

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 779 375 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

18.06.1997 Bulletin 1997/25

(51) Int Cl.⁶: **C22C 38/60**

(21) Numéro de dépôt: **96402534.0**

(22) Date de dépôt: **26.11.1996**

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

(30) Priorité: **14.12.1995 FR 9514833**

(71) Demandeurs:

- **ASCOMETAL (Société anonyme)**
F-92800 Puteaux (FR)
- **USINOR SACILOR**
92800 Puteaux (FR)

(72) Inventeurs:

- **Robelet, Marc**
57190 Florange (FR)
- **Bellus, Jacques**
57160 Scy-Chazelles (FR)

(74) Mandataire: **Ventavoli, Roger**

**TECHMETAL PROMOTION (Groupe USINOR
SACILOR),
Immeuble " La Pacific ",
11/13 Cours Valmy - La Défense 7,
TSA 10001
92070 Paris La Défense Cédex (FR)**

(54) **Acier pour la fabrication de pièces de mécanique sécables et pièce obtenue**

(57) Acier pour la fabrication d'une pièce de mécanique sécable dont la composition chimique comprend, en poids: $0,25\% \leq C \leq 0,75\%$, $0,2\% \leq Si \leq 1,5\%$, $0,1\% \leq Mn \leq 2\%$, $0\% \leq Ni \leq 1\%$, $0\% \leq Cr \leq 1\%$, $0\% \leq Mo \leq 1\%$, $0\% \leq Cu \leq 1\%$, $0\% \leq V \leq 0,2\%$, $0,02\% \leq S \leq 0,35\%$, $0,04\% \leq P \leq 0,2\%$, $0\% \leq Al \leq 0,005\%$, $0,005\% \leq N \leq$

$0,02\%$; éventuellement au moins un élément pris parmi le plomb, le tellure et le sélénium en des teneurs inférieures à $0,1\%$, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, l'acier étant éventuellement traité au calcium. Utilisation de l'acier pour la fabrication d'une pièce sécable et pièce obtenue.

EP 0 779 375 A1

Description

La présente invention concerne un acier pour la fabrication d'une pièce de mécanique sécable, et notamment pour la fabrication d'une bielle pour moteur à combustion interne.

Certaines pièces de mécanique telles que, par exemple, les bielles de moteur à combustion interne sont constituées d'au moins deux éléments séparables assemblés par des moyens de fixation tels que des vis. Ces pièces peuvent être en fonte, en poudre métallique frittée et forgée, ou en acier forgé. L'invention concerne les pièces, et notamment les bielles, en acier forgé.

L'acier qui constitue les bielles en acier forgé doit être forgeable, usinable facilement et présenter des caractéristiques mécaniques permettant d'assurer une bonne tenue en service des bielles. Les caractéristiques mécaniques généralement requises sont une dureté comprise entre 210 HB et 360 HB et une résistance à la rupture comprise entre 650 MPa et 1200 MPa. pour obtenir une tenue à la fatigue suffisante, et une limite d'élasticité comprise entre 300 MPa et 800 MPa afin d'éviter les déformations par dépassement de la limite d'élasticité.

Le choix précis des caractéristiques requises pour une bielle particulière destinée à un moteur particulier dépend du dessin de la bielle et de la nature du moteur au quel elle est incorporée. L'acier qui la constitue est choisi en fonction de ces caractéristiques mécaniques et du procédé de fabrication qui comporte, après le forgeage, un refroidissement contrôlé destiné à obtenir une structure ferrito-perlitique qui possède les caractéristiques mécaniques requises et une usinabilité satisfaisante. Les aciers utilisés sont, en général des aciers au carbone du type XC42 ou des aciers faiblement alliés du type 45M5, 30MSV6, 38MVS5 (selon la norme française). La teneur en carbone est choisie principalement en fonction du niveau de dureté requis, et les éléments d'alliage sont ajoutés soit pour augmenter la trempabilité de l'acier afin d'augmenter la proportion de perlite, ce qui est favorable à l'usinabilité, soit pour durcir la ferrite et améliorer le rapport limite d'élasticité sur résistance à la rupture. Avec ces aciers, la séparation des différentes parties de la bielle ne peut se faire que par usinage ce qui nécessite une gamme d'usinage complexe et coûteuse.

Certaines bielles en fonte ou obtenues par métallurgie des poudres peuvent être séparées en deux éléments par une opération de rupture fragile selon un plan prédéterminé. Cette technique, dite des pièces sécables, présente plusieurs avantages et, notamment, celui de simplifier considérablement la gamme de fabrication en supprimant des opérations d'usinage, elle a par contre des inconvénients résultant de la nature des matériaux utilisables.

