



⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt : **95400951.0**

⑤① Int. Cl.⁶ : **C22C 38/60, C22C 38/00**

㉔ Date de dépôt : **27.04.95**

③④ Priorité : **31.05.94 FR 9406590**

④③ Date de publication de la demande :
06.12.95 Bulletin 95/49

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-73403 Ugine Cédex (FR)

⑦② Inventeur : **Pedarre, Pierre**
20 Boulevard Taine
F-74000 Annecy (FR)
Inventeur : **Terrien, Pascal**
112 Chemin des 3 Poiriers
F-73200 Alberville (FR)

⑦④ Mandataire : **Ventavoli, Roger**
TECHMETAL PROMOTION (Groupe USINOR
SACILOR),
Immeuble " La Pacific ",
11/13 Cours Valmy - La Défense 7,
TSA 10001
F-92070 Paris La Défense Cédex (FR)

⑤④ **Acier inoxydable ferritique à usinabilité améliorée.**

⑤⑦ Acier inoxydable ferritique à usinabilité améliorée utilisable notamment dans le domaine du décolletage, caractérisé en la composition suivante :

C < 0,17 %
Si < 2,0 %
Mn < 2,0 %
Cr [11-20] %
Ni < 1,0 %
S ≤ 0,55 %
Ca > 30 10⁻⁴ %
O > 70 10⁻⁴ %

le rapport entre la teneur en calcium et en oxygène Ca/O étant $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$, ledit acier étant soumis, après laminage et refroidissement, à un traitement thermique de recuit lui conférant une structure ferritique.

La présente invention concerne un acier inoxydable de structure ferritique et à usinabilité améliorée, utilisable notamment dans le domaine du décolletage.

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

D'autres éléments entrent dans la composition des aciers afin de modifier leur structure et leurs propriétés. Il est connu quatre familles-types d'aciers inoxydables différenciées par leur structure. Ce sont :

- les aciers inoxydables de structure martensitiques,
- les aciers inoxydables de structure austénitiques,
- les aciers inoxydables de structure austéno-ferritiques,
- les aciers inoxydables de structure ferritiques.

Les aciers inoxydables ferritiques se caractérisent par une composition déterminée, la structure ferritique étant notamment assurée, après laminage et refroidissement de la composition, par un traitement thermique de recuit leur conférant ladite structure.

Parmi les quatre grandes familles d'aciers inoxydables ferritiques définies notamment en fonction de leur teneur en chrome et en carbone, nous citons :

- les aciers inoxydables ferritiques pouvant contenir jusqu'à 0,17 % de carbone. Ces aciers, après le refroidissement qui suit leur élaboration, ont une structure biphasée austéno-ferritique. Ils sont transformés en aciers inoxydables ferritiques après recuit malgré une teneur en carbone relativement élevée.
- les aciers inoxydables ferritiques dont la teneur en chrome varie de 11 à 12 %. Ils sont assez proches des aciers martensitiques contenant 12 % de chrome, mais différent par leur teneur en carbone qui est nettement plus faible.

Par exemple, le tableau qui suit présente une série d'aciers ferritiques et martensitiques avec la teneur en carbone imposée par la norme.

	Nuance	Teneur imposée par la norme
FERRITIQUES	AISI 430 (Z 8 C 17)	C < 0,12 %
	AISI 434 = (Z8CD17-01)	C < 0,12 %
	AISI430 F = (Z10CF)	C < 0,12 %
MARTENSITIQUES	AISI 420 A (Z 20 C 13)	0,15 % < C < 0,24 %
	AISI 416 (Z 12 CF 13)	0,08 % / C / 0,15 %

- les aciers inoxydables ferritiques à 17 % de chrome. Ce sont les plus courants. Il en existe de nombreuses variantes, en particulier au niveau de la teneur en carbone. L'addition de molybdène permet d'améliorer leur résistance à la corrosion.

De manière générale, la structure ferritique des aciers est de préférence obtenue en limitant la quantité de carbure de chrome, c'est pour cela que la plupart des aciers inoxydables ferritiques ont une teneur en carbone inférieure à 0,12 % voire 0,08 %.

- les aciers inoxydables ferritiques à 17 % de chrome stabilisés par addition d'éléments ayant une forte affinité pour le carbone ou l'azote, tels que le titane, le niobium, le zirconium.
- les aciers inoxydables ferritiques à haute teneur en chrome, généralement supérieure à 24 %.

Du point de vue métallurgique, il est connu que certains éléments contenus dans la composition de l'acier favorisent l'apparition de la phase ferritique de structure cubique centrée. Ces éléments sont dits alpha-gènes. Parmi ceux-ci figurent le chrome et le molybdène. D'autres éléments dits gamma-gènes favorisent l'apparition de la phase gamma-austénitique de structure cubique à faces centrées. Parmi ces éléments figurent le nickel ainsi que le carbone et l'azote.

Lors du laminage des aciers à chaud, la structure de l'acier peut être biphasée, ferritique et austénitique. Si le refroidissement est, par exemple énergétique, la structure finale est ferritique et martensitique. S'il est plus lent, l'austénite se décompose partiellement en ferrite et carbures, mais avec une teneur en carbone plus riche que la matrice environnante, l'austénite ayant solubilisé à chaud plus de carbone que la ferrite. Dans les deux cas, un revenu ou recuit doit donc être pratiqué sur les aciers laminés à chaud et refroidis pour générer une structure totalement ferritique. Le revenu peut se faire à une température d'environ 820 ° C inférieure à la température A1 de transition alpha → gamma, ce qui engendre une précipitation de carbures.

On peut également effectuer un recuit à une température plus élevée comme par exemple 870°C qui conduit à un adoucissement plus marqué de la martensite mais provoque une transformation partielle en austénite. Un refroidissement lent est alors nécessaire pour décomposer l'austénite. Un refroidissement lent est

alors nécessaire pour décomposer l'austénite formée en ferrite et carbures, évitant ainsi la formation de nouvelle martensite.

Dans l'élaboration des aciers ferritiques, dits stabilisés, le carbone se combine avec les éléments stabilisants tels que le titane et/ou la niobium et ne participe plus à la formation de phase gamma-gène, n'étant plus présent dans la matrice. Dans ce cas, il est possible d'obtenir après le laminage à chaud un acier dont la structure soit totalement ferritique.

Du point de vue des propriétés physiques, la différence la plus apparente entre aciers ferritiques et aciers austénitiques est le comportement ferromagnétique des premiers.

La conductibilité thermique des aciers ferritiques est très basse. Elle se situe entre celle des aciers martensitiques et celle des aciers austénitiques à la température ambiante. Elle est équivalente à la conductibilité thermique des aciers austénitiques à des températures comprises entre 800°C et 1000°C, températures qui correspondent aux températures des aciers lors de l'usinage.

Au point de vue de l'usinage, le coefficient de dilatation thermique des aciers ferritiques est d'environ 60 % plus élevé que celui des aciers austénitiques.

En outre, les aciers ferritiques ont des caractéristiques mécaniques nettement plus basses que celles des aciers martensitiques et austénitiques.

Dans un exemple, le tableau qui suit présente une série d'aciers inoxydables, ferritiques, martensitiques, austénitiques et les caractéristiques mécaniques (Rm) correspondantes.

