(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
15 novembre 2001 (15.11.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/86665 A1

(51) Classification internationale des brevets[7] : **H01F 1/147**, C22C 38/10, 38/12, C21D 8/12, C22C 38/02, 38/18

(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR01/01440

(22) Date de dépôt international : 11 mai 2001 (11.05.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/06088 12 mai 2000 (12.05.2000) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **IMPHY UGINE PRECISION** [FR/FR]; Immeuble "La Pacific", La Défense 7, 11-13, cours Valmy, F-92800 Puteaux (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **WAECKERLE, Thierry** [FR/FR]; 123, rue de Perigny, F-58000 Nevers (FR). **COUTU, Lucien** [FR/FR]; 11, rue Pierre Chevenard, La Turlurette, F-58160 Sauvigny les Bois (FR). **LEROY, Marc** [FR/FR]; 4, avenue de la Providence, F-92160 Antony (FR). **CHAPUT, Laurent** [FR/FR]; 7, route de Tracy, Forges, F-58160 Sauvigny Les Bois (FR). **FRAISSE, Hervé** [FR/FR]; 2, rue Roger Fouvielle, F-58000 Nevers (FR).

(74) Mandataire : **JACOBSON, Claude**; Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne-d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

(81) États désignés *(national)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés *(régional)* : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :
— *avec rapport de recherche internationale*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) **Title:** IRON-COBALT ALLOY, IN PARTICULAR FOR ELECTROMAGNETIC ACTUATOR MOBILE CORE AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) **Titre :** ALLIAGE FER-COBALT, NOTAMMENT POUR NOYAU MOBILE D'ACTIONNEUR ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION

(57) **Abstract:** The invention concerns an iron-cobalt alloy, characterised in that it comprises in weight percentages: 10 to 22 % of Co; traces to 2.5 % of Si; traces to 2 % of Al; 0.1 to 1 % of Mn; traces to 0.0100 % of C; a total of O, N and S content ranging between traces and 0.0070 %; a total of Si, Al, Cr, Mo, V, Mn content ranging between 1.1 and 3.5 %; a total of Cr, Mo and V content ranging between traces and 3 %; a total of Ta and Nb content ranging between traces and 1 %; the rest being iron and impurities resulting from production; and in that: 1.23 x (Al + Mo) % + 0.84 (Si + Cr + V) % - 0.15 x (Co % - 15) ≤ 2.1 and in that 14.5 x. (Al + Cr) % + 12 x (V + Mo) % + 25 x Si % ≥ 21. The inventive alloy is useful for making electromagnetic actuator mobile cores.

(57) **Abrégé :** Alliage fer-cobalt, caractérisé en ce qu'il comporte en pourcentages pondéraux: de 10 à 22% de Co; de traces à 2,5% de Si; de traces à 2% d'Al; de 0,1 à 1% de Mn; de traces à 0,0100% de C; une somme des teneurs en O,N et S comprise entre des traces et 0,0070%; une somme des teneurs en Si, Al, Cr, V, Mo, Mn comprise entre 1,1 et 3,5%, une somme des teneurs en Cr, Mo et V comprise entre des traces et 3%; une somme des teneurs en Ta et Nb comprise entre des traces et 1%; le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, en ce que: 1,23 x (Al + Mo)% + 0,84 (Si + Cr + V)% - 0,15 x (Co% - 15) ≤ 2,1 et en ce que: 14,5 x (Al + Cr)% + 12 x (V + Mo)% + 25 x Si% ≥ 21. Application de cet alliage à la fabrication de noyaux mobiles d'actionneurs électromagnétiques.

WO 01/86665 A1

Alliage fer-cobalt, notamment pour noyau mobile d'actionneur électromagnétique, et son procédé de fabrication.

L'invention concerne le domaine des alliages magnétiques fer-cobalt. Plus précisément, il concerne les alliages fer-cobalt destinés à constituer des noyaux d'actionneurs électromagnétiques.