Afin de profiter des avantages de la technique des bielles sécables pour l'appliquer aux bielles en acier, il a été proposé, dans le brevet US 5,135,587, d'utiliser

un acier dont la composition chimique comprend, en poids: de 0,6% à 0,75% de carbone, de 0,2% à 0,5% de manganèse, de 0,04% à 0,12% de soufre avec $Mn/S > 3$, le reste étant du fer et des impuretés; la teneur en impuretés étant inférieure à 1,2%; la structure étant pratiquement 100% perlitique et la taille du grain comprise entre 3 et 8 ASTM. Les impuretés prises parmi P, Si, Ni, V, Cu, Cr et Mo ayant des teneurs individuelles de préférence telles que: $Ni \leq 0,2\%$, $Mo \leq 0,02\%$, $Cr \leq 0,1\%$, $Cu \leq 0,15\%$, $V \leq 0,035\%$, $0,15\% \leq Si \leq 0,35\%$, et $P \leq 0,03\%$. Mais cet acier, qui est du type XC70 (selon la norme française), présente l'inconvénient d'avoir un comportement irrégulier lors de l'opération de rupture fragile, notamment parce que, il est pratiquement impossible de maîtriser industriellement la proportion de phase proeutectoïde, celle ci peut varier de 0% à 15% en fonction de l'analyse chimique exacte de l'acier et des moyens de fabrication utilisés., ce qui le rend difficile à utiliser industriellement, de plus, il ne permet d'obtenir que les caractéristiques propres à l'XC70 ce qui limite son emploi aux pièces pour les quelles ces caractéristiques sont adaptées.

Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un acier qui permette d'obtenir les caractéristiques mécaniques requises pour une large gamme d'applications, notamment dans le domaine des bielles, et une bonne usinabilité, tout en permettant de réaliser l'opération de rupture fragile dans des conditions industrielles satisfaisantes.

A cet effet, l'invention a pour objet un acier pour la fabrication d'une pièce de mécanique sécable dont la composition chimique comprend, en poids: $0,25\% \leq C \leq 0,75\%$, $0,2\% \leq Si \leq 1,5\%$, $0,1\% \leq Mn \leq 2\%$, $0\% \leq Ni \leq 1\%$, $0\% \leq Cr \leq 1\%$, $0\% \leq Mo \leq 1\%$, $0\% \leq Cu \leq 1\%$, $0\% \leq V \leq 0,2\%$, $0,02\% \leq S \leq 0,35\%$, $0,04\% \leq P \leq 0,2\%$, $0\% \leq Al \leq 0,005\%$, $0,005\% \leq N \leq 0,02\%$, éventuellement au moins un élément pris parmi le plomb, le tellure et le sélénium en des teneurs inférieures à 0,1%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, l'acier étant éventuellement traité au calcium.

De préférence, la composition chimique de l'acier satisfait au moins une des relations suivantes: $0,06\% \leq P \leq 0,12\%$, $0,8\% \leq Si \leq 1,2\%$, $0,05\% \leq V \leq 0,15\%$.

La composition chimique de l'acier peut être telle que: $0,65\% \leq C \leq 0,75\%$, $0,2\% \leq Si$, $0,25\% \leq Mn \leq 1\%$, $Ni \leq 0,15\%$, $Cr \leq 0,15\%$, $Mo \leq 0,05\%$, $Cu \leq 0,35\%$

La composition chimique de l'acier peut également être telle que: $0,25\% \leq C \leq 0,5\%$, $0,2\% \leq Si$, $Ni \leq 0,15\%$, $Cr \leq 0,15\%$, $Mo \leq 0,05\%$, $Cu \leq 0,35\%$, avec, de préférence, $0,25\% \leq Mn \leq 1,3\%$.

L'invention concerne également l'utilisation d'un acier selon l'invention pour la fabrication d'une pièce de mécanique comportant au moins deux éléments obtenue par rupture fragile d'une ébauche de ladite pièce, ainsi que ladite pièce. Cette pièce pouvant être, notamment, une bielle pour moteur à combustion interne constituée par exemple d'un acier dont la dureté est comprise entre 210 HB et 360 HB, la résistance à la rupture

est comprise entre 650 MPa et 1200 MPa, avec une majorité de grains relativement gros, dont l'indice de taille ASTM des grains austénitiques est inférieur à 5, ayant, de préférence, une structure comportant au moins 70% de perlite.

