

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Numéro de publication:

**0 123 632
B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45)

Date de publication du fascicule du brevet:
08.10.86

(51)

Int. Cl.⁴: **C 21 C 7/00, C 22 C 38/60,
C 22 C 33/00**

(21)

Numéro de dépôt: **84420046.9**

(22)

Date de dépôt: **14.03.84**

(54)

Procédé de fabrication d'aciers à haute usinabilité.

(30)

Priorité: **15.03.83 FR 8304611**

(43)

Date de publication de la demande:
31.10.84 Bulletin 84/44

(45)

Mention de la délivrance du brevet:
08.10.86 Bulletin 86/41

(84)

Etats contractants désignés:
AT BE DE GB IT LU NL SE

(56)

Documents cités:

EP - A - 0 034 994

FR - A - 2 408 661

US - A - 4 035 892

US - A - 4 235 007

US - A - 4 373 967

**METALS ABSTRACTS, vol. 12, juin 1979, page 125,
résumé no. 45-0249, Londres, GB; T. FUGIWARA et al.:**

**"Development of calcium deoxidized free-machining
steels"**

**REVUE DE METALLURGIE, vol. 74, no. 12, décembre
1977, pages 673-683, Paris, FR; J.C. BRUNET et al.:**

**"Aciers de construction au calcium à usinabilité
améliorée"**

(73)

Titulaire: **VALLOUREC, 7, place du Chancelier Adenauer,
F-75016 Paris (FR)**

(72)

Inventeur: **Gueussier, André, 142, rue de Courcelles,
F-75017 Paris (FR)**

Inventeur: **Vachlery, Edmond, 66, rue de l'Abbaye,
F-59730 Solesmes (FR)**

(74)

Mandataire: **de Passemar, Bernard et al,
VALLOUREC 7 Place du Chancelier Adenauer,
F-75016 Paris (FR)**

EP 0 123 632 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

Le procédé qui fait l'objet de l'invention concerne les aciers à haute usinabilité.

Il est bien connu que l'usinabilité des aciers dépend notamment de la nature et de la morphologie des inclusions présentes dans le métal. Ce sont essentiellement des oxydes et des sulfures. Les oxydes ont une action défavorable sur l'outil de coupe, par contre, les sulfures peuvent jouer un rôle favorable de lubrifiant.

Dans le cas de l'usinage à vitesse de coupe modérée au moyen d'outils en acier à coupe rapide, se sont les sulfures qui jouent un rôle essentiel et on utilise des aciers dont les teneurs en soufre peuvent varier de 0,07 à 0,37 %.

Dans le cas de l'usinage à grande vitesse de coupe au moyen d'outils en carbure(s), les hautes teneurs en soufre n'ont pas d'effet particulièrement favorable. Par contre, on a constaté que les inclusions d'oxydes sont particulièrement nocives, car elles entraînent une usure de l'outil de coupe. Il est possible de réduire la nocivité de ces inclusions par des moyens connus. On peut, en particulier, en diminuer la quantité grâce à une bonne désoxydation et à une bonne décantation. On peut aussi rendre ces inclusions, généralement à base d'alumine, globulaires par l'addition d'éléments alcalino-terreux tels que le calcium, ou d'autres éléments. On peut enfin s'arranger pour que ces inclusions globulaires restantes comportent une certaine quantité de soufre combiné qui en réduit la nocivité. Dans ce cas, la teneur en soufre n'est généralement pas supérieure à celle qui est habituellement présente dans l'acier, c'est-à-dire inférieure à 500 ppm (parties par million en masse), et généralement de l'ordre de 150 à 500 ppm. Dans cet intervalle, on cherche souvent à viser une fourchette de teneur en soufre plus étroite, pour un usage et une nuance donnés, ce qui présente de sérieuses difficultés.

De façon plus générale, l'expérience a montré qu'il est difficile d'élaborer de façon reproductible des aciers à faible teneur en inclusions, ces inclusions étant rendues peu nocives par leur forme globulaire et par la présence de petites quantités de soufre combiné.

Ces difficultés sont dues en particulier au fait qu'il est difficile de bien contrôler les teneurs en soufre de l'acier après désoxydation, qu'il n'est pas non plus facile de contrôler avec précision les additions éventuelles de soufre effectuées à l'acier, et enfin que le rendement des additions de calcium comme agent permettant de rendre les inclusions globulaires manque de reproductibilité.

