



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
18.08.93 Bulletin 93/33

⑤① Int. Cl.⁵ : **C22C 38/60**

②① Numéro de dépôt : **89403078.2**

②② Date de dépôt : **08.11.89**

⑤④ **Acier doux pour décolletage et son mode d'élaboration.**

③⑩ Priorité : **01.12.88 FR 8816093**

④③ Date de publication de la demande :
06.06.90 Bulletin 90/23

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
18.08.93 Bulletin 93/33

⑧④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE ES GB GR IT LI LU NL SE

⑤⑥ Documents cités :
DE-C- 710 951
DE-C- 737 365
DE-C- 749 477
FR-A- 2 445 388
GB-A- 359 326
US-A- 3 630 723
US-A- 3 948 649
US-A- 3 973 950

⑦③ Titulaire : **UNIMETAL Société Française des**
Aciers Longs
47 Rue Haute-Seille B.P. 4019
F-57040 Metz Cédex 1 (FR)

⑦② Inventeur : **Pierson, Gilles**
13, les Genêts
F-54720 Chenières (FR)
Inventeur : **Payraudeau, Louis**
15, Quai Félix Maréchal
F-57000 Metz (FR)
Inventeur : **Bellot, Jean**
2, rue des Chalets
F-54340 Pompey (FR)

⑦④ Mandataire : **Ventavoli, Roger**
TECHMETAL PROMOTION Domaine de
l'IRSID Voie romaine BP 321
F-57213 Maizières-lès-Metz Cédex (FR)

EP 0 371 840 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

La présente invention concerne le domaine des aciers doux pour décolletage à performances de coupe améliorées.

Les aciers pour décolletage sont destinés à l'usage de pièces diverses au moyen de machines-outils de coupe rapide, telles que des tours. L'une des principales qualités exigées pour ce type d'aciers est de provoquer la plus faible usure possible de l'outil de coupe. En effet une faible usure autorise des vitesses de coupe élevées, allant de pair avec une haute productivité de la machine, ou une longue durée de vie de l'outil de coupe.

La composition des aciers pour décolletage est classiquement choisie de façon qu'en leur sein, on observe la présence de nombreuses inclusions de sulfure de manganèse ayant pour rôle d'améliorer les performances d'usinabilité, notamment en facilitant la fragmentation des copeaux et en limitant l'usure des outils de coupe. C'est la raison pour laquelle les aciers pour décolletage contiennent des teneurs élevées en soufre (de 0,1 à 0,3 % et plus en poids) et en manganèse (jusqu'à 1,5 %).

Lorsqu'une usinabilité particulièrement élevée est recherchée, il est possible d'utiliser un acier doux pour décolletage pris, par exemple, dans la norme NF-A-35561 parmi les nuances S250, S250Pb, S300 ou S300Pb. Ces nuances se caractérisent :

- par des teneurs en silicium tolérées très faibles (moins de 0,05 % et de préférence moins de 0,02 %), pour éviter la présence d'inclusions dures de silice qui détérioreraient l'outil de coupe ;
- par l'ajout éventuel au métal d'une quantité importante de plomb (0,20 à 0,30 %) dont le rôle est d'accentuer l'effet lubrifiant des inclusions de sulfure de manganèse lors de la coupe.

Une autre voie pour améliorer l'usinabilité d'un acier consiste à laisser sa teneur en soufre à un niveau ordinaire, mais à contrôler la composition des inclusions d'oxydes de manière à les rendre déformables. Par ailleurs on ajoute du plomb à l'acier, de manière à complexer avec lui les sulfures subsistants. Le document US 3938649 présente une telle solution, et préconise de former des inclusions d'oxydes de composition (en % pondéraux) $\text{SiO}_2 = 40-60 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 5-25 \%$, $\text{MnO} = 10-30 \%$, ces constituants représentant à eux seuls au moins 85 % de chaque inclusion. Par ailleurs on doit ajouter à l'acier 0,02 à 0,10 % en poids de plomb.