	Acier inoxydable	Rm normé (MPa)
Ferritique	AISI 430 (Z8 C17)	440 - 640
	AISI 430F (Z20 CF17)	440 - 640
Martensitique	AISI 420A (Z20 C13)	700 - 850
	AISI 420B (Z33 C13)	850 - 1000
	F16 H (Z7CNU16-04) (trempé)	930 - 1100
Austénitique	AISI 304 (Z6 CNT18 10)	510 - 710

Dans l'élaboration des aciers de structures ferritiques, les contraintes d'écoulement aux températures de laminage sont nettement plus faibles que celles des aciers austénitiques ou des aciers martensitiques. De ce fait, le laminage est effectué à des températures relativement plus basses.

A titre d'exemple indicatif, la contrainte d'écoulement à une température de laminage de 1100°C et pour une vitesse de déformation de 1 s^{-1} est de 110 MPa pour un acier martensitique de type AISI 420 A, de 130 MPa pour un acier austénitique de type AISI 304 alors qu'elle est de 30 MPa pour un acier ferritique de type AISI 430.

Les aciers de structure ferritique ne sont pas soumis à un refroidissement rapide de type trempe ou hypertrempe comme les aciers martensitiques ou austénitiques. Par contre, ils sont soumis généralement à des traitements thermiques différés bien spécifiques qui leur confèrent leur structure. Les traitements thermiques différés ont aussi pour but d'homogénéiser l'élément chrome et éviter la création de carbure de chrome et l'apparition de zones appauvries en chrome.

Par exemple, les aciers de structure ferritique à 17 % de chrome non stabilisés ont après laminage, une structure ferritique et martensitique. Un traitement thermique assure d'une part la transformation de la martensite en ferrite et en carbures et d'autre part, une répartition uniforme du chrome.

Dans le domaine de leur utilisation, les aciers inoxydables ferritiques posent des problèmes d'usinabilité très différents de ceux rencontrés avec les aciers inoxydables de structure austénitique ou martensitique.

En effet, un gros inconvénient des aciers ferritiques est la mauvaise conformation du copeau. Ils produisent des copeaux longs et enchevêtrés, qui sont très difficiles à fragmenter. Il est alors nécessaire aux opérateurs de rester près de la machine pour dégager les outils. Cet inconvénient peut devenir très pénalisant dans des modes d'usinages où le copeau est confiné, comme par exemple dans le perçage profond, le tronçonnage...

Une solution pour résoudre ce problème est l'usinage à vitesse de coupe élevée pour provoquer la fragmentation du copeau, mais d'une part, l'augmentation de la vitesse de coupe diminue de façon critique la durée de vie des outils, d'autre part les machines ne permettent pas toujours d'atteindre des vitesses suffisamment élevées, en particulier lors de la réalisation de petits diamètres notamment en décolletage.

Une autre solution apportée pour pallier aux problèmes d'usinage des aciers ferritiques est d'introduire

du soufre dans leur composition. Le soufre forme avec le manganèse des sulfures de manganèse qui ont un effet favorable sur la fragmentation des copeaux et accessoirement sur la durée de vie des outils. Cependant, le soufre dégrade les propriétés de l'acier ferritique, notamment la déformabilité à chaud et à froid, et la résistance à la corrosion.

5 Lesdits aciers ferritiques contiennent habituellement des inclusions dures de type chromite (Cr Mn, Al Ti)O, alumine (AlMg)O, silicate (SiMn)O, abrasives pour les outils de coupe.

Il s'est avéré que les aciers ferritiques resulfurés avaient une bonne usinabilité, cependant, en plus de la résistance à la corrosion, les propriétés mécaniques en sens travers, se trouvent grandement dégradées.

10 L'invention a pour but de proposer un acier ferritique à usinabilité améliorée ayant des caractéristiques bien supérieures à celles, par exemple, des aciers ferritiques resulfurés et, dans une autre forme, de présenter un acier ferritique usinable ne contenant pas ou peu de soufre.

L'invention a pour objet un acier inoxydable de structure ferritique et à usinabilité améliorée, utilisable notamment dans le domaine du décolletage et qui comprend dans sa composition :

- carbone $\leq 0,17$ %
- 15 - silicium ≤ 2 %
- manganèse ≤ 2 %
- chrome : [11 - 20] %
- nickel < 10 %
- soufre $\leq 0,55$ %
- 20 - calcium $\geq 30 \cdot 10^{-4}$ %
- oxygène $\geq 70 \cdot 10^{-4}$ %

Le rapport de la teneur en calcium et en oxygène Ca/O étant $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

De préférence, l'acier inoxydable de structure ferritique comprend dans sa composition :

- carbone $\leq 0,12$ %
- 25 - silicium ≤ 2 %
- manganèse ≤ 2 %
- chrome [15 - 19] %
- nickel < 1 %
- soufre $\leq 0,55$ %
- 30 - calcium $\geq 35 \cdot 10^{-4}$ %
- oxygène $\geq 70 \cdot 10^{-4}$ %

un rapport de la teneur en calcium et oxygène Ca/O compris dans l'intervalle $0,35 < \text{Ca/O} < 0,6$.

Dans une forme de l'invention :

- l'acier inoxydable de structure ferritique comprend dans sa composition :
- 35 - C $\leq 0,08$ %
- Si $\leq 2,0$ %
- Mn $\leq 2,0$ %
- Cr [15 - 19] %
- Ni < 1 %
- 40 - S $\leq 0,55$ %
- Ca $\geq 35 \cdot 10^{-4}$ %
- O $\geq 70 \cdot 10^{-4}$ %

le rapport entre la teneur en calcium et en oxygène Ca/O satisfaisant à la relation $0,35 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

Les autres caractéristiques de l'invention sont :

- 45 - l'acier ferritique comprend de 0,15 % à 0,45 % de soufre,

Dans une autre forme de l'invention :

- l'acier ferritique comprend moins de 0,035 % de soufre,
- l'acier ferritique comprend de 0,05 à 0,15 % de soufre,
- l'acier ferritique peut contenir dans sa composition moins de 3 % de molybdène.

50 La description qui suit et les dessins annexés le tout donné à titre d'exemple non limitatif, sera bien comprendre l'invention.

Les figures 1 et 2 présentent un diagramme de conformation des copeaux en fonction des conditions d'usinage respectivement pour un acier ferritique connu AISI 430 non resulfuré, désigné par la référence A et pour un acier austénitique AISI 304.

55 La figure 3 présente différentes conformations de copeaux issues d'usinage lors du décolletage de différents métaux.

La figure 4 est un diagramme ternaire définissant les compositions des oxydes malléables introduits dans la composition de l'acier ferritique selon l'invention.

Les figures 5 et 6 présentent un diagramme de conformation de copeaux en fonction des conditions d'usinage respectivement pour un acier C ferritique connu AISI 430F resulfuré et pour un acier ferritique resulfuré S selon l'invention.

La figure 7 est un schéma présentant trois courbes caractéristiques d'essai d'usinabilité dont une correspond à l'acier de référence A, les deux autres correspondant à deux aciers du domaine de l'invention C1 et C2 et contenant peu de soufre.