Un actionneur électromagnétique est un dispositif électromagnétique convertissant une énergie électrique en une énergie mécanique. Certains actionneurs de ce type sont des actionneurs dits linéaires, convertissant une énergie électrique en un déplacement rectiligne d'une pièce mobile. De tels actionneurs se rencontrent dans des électrovannes et dans des électro-injecteurs. Une application privilégiée de tels électro-injecteurs est l'injection directe de carburant dans les moteurs à explosion, notamment les moteurs Diesel. Une autre application privilégiée concerne un type d'électrovanne bien particulier, utilisé pour la commande électromagnétique des soupapes de moteurs à combustion interne (essence ou diesel).

Dans ces actionneurs, l'énergie électrique est apportée dans un bobinage par une série d'impulsions de courant, créant un champ magnétique qui aimante une culasse magnétique non fermée, comportant donc un entrefer. Les caractéristiques géométriques de la culasse permettent de diriger la majeure partie des lignes de champ magnétique de façon axiale vis-à-vis de la zone d'entrefer. Sous l'effet de l'impulsion électrique, l'entrefer se trouve soumis à une différence de potentiel magnétique. L'actionneur comporte également un noyau rendu mobile par l'action du courant électrique dans la bobine. En effet, la différence de potentiel magnétique introduite par la bobine entre le noyau mobile au repos sur un pôle de la culasse et le pôle opposé de la culasse crée une force électromagnétique sur le noyau aimanté, via un gradient de champ magnétique. Le noyau aimanté est ainsi mis en mouvement. La position de repos peut aussi bien être située au milieu de l'entrefer, grâce à deux ressorts symétriques, favorisant par leur raideur la dynamique de la pièce mobile (cas des soupapes à commande électromagnétique).

La mise en mouvement du noyau mobile se produit avec un déphasage par rapport à l'instant de création des impulsions électriques. Pour un fonctionnement optimal de l'actionneur, on montre qu'il est nécessaire que le métal qui le compose possède

une résistivité électrique élevée et un champ coercitif bas. Ces conditions permettent d'obtenir de faibles courants induits dans la culasse et le noyau magnétique, permettant d'atteindre rapidement l'aimantation minimale du noyau qui engendre sa mise en mouvement. Il est également important que le noyau possède une aimantation à saturation élevée, de manière à autoriser une force maximale en fin d'impulsion aussi élevée que possible. C'est en effet cette force qui garantit le maintien de la position ouverte ou fermée de l'actionneur, ce qui est particulièrement important lorsqu'il s'agit, par exemple, d'interrompre totalement l'écoulement d'un fluide à haute pression, et/ou de compenser la force de rappel d'un ou plusieurs ressorts.

Ces noyaux magnétiques ont des formes diverses et peuvent être fabriqués à partir de fils ou de barres. Dans ce cas, ils doivent présenter une grande aptitude plastique à la déformation, de manière à pouvoir être déformés sans risque de rupture. Il est favorable d'avoir un allongement à la rupture du matériau d'au moins 35%. De tels noyaux peuvent également être fabriqués par découpage de plaques ou de tôles laminées. Dans ce cas, ils doivent présenter une grande aptitude au poinçonnage, pour laquelle des minima de dureté et de résistance mécanique sont nécessaires. Une bonne tenue des propriétés magnétiques aux chocs mécaniques répétés auxquels le noyau sera soumis est aussi nécessaire. Ces caractéristiques de dureté et de résistance mécanique sont également favorables à une bonne efficacité de la découpe du noyau. On recommande d'avoir une dureté du matériau après recuit supérieure à 200 HV pour ces utilisations.

Trois grandes catégories d'alliages sont traditionnellement utilisées pour constituer des noyaux d'actionneurs électromagnétiques tels que l'on vient de les décrire.

Une première catégorie est constituée par des alliages fer-silicium comportant de 2 à 3% de silicium. Ils ont pour avantage d'avoir des résistivités relativement élevées. En revanche, leur aimantation à saturation est relativement faible.

Une deuxième catégorie est constituée par des alliages fer-cobalt à haute teneur en cobalt, de l'ordre de 50%. De tels alliages ont une aimantation à saturation significativement plus

élevée que celle des alliages fer-silicium précédents. En revanche leur résistivité est quelque peu inférieure. De plus, du fait de la présence massive de cobalt, ces alliages sont très coûteux. Enfin, leurs propriétés mécaniques ne sont pas optimales, ce qui rend la fabrication des noyaux difficile.