Cet ajout de plomb présente cependant de sérieux inconvénients. Tout d'abord, il est difficile de réaliser l'addition et la dissolution du plomb dans l'acier liquide de façon suffisamment homogène. En raison de sa densité élevée, il a tendance à s'accumuler dans le fond des récipients métallurgiques. Sur-tout, sa température de vaporisation particulièrement

basse provoque, lors de son introduction dans le métal liquide, la formation de fumées d'oxydes de plomb hautement toxiques. La protection des opérateurs nécessite l'emploi d'un système de captation des fumées à la station de traitement du métal, ainsi qu'une surveillance médicale du personnel assurant le fonctionnement de l'installation.

On comprend donc qu'il serait très souhaitable de remplacer le plomb, dans ce type de nuances d'acier, par un matériau présentant des propriétés de coupe équivalentes, sans inconvénients de fabrication.

Des éléments tels que le bismuth pourraient être substitués au plomb. Mais leur coût très élevé rend leur utilisation difficilement envisageable dans la production de masse d'aciers pour décolletage.

Le but de l'invention est de proposer un acier doux pour décolletage dont les performances d'usinabilité sont au moins égales à celles des nuances au plomb de type S250Pb et S300Pb sans qu'une addition de cet élément soit nécessaire.

A cet effet, l'invention a pour objet un acier doux pour décolletage, caractérisé en ce que :

- sa composition est $\text{C} \leq 0,25 \%$, $\text{Mn} = 0,8-1,5 \%$, $\text{P} \leq 0,1 \%$, $\text{S} = 0,15-0,40 \%$, $\text{Si} = 0,05-0,40 \%$ optionnellement $\text{Ca} = 5-50 \text{ ppm}$, optionnellement $\text{Te} = 5-200 \text{ ppm}$, optionnellement $\text{Pb} = 0,05-0,30 \%$, exprimés en % pondéraux, le reste étant du fer et des impuretés inévitables ;
- et en ce que les inclusions de sulfure de manganèse sont, après corroyage du métal, entourées d'une couche d'oxydes plastique de composition moyenne du type : $\text{SiO}_2 : 35 \text{ à } 45 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 : 10 \text{ à } 20 \%$, $\text{CaO} : 15 \text{ à } 25 \%$, $\text{MnO} : 10 \text{ à } 20 \%$, également exprimés en % pondéraux.

Avantageusement, la teneur en carbone est inférieure ou égale à 0,16 %, et même préférentiellement à 0,09 % qui est la teneur la plus couramment admise pour les aciers doux de décolletage.

L'invention a également pour objet une méthode d'élaboration à l'état liquide d'un tel acier pour décolletage, caractérisée en ce que, après addition de silicium et de manganèse au bain métallique, celui-ci est brassé dans un récipient métallurgique en présence d'un laitier dont la composition, exprimée en pourcentages pondéraux, est $\text{CaO} : 20 \text{ à } 55 \%$, $\text{SiO}_2 : 35 \text{ à } 65 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 : 15 \text{ à } 40 \%$, avec $\frac{\text{CaO}\%}{\text{SiO}_2}$ voisin de 1.

Optionnellement, l'addition de silicium est accompagnée de l'addition de 0,1 à 0,3 kg d'aluminium par tonne d'acier pour faciliter l'obtention de la composition recherchée pour les oxydes.

Comme on l'aura compris, l'invention permet d'obtenir un acier doux pour décolletage à performances d'usinabilité élevées sans avoir recours à une addition dans le métal liquide de plomb ou d'un élément de fonction équivalente coûteux ou polluant. Dans le

métal corroyé, les inclusions de sulfure de manganèse sont ainsi enveloppées par une couche à plasticité élevée, constituée d'oxydes dont la composition moyenne est située dans une gamme bien déterminée. Cette gamme correspond au domaine plastique du diagramme ternaire $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, l'oxyde MnO étant assimilé à l'oxyde CaO .

Sur le plan de la composition pondérale, les nuances selon l'invention se distinguent des aciers doux pour décolletage S250 et S300 classiquement employés (et définis par la norme NF-A-35561) par la présence de silicium en quantités significatives. Comme on l'a vu précédemment, le silicium (et, de façon générale, les désoxydants forts tels que l'aluminium) capte l'oxygène dissous dans le métal pour former des inclusions dures, dont la présence en quantités significatives dans les aciers pour décolletage peut être rédhibitoire. C'est pourquoi les normes concernant les aciers pour décolletage les plus fréquents imposent des niveaux de silicium très bas.