L'invention va maintenant être décrite de façon plus précise mais non limitative.

L'acier selon l'invention est un acier de construction mécanique au carbone ou faiblement allié dont la composition chimique comprend, en poids:

- plus de 0,25% de carbone pour permettre d'obtenir une structure ferrito-perlitique ou perlitique de dureté supérieure à 210 HB, mais moins de 0,75% de façon à éviter la formation de carbures de fer défavorables à l'usinabilité;
- de 0,04% à 0,2% de phosphore, et de préférence, de 0,06% à 0,12% afin de fragiliser la structure, et en particulier la ferrite, obtenue après forgeage et traitement thermique; notamment lorsque la structure est essentiellement perlitique, cette teneur en phosphore permet d'obtenir une bonne reproductibilité de la rupture fragile d'ébauches de pièces de mécanique; de préférence, la teneur en phosphore doit être telle que: $P \geq 0,18 - 0,2 \times C$. On obtient ainsi une résilience Kcv inférieure à environ 7 Joules à la température ambiante, nécessaire pour obtenir une bonne aptitude à la rupture 100% fragile avec une déformation latérale inférieure ou égale à 120 μm ;
- moins de 0,005% et de préférence moins de 0,003% d'aluminium afin d'éviter la présence d'inclusions d'alumine défavorables à l'usinabilité, et également pour éviter la formation de nitrures d'aluminium qui empêchent le grain de grossir pendant le réchauffage avant forgeage, ce qui est défavorable à l'aptitude à la rupture fragile;
- de 0,2% à 1,5% de silicium; le silicium est un élément désoxydant qui doit être ajouté en des teneurs supérieures à 0,2% pour assurer une bonne désoxydation, mais, en plus fortes teneurs cet élément durcit et fragilise la ferrite ce qui est favorable à une bonne usinabilité; pour obtenir cet effet favorable, sa teneur peut être fixée entre 0,8% et 1,2%;
- de 0% à 0,2%, et, de préférence, de 0,05% à 0,15% de vanadium pour durcir la ferrite et améliorer le rapport limite d'élasticité sur résistance à la rupture;
- de 0,02% à 0,35%, et de préférence, de 0,05% à 0,12% de soufre pour améliorer l'usinabilité;
- éventuellement, au moins un élément pris parmi le plomb, le tellure et le sélénium en des teneurs inférieures à 0,1% de façon à améliorer l'usinabilité;
- de 0,1% à 2% de manganèse et de préférence plus de 0,25% afin de fixer le soufre sous forme de sulfures de manganèse, et dans ce cas, la teneur en soufre peut être limitée à 1%; mais, le manganèse peut également être ajouté pour augmenter la trempabilité afin d'abaisser la température de début de

transformation ferrito-perlitique et ainsi de limiter la teneur en ferrite, ce qui est favorable à l'usinabilité;

- éventuellement un ou plusieurs éléments pris parmi le nickel, le chrome, le molybdène et le cuivre, en des teneurs comprises entre 0% et 1% afin d'ajuster la trempabilité; lorsque ces éléments ne sont pas ajoutés volontairement, ils peuvent néanmoins exister à titre de résiduels apportés par les matières premières lors de l'élaboration, dans ce cas, les teneurs en nickel et en chrome sont inférieures à 0,15%, la teneur en molybdène est inférieure à 0,05% et la teneur en cuivre est inférieure à 0,35%.

Dans cette famille d'aciers, on peut choisir selon l'utilisation concernée, par exemple, un acier proche de l'eutectoïde comprenant de 0,65% à 0,75% de carbone, moins de 1% de silicium, de 0,25% à 1% de manganèse, moins de 0,15% de nickel, moins de 0,15% de chrome, moins de 0,05% de molybdène, moins de 0,35% de cuivre et moins de 0,005% d'aluminium.

On peut également utiliser un acier moins chargé en carbone dont la composition chimique comprend notamment $0,25\% \leq C \leq 0,5\%$, $Ni \leq 0,15\%$, $Cr \leq 0,15\%$, $Mo \leq 0,05\%$, $Cu \leq 0,35\%$. Cet acier peut être un acier au carbone, au quel cas, il contient moins de 0,5% de manganèse. Mais ce peut être également un acier faiblement allié au manganèse, au silicium, ou éventuellement au vanadium. Il peut alors contenir entre 1% et 2% de manganèse, et/ou entre 0,5% et 1,5% de silicium, et/ou entre 0,5% et 0,2% de vanadium.