On a recherché la possibilité de mettre au point un procédé d'élaboration d'aciers à haute usinabilité particulièrement aptes à l'usinage à grande vitesse au moyen d'outils de coupe en carbure(s), par addition de soufre et de calcium, dans des conditions permettant d'obtenir une grande efficacité de l'action combinée du calcium et du soufre ainsi qu'une excellente reproductibilité des résultats, tout en réglant la teneur en soufre à l'intérieur de fourchettes de composition étroites, cette teneur ne dépassant pas la limite supérieure de teneur en soufre couramment ad-

mise dans les aciers ne comportant pas d'addition volontaire de soufre.

On a recherché en particulier la possibilité de développer une méthode d'introduction dans l'acier liquide du calcium et du soufre, qui permette d'ajuster avec beaucoup de précision les quantités de calcium apportées à l'acier sous forme métallique, ainsi que les quantités correspondantes de soufre, afin d'obtenir du point de vue usinabilité, de façon reproductible, des résultats optimaux.

Le procédé qui fait l'objet de l'invention apporte une solution particulièrement avantageuse au problème qui se pose.

Il consiste à élaborer de façon conventionnelle un acier non allié, ou allié, ou inoxydable, puis à effectuer une addition d'aluminium afin d'abaisser la teneur en oxygène de l'acier au-dessous de 100 ppm, à effectuer ensuite ou simultanément une désulfuration poussée par un laitier basique d'abaisser d'abaisser la teneur en soufre de l'acier au-dessous de 100 ppm, puis à effectuer, en fil fourré, des additions de calcium et de soufre afin d'atteindre dans l'acier une teneur en calcium de 20 à 100 ppm, et une teneur en soufre de 150 à 500 ppm. On effectue avantageusement le traitement par l'aluminium de façon à obtenir une teneur résiduelle en aluminium dissout dans l'acier, comprise entre 150 et 500 ppm. La teneur en oxygène est de préférence abaissée au-dessous de 50 ppm et, de préférence également, la désulfuration est effectuée jusqu'à obtenir une teneur en soufre inférieure à 50 ppm. On peut effectuer les additions de calcium et de soufre soit de façon successive, le calcium étant introduit en premier, soit simultanément.

L'addition de calcium est effectuée au moyen d'un fil fourré contenant de façon avantageuse un alliage de calcium en grains ou poudre, tel qu'un silico-calcium.

L'addition de soufre est effectuée au moyen d'un fil fourré contenant avantageusement de la fleur de soufre ou un sulfure.

En cas d'addition simultanée de calcium et de soufre, on peut utiliser plusieurs fils fourrés, ou un seul fil fourré contenant à la fois du calcium et du soufre dans les proportions voulues.

Le procédé permet en particulier d'obtenir de façon reproductible des aciers pour lesquels l'écart entre la teneur en soufre obtenue et la teneur visée ne dépasse pas ± 40 ppm.

Le procédé suivant l'invention permet, grâce aux additions très précises de calcium et de soufre ainsi effectuées, d'obtenir des inclusions globulaires finement réparties qui confèrent de façon reproductible à l'acier, une haute usinabilité. Ces aciers conviennent en particulier pour l'usinage à grande vitesse au moyen d'outils de coupe en carbure(s).

De façon détaillée, le procédé suivant l'invention peut avantageusement être mis en oeuvre de la façon suivante:

on élabore de façon conventionnelle un acier, tel qu'un acier allié ou non allié de type courant;

on effectue en fin d'élaboration, une désoxydation de cet acier au moyen d'aluminium, dont la quantité est déterminée pour obtenir une teneur résiduelle en aluminium dissout dans l'acier d'environ 150 à

500 ppm, cette teneur résiduelle visée étant d'autant plus forte, à l'intérieur de ces limites, que la teneur en carbone est plus faible. La désulfuration est ensuite effectuée par exemple au moyen d'un laitier basique qui peut être constitué par exemple par de la chaux ou par une composition aluminocalcique. Pour permettre une désulfuration très poussée, il faut brasser le métal liquide au contact du laitier, par exemple par insufflation d'un gaz neutre à travers ce métal, ou par tout autre moyen. Les teneurs finales en soufre et oxygène doivent être, de préférence, inférieures à 50 ppm pour chacun de ces éléments.