Une troisième catégorie est constituée par des alliages fer-cobalt contenant environ 6 à 30% de cobalt et divers autres éléments d'alliage. Le document EP-A-715 320 donne un exemple de tels alliages. Il décrit des alliages fer-cobalt pour noyaux d'actionneurs électromagnétiques comportant 6 à 30% de cobalt, 3 à 8% d'un ou plusieurs éléments choisis parmi le chrome, le molybdène, le vanadium et le tungstène, le reste étant du fer. De préférence, la teneur en cobalt est de 10 à 20% et la teneur en chrome, molybdène, vanadium et/ou tungstène est de 4 à 8%. Ces alliages présentent une bonne résistivité électrique, pouvant être supérieure à 50 $\mu\Omega$.cm, mais leur aimantation à saturation est relativement faible, de l'ordre de 1,9 à 2T, sauf pour les variantes les plus chargées en cobalt (qui sont donc les plus coûteuses) où cette aimantation à saturation peut atteindre 2,3 T. En général, le champ coercitif des alliages donnés en exemple dans ce document est également élevé, sensiblement supérieur à 1,5 Oe. De manière générale, les alliages donnés en exemple dans ce document ne permettent pas de parvenir à un compromis optimal entre une aimantation à saturation élevée, un champ coercitif faible et une résistivité élevée.

Le document WO 96/19 001 propose d'utiliser des alliages fer/cobalt contenant entre 5 et 20% de cobalt, et ayant une teneur en aluminium et en manganèse ou vanadium pouvant atteindre plusieurs % : jusqu'à 7% d'aluminium, et jusqu'à 8% de manganèse ou 4% de vanadium. Des alliages décrits dans ce document présentent une résistivité très élevée (supérieure à 60 $\mu\Omega$.cm), et une aimantation à saturation assez élevée (de 2 à 2,2 T). Mais aucune information précise n'est donnée sur les propriétés mécaniques de ces alliages, ainsi que sur leur champ coercitif.

Le but de l'invention est de proposer des alliages fer/cobalt particulièrement adaptés à la fabrication, de manière économique, de noyaux pour actionneurs électromagnétiques. Ces noyaux devraient présenter un compromis plus favorable qu'avec

les matériaux existants entre les différentes caractéristiques électromagnétiques, à savoir l'aimantation à saturation, la résistivité et le champ coercitif. Ils devraient également présenter des propriétés mécaniques rendant leur fabrication particulièrement aisée.

A cet effet, l'invention a pour objet un alliage fer-cobalt, caractérisé en ce qu'il comporte en pourcentages pondéraux :

- de 10 à 22% de Co ;
- de traces à 2,5% de Si ;
- de traces à 2% d'Al ;
- de 0,1 à 1% de Mn ;
- de traces à 0,0100% de C ;
- une somme des teneurs en O,N et S comprise entre des traces et 0,0070% ;
- une somme des teneurs en Si, Al, Cr, V, Mo, Mn comprise entre 1,1 et 3,5%, de préférence entre 1,5 et 3,5% ;
- une somme des teneurs en Cr, Mo et V comprise entre des traces et 3% ;
- une somme des teneurs en Ta et Nb comprise entre des traces et 1% ;

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

en ce que :

$1{,}23 \times (Al + Mo)\% + 0{,}84\ (Si + Cr + V)\% - 0{,}15 \times (Co\% - 15) \leq 2{,}1$

et en ce que :

$14{,}5 \times (Al + Cr)\% + 12 \times (V + Mo)\% + 25 \times Si\% \geq 21$, de préférence ≥ 40.

Préférentiellement, cet alliage fer-cobalt comporte 14 à 20% de Co et la somme des teneurs en Ta et Nb est comprise entre 0,05 et 0,8%.

Selon une variante de l'invention, la somme des teneurs en Cr et V est comprise entre 1,1 et 3%, de préférence entre 1,5 et 3%, et la somme des teneurs en Si, Al et Mo est comprise entre des traces et 1% pour obtenir un allongement à la rupture d'au moins 35%.