La figure 8 présente un diagramme schématisant la conformation de copeaux en fonction de l'avance de l'outil et de la profondeur de la passe d'usinage pour un acier C2 selon l'invention.

Dans le domaine de l'usinabilité des aciers inoxydables en général et en fonction des différentes structures des aciers utilisés, les problèmes rencontrés s'avèrent être d'une part, différents, mais également particulièrement spécifiques. Les problèmes rencontrés lors de l'usinage des aciers ferritiques sont sans lien avec les problèmes rencontrés lors de l'usinage des aciers austénitiques ou martensitiques.

Par exemple, les aciers inoxydables austénitiques ont l'inconvénient d'être écrouissables et d'user très vite les outils de coupe, la conformation des copeaux est mauvaise, mais sans comparaison avec celle des aciers ferritiques.

Les figures 1 et 2 présentent un diagramme de conformation de copeaux en fonction de l'avance et de la profondeur de la passe d'usinage déterminées respectivement pour un acier ferritique AISI 430 non resulfuré correspondant à la référence A et un acier austénitique AISI 304.

Afin de pouvoir comparer les conformations de copeaux, la figure 3 est un tableau qui associe à différentes conformations de copeaux un coefficient comportant plusieurs chiffres successifs, le premier chiffre définissant différentes images générales du copeau, formant les colonnes du tableau telles que 1 : copeau ruban ; 2 : copeau tubulaire ; 3 : copeau spirale..., 4 : copeau hélicoïdal en rondelle ; 5 : copeau hélicoïdal conique ; 6 : copeau en arc ; 7 : copeau élémentaire ; 8 : copeau aiguille, le second chiffre définissant une caractéristique de dimension et de forme classée dans chacune des colonnes telles que : 1 : long ; 2 : court ; 3 : enchevêtré ; 4 : plat ; 5 : coniques ; 6 : attaché ; 7 : détaché.

Les aciers inoxydables martensitiques ont des caractéristiques mécaniques élevées, ce qui génère des températures de coupe importantes et une usure rapide des outils.

Du fait des faibles caractéristiques mécaniques des aciers inoxydables de structure ferritique, lesdits aciers n'ont pas les mêmes modes d'usinage et de dégradation des outils de coupe que ceux des aciers martensitiques.

Il existe deux types d'aciers inoxydables ferritiques, en fonction de leur teneur en soufre :

- des aciers de décolletage qui ont une teneur en soufre comprise entre 0,15 % et 0,55 %. Ce type d'acier utilisé en décolletage présente une bonne usinabilité, au détriment de la résistance à la corrosion,
- des aciers standard qui ont une teneur en soufre inférieure à 0,035 %. Ce type d'acier présente une bonne résistance à la corrosion, mais est peu ou pas usiné, justement à cause des difficultés rencontrées lors du décolletage.
- les aciers ayant des niveaux intermédiaires de soufre correspondant à une teneur comprise entre 0,05 % et 0,15 % ne sont pas commercialisés. En effet, leur usinabilité n'est que très modérément améliorée pour ces teneurs en soufre, en comparaison avec les aciers dits resulfurés. Ils ne présentent pas un avantage réel à côté de l'inconvénient qui reste la dégradation de la résistance à la corrosion.

Selon l'invention, l'acier inoxydable ferritique à usinabilité améliorée, utilisable notamment dans le domaine du décolletage, comprend dans sa composition en poids, moins de 0,17 % de carbone, moins de 2 % de silicium, moins de 2 % de manganèse, de 11 à 20 % de chrome, moins de 1 % de nickel, moins de 0,55 % de soufre, plus de $30 \cdot 10^{-4}$ % de calcium et plus de $70 \cdot 10^{-4}$ % d'oxygène, l'acier étant soumis, après élaboration, à un traitement de recuit pour lui conférer une structure ferritique.

La présence du nickel dans la composition due à l'élaboration industrielle de l'acier n'est qu'un élément résiduel qu'on cherche à réduire et même à éliminer.

L'introduction de façon contrôlée et volontaire de calcium et d'oxygène à des teneurs élevées et vérifiant la relation $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$ favorise dans l'acier ferritique, la formation d'oxydes malléables, choisis dans un diagramme ternaire Al_2O_3 ; SiO_2 ; CaO , dans la zone du point triple anorthite, gehlenite, pseudowollastonite comme représenté sur la figure 4.

La présence de calcium et d'oxygène réduit de façon conséquente la formation des inclusions dures et abrasives de type chromite, alumine, silicate.

On a constaté que l'introduction d'oxydes à base de calcium et d'oxygène dans un acier de structure ferritique, en remplacement des oxydes durs existants, ne modifie aucunement les autres caractéristiques de l'acier ferritique dans le domaine de la déformation à chaud ou à froid ou encore dans le domaine de la résistance à la corrosion.

Alors que les aciers ferritiques resulfurés ont une bonne usinabilité, la fragmentation du copeau étant as-

surée par la présence de soufre dans la composition dudit acier, de manière surprenante, l'introduction d'oxydes malléables dans la structure de l'acier améliore encore de façon spectaculaire l'usinabilité.

Les inclusions dites malléables contenues dans l'acier également malléable, ne peuvent avoir le même comportement que des inclusions malléables dans un acier non malléable de structure austénitique ou martensitique.

En effet, les températures de laminage des aciers ferritiques sont inférieures aux températures de laminage des aciers d'une autre structure, et la contrainte d'écoulement des aciers ferritiques reste très faible à ces températures de laminage.

Il est effectivement inattendu, du fait de la faiblesse des contraintes d'écoulement que les oxydes dits malléables puissent être déformés pour influencer la conformation et le comportement du copeau lors de l'usinage.

Les figures 5 et 6 représentent un diagramme de conformation de copeaux en fonction d'une avance de l'outil et d'une profondeur de passe d'usinage déterminées, respectivement pour un acier référencé C du type AISI 430F résulfuré et pour un acier S, résulfuré selon l'invention. La composition de l'acier C de référence est présentée dans le tableau 1.

tableau 1

acier	C	Si	Mn	Ni	Cr
Réf.C	0,062	0,505	0,680	0,273	16,1
acier	Mo	Cu	S	P	N2
Réf.C	0,214	0,091	0,298	0,022	0,037

La composition de l'acier S selon l'invention est présente dans le tableau 2.

tableau 2

acier	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu
S	0,059	0,523	0,610	0,323	16,1	0,221	0,151
acier	S	P	N2	Ca (ppm)	O2 (ppm)	Ca/O	
S	0,293	0,021	0,035	57	141	0,40	

Pour un acier selon l'invention, le phénomène d'enlèvement du copeau est très particulier. Sans être marqué de façon nette sur le copeau, la fragmentation est augmentée significativement.

L'introduction de façon contrôlée de calcium et d'oxygène a également été effectuée dans un acier ferritique ayant, dans sa composition, une teneur en soufre inférieure à 0,035 %

Les aciers selon l'invention peuvent également contenir moins de 3 % de molybdène, élément améliorant la résistance à la corrosion. Il s'est avéré qu'un acier de structure ferritique selon l'invention, ne contenant pas ou très peu de soufre, a un usinage grandement amélioré de façon telle que cet acier peut être utilisé industriellement en décolletage, tout en présentant une bonne résistance à la corrosion.

