



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : **94401246.7**

(51) Int. Cl.⁵ : **C22C 38/60**

(22) Date de dépôt : **06.06.94**

(30) Priorité : **14.06.93 FR 9307141**

(43) Date de publication de la demande :
21.12.94 Bulletin 94/51

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

(71) Demandeur : **UGINE SAVOIE**
Avenue Paul Girod
F-73400 Ugine (FR)

(72) Inventeur : **Bletton, Olivier**
49 Chemin des Cèdres
F-73400 Ugine (FR)
Inventeur : **Bayol, Jacques**
F-73680 Gilly-sur-Isere (FR)
Inventeur : **Terrien, Pascal**
112, chemin des trois poiriers
F-73200 Albertville (FR)

(74) Mandataire : **Lanceplaine, Jean-Claude et al**
CABINET LAVOIX
2, Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cédex 09 (FR)

(54) **Acier inoxydable martensitique à usinabilité améliorée.**

- (57) L'invention a pour objet un acier inoxydable martensitique à usinabilité améliorée, caractérisé en ce que sa composition pondérale est la suivante :
- carbone inférieur à 1,2%
 - silicium inférieur ou égal à 2%
 - manganèse inférieur ou égal à 2%
 - chrome : $10,5 < Cr < 19\%$
 - soufre inférieur ou égal à 0,55%
 - calcium supérieur à $32 \cdot 10^{-4}\%$
 - Oxygène supérieur à $70 \cdot 10^{-4}\%$,
 - le rapport de la teneur en calcium et en oxygène Ca/O étant $0,2 < Ca/O < 0,6$, ledit acier étant soumis à au moins un traitement thermique de trempe pour lui conférer une structure martensitique.

La présente invention concerne un acier inoxydable du type martensitique à usinabilité améliorée.

On désigne par aciers inoxydables les alliages de fer contenant au moins 10,5% de chrome.

D'autres éléments entrent dans la composition de l'acier afin de modifier la structure et les propriétés de l'alliage. Les quatre principales structures sont:

- 5 - les aciers martensitiques,
- les aciers ferritiques,
- les aciers austénitiques,
- les aciers austéno-ferritiques.

10 Les aciers martensites comprennent en général 12 à 18% de chrome et des teneurs en carbone pouvant aller jusqu'à 1% environ. De nombreux éléments d'alliage, tels Ni, Mo, Si, Ti, V, Nb... permettent un large éventail de propriétés et conduisent à des applications aussi variées que : construction mécanique, outillage, cou-

tellerie, oxydes à chaud... Leur originalité est d'allier à une bonne résistance à la corrosion due essentiellement au chrome, des caractéristiques mécaniques élevées qui s'expliquent par la structure martensitique.

15 Il existe une vaste étendue d'aciers inoxydables martensitiques, aux compositions et propriétés d'emploi très variées. Parmi les nuances les plus courantes, on peut citer :

- les nuances au chrome-carbone sans nickel. Les caractéristiques recherchées sont la dureté, la résistance à la corrosion, la polissabilité.
- les nuances à 16% de chrome plus nickel. La présence de chrome leur confère une bonne résistance à la corrosion, le nickel (2 à 4%) permet d'obtenir une structure martensitique après trempe.
- 20 - les nuances à durcissement structural. Elles ont une excellente résistance à la corrosion avec de hautes caractéristiques mécaniques.
- les 12% de chrome améliorées (addition d'éléments comme le vanadium, le molybdène, le tungstène, le silicium, le niobium, le titane...). Le but est d'optimiser une ou plusieurs propriétés d'emploi du matériau, comme résistance à chaud, le fluage, le résilience, la résistance à la corrosion...

25 Pour toutes ces nuances, la structure du produit final et ses caractéristiques mécaniques dépendent largement des traitements thermiques. Les trois traitements courants sont la trempe, le revenu et le recuit d'adoucissement.

La trempe a pour but de donner à l'acier une structure martensitique et une dureté très élevée.

30 Le revenu permet d'augmenter la ductilité qui est très faible après la trempe et le recuit d'adoucissement permet d'obtenir un métal pouvant subir des opérations de mise en oeuvre sophistiquées, telles que certains modes d'usinage ou de formage.

Tous les traitements sont définis en fonction de la composition de la nuance (ajustement de la température de revenu, de sa durée, du type de refroidissement...).

35 Les aciers inoxydables martensitiques sont difficiles à usiner. Plusieurs raisons expliquent cet état de fait.

En effet, leur grande dureté provoque une fatigue mécanique des outils qui subissent des efforts de coupe très importants et peuvent voir leur limite de rupture dépassée.