On effectue ensuite l'introduction du calcium dans l'acier liquide au moyen d'un fil fourré tel que, par exemple, celui qui est décrit dans le FR 2 476 542. Ce fil est constitué d'une enveloppe, généralement en acier doux, de quelques dixièmes de mm d'épaisseur, qui entoure l'âme qui contient le calcium à l'état divisé sous forme de métal ou d'alliage. L'introduction du fil fourré est effectuée de préférence à une vitesse relativement rapide en général de l'ordre de 1 à quelques mètres par seconde. On ajuste cette vitesse, en fonction du contenu du fil fourré en calcium par unité de longueur et de la quantité à introduire, de façon que la durée de cette introduction ne dépasse pas quelques minutes. On fait pénétrer le fil de haut en bas à travers le bain métallique, sous un angle proche de préférence de 90° par rapport à l'horizontale. Il est ainsi possible de faire pénétrer le calcium très profondément dans l'acier liquide, ce qui accroît considérablement l'efficacité de l'addition. La quantité de calcium ainsi introduite dans le bain d'acier liquide, sous forme de métal ou d'alliage, est, de préférence, comprise entre 150 et 600 g/t, ce qui permet, après réduction des oxydes encore présents dans le métal, l'obtention d'une teneur en calcium comprise de préférence entre 20 et 80 ppm. On homogénéise de préférence par agitation le bain d'acier liquide ainsi additionné de calcium avant l'addition de soufre. Cette dernière addition est effectuée au moyen d'un fil fourré contenant soit du soufre en fleur, soit un sulfure tel que le sulfure de fer ou de manganèse, sous forme pulvérulente ou granulaire. L'enveloppe est généralement en acier doux de quelques dixièmes de mm d'épaisseur, comme dans le cas de l'addition de calcium. L'introduction du soufre est effectuée comme celle du calcium à vitesse relativement grande.

On cherche à obtenir dans l'acier liquide, une teneur en soufre comprise entre 150 et 500 ppm, de préférence entre 150 et 300 ppm. Le rendement d'introduction est en général supérieur à 90% grâce à l'utilisation de fil fourré, ce qui permet d'ajuster avec beaucoup de précision l'addition de soufre.

Dans la pratique, en effectuant des additions de fleur de soufre, on peut admettre un rendement de l'ordre de 95%.

Après introduction du soufre, l'acier est coulé soit en lingots, soit au moyen d'une installation de coulée continue. On doit prendre le maximum de précautions pour éviter la réoxydation des jets d'acier liquide au cours de cette opération de coulée.

Les exemples ci-après décrivent de façon non limitative deux modes d'élaboration d'un acier à haute usinabilité par le procédé suivant l'invention:

Exemple 1:

On se propose d'appliquer le procédé suivant l'invention à la préparation d'un acier correspondant à la norme AISI 1045 et contenant en % en masse:

5	C	0,42	à 0,48
	Si	0,15	à 0,30
	Mn	0,60	à 0,90
10	S	0,018	à 0,025

1°) Elaboration de l'acier par des modes habituels dans un four à arc de 80 t, à partir de ferrailles, avec fusion oxydante, soufflage d'oxygène, déphosphoration, décarassage et recarburation.

2°) Coulée du métal en poche magnésie, une partie du manganèse pouvant être ajoutée dans la poche sous forme de ferro-manganèse. Désoxydation par addition d'aluminium dans le jet de coulée (1,5 kg/t soit 120 kg). Mise en place sur le métal d'un laitier de chaux (8 kg/t de poudre de chaux anhydre, soit 640 kg).

Dès le début de la coulée, brassage du métal par insufflation d'argon. Prise d'un échantillon d'acier 1 minute après la fin de la coulée. La composition de l'acier est alors en % en masse:

C = 0,40; Si = 0,12; Mn = 0,61;

en ppm: Al = 520; S = 100.

3°) Brassage du métal par l'argon pendant 20 minutes. Réglage de la composition par addition de fonte et ferro manganèse.

On obtient alors la composition suivante, en % en masse:

C = 0,44; Si = 0,11; Mn = 0,72;

en ppm: Al = 250; S = 40; O₂ = 25.

4°) Introduction dans le métal d'un fil fourré contenant 180 g au mètre de silico-calcium à 31% en masse de calcium. Ce fil est introduit à la vitesse de 120 m/minute, soit 6,7 kg/minute de calcium pendant 3 minutes, soit une addition de 0,25 kg de calcium par tonne d'acier liquide.

On maintient un brassage léger de l'acier liquide par l'argon pendant 3 minutes, après la fin de l'injection.

Un échantillon prélevé après ces 3 minutes a la composition suivante:

en % en masse: C = 0,45; Si = 0,18; Mn = 0,73;

en ppm: Al = 230; O₂ = 20; S = 30; Ca = 40.

5°) Resulfuration par injection dans l'acier, après les 3 minutes de brassage léger suivant l'addition de calcium, d'un fil fourré contenant 135 g au mètre de fleur de soufre. La vitesse d'injection est de 90 m/minute et l'introduction de soufre dure 1 minute et 20 secondes; soit une addition totale de 16,2 kg de soufre ou 200 ppm.