Dans un exemple d'application, il est présenté une comparaison d'usinabilité entre l'acier référencé A, ferritique non résulfuré et ne contenant pas d'oxyde de type anorthite, gehlenite et pseudowollastonite et deux aciers C1 et C2 du domaine de l'invention.

Le tableau 3 présente la composition de l'acier A de référence.

Le tableau 4 présente la composition des aciers C1 et C2 du domaine de l'invention.

tableau 3

acier	C	Si	Mn	Ni	Cr
Réf.A	0,058	0,356	0,514	0,212	16,35
acier	Mo	Cu	S	P	N2
Réf.A	0,226	0,021	0,0114	0,019	0,046

tableau 4

acier	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu
C1	0,059	0,380	0,461	0,153	16,53	0,229	0,022
C2	0,066	0,523	0,487	0,205	16,19	0,241	0,021
acier	S	P	N2	Ca (ppm)	O2 (ppm)	Ca/O	
C1	0,0093	0,017	0,052	13	197	0,07	
C2	0,0097	0,017	0,048	47	189	0,28	

Dans un essai d'usinabilité présenté sur la figure 7, nous constatons lors de l'usinage de l'acier de référence A, de l'acier C1 et de l'acier C2, les différents taux d'usure d'un outil en carbure revêtu. L'essai est réalisé sans lubrification afin d'être plus sévère. Nous constatons une diminution de l'usure en dépouille de l'outil lorsque nous comparons l'acier de référence A (courbe A), de l'acier C1 (courbe C1) et l'acier C2 (courbe C2) selon l'invention.

En effet, l'acier C1 du fait de sa composition ne comporte pas suffisamment d'oxydes dits malléables du type anorthite, gehlenite, pseudowollastonite, de part le manque de calcium dans le métal. En outre, nous observons sur les diagrammes de la figure 8, que l'acier C2 selon l'invention a une zone de fragmentation nettement supérieure à l'acier de référence A, et même, proche de l'acier de référence C qui est un acier ferritique résulfuré.

Concernant les aciers ayant des teneurs intermédiaires en soufre, comprises entre 0,05 % et 0,15 %, nous constatons que les aciers selon l'invention ont une usinabilité comparable à celles des aciers résulfurés tout en ayant une meilleure résistance à la corrosion.

Dans une autre application, il s'est avéré que la présence d'oxydes dits malléables dans un acier ferritique, avait des avantages particuliers.

En effet, les oxydes malléables sont susceptibles de se déformer dans le sens du laminage, alors que les oxydes durs qu'ils remplacent ont la forme de grains.

Dans le domaine du tréfilage de fils d'acier ferritique de faible diamètre, les inclusions choisies selon l'invention réduisent de manière conséquente le taux de casse du fil tréfilé.

Dans le domaine de la fabrication de laine d'acier par rasage de fil d'aciers inoxydables ferritiques, les inclusions dures qui usent rapidement les outils de rasage provoquent également du fait de leur forme en grain des ruptures importantes qui nuisent à la qualité de la laine d'acier.

Selon l'invention, les aciers inoxydables ferritiques sous forme de fils comportant des inclusions malléables, soumis au rasage, présentent des caractéristiques qui assurent la formation de brins de laine d'acier de plus grande longueur moyenne et autorisent des rasages avec des fils résiduels beaucoup plus réduits, ce qui permet une économie de matière.

Dans un autre domaine d'application, par exemple dans des opérations de polissage, les inclusions dures s'incrusteront dans l'acier ferritique et provoquent des sillons en surface.

L'acier ferritique, selon l'invention comportant des inclusions malléables peut être poli avec beaucoup plus d'aisance pour l'obtention d'un état de surface poli amélioré.

Revendications

1.- Acier inoxydable de structure ferritique et à usinabilité améliorée utilisable, notamment dans le domaine du décolletage, caractérisé en ce qu'il comprend dans sa composition :

- 5 C < 0,17 %
- Si ≤ 2,0 %
- Mn ≤ 2,0 %
- Cr [11 - 20] %
- Ni ≤ 0,1 %
- 10 S ≤ 0,55 %
- Ca ≥ 30 10⁻⁴ %
- O ≥ 70 10⁻⁴ %

Le rapport entre la teneur en calcium et en oxygène Ca/O étant $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

2.- Acier de structure ferritique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend dans sa composition :

- 15 c < 0,1 %
- Si <
- Mn <
- Cr [15 - 19] %
- 20 Ni < 1 %
- S ≤ 0,55 %
- Ca ≥ 35 10⁻⁴ %
- O ≥ 70 10⁻⁴ %

le rapport entre la teneur en calcium et en oxygène Ca/O satisfaisant à la relation

$$0,35 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$$

3.- Acier inoxydable de structure ferritique selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce qu'il comprend dans sa composition :

- C ≤ 0,08 %
- Si ≤ 2,0 %
- 30 - Mn ≤ 2,0 %
- Cr [15 - 19] %
- Ni < 1 %
- S ≤ 0,55 %
- Ca ≥ 35 10⁻⁴ %
- 35 - O ≥ 70 10⁻⁴ %

le rapport entre le teneur en calcium et en oxygène Ca/O satisfaisant à la relation $0,35 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

4.- Acier de structure ferritique selon les revendications 1 et 3, caractérisé en ce qu'il comprend moins de 0,035 % de soufre.

5.- Acier de structure ferritique selon les revendications 1 et 3, caractérisé en ce qu'il comprend entre 0,15 % et 0,45 % de soufre.

6.- Acier de structure ferritique selon les revendications 1 à 3 caractérisé en ce qu'il comprend entre 0,05 % et 0,15 % de soufre.

7.- Acier de structure ferritique selon les revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre moins de 3 % de molybdène.

8.- Acier de structure ferritique selon les revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il contient des inclusions de silico-aluminale de chaux de type anorthite et/ou pseudo-wollastonite et/ou gehlénite.