40 Par ailleurs, les forces de frottements élevées, ajoutées à une conductivité thermique médiocre vont induire des températures élevées à l'interface outil/matière, d'où une fatigue thermique et une dégradation par diffusion.

D'autre part, les domaines de fractionnement des copeaux sont bien souvent réduits.

Enfin, la présence d'oxydes durs tels que l'alumine ou la chromite est un facteur aggravant l'usure des outils de coupe.

45 Les usures des outils ont donc des origines différentes pour les aciers martensitiques (dureté élevée, frottements importants) que pour les aciers austénitiques (écrouissabilité, mauvaise conductivité thermique mauvais fractionnement des copeaux).

De nombreuses voies sont utilisées pour améliorer l'usinabilité, mais toutes ont des inconvénients.

50 L'addition du soufre, qui va former avec le manganèse des sulfures, parfois substitués au chrome, détériore la résistance à la corrosion, la déformabilité à chaud et à froid, la soudabilité, ainsi que les caractéristiques mécaniques en sens travers.

L'addition de sélénium sert de complément au soufre, il tend à globuliser les sulfures et améliore de ce fait les caractéristiques mécaniques en sens travers. En plus du coût, cet élément est hautement toxique.

55 L'addition de tellure permet, elle aussi, de globuliser les sulfures, et tend donc à diminuer l'anisotropie de l'acier en particulier l'anisotropie de ses propriétés mécaniques. Il améliore également, en soi, l'usinabilité mais a l'inconvénient de réduire l'aptitude à la transformation à chaud. Pour cette raison, son emploi est limité.

L'addition de plomb qui est insoluble dans l'acier apparaît sous forme de nodules sphériques, mais cet élément à l'inconvénient d'être toxique et de dégrader la forgeabilité.

On connaît par le FR-A-2 648 477, un acier austénitique résulfuré à usinabilité améliorée contenant dans

sa composition pondérale une proportion de calcium et d'oxygène qui améliore l'usinabilité.

Or, il est bien connu que les aciers inoxydables austénitiques sont difficiles à usiner, en grande partie à cause de leur faible conductibilité thermique, d'où un mauvais écoulement de la chaleur produite à la pointe d'un outil de coupe et une détérioration rapide de l'outil et de leur forte écrouissabilité induisant localement des zones de dureté élevée.

Pendant l'usinage de l'acier, du fait des températures de coupe élevées, ces inclusions jouent un rôle lubrifiant à l'interface-acier à usiner-outil de coupe, conduisant ainsi à une usure réduite des outils de coupe et à un meilleur aspect de surface des pièces usinées.

De plus, dans le domaine de l'usinage, les aciers austénitiques ne nécessitent pas de traitement thermique important susceptible de modifier l'état physico-chimique de l'acier et des inclusions.

Les aciers martensitiques sont eux trempables et ont pour caractéristiques d'être de haute dureté. De ce fait, le problème de la difficulté de l'usinage n'est pas résolu entièrement.

L'invention a pour but de réduire les difficultés rencontrées dans l'usinage des aciers martensitiques, tout en conservant leurs propriétés de déformabilité ou forgeabilité à chaud et à froid, leurs caractéristiques mécaniques et leurs particularités aux traitements thermiques.

L'invention a pour objet un acier martensitique à haute usinabilité, qui se caractérise par la composition pondérale suivante :

- carbone inférieur à 1,2%
- silicium inférieur ou égal à 2%
- manganèse inférieur ou égal à 2%
- chrome : $10,5 < Cr < 19\%$
- soufre inférieur ou égal à 0,55%
- calcium supérieur à $32 \cdot 10^{-4}\%$
- oxygène supérieur à $70 \cdot 10^{-4}\%$
- le rapport de la teneur en calcium et en oxygène Ca/O étant $0,2 < Ca/O < 0,6$, ledit acier étant soumis à au moins un traitement thermique de trempe pour lui conférer une structure martensitique.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- l'acier comprend du soufre dans une proportion inférieure ou égale à 0,035%,
- l'acier comprend du soufre dans une proportion $0,15\% < S < 0,45\%$, ledit acier étant resulfuré,
- l'acier comprend, en outre, du nickel dans une proportion inférieure ou égale à 6%,
- l'acier comprend, en outre, du molybdène dans une proportion inférieure ou égale à 3%,
- l'acier comprend, en outre, dans sa composition pondérale des éléments choisis parmi le tungstène, le cobalt, le niobium, le titane, le tantale, le zirconium, le vanadium, le molybdène dans les proportions pondérales suivantes :