Allant à l'encontre des idées communément admises et consacrées par les normes, les inventeurs ont montré que des quantités significativement importantes de silicium pouvaient, sous certaines conditions, être présentes dans un acier doux pour décolletage à usinabilité élevée, sans pour autant que les propriétés d'emploi des produits en soient défavorablement affectées. Pour certaines applications, ces nouvelles nuances au silicium s'avèrent même encore plus performantes que les nuances classiques enrichies en plomb.

Cette incorporation de silicium au métal doit impérativement aller de pair avec un mode d'élaboration qui permette :

- d'éliminer une grande partie des inclusions formées lors de l'introduction du silicium dans l'acier liquide, notamment les inclusions de silice pure ;
- de transformer les inclusions oxydées subsistantes en inclusions plastiques, dont le comportement lors de la solidification du métal et des corroyages ultérieurs est analogue à celui du plomb dans les nuances d'acier au plomb pour décolletage.

L'incorporation éventuelle de 5 à 200 ppm de tellure a pour but de limiter la déformabilité à chaud des sulfures. Cela permet d'éviter qu'après le corroyage, les sulfures ne prennent une forme exagérément allongée qui détériorerait notablement l'isotropie des propriétés mécaniques du métal. Ce rôle peut également être assuré par du calcium. Toutefois, cet élément ne doit être ajouté qu'en quantités limitées et déterminées, pour éviter que les inclusions d'oxydes n'aient une teneur en CaO trop importante qui serait préjudiciable à leur déformabilité.

L'élaboration de ces nuances peut être effectuée de la manière suivante. Au moment de la coulée de métal dans un récipient métallurgique, par exemple

une poche de traitement, les additions de silicium, carbone, manganèse, soufre et éventuellement tellure nécessaires à l'obtention de la composition désirée pour le métal sont effectuées. Sont également ajoutées les matières minérales telles que de la chaux, de la wollastonite et de l'alumine, nécessaires à l'obtention d'un laitier dont la composition se situe dans la gamme : CaO : 20 à 55 % ; SiO_2 : 35 à 65 % ; Al_2O_3 : 15 à 40 %. D'autre part le rapport des teneurs en CaO et SiO_2 dans ce laitier, qui exprime son indice de basicité, doit être de préférence voisin de 1. Afin d'obtenir cette composition de laitier au moyen d'additions aussi standardisées que possible, il est préférable de couler le métal dans la poche de traitement en ne laissant pénétrer dans cette dernière qu'une faible quantité de laitier issu du four d'élaboration primaire (convertisseur ou four électrique). Cela peut être réalisé au moyen des dispositifs connus de rétention du laitier dans le four, ou au moyen d'un transvasement du métal de poche à poche. L'acier liquide est ensuite brassé dans la poche de traitement, pendant une durée suffisante (30 minutes et plus), dans le but d'éliminer autant que possible les inclusions de silice pure qui ont été formées pendant la désoxydation du métal. D'autre part, ce brassage permet de mettre le métal liquide en équilibre thermodynamique avec le laitier, de façon que les inclusions oxydées subsistantes aient la composition voulue, définie précédemment. Ce brassage est effectué par des moyens connus, tels qu'une insufflation de gaz ou l'application au métal d'un champ électromagnétique. Au cours de cette élaboration, les compositions du métal et du laitier sont contrôlées, et les corrections éventuelles nécessaires sont effectuées.

La désoxydation du métal peut être effectuée partiellement à l'aluminium, à raison d'un ajout de 0,1 à 0,3 kg par tonne de métal liquide, qui accompagne l'addition de silicium. Cela permet de réduire la quantité d'inclusions de silice pure formées à ce moment, et de faciliter l'obtention de la composition visée pour les oxydes.

Si une addition de calcium s'avère utile pour obtenir plus aisément la composition désirée pour les inclusions d'oxydes, ou si on désire limiter la plasticité des sulfures, cette addition doit être effectuée vers la fin de l'élaboration, de préférence par insufflation de poudre ou déroulement de fil fourré. La quantité habituellement ajoutée est de 150 g de calcium par tonne d'acier.