50

55

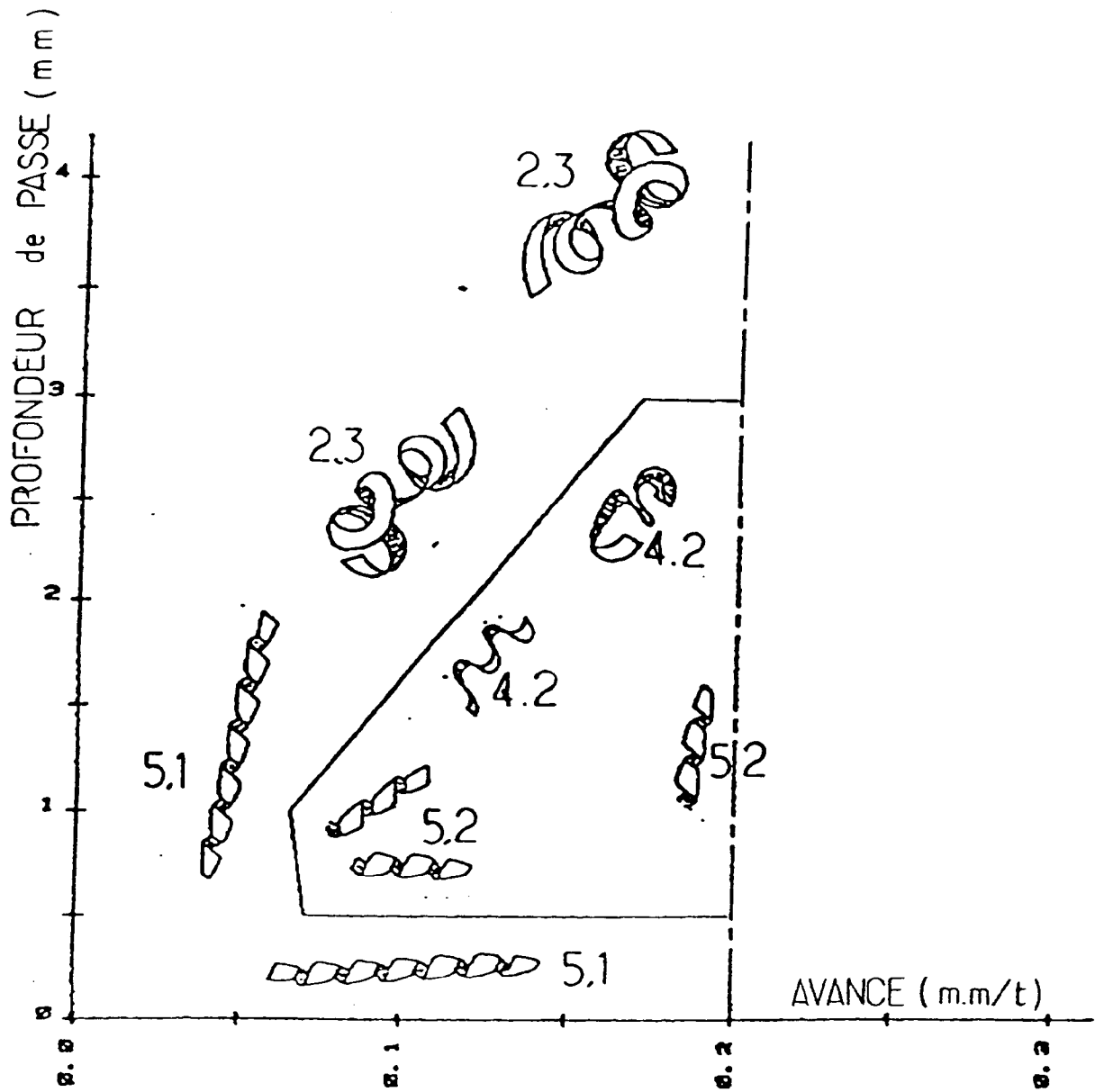
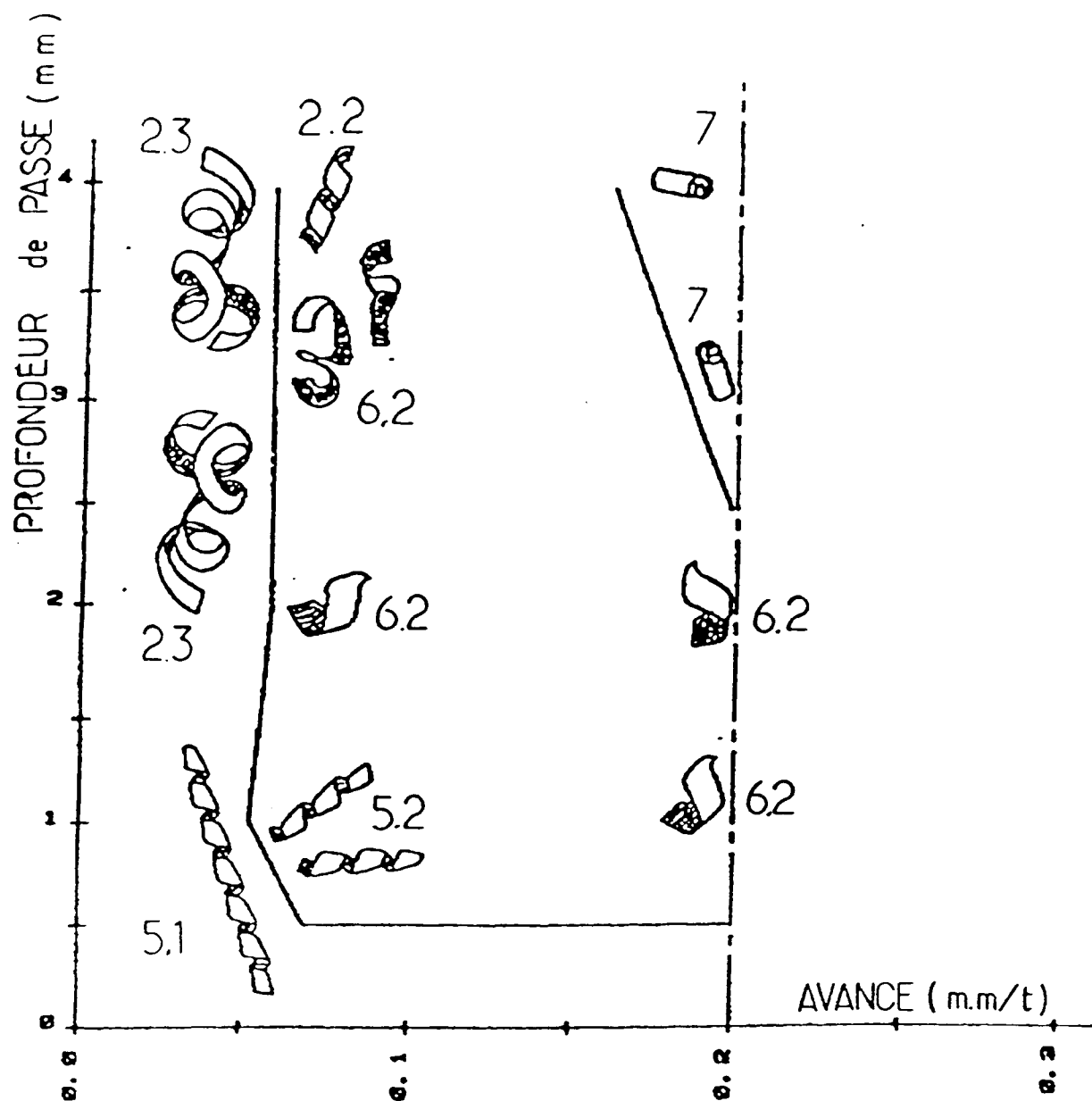


FIG. 1

FIG. 2




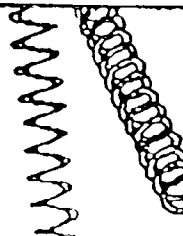
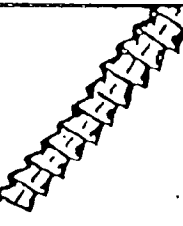