6°) Le métal est coulé en ronds de 223 mm de diamètre par coulée continue rotative, en passant préalablement dans un répartiteur comportant un revêtement basique. La composition finale du produit coulé est la suivante:

en % en masse: C = 0,45; Si = 0,17; Mn = 0,72
en ppm: Al = 220; O₂ = 30; S = 220; Ca = 36.

7°) Ces ronds sont laminés en tubes mécaniques de 180 mm de diamètre extérieur et de 20 mm d'épaisseur.

Les tubes ainsi obtenus présentent une usinabilité, au moyen d'outils de coupe en carbure(s), très supérieure à celle des aciers courants de même composition.

Ce gain d'usinabilité est illustré dans la figure unique qui compare, pour la même analyse de référence indiquée plus haut (norme AISI 1045),:

- un acier A élaboré selon la procédure qui vient d'être décrite;
- un acier B élaboré normalement dans le même four à arc de 80t avec des matières premières analogues mais n'ayant été ni resulfuré, ni traité par le calcium au moyen de fil fourré. La teneur en S de 0,018/0,025 % a été obtenue directement par brassage modéré et de plus courte durée avec un laitier moins riche en chaux (300 kg de chaux ajouté en poche après coulée en poche au lieu de 640 kg).

On a figuré en abscisse selon l'axe T la durée en minutes pour une usure frontale d'outils de 0,4 mm et en ordonné selon l'axe V la vitesse de coupe en mètres par minute.

Les courbes A et B de la figure unique donnent ainsi pour chaque acier correspondant à l'état normalisé la vitesse de coupe en mètres par minute qui permet une durée de coupe déterminée correspondant à une usure frontale de l'outil de 0,4 mm. Il s'agit d'un essai de chariotage réalisé à sec avec un outil carbure ISO-P30, l'avance étant de 0,4 mm par tour et la profondeur de passe de 2 mm.

Plus la vitesse de coupe est élevée pour une durée de vie donnée, plus grande est l'usinabilité de l'acier.

On mesure ainsi l'efficacité de la technique d'élaboration proposée.

Exemple 2

Le même acier que dans l'exemple 1 est élaboré dans des conditions similaires, mais en effectuant les additions finales de calcium et de soufre à l'aide d'un fil fourré contenant un mélange de fleur de soufre et de silico-calcium à 30 % en masse de calcium.

Ce mélange contient 20 % de soufre et 80 % de silico-calcium. Ce fil fourré pèse 170 g au mètre. Il est introduit à 120 m par minute pendant 4 minutes en donnant des résultats similaires à ceux de l'exemple 1.

Revendications

1. Procédé de préparation d'un acier à haute usinabilité dans lequel on élabore par fusion de façon conventionnelle, un acier non allié ou allié ou inoxydable, caractérisé en ce que, après élaboration de l'acier de façon conventionnelle, on effectue une addition d'aluminium afin d'abaisser la teneur en oxygène de l'acier au-dessous de 100 ppm et une désulfuration poussée par un laitier basique afin d'abaisser la teneur en soufre de l'acier au-dessous

de 100 ppm, puis en ce qu'on effectue, en fil fourré, des additions de calcium et de soufre afin d'atteindre dans l'acier une teneur en calcium de 20 à 100 ppm et une teneur en soufre de 150 à 500 ppm.

2. Procédé suivant revendication 1, caractérisé en ce que l'addition d'aluminium est effectuée de façon que la teneur résiduelle de l'acier en aluminium dissout soit comprise entre 150 et 500 ppm.

3. Procédé suivant revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la désoxydation est effectuée de façon à abaisser la teneur en oxygène de l'acier au-dessous de 50 ppm.

4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la désulfuration est effectuée de façon à abaisser la teneur en soufre de l'acier au-dessous de 50 ppm.

5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les additions de calcium et de soufre sont effectuées successivement, l'addition de calcium étant faite en premier.

6. Procédé suivant revendication 5, caractérisé en ce que l'addition de calcium est effectuée au moyen de fil fourré contenant un alliage à base de calcium en grains tel qu'un silico calcium.

7. Procédé suivant revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que l'addition de soufre est effectuée au moyen de fil fourré contenant du soufre en fleur ou un sulfure.

8. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, 6 ou 7, caractérisé en ce que l'on effectue simultanément l'addition de calcium et de soufre au moyen d'au moins un fil fourré.

9. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'addition de soufre est comprise entre 150 et 300 ppm.

10. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que on ajuste la teneur en soufre, à l'intérieur du domaine compris entre 150 et 500 ppm, avec une précision telle que l'écart entre la teneur obtenue et la teneur visée ne dépasse pas ± 40 ppm.

11. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les phases d'abaissement de la teneur en oxygène, de désulfuration, d'addition de calcium et de soufre sont réalisées en poche.

12. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le métal est coulé par coulée continue.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Stählen mit hoher Bearbeitbarkeit durch Herstellung durch Schmelzen von nichtlegiertem, legiertem oder rostfreiem Stahl in herkömmlicher Weise, dadurch gekennzeichnet, dass nach Herstellung des Stahls in herkömmlicher Weise Aluminium zur Senkung des Sauerstoffgehalts des Stahls unter 100 ppm zugegeben wird, eine weitgehende Entschwefelung mit einer basischen Schlacke zur Senkung des Schwefelgehalts des Stahls unter 100 ppm durchgeführt wird, dann Calcium und Schwefel als umhüllter Draht zur Erreichung im Stahl eines Calciumgehalts von 20 bis 100 ppm und eines Schwefelgehalts von 150 bis 500 ppm zugegeben werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabe von Aluminium so durchgeführt wird, dass der Restgehalt an gelöstem Aluminium des Stahls von 150 bis 500 ppm beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Desoxydation so durchgeführt wird, dass der Sauerstoffgehalt des Stahls unter 50 ppm beträgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Entschwefelung so durchgeführt wird, dass der Schwefelgehalt des Stahls unter 50 ppm beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugaben von Calcium und Schwefel nacheinander durchgeführt werden, wobei das Calcium zuerst zugegeben wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Calcium als umhüllter Draht zugegeben wird, der eine körnige Calciumlegierung, wie ein Calciumsilicid, enthält.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass Schwefel als umhüllter Draht zugegeben wird, der Schwefelblumen oder ein Sulfid enthält.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass Calcium und Schwefel gleichzeitig als umhüllter Draht zugegeben werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass Schwefel in einer Menge von 150 bis 300 ppm zugegeben wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwefelgehalt mit einer solchen Genauigkeit im Bereich von 150 bis 500 ppm eingestellt wird, dass die Abweichung des erhaltenen Werts vom beabsichtigten Wert nicht grösser als ± 40 ppm ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufen der Senkung des Sauerstoff- und Schwefelgehalts und der Zugabe von Calcium und Schwefel in der Giesspfanne durchgeführt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Metall kontinuierlich gegossen wird.

Claims

1. A process for the preparation of a high machinability steel in which a non-alloyed or alloyed or stainless steel is produced by fusion in the conven-

tional manner, characterised in that, after production of the steel in the conventional manner, aluminium is added in order to reduce the oxygen content of the steel below 100 ppm and advanced desulphurization is effected with a basic slag in order to reduce the sulphur content of the steel below 100 ppm, then in that, with cored wire, additions of calcium and of sulphur are made in order to attain a calcium content of from 20 to 100 ppm and a sulphur content of from 150 to 500 ppm in the steel.

2. A process according to Claim 1, characterised in that the aluminium is added such that the residual content of dissolved aluminium in the steel is between 150 and 500 ppm.

3. A process according to Claim 1 or 2, characterised in that deoxydation is carried out so as to reduce the oxygen content of the steel below 50 ppm.

4. A process according to one of Claims 1 to 3, characterised in that desulphurization is carried out so as to reduce the sulphur content of the steel below 50 ppm.

5. A process according to one of Claims 1 to 4, characterised in that calcium and sulphur are added successively, the calcium being added first.

6. A process according to Claim 5, characterised in that the calcium is added by means of a cored wire containing an alloy based on granular calcium such as a silico calcium.

7. A process according to Claim 5 or 6, characterised in that sulphur is added by means of a cored wire containing flowers of sulphur or a sulphide.

8. A process according to one of Claims 1 to 4, 6 or 7, characterised in that calcium and sulphur are added simultaneously by means of at least one cored wire.

9. A process according to one of Claims 1 to 8, characterised in that the addition of sulphur is between 150 and 300 ppm.

10. A process according to one of Claims 1 to 8, characterised in that the sulphur content is adjusted within the range of between 150 and 500 ppm with a precision such that the discrepancy between the content obtained and the content intended does not exceed ± 40 ppm.

11. A process according to one of Claims 1 to 10, characterised in that the phases for reducing the oxygen content, of desulphurization, addition of calcium and of sulphur are carried out in a ladle.

12. A process according to one of Claims 1 to 11, characterised in that the metal is cast by continuous casting.

Figure unique