Pour fabriquer une pièce sécable, on approvisionne un lopin d'acier selon l'invention, on le chauffe à une température comprise entre 1100°C et 1300°C de façon, d'une part à l'austénitiser, d'autre part à faire grossir le grain et, enfin, à lui donner la ductilité nécessaire au forgeage, puis on le forge pour lui conférer la forme souhaitée; le forgeage se terminant à une température supérieure à 850°C. Directement après forgeage, on le refroidit de façon contrôlée jusqu'à la température ambiante, par exemple dans un tunnel de refroidissement, à une vitesse de refroidissement moyenne entre la température de fin de forgeage et 200°C étant comprise entre 0,5°C/s et 15°C/s. En procédant ainsi, on obtient une structure ferrito-perlitique avec une majorité de grains relativement gros, dont l'indice de taille ASTM du grain austénitique est inférieur à 5, contenant moins de 30% de ferrite, ayant les caractéristiques de dureté et de traction requises, et une résilience inférieure à 7 Joules à la température ambiante. L'ébauche de pièce ainsi obtenue, est alors usinée, puis divisée en deux éléments par rupture fragile engendrée par un choc.

A titre de premier exemple, on a fabriqué des bielles en utilisant un acier de type XC70 dont la composition chimique comprenait, en poids:

C = 0,71 %
Si = 0,250 %
Mn = 0,8 %

Ni = 0,08 %
 Cr = 0,05 %
 Mo = 0,01 %
 Cu = 0,3 %
 S = 0,07 %
 P = 0,045 %
 Al = 0,002 %
 N = 0,012 %

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Avant forgeage, les lopins d'acier a été chauffé à 1250°C; la température de fin de forgeage a été de 1000°C. Après forgeage, l'ébauche a été refroidie en passant dans un tunnel de refroidissement contrôlé à des vitesses de refroidissement moyenne comprises entre 1°C/s et 3°C/s afin de simuler l'effet des dispersions propres à une fabrication industrielle. Les caractéristiques obtenues ont été:

structure: perlitique avec 0% à 15% de ferrite,
 HB compris entre 270 et 310
 Rm compris entre 900 MPa et 1050 MPa,
 Re compris entre 500 MPa et 600 MPa,
 Kcv inférieur à 7 Joules à la température ambiante.

Les ébauches ont alors été usinées puis toutes séparées en deux éléments par rupture fragile. Cette séparation par rupture fragile s'est faite sans difficultés quelque soit la teneur en ferrite.

A titre de deuxième exemple, on a fabriqué des bielles en utilisant un acier de type 50M5 dont la composition chimique comprenait, en poids:

C = 0,505 %
 Si = 0,240 %
 Mn = 1,3 %
 Ni = 0,11 %
 Cr = 0,08 %
 Mo = 0,01 %
 Cu = 0,32 %
 S = 0,085 %
 P = 0,075 %
 Al = 0,003 %
 N = 0,011 %

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Avant forgeage, le lopin d'acier a été chauffé à 1250°C; la température de fin de forgeage a été de 1000°C. Après forgeage, l'ébauche a été refroidie en passant dans un tunnel de refroidissement contrôlé à des vitesses de refroidissement moyenne comprises entre 1°C/s et 6°C/s afin de simuler l'effet des dispersions propres à une fabrication industrielle. Les caractéristiques obtenues ont été:

structure: perlitique avec 0% à 20% de ferrite,

HB compris entre 260 et 300
 Rm compris entre 860 MPa et 1000 MPa,
 Re compris entre 400 MPa et 650MPa,
 Kcv inférieur à 6 Joules à la température ambiante.

Les ébauches ont alors été usinées puis toutes séparées en deux éléments par rupture fragile. Cette séparation par rupture fragile s'est faite sans difficultés quelque soit la teneur en ferrite.

A titre de troisième exemple, on a fabriqué des bielles en utilisant un acier de type 38MSV5 dont la composition chimique comprenait, en poids:

C = 0,39 %
 Si = 0,75 %
 Mn = 1,24 %
 Ni = 0,13 %
 Cr = 0,15 %
 Mo = 0,005 %
 Cu = 0,2 %
 V = 0,105 %
 S = 0,11 %
 P = 0,103 %
 Al = 0,004 %
 N = 0,009 %

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Avant forgeage, le lopin d'acier a été chauffé à 1260°C; la température de fin de forgeage a été de 1030°C. Après forgeage, l'ébauche a été refroidie en passant dans un tunnel de refroidissement contrôlé à des vitesses de refroidissement moyenne comprises entre 1°C/s et 6°C/s afin de simuler l'effet des dispersions propres à une fabrication industrielle. Les caractéristiques obtenues ont été:

structure: perlitique avec 0% à 25% de ferrite,
 HB compris entre 260 et 310
 Rm compris entre 880 MPa et 1050 MPa,
 Re compris entre 500 MPa et 700 MPa,
 Kcv inférieur à 6,5 Joules.