Selon une autre variante de l'invention, la somme des teneurs en Si et Al est comprise entre 1 et 2,6%, et la somme des

teneurs en Cr, V, Mo, Ta, Nb est comprise entre des traces et 2% pour obtenir une dureté d'au moins 200 HV après recuit.

L'aimantation à saturation des alliages selon l'invention est d'au moins 2,1 T à 150°C et d'au moins 2,12 T à 20°C, leur résistivité est d'au moins 35$\mu\Omega$.cm à 150°C et d'au moins 31 $\mu\Omega$.cm à 20°C, leur champ coercitif est inférieur à 1,5 Oe à 20 et à 150°C, et de préférence inférieur ou égal à 1 Oe.

L'invention a également pour objet une barre, un fil, une plaque ou une tôle laminée en alliage fer-cobalt, caractérisé en ce que ledit alliage est du type précédent, et en ce que la barre, le fil, la plaque ou la tôle présente une texture de fibre préférentielle d'axe <100> pour une barre ou un fil, ou une composante forte de texture <100> pour une plaque ou une tôle laminée, déviée de moins de 20° par rapport à la direction de laminage à chaud, pour au moins 30% (en volume du matériau) des grains, de préférence pour au moins 50%.

L'invention a également pour objet un procédé de production d'une barre, d'un fil, d'une plaque ou d'une tôle laminée du type précédent, caractérisé en ce qu'on élabore une barre, un fil, une plaque ou une tôle laminée à partir d'une ébauche en un alliage selon l'invention en effectuant un laminage débutant en phase austénitique et finissant en phase ferritique, la réduction d'épaisseur subie par la barre , le fil, la plaque ou la tôle en phase ferritique étant d'au moins 30%, de préférence au moins 50%, et en ce qu'un éventuel recuit ultérieur est effectué à une température inférieure à la température de transformation austénitique.

L'invention a également pour objets un noyau mobile d'actionneur électromagnétique, caractérisé en ce qu'il a été fabriqué à partir d'une barre ou d'un fil ou d'une plaque ou d'une tôle laminée selon le procédé précédent, ainsi qu'un actionneur électromagnétique comportant un noyau mobile en alliage fer-cobalt, caractérisé en ce que ledit noyau est du type précédent et en ce qu'il a une texture préférentielle d'axe <100>, cet axe étant sensiblement parallèle à la direction principale du champ d'excitation.

L'invention a également pour objet un injecteur pour moteur à explosion commandé par régulation électronique

comportant un actionneur électromagnétique à forte puissance volumique, faible temps de réponse et grande fiabilité d'utilisation du type précédent.

L'invention a enfin pour objet un actionneur électromagnétique de soupape de moteur à combustion interne à commande électronique, caractérisé en ce qu'il est du type précédent.

Comme on l'aura compris, l'alliage fer/cobalt selon l'invention se classe dans la catégorie des alliages Fe-Co à teneur faible ou moyenne en cobalt, et comporte des teneurs en autres éléments d'alliage relativement modérées. Toutefois, ces éléments d'alliage doivent être présents dans des proportions respectives bien définies. C'est seulement dans ces conditions que l'on obtient, pour ces alliages et pour les noyaux d'actionneurs électromagnétiques qui en sont issus, des propriétés optimales, à la fois sur le plan magnétique et sur le plan mécanique, pour un coût de matière (lié à la présence de cobalt) très modéré par rapport aux alliages Fe-Co à 50% de cobalt.

Les alliages selon l'invention ont des résistivités similaires à celles des alliages fer/silicium contenant 2 à 3% de silicium. Cette résistivité à 150°C est supérieure à 35 $\mu\Omega$.cm, de manière à conserver une bonne réactivité de l'actionneur aux sollicitations dont il est l'objet à sa température de fonctionnement. A 20°C, cette résistivité est supérieure à 31 $\mu\Omega$.cm. Parallèlement, cette bonne réactivité de l'actionneur est également due à un faible champ coercitif, limité à 1,5 Oe à 20 et 150°C. Cette faible valeur du champ coercitif est obtenue selon l'invention en imposant à l'alliage une teneur en carbone inférieure à 0,0100% et une teneur totale en oxygène, azote et soufre limitée à 70 ppm. Ce faible champ coercitif renforce la réduction du temps d'impulsion. Il est également conseillé, dans le même but, de conférer à la pièce à partir de laquelle sera fabriqué le noyau une texture préférentielle d'axe <100>, et de faire en sorte que dans le noyau en cours d'utilisation, cette texture préférentielle se retrouve sensiblement parallèle à la direction principale d'excitation du champ.