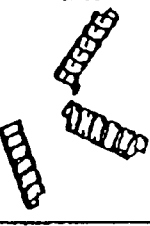

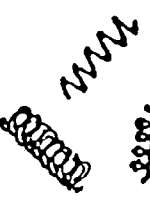


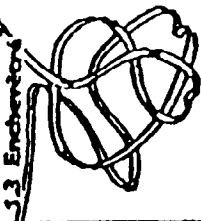

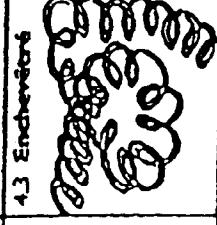
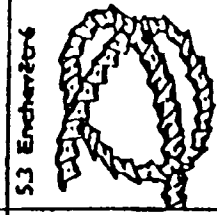
1 COPEAU RUBAN	2 COPEAU TUBULAIRE	3 COPEAU EN SPIRALE	4 COPEAU HELICOÏDAL EN RONDELLE	5 COPEAU HELICOÏDAL CONIQUE	6 COPEAU EN ARC	7 COPEAU ÉLEMENTAIRE	8 COPEAU AIGUILLE
1.1 Long 	2.1 Long 	3.4 Plat 	4.1 Long 	5.1 Long 	6.6 Attaché 		
1.2 Court 	2.2 Court 	3.5 Conique 	4.2 Court 	5.2 Court 	6.7 Détaché 		
5.3 Enchevêtré 	2.3 Enchevêtré 		4.3 Enchevêtré 	5.3 Enchevêtré 			