La coulée en lingots ou en continu du métal est ensuite effectuée selon les mêmes modalités que pour les nuances classiques d'acier pour décolletage, de même que les corroyages et traitement métallurgiques ultérieurs qui permettent d'obtenir un produit prêt à la transformation.

A titre d'exemple, la durée de vie d'un outil en acier rapide, lors de l'usinage d'un acier doux de décolletage selon l'invention, de composition 0,1 % de

C, 0,97 % de Mn, 0,06 % de P, 0,30 % de S, 0,17 % de Si, 70 ppm de Te, 9 ppm de Ca, et sans Pb, est de 60 minutes pour une vitesse de coupe de 150m/min. Ces résultats sont similaires à ceux enregistrés lors de l'usinage d'un acier doux au plomb pour décolletage S 300 Pb.

D'autre part, pour des vitesses de coupe supérieures à 200 m/min, un outil carbure P30 permet, pour une durée de vie de l'outil égale, de tripler la vitesse de coupe lors de l'usinage de l'acier selon l'invention qui vient d'être citée, par rapport à l'usinage d'un acier S300 Pb.

L'ajout de silicium et la formation d'inclusions oxydées plastiques peut non seulement se substituer à une addition de plomb, comme on vient de le décrire, mais encore intervenir en sus d'une telle addition. Les quantités de plomb ajoutées pourraient alors être plus faibles que celles habituellement employées. Elles s'élèveraient à 0,05 à 0,30 %.

De même, des variantes dans l'élaboration et la coulée du métal liquide, ainsi que dans les premières transformations du métal, peuvent être imaginées. Par exemple, les opérations de mise à nuance peuvent être effectuées sous vide, afin de diminuer les teneurs en gaz dissous dans le métal. L'essentiel est que les ajouts d'éléments et les modifications apportées au mode d'élaboration ne contrarient pas l'obtention de la composition pondérale du métal et des propriétés des inclusions conformes à l'invention revendiquée.

Revendications

1. Acier doux pour décolletage, caractérisé
 - en ce que sa composition exprimée en pourcentages pondéraux est :
 $C \leq 0,25 \%$; $Mn : 0,8 \text{ à } 1,5 \%$; $P \leq 0,1 \%$;
 $S : 0,15 \text{ à } 0,40 \%$; $Si : 0,05 \text{ à } 0,40 \%$; optionnellement $Ca : 5 \text{ à } 50 \text{ ppm}$; optionnellement $Te : 5 \text{ à } 200 \text{ ppm}$; optionnellement $Pb : 0,05 \text{ à } 0,30 \%$; le reste étant du fer et des impuretés inévitables ;
 - et en ce que les inclusions de sulfure de manganèse sont, après corroyage du métal, entourées d'une couche d'oxydes plastique de composition moyenne suivante, exprimée en pourcentages pondéraux, $SiO_2 : 35 \text{ à } 45 \%$; $Al_2O_3 : 10 \text{ à } 20 \%$; $CaO : 15 \text{ à } 25 \%$; $MnO : 10 \text{ à } 20 \%$
2. Acier doux pour décolletage selon la revendication 1, caractérisé en ce que sa teneur pondérale en carbone est inférieure ou égale à 0,16 % environ.
3. Acier doux de décolletage selon la revendication 1, caractérisé en ce que sa teneur pondérale en

carbone est inférieure ou égale à 0,09 % environ.

4. Procédé d'élaboration à l'état liquide d'un acier doux pour décolletage dont la composition pondérale correspond à celle définie dans l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que :
 - 1) on ajoute au bain métallique du silicium et du manganèse
 - 2) et on brasse le métal liquide dans un récipient métallurgique en présence d'un laitier de composition, exprimée en pourcentages pondéraux :
 $CaO : 20 \text{ à } 55 \%$; $SiO_2 : 35 \text{ à } 65 \%$; $Al_2O_3 : 15 \text{ à } 40 \%$ avec $\frac{CaO\%}{SiO_2\%}$ voisin de 1.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'addition de silicium au bain métallique est accompagnée d'une addition de 0,1 à 0,3 kg d'aluminium par tonne d'acier.