Les ébauches ont alors été usinées puis toutes séparées en deux éléments par rupture fragile. Cette séparation par rupture fragile s'est faite sans difficultés quelque soit la teneur en ferrite.

Ces exemples montrent qu'avec les aciers selon l'invention il est possible de fabriquer de façon fiable des bielles sécables et plus généralement des pièces sécables ayant des structures de type ferrito-perlitique faciles à usiner à basse vitesse et à haute vitesse de coupe.

Revendications

1. Acier pour la fabrication d'une pièce de mécanique sécable caractérisé en ce que sa composition chi-

mique comprend, en poids:

$0,25\% \leq C \leq 0,75\%$
 $0,2\% \leq Si \leq 1,5\%$
 $0,1\% \leq Mn \leq 2\%$
 $0\% \leq Ni \leq 1\%$
 $0\% \leq Cr \leq 1\%$
 $0\% \leq Mo \leq 1\%$
 $0\% \leq Cu \leq 1\%$
 $0\% \leq V \leq 0,2\%$
 $0,02\% \leq S \leq 0,35\%$
 $0,04\% \leq P \leq 0,2\%$
 $0\% \leq Al \leq 0,005\%$
 $0,005\% \leq N \leq 0,02\%$

- éventuellement au moins un élément pris parmi le plomb, le tellure et le sélénium en des teneurs inférieures à 0,1%,

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, l'acier étant éventuellement traité au calcium.

2. Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que:
- $0,06\% \leq P \leq 0,12\%$

3. Acier selon la revendication 1 ou la revendication 2 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que:
- $0,8\% \leq Si \leq 1,2\%$

4. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que:
- $0,05\% \leq V \leq 0,15\%$

5. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que:

$0,65\% \leq C \leq 0,75\%$
 $0,25\% \leq Mn \leq 1\%$
 $Ni \leq 0,15\%$
 $Cr \leq 0,15\%$
 $Mo \leq 0,05\%$
 $Cu \leq 0,35\%$
 $Al \leq 0,005\%$

6. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que:

$0,25\% \leq C \leq 0,5\%$
 $Ni \leq 0,15\%$
 $Cr \leq 0,15\%$
 $Mo \leq 0,05\%$
 $Cu \leq 0,35\%$

7. Acier selon la revendication 6 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que:

$0,25\% \leq Mn \leq 1\%$

- 5 8. Utilisation d'un acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 pour la fabrication d'une pièce de mécanique comportant au moins deux éléments obtenue par rupture fragile d'une ébauche.

- 10 9. Utilisation d'un acier selon la revendication 8 caractérisée en ce que la pièce a une structure ferrito-perlitique.

- 15 10. Pièce de mécanique comportant au moins deux éléments obtenue par rupture fragile d'une ébauche, et notamment bielle par exemple pour moteur à combustion interne, caractérisée en ce que elle est constituée d'un acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

- 20 11. Pièce selon la revendication 10 caractérisée en ce que l'acier qui la constitue a une dureté comprise entre 210 HB et 360 HB, une résistance à la rupture comprise entre 650 MPa et 1200 MPa, et une majorité de grains dont l'indice de taille ASTM de grain austénitique est inférieur à 5.

- 30 12. Pièce selon la revendication 10 ou la revendication 11 caractérisée en ce que l'acier qui la constitue a une structure comportant au moins 70% de perlite.

35

40

45

50

55



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 96 40 2534

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A,D	US 5 135 587 A (OLANIRAN ET AL.) * le document en entier * ---	1-12	C22C38/60
A	US 4 786 466 A (HOLOWATY) * le document en entier * ---	1-7	
A	US 5 055 253 A (NELSON) * revendications 1-10 * ---	1-7	
A	US 2 182 758 A (HARDER) * revendications 1-9 * ---	1,5,6	
A	US 2 182 759 A (HARDER) * revendications 1-6 * -----	1,5,6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			C22C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 19 Mars 1997	Examineur Lippens, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 01.82 (P04C02)