FIG. 3

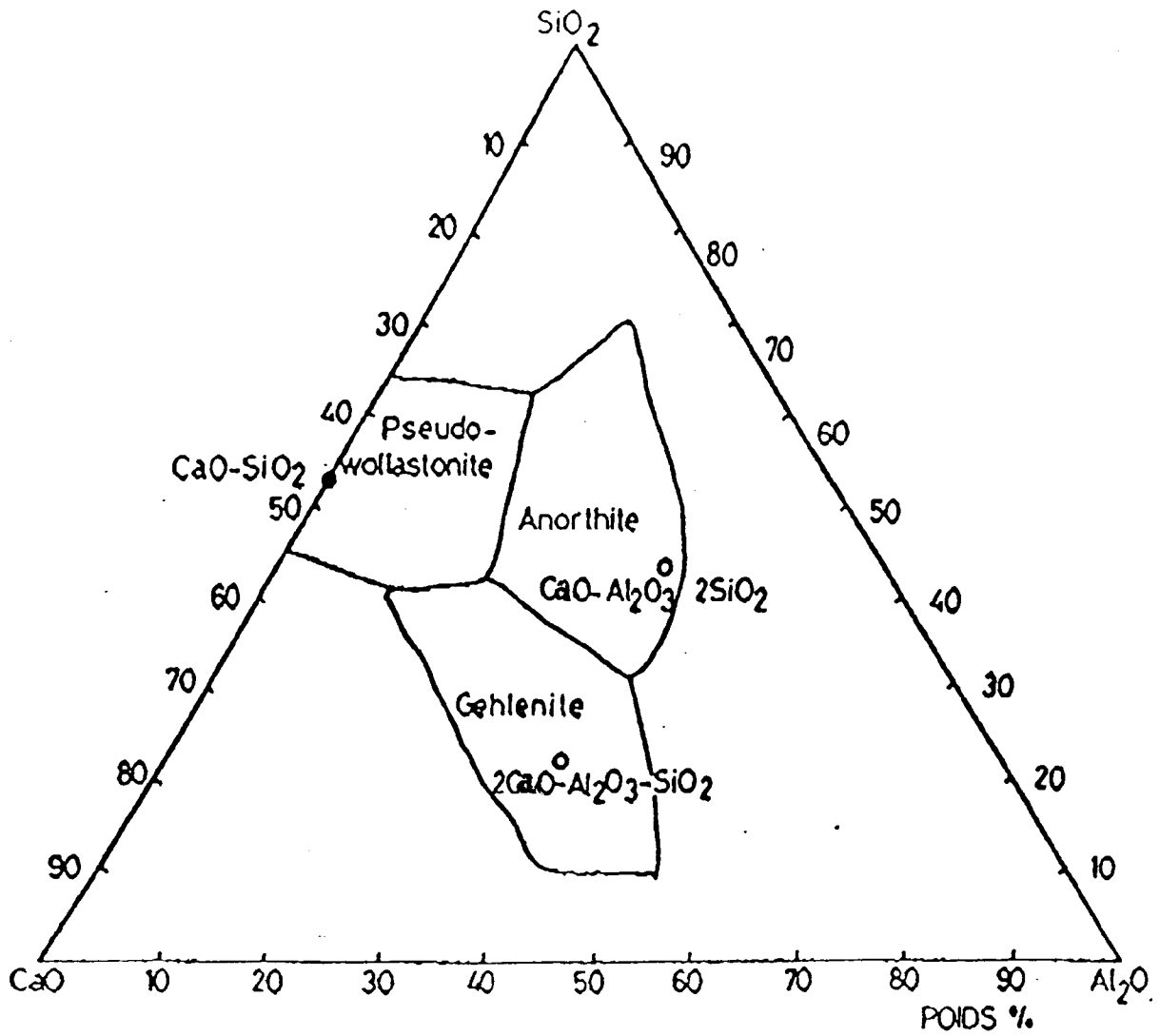
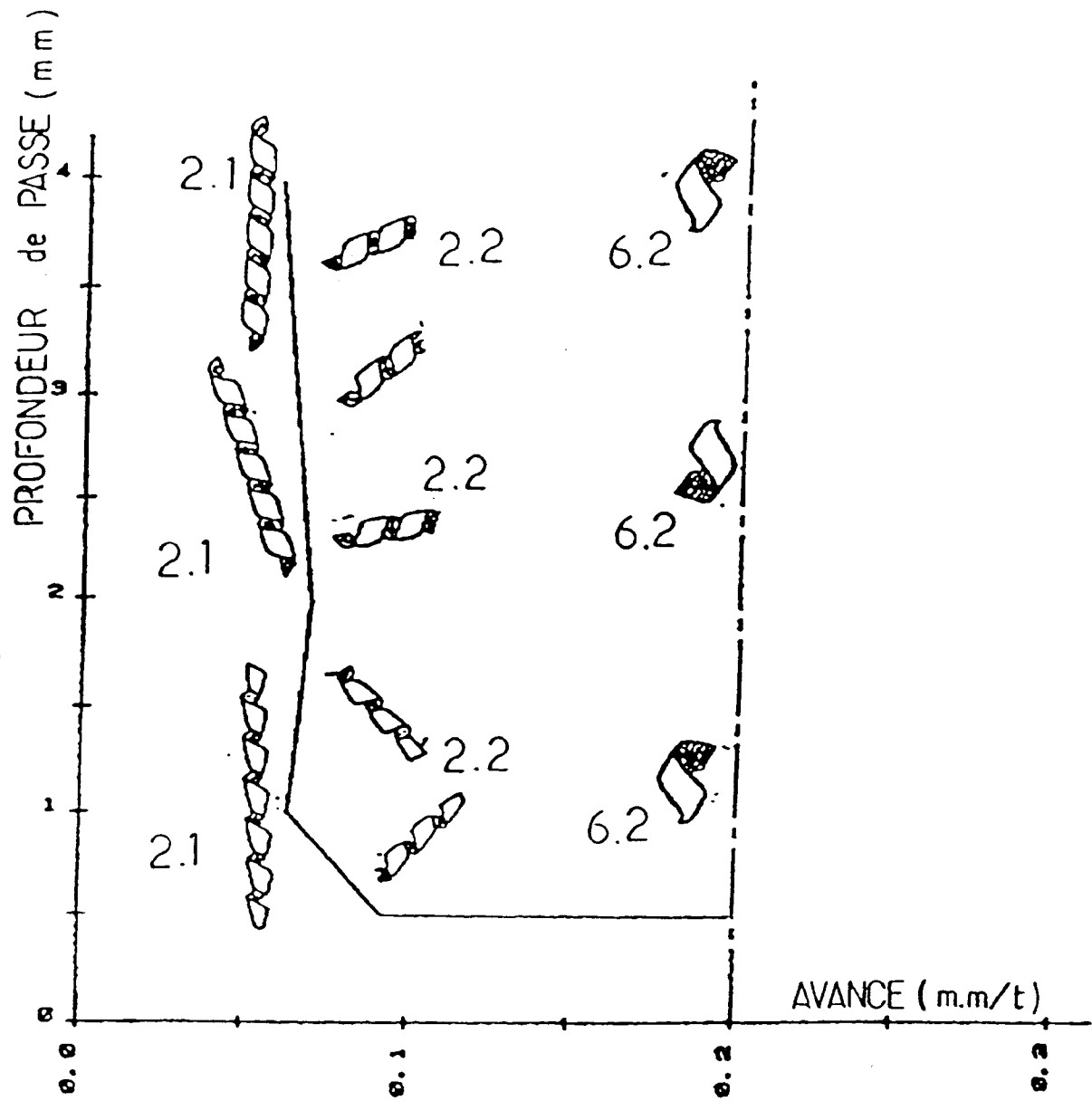
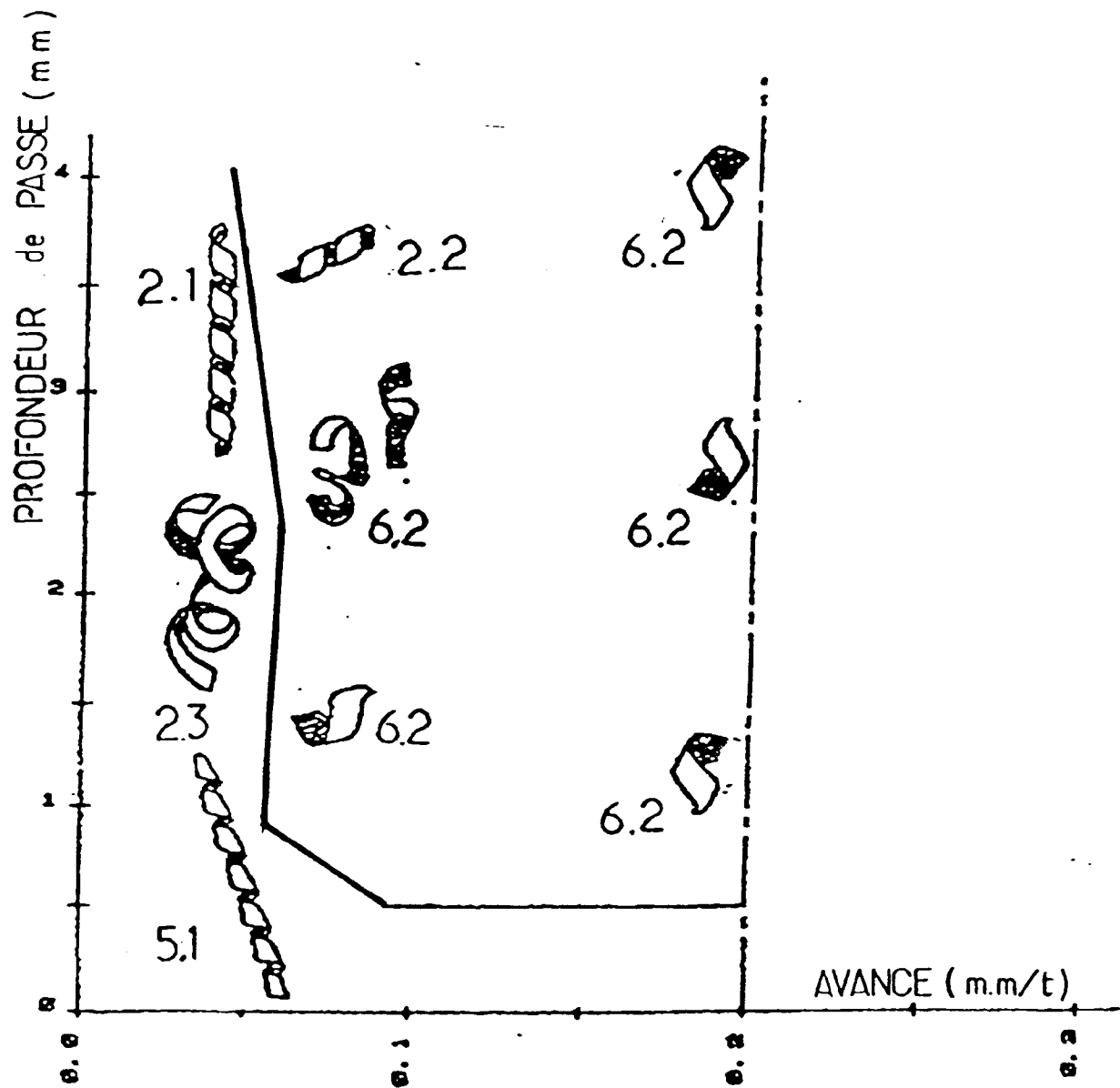