D'autre part, les alliages selon l'invention présentent une aimantation à saturation à 150°C supérieure à 2,1 T. Cette valeur est franchement supérieure à celles habituellement constatées avec les alliages fer/silicium à 3% de silicium. A 20°C, l'aimantation à saturation des alliages selon l'invention est supérieure à 2,12 T.

Les différences sur les valeurs des grandeurs que l'on vient de citer entre 20 et 150°C s'expliquent par le fait que le champ coercitif et l'aimantation à saturation varient de au plus 4% et 1% respectivement entre 20 et 150°C, tandis que la résistivité croît d'environ 16% entre 20 et 150°C. Cette propriété varie donc de façon importante et l'effet de la température doit être pris en compte : une résistivité minimale de 35 $\mu\Omega$.cm à 150°C correspond à une résistivité minimale de 31 $\mu\Omega$.cm à 20°C. Le champ coercitif à 150°C est toujours inférieur d'environ 4% à ce qu'il est à 20°C ; donc s'il est suffisamment faible à 20°C (1,5 Oe au plus), il le sera a fortiori à 150°C. En revanche, l'aimantation à saturation décroît lorsque la température augmente ; donc, pour garantir une aimantation à saturation supérieure ou égale à 2,1 T à 150°C, il faut que l'aimantation à saturation à 20°C lui soit supérieure de 1%, soit supérieure ou égale à 2,12 T.

Enfin, les alliages selon l'invention présentent des caractéristiques mécaniques particulièrement favorables à la préparation des noyaux d'actionneurs électromagnétiques. Dans certains exemples préférentiels, les alliages présentent une grande aptitude à la déformation plastique par matriçage ou emboutissage, car ils ont un allongement à la rupture maximal d'au moins 35%. Dans une autre variante des alliages selon l'invention, ces alliages sont aptes à une bonne qualité de découpe et d'usinage, grâce à leur dureté après recuit qui est d'au moins 200 HV.

Les alliages fer/cobalt selon l'invention présentent obligatoirement les caractéristiques suivantes. Tous les pourcentages sont des pourcentages pondéraux.

La teneur en cobalt est comprise entre 10 et 22%, et de préférence entre 14 et 20%, afin d'accroître significativement l'aimantation à saturation par rapport aux alliages fer/silicium,

tout en conservant une résistivité élevée. D'autre part, la limitation à 22% de la teneur en cobalt procure des propriétés mécaniques et un prix de revient plus favorables que dans le cas des alliages fer/cobalt à 50% de cobalt.

La teneur en silicium n'excède pas 2,5% ; la teneur en aluminium n'excède pas 2% ; chacune des teneurs en chrome, molybdène et vanadium n'excède pas 3%, de même que la somme de leurs teneurs ; la teneur en manganèse est comprise entre 0,1 et 1%, de préférence entre 0,1 et 0,5% pour faciliter la transformation à chaud. Chacun de ces éléments (sauf le manganèse) peut n'être présent qu'à l'état de traces résultant de l'élaboration.

En outre, la somme des teneurs en silicium, aluminium, chrome, vanadium, molybdène, manganèse est comprise entre 1,1 et 3,5%, et de préférence entre 1,5 et 3,5%. C'est dans ces conditions qu'on obtient une résistivité de l'alliage équivalente à celle des alliages fer/silicium contenant 2 à 3% de silicium. D'autre part, les teneurs en ces éléments doivent vérifier les deux équations suivantes :

$1{,}23 \times (Al + Mo)\% + 0{,}84\,(Si + Cr + V) - 0{,}15 \times (Co\%-15)\% \leq 2{,}1$ (1)

afin d'assurer que l'aimantation à saturation à 150°C est supérieure ou égale à 2,1T et supérieure ou égale à 2,12 T à 20°C;

$14{,}5 \times (Al + Cr)\% + 12 \times (V + Mo)\% + 25 \times Si\% \geq 21$, de préférence ≥ 40 (2)

afin d'assurer une résistivité supérieure ou égale à 35 $\mu\Omega$.cm à 150°C et supérieure ou égale à 31 $\mu\Omega$.cm à 20°C.