Patentansprüche

1. Automatenflußstahl, gekennzeichnet durch die folgende Zusammensetzung in Gewichtsprozenten:
 $C \leq 0,25 \%$; $Mn : 0,8 \text{ bis } 1,5 \%$; $P \leq 0,1 \%$; $S : 0,15 \text{ bis } 0,40 \%$; $Si : 0,05 \text{ bis } 0,40 \%$; wahlweise $Ca : 5 \text{ bis } 50 \text{ ppm}$; wahlweise $Te : 5 \text{ bis } 200 \text{ ppm}$; wahlweise $Pb : 0,05 \text{ bis } 0,30 \%$; der Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen;
 - und dadurch, daß die Mangansulfid-Einschlüsse nach der Verformung des Metalls von einer plastischen Oxidschicht umgeben sind mit der folgenden mittleren Zusammensetzung in Gewichtsprozenten:
 $SiO_2 : 35 \text{ bis } 45 \%$; $Al_2O_3 : 10 \text{ bis } 20 \%$; $CaO : 15 \text{ bis } 25 \%$; $MnO : 10 \text{ bis } 20 \%$.
2. Automatenflußstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Gewichtsanteil an Kohlenstoff kleiner oder gleich als ungefähr 0,16 % ist.
3. Automatenflußstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Gewichtsanteil an Kohlenstoff kleiner oder gleich als ungefähr 0,09 % ist.
4. Verfahren zur Herstellung im flüssigen Zustand eines Automatenflußstahls, dessen Gewichts zusammensetzung derjenigen entspricht, wie sie in einem der Ansprüche 1 bis 3 definiert ist, dadurch gekennzeichnet, daß:
 - 1) dem Metallbad Silizium und Mangan zugefügt wird und

- 2) das flüssige Metall im metallurgischen Behälter gerührt wird in Anwesenheit einer Schlacke mit der folgenden Zusammensetzung in Gewichtsprozenten:

CaO: 20 bis 55 %; SiO₂: 35 bis 65 %; Al₂O₃: 5

15 bis 40 %, wobei $\frac{\text{CaO}\%}{\text{SiO}_2\%}$ in der Nähe von

1 liegt.

companied by an addition of 0.1 to 0.3 kg of aluminium per tonne of steel.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zugabe von Silizium zum flüssigen Bad von der Zugabe von 0,1 bis 0,3 Kilogramm Aluminium pro Tonne Stahl begleitet wird.

15

Claims

1. Soft steel for machine cutting, characterised

- in that its composition expressed in percentages by weight is:

C ≤ 0.25 %; Mn : 0.8-1.5 %; P ≤ 0.1 %; S : 0.15-0.40 %; Si : 0.05-0.40 %; optionally Ca: 5 to 50 ppm; optionally Te: 5 to 200 ppm; optionally Pb: 0.05 to 0.30 %; the remainder being iron and unavoidable impurities;

- and in that, after the finishing of the metal, the inclusions of manganese sulphide are surrounded by a plastic oxide layer of the following average composition, expressed in percentages by weight:

SiO₂ : 35 to 45 %; Al₂O₃ : 10 to 20 %; CaO : 15 to 25 %; MnO : 10 to 20 %.

2. Soft steel for machine cutting according to Claim 1, characterised in that its content by weight of carbon is below or equal to approximately 0.16 %.

3. Soft steel for machine cutting according to Claim 1, characterized in that its content by weight of carbon is below or equal to approximately 0.09 %.

4. Process for producing, in the liquid state, a soft steel for machine cutting, of which the composition by weight corresponds to that defined in one of Claims 1 to 3, characterised in that:

- 1) silicon and manganese are added to the metal bath,
- 2) and the liquid metal is agitated in a metallurgical vessel in the presence of a slag of a composition, expressed in percentages by weight:

CaO : 20 to 55 %; SiO₂ : 35 to 65 %; Al₂O₃ : 15 to 40 %, with %CaO/%SiO₂ in the neighbourhood of 1.

5. Process according to Claim 4, characterized in that the addition of silicon to the metal bath is ac-