FIG. 4

FIG. 5

FIG. 6

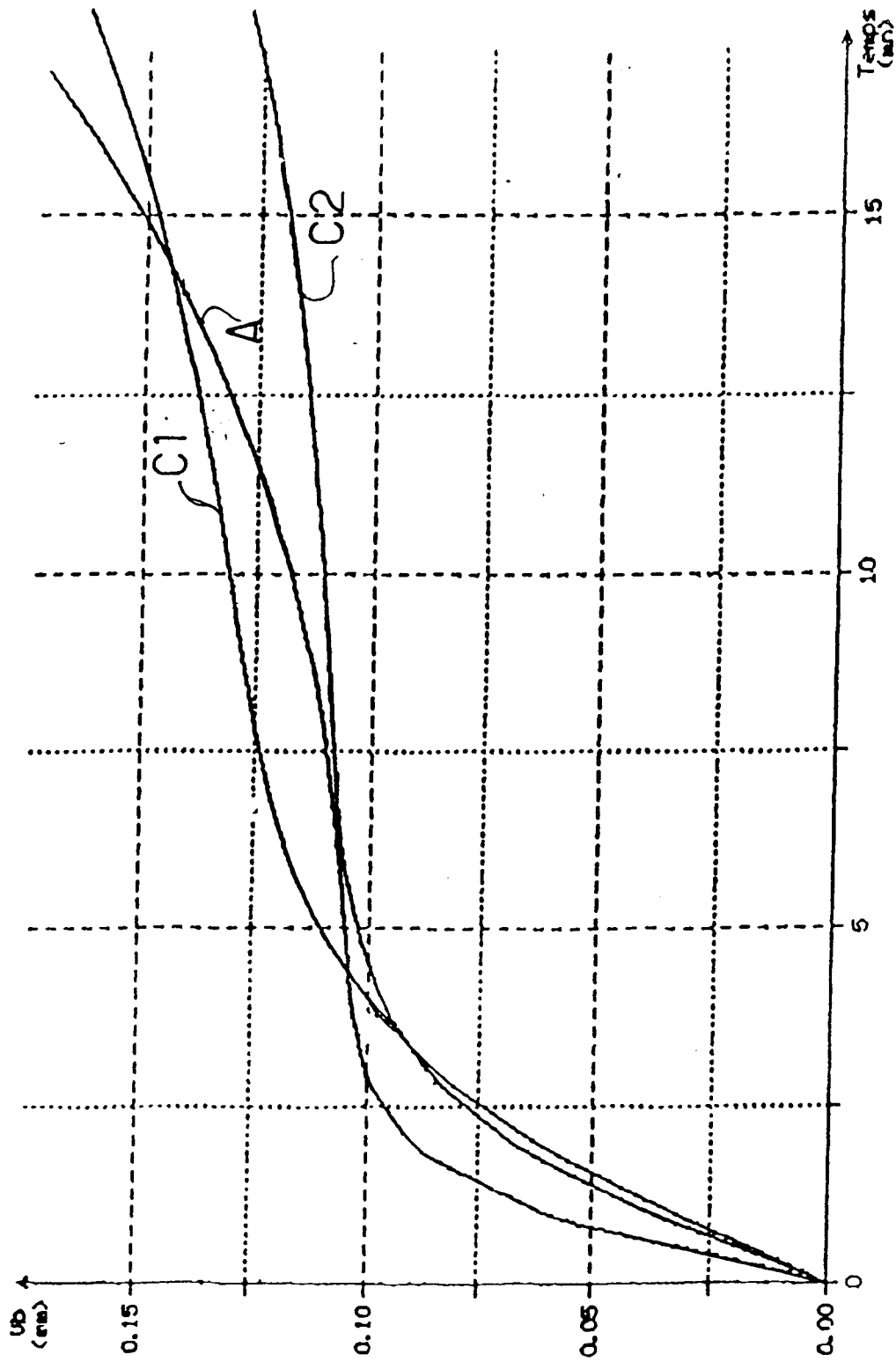


FIG.7

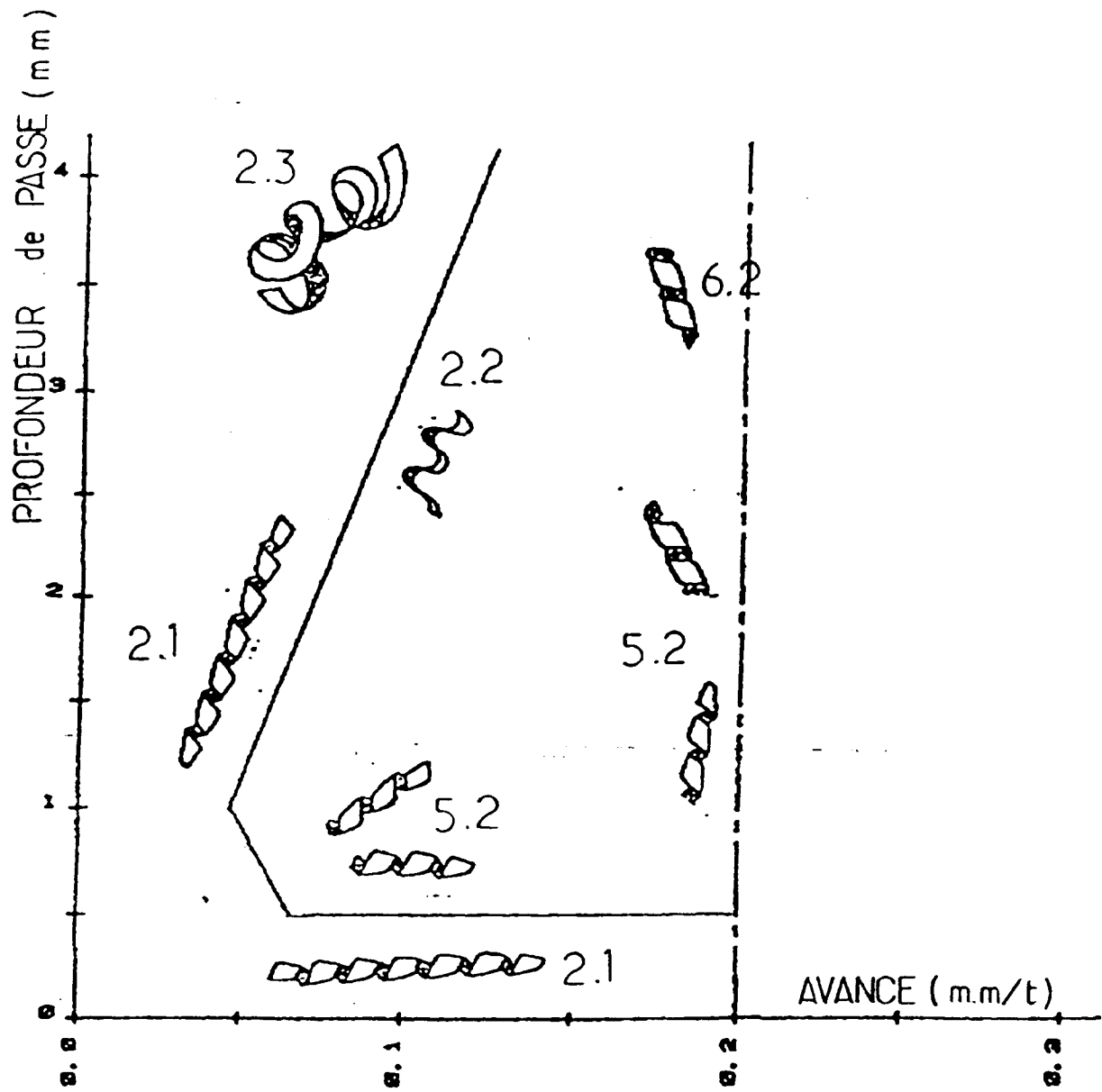


FIG.8



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 95 40 0951

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	FR-A-2 456 785 (DAIDO TOKUSHUKO K.K.) *Revendications 1,4,6,7,10* ---	1-8	C22C38/60 C22C38/00
A	EP-A-0 567 365 (UGINE SAVOIE) * le document en entier * ---	1-8	
A	EP-A-0 403 332 (UGINE SAVOIE) * le document en entier * -----	1-8	
			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 31 Août 1995	Examinateur Lippens, M
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>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</p>			

EPO FORM 1503 03.92 (P04/C02)