \cdot 10^{-4}\%$.

40 2. Stahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kupfergehalt zwischen 1,2 und 3% liegt.

3. Stahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kupfergehalt zwischen 1,4 und 1,8% liegt.

45

50

55

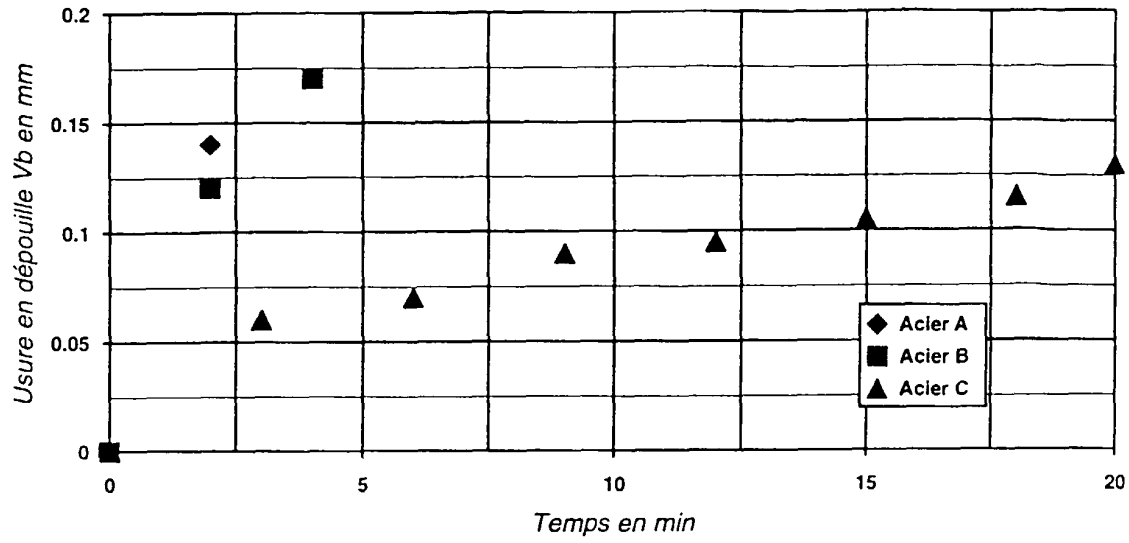


FIG.1

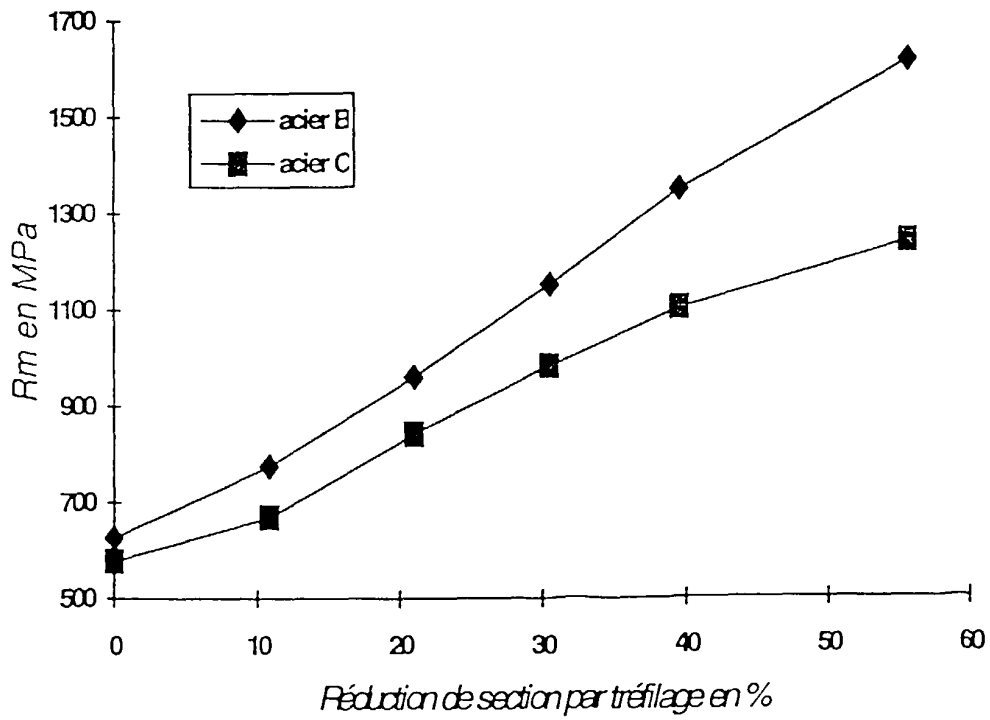


FIG.2