Par ailleurs, la somme des teneurs en chrome, molybdène et vanadium doit être au plus de 3%, afin de ne pas dégrader l'aimantation à saturation du matériau.

Les teneurs en tantale et niobium, ainsi que la somme de leurs teneurs, doivent être chacune inférieures ou égales à 1%. De préférence la somme de ces teneurs est comprise entre 0,05 et 0,08%. Le tantale a pour fonction d'accroître la ductilité de l'alliage, et le niobium d'accroître la résistance mécanique et la résistance à l'usure, ainsi que la résistivité. La limite supérieure de 1% est motivée par la nécessité de ne pas dégrader

l'aimantation à saturation du matériau. Ces éléments peuvent n'être présents qu'à l'état de traces résultant de l'élaboration.

La teneur en carbone doit être inférieure ou égale à 100 ppm, et la somme des teneurs en oxygène, azote et soufre doit être inférieure ou égale à 70 ppm. Ces conditions permettent de limiter le champ coercitif et d'accroître la perméabilité dynamique de l'alliage. Ces éléments carbone, oxygène, azote et soufre sont considérés comme des impuretés et peuvent n'être présents qu'à l'état de traces résultant de l'élaboration.

Lorsque l'alliage est destiné à subir une opération de matriçage ou d'emboutissage, pour laquelle il est souhaitable d'avoir un allongement plastique maximal important (supérieur ou égal à 35%), l'alliage doit préférentiellement répondre aux deux conditions suivantes :

- la somme des teneurs en chrome et vanadium doit être comprise entre 1,1 et 3% de préférence entre 1,5 et 3%;
- la somme des teneurs en silicium, aluminium et molybdène doit être comprise entre des traces et 1%.

De telles opérations de matriçage à froid et d'emboutissage sont exécutées sur un alliage qui se trouve initialement sous forme de barres, de fils ou de plaques épaisses (au moins 1 mm).

Lorsque le noyau est préparé à partir de barres de plaques ou de tôles, et que ces barres, plaques ou tôles doivent être découpées ou usinées, il est préférable que la composition de l'alliage réponde aux deux caractéristiques suivantes :

- la somme des teneurs en silicium et aluminium est comprise entre 1 et 2,6% ;
- et la somme des teneurs en chrome, vanadium, molybdène, tantale et niobium est comprise entre des traces et 2%.

De cette façon on obtient un alliage dont la dureté est supérieure à 200 HV après recuit.

Le tableau 1 donne, pour des exemples d'alliages selon l'invention et des alliages selon l'art antérieur, leur composition chimique, ainsi que les caractéristiques à 20°C d'allongement à la rupture, de dureté après recuit, d'aimantation à saturation, de résistivité et de champ coercitif résultant de ces compositions. Le complément à 100% des compositions est

constitué par du fer et des impuretés résultant de l'élaboration. On a également reporté les résultats du calcul des premiers membres des équations (1) et (2).

Tableau 1 : Exemples de compositions d'alliages selon l'invention et d'alliages de référence, avec leurs caractéristiques électromagnétiques et mécaniques