- tungstène inférieur ou égal à 4%
- cobalt inférieur ou égal à 4,5%
- niobium inférieur ou égal à 1%
- titane inférieur ou égal à 1%
- tantale inférieur ou égal à 1%
- zirconium inférieur ou égal à 1%
- vanadium inférieur ou égal à 1%
- molybdène inférieur ou égale à 3%,
- l'acier comprend du nickel dans une proportion $2\% < Ni < 6\%$ et du cuivre dans une proportion de $1\% < Cu < 5\%$
- l'acier contient des inclusions de silicoaluminate de chaux du type anorthide et/ou pseudo-wollastonite et/ou géhlénite.

Les essais décrits ci-dessous et les figures annexées feront mieux comprendre l'invention.

- la figure 1 représente sur diagramme ternaire $SiO_2 - CaO - Al_2O_3$ donnant les compositions des oxydes introduit dans l'acier selon l'invention,
- la figure 2 montre des courbes représentant l'évolution de l'usure d'un outil pour différents exemples donnés.

Les aciers martensitiques ont des compositions et surtout une structure totalement différentes, par rapport aux aciers, par exemple austénitiques. Les comportements des aciers martensitiques lors de l'usinage sont liés à des problèmes spécifiques.

Une modification de la composition des aciers martensitiques ne permet pas de façon sûre de conserver leurs propriétés ou plus encore de les améliorer.

Les aciers martensitiques sont trempables et ont pour caractéristiques d'être de haute dureté.

Ces aciers sont métallurgiquement très différents des aciers austénitiques. D'une part, ils peuvent subir

la trempe et la structure cristalline obtenue à froid sur ces aciers n'est pas comparable à la structure austénitique.

D'autre part, l'élaboration des aciers martensitiques diffère en de nombreux points de celle des aciers austénitiques.

5 En particulier, les traitements thermiques sont nombreux sur les premiers et confèrent au métal ses caractéristiques d'emploi. La trempe (refroidissement rapide depuis une haute température en dessous d'une température M_s de début de transformation martensitique qui dépend de la composition de l'acier) permet d'obtenir, à partir d'une structure austénitique à chaud, une structure martensitique. Elle est généralement suivie d'un revenu (maintien à une température intermédiaire dépendant de l'acier) qui permet d'augmenter la ductilité qui est très faible après trempe.

10 Certaines nuances d'aciers martensitiques subissent des traitements d'adoucissement. Ce dernier est utilisé lorsque le métal doit subir des opérations de mise en oeuvre sophistiquées, telles que certains modes d'usinage ou de formage. La structure du métal n'est alors plus une structure martensitique, mais une structure ferritique avec des carbures de chrome au niveau des joints de grains.

15 Cependant, il retrouve sa structure martensitique et ses caractéristiques mécaniques après des traitements thermiques appropriés.

Enfin, la composition chimique des aciers martensitiques est très différente de celle des aciers austénitiques ce qui s'explique d'ailleurs en partie par la nécessité d'avoir la température de début de transformation martensitique M_s suffisamment haute. Ils ne contiennent que peu de nickel (moins 6%), des teneurs en chrome basses pour des aciers inoxydables (de 11 à 19% de chrome).

20 Selon l'invention, l'acier martensitique se caractérise par sa composition pondérale suivante :

- carbone inférieur à 1,2%
- silicium inférieur ou égal à 2%
- manganèse inférieur ou égal à 2%
- 25 - chrome : $10,5 < Cr < 19\%$
- soufre inférieur ou égal à 0,4%
- calcium supérieur à $32 \cdot 10^{-4}\%$
- oxygène supérieur à $70 \cdot 10^{-4}\%$,

le rapport de la teneur en calcium et en oxygène Ca/O étant $0,2 < Ca/O < 0,6$, ledit acier étant soumis à au moins une trempe pour lui conférer une structure martensitique.

D'une façon inattendue, en introduisant des oxydes malléables dans une composition martensitique, il s'est avéré que les oxydes choisis, c'est à dire des silicoaluminates de chaux du type anorthide et/ou pseudowollastonite et/ou géhlénite représentés sur le diagramme ternaire de la figure 1, conservent les propriétés principales à l'acier martensitique après les traitements thermiques que ledit acier subit, sans dégradation des propriétés mécaniques et en améliorant de façon notable les propriétés d'usinabilité,

35 Or, les inclusions d'oxydes malléables n'ont une action favorable pour l'usinabilité uniquement parce que la matrice s'y prête.

La Demanderesse a été surprise de constater que dans une matrice de structure aussi différente que la structure des aciers martensitiques, ces oxydes ont aussi un effet bénéfique sur l'usinabilité.

40 De plus, il n'était pas évident que, du fait des différences d'élaboration, la Demanderesse arrive à obtenir le même type d'inclusions dans l'acier.

La Demanderesse a en particulier eu la surprise de constater que les traitements thermiques ne changeaient rien à la nature des inclusions.

Il ne se produit pas, ou du moins pas de manière significative de modification de la composition analytique des inclusions, entre autre par diffusion à l'état solide et cela au cours des traitements thermiques que subissent les aciers martensitiques.

Les problèmes de l'usinage des aciers martensitiques sont en outre très différents des problèmes posés par les aciers austénitiques.

50 Contrairement à ces derniers, ils ne sont pas écrouissables et leur conductivité thermique n'est pas aussi mauvaise.

Par contre, le principal problème des aciers martensitiques pour l'usinage est la dureté.

Rien ne permettait de penser que des inclusions identiques puissent avoir un effet bénéfique alors que les problèmes d'usinage avaient des causes si différentes.

Il s'est avéré que lors de l'usinage des aciers martensitiques, les oxydes malléables, aux températures d'usinage de ces aciers, sont suffisamment chauffés pour former un film lubrifiant en permanence régénéré par les inclusions d'oxydes présents dans le métal. Ce film lubrifiant permet de diminuer les frottements de la matière sur l'outil. Ainsi, l'effet de la charge importante due à la grande dureté du matériau se trouve réduit.

Deux familles d'aciers martensitiques ont été testés, l'une comprenant dans sa composition pondérale du

soufre dans une proportion comprise entre 0,15 et 0,45%, l'autre comprenant dans sa composition pondérale du soufre dans une proportion inférieure à 0,035%.

Il a été remarqué, que la présence des oxydes malléables dans l'acier ne modifie pas la résistance à la corrosion, soit par piqûre, soit caverneuse, aussi bien pour la composition à bas soufre que dans la composition resulfurée.

D'une manière générale, le gain apporté en usinabilité n'est fait, en aucun cas, au détriment de caractéristiques telles que la forgeabilité ou la déformabilité à chaud ou à froid.

Il a été également remarqué, que les oxydes introduits gardent leurs propriétés quelque soit le traitement thermique effectué.

Selon l'invention, l'introduction des oxydes malléables se fait sans tenir compte du taux de carbone additionné d'azote dont la diminution, tend comme il est prouvé, à diminuer les caractéristiques mécaniques.

L'invention concerne également un acier martensitique dans lequel il a été ajouté, dans sa composition pondérale de 2 à 6% de nickel et de 1 à 5% de cuivre ou encore moins de 3% de molybdène.

Le nickel est nécessaire dans des aciers contenant plus de 16% de chrome pour obtenir, après la trempe, une structure martensitique.

Dans la nuance dites à durcissement structural, le nickel, outre son rôle précédemment évoqué (diminution de la quantité de ferrite delta), va former avec le cuivre la phase "Ni₃Cu" qui va durcir le métal. Le durcissement n'est pas ici obtenu seulement par le carbone, qui du reste est relativement bas.

Le cuivre permet en combinaison avec le métal d'obtenir un durcissement structural et donc d'augmenter les caractéristiques mécaniques.

Le molybdène améliore la résistance à la corrosion et a un effet bénéfique sur la dureté après un revenu et il améliore également la résilience.

L'acier martensitique selon l'invention peut contenir également des éléments stabilisant choisis parmi le tungstène, le cobalt, le niobium, le titane, le tantale, le zirconium dans les proportions pondérales suivantes :

- tungstène inférieur ou égal à 4%
- cobalt inférieur ou égal à 4,5%
- niobium inférieur ou égal à 1%
- titane inférieur ou égal à 1%
- tantale inférieur ou égal à 1%
- zirconium inférieur ou égal à 1%.

Dans un exemple d'application un acier martensitique A selon l'invention dont la composition est la suivante :

	C	Si	Mn
--	---	----	----

ACIER A	0,205	0,462	0,52	
Cr	Mo	S	P	N
12.34	0.041	0.024	0.022	0.046

dans laquelle il est introduit :

Ca = 30.10⁻⁴%

O = 129.10⁻⁴ %

le rapport de la teneur en calcium et un oxygène Ca/O étant égal à 0,22.

Dans cet exemple, l'acier A contient, à titre résiduel, moins de 0,5% de nickel et moins de 0,2% de cuivre. Cet acier a été comparé à deux aciers de référence dont les compositions sont les suivantes :

EP 0 629 714 A1

	C	Si	Mn	Ni
Ref. 1	0,184	0,359	0,530	0,180
Ref. 2	0,194	0,364	0,731	0,313

Cr	Mo	Cu	S	P	N
12,63	0,135	0,084	0,022	0,018	0,056
12,77	0,093	0,088	0,002	0,017	0,049

Les trois aciers ont subi des tests d'usinabilité de tournage.

Le tournage est effectué avec des plaquettes en carbure massif, test désigné par Vb 30/0,3, qui consiste à déterminer la vitesse pour laquelle l'usure en dépouille est de 0,3mm après 30mn d'usinage et également, avec des plaquettes en carbure revêtu, test désigné par Vb 15/0,15 qui consiste à déterminer la vitesse pour laquelle l'usure en dépouille est de 0,15 mm après 15mn d'usinage.

On constate sur le tableau 1 ci-dessous que les propriétés mécaniques ne sont nullement altérées par l'introduction d'inclusions d'oxydes malléables pour deux traitements thermiques d'adoucissement, c'est à dire comportant une trempe à l'huile à 950°C, un maintien pendant quatre heures à 820°C, un refroidissement lent jusqu'à 650°C, puis un refroidissement à l'air et "traité" c'est à dire ayant subi une trempe à 950°C, un revenu à 640°C et un refroidissement à l'air.

	NUANCE	TRAITEMENT THERMIQUE	Rm MPa
INV	A	ADOUCI	535
REF	2	ADOUCI	544
REF	1	ADOUCI	544
INV	A	TRAITE	858
REF	2	TRAITE	967
REF	1	TRAITE	899
Rp0,2 MPa	A%	Z%	DURETE HRB/HRC
282	29	82	
296	29,2	64,1	82,3 HRB
280	28,6	60,6	80,6 HRB
737	14	51	
837	12	52,6	29,1 HRC
754	15,5	55,8	27,3 HRC

TABLEAU 1

Les tests ont montré que les aciers dits "traités" s'usinent mieux que les aciers adoucis.

Dans un autre exemple d'application, un acier martensitique selon l'invention et dont la composition pondérale est la seule suivante :

	C	Si	Mn	Cr	Mo
ACIER B	0,196	0,444	0,555	12,10	0,073

EP 0 629 714 A1

	9	P	N	Ca	O	Ca/O
AcierB	0,0263	0,019	0,053	41.10 ⁻⁴	99.10 ⁻⁴	0,41

Dans cet exemple, l'acier B contient, à titre résiduel, moins de 0,5% de nickel et moins de 0,2% de cuivre. Cet acier a été comparé à un acier standard de référence ne contenant pas dans sa composition d'oxydes malléables et dont la composition est la suivante :

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
REF 3	0,214	0,344	0,564	0,354	12,32	0,097

	Cu	S	P	N	Ca	O	Ca/O
REF 3	0,106	0,261	0,017	0,054		45.10 ⁻⁴	

On remarque sur le tableau 2 ci-dessous que les caractéristiques mécaniques comparées entre l'acier de référence 3 et l'acier B selon l'invention ne présentent pas de différences significatives tant dans le cas d'un état adouci que traité.

	REF. 3		ACIER B	
	ADOUCI	TRAITE	ADOUCI	TRAITE
Rm(MPa)	559	803	566	787
Rp0,2(MPa)	418	636	408	600
A%	29	18,7	29	19
Z%	67,5	60,5	67	63
TABLEAU 2				

Le tableau 3 ci-dessous présente des valeurs caractéristiques des tests d'usinage et montre que les aciers traités selon l'invention donnent un gain d'usinabilité de 25 à 30%.

ETAT METAL-LURGIQUE	TRAITE		ADOUCI	
test :	Vb 30/0,3 (m/mn)	Vb 15/0,15 (m/mn)	Vb 30/0,3 (m/mn)	Vb 15/0,15 (m/mn)
Acier réf 1	195	250	-	-
Acier réf 2	150	205	-	-
Acier réf 3	230	250	200	220
Acier A	250	-	-	-
Acier B	250	290	-	-
TABLEAU 3				

Dans un troisième exemple d'application deux aciers martensitiques C et D selon l'invention dont les compositions sont les suivantes :

EP 0 629 714 A1

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
Acier C	0,018	0,443	0,825	4,517	15,2	0,005
Acier D	0,012	0,448	0,818	3,739	15,37	0,005

Cu	P	N	Nb	S.10 ⁻⁴	Ca.10 ⁻⁴	0.10 ⁻⁴
3,189	0,01	0,018	0,202	110	65	132
3,236	0,01	0,021	0,192	233	70	157

Les aciers C et D ont été comparés à des aciers de référence, ne contenant pas d'oxydes malléables et dont les compositions pondérales sont les suivantes:

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
Ref. 4	0,011	0,45	0,815	4,548	15,26	0,006
Ref. 5	0,013	0,405	0,878	4,509	15,26	0,006

Cu	P	N	Nb	S.10 ⁻⁴	Ca.10 ⁻⁴	0.10 ⁻⁴
3,245	0,011	0,017	0,182	270	<5	138
3,228	0,011	0,016	0,202	110	<5	48

Ces aciers de référence contiennent en leur composition du cuivre et du nickel et font partie des nuances à durcissement structural.

Trois états métallurgiques correspondants à des traitements thermiques différents, sont couramment rencontrés :

- l'état trempé : trempe huile à 1050°C, puis revenu à 250°C. Rm 1000 MPa,
- l'état vieilli, dans lequel le métal a sa dureté maximale : trempe 1050°C, puis revenu vers 450°C. Rm 1400 MPa
- l'état adouci : trempe 1050°C, revenu à 760°C pendant 4 heures, deuxième revenu vers 620°C. Rm 900 MPa

La particularité de ce type de nuances est qu'elle ne subit pas de variations dimensionnelles suite aux traitements thermiques. Elle peut donc être usinée, puis vieillie.

L'acier D selon l'invention a été traité par usinage à l'état trempé. C'est à dire qu'il a subi une trempe à 1050°C dans de l'huile. Il est apparu, comme représenté sur les courbes de la figure 2, que la présence d'oxydes malléables augmentait bien l'usinabilité ce qui se constate sur les courbes par la diminution de l'usure des outils. Cette usure passe en effet de 0,15 mm après 15 mn d'usinage à une vitesse de 190 m/mn, une avance de 0,15 mm/tour, une profondeur de passe de 1,5 mm pour l'acier référence 4, à une usure de 0,125 mm pour l'acier D.

L'acier D selon l'invention a permis d'obtenir à l'état adouci une vitesse de coupe de 240 m/mn alors que l'acier de référence 5 a permis une vitesse de coupe de 210 m/mn. Le gain enregistré est de 20%.

Il est bien mis en évidence avec ces différents exemples d'application, que les aciers martensitiques contenant dans leur composition des oxydes malléables ont une usinabilité améliorée, les oxydes ne détériorent pas les autres caractéristiques desdits aciers.

Revendications

1. Acier inoxydable martensitique à usinabilité améliorée, caractérisé en ce que sa composition pondérale est la suivante :

- carbone inférieur à 1,2%
- silicium inférieur ou égal à 2%

- manganèse inférieur ou égal à 2%
 - chrome : $10,5 < Cr < 19\%$
 - soufre inférieur ou égal à 0,55%
 - calcium supérieur à $32 \cdot 10^{-4}\%$
 - Oxygène supérieur à $70 \cdot 10^{-4}\%$
- le rapport de la teneur en calcium et en oxygène Ca/O étant $0,2 < Ca/O < 0,6$, ledit acier étant soumis à au moins un traitement thermique de trempe pour lui conférer une structure martensitique.
2. Acier selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend du soufre dans une proportion inférieure ou égale à 0,035%.
 3. Acier selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'il comprend du soufre dans une proportion $0,15\% < S < 0,45\%$, ledit acier étant resulfuré.
 4. Acier selon la revendication 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, du nickel dans une proportion inférieure ou égale à 6%.
 5. Acier selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, du molybdène dans une proportion inférieure ou égale à 3%.
 6. Acier selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, dans sa composition pondérale des éléments choisis parmi le tungstène, le cobalt, le niobium, le titane, le tantale, le zirconium, le vanadium, le molybdène dans les proportions pondérales suivantes :
 - tungstène inférieur ou égal à 4%
 - cobalt inférieur ou égal à 4,5%
 - niobium inférieur ou égal à 1%
 - titane inférieur ou égal à 1%
 - tantale inférieur ou égal à 1%
 - zirconium inférieur ou égal à 1%
 - vanadium inférieur ou égal à 1%
 - molybdène inférieur ou égale à 3%.
 7. Acier selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend du nickel dans une proportion $2\% < Ni < 6\%$ et du cuivre dans une proportion $1\% < Cu < 5\%$.
 8. Acier selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il contient des inclusions de silicoaluminate de chaux de type anorthide et/ou pseudo-wollastonite et/ou géhlénite.

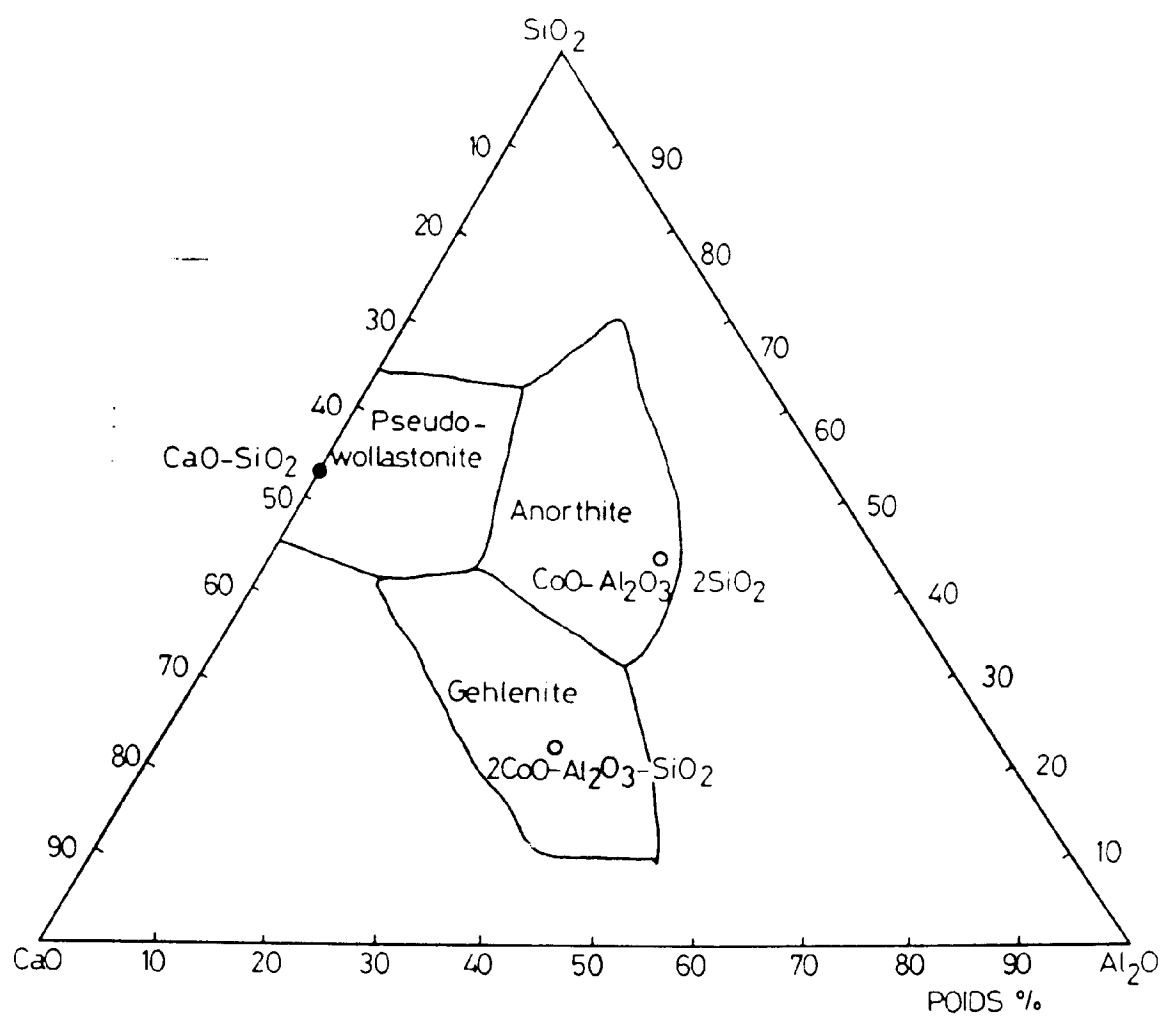
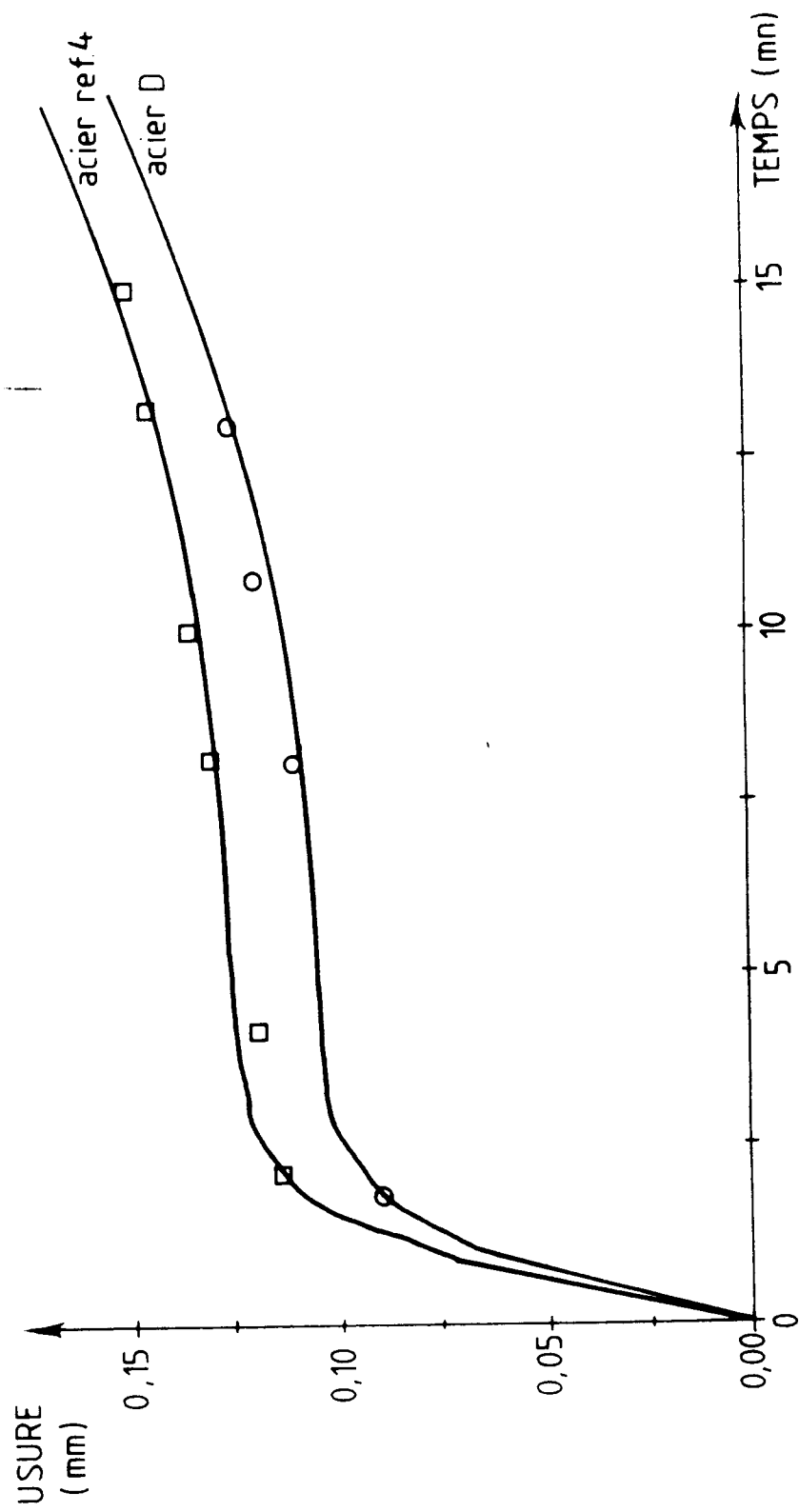


FIG.1

FIG.2



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 94 40 1246

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.5)
A	EP-A-0 403 332 (UGINE SAVOIE) * le document en entier *	1-8	C22C38/60
A,D	& FR-A-2 648 477 (UGINE SAVOIE) ---	1-8	
Y	FR-A-2 456 785 (DAIDO TOKUSHUKO K.K.) *Revendications 1-10*	1-7	
Y	FR-A-2 445 388 (DAIDO TOKUSHUKO K.K.) *Revendications 1-4*	1-7	
Y	HOUDREMONT 'Handbuch der Sonderstahlkunde, 1 vol.2, pages 1279-1290' 1956, SPRINGER-VERLAG, BERLIN/GÖTTINGEN/HEIDELBERG *Page 1279, alinéa 1; page 1287, en bas; page 1290, Conclusion* -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.5)
			C22C
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		16 Août 1994	Lippens, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
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			
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 L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)