Coulée		%Co	%Si	%Al	%Ta	%Cr	%V	%Mo	%C	%O+N+S	Température Tα/γ (°C)	Allongement à la rupture (%)	Dureté après recuit (HV)	BS (T) à 20°C	ρ (μΩ.cm) à 20°C	HC (Oe) à 20°C	Eq. (1)	Eq. (2)
Invention	1	18,00	1,67	0,38	0,294	<0,1	<0,05	<0,05	0,0030	0,0052	960	36	227	2,12	37,2	0,9	1,42	47,3
	2	18,07	1,65	0,44	<0,002	<0,1	<0,05	0,185	0,0034	0,0044	970	30	223	2,12	37,3	0,8	1,73	50
	3	18	1,2	0	<0,002	<0,1	<0,05	<0,05	0,0440	0,0057	930	26	212	2,24	33	0,6	0,56	30
	4	18	0	0	<0,002	2	<0,05	<0,05	0,038	0,0053	920	36	152	2,25	35	1,3	1,43	29
	5	18	0,4	<0,1	<0,002	2,7	<0,05	<0,05	0,0023	0,0046	930	35	162	2,14	42,5	1	2,03	49
	6	18	<0,1	0,3	<0,002	2,7	<0,05	<0,05	0,0035	0,0039	930	39	151	2,13	41	0,9	2,08	43,5
	7	18	<0,1	<0,1	<0,002	2,9	<0,05	<0,05	0,0041	0,0036	930	38	146	2,16	40,5	0,6	1,87	42
	8	18	<0,1	<0,1	0,2	2,9	<0,05	<0,05	0,0029	0,0041	930	45	143	2,15	41	0,9	1,87	42
Références	9	49	<0,1	<0,1	<0,002	0,05	2	<0,05	<0,012	<0,0050	-	<5	200	2,35	40	0,5 à 1	-	-
	10	27	0,127	<0,1	<0,002	0,5	0,012	<0,05	<0,020	<0,0050	-	10 à 25	140	2,35	20	0,5	-	-
	11	<0,1	3	<0,1	<0,002	<0,1	<0,05	<0,05	<0,010	<0,0100	-	15 à 25	220	2,03	45	0,5	-	-
	12	19,58	<0,1	<0,1	0,159	<0,1	1,6	<0,05	0,0028	0,0080	920	34	150	2,22	29,6	2,7	-	19
	13	18,02	<0,1	<0,1	<0,002	2,72	<0,05	<0,05	0,0030	0,0077	920	38	147	2,17	38,5	3,05	1,8	39
	14	17,96	<0,1	<0,1	0,21	2,71	<0,05	<0,05	0,0024	0,0077	920	43	145	2,16	37	2,8	1,8	39
	15	15,12	1,51	1,38	<0,002	<0,1	<0,05	<0,05	0,0018	0,0035	1000	26	235	2,08	42	0,4	3	57,8
	16	15,02	0,98	1,55	<0,002	<0,1	<0,05	<0,05	0,0011	0,0030	990	28	225	2,10	40	0,3	2,75	47
	17	15,08	1,5	1,05	<0,002	<0,1	<0,05	<0,05	0,0027	0,0055	980	23	231	2,10	40	0,4	2,55	52,7
	18	15,1	<0,1	<0,1	<0,002	<0,1	<0,05	<0,05	0,0015	0,0030	920	32	157	2,25	20	0,5	0	0
	19	15,03	1	<0,1	<0,02	<0,1	<0,05	<0,05	0,0100	0,0046	930	28	192	2,21	30	0,6	0,8	20
	20	18,45	<0,1	<0,1	<0,02	<0,1	3,2	<0,05	0,0014	0,0050	970	32,5	165	2,17	37	0,6	2,04	38

L'alliage de référence 9 est un alliage fer/cobalt à environ 50% de cobalt. Ses caractéristiques magnétiques sont excellentes, ainsi que sa dureté qui le rend apte à être découpé ou usiné. En revanche, il présente un allongement à la rupture extrêmement faible qui le rend impropre à subir de grandes déformations plastiques. De plus, il s'agit d'un alliage extrêmement coûteux.

L'exemple de référence 10 est un alliage fer/cobalt à environ 30% de cobalt. Par rapport au précédent, sa résistivité est très sensiblement inférieure. En outre, si son allongement à la rupture est meilleur, sans pour autant être excellent, cet alliage présente une dureté après recuit sensiblement plus faible qui le rend moins adapté à subir une découpe ou un usinage.

L'alliage de référence 11 est un alliage fer/silicium à 3% de silicium. Il présente des valeurs satisfaisantes pour la résistivité et le champ coercitif ; en revanche, son aimantation à saturation est relativement faible. En outre, son allongement à la rupture demeure très limité.

L'alliage de référence 12 est un alliage à environ 20% de cobalt contenant du vanadium. Sa composition vérifie l'équation (1), et il présente donc une bonne aimantation à saturation. En revanche, il ne vérifie pas l'équation (2) et sa résistivité est donc médiocre. De plus, sa teneur en O+N+S est relativement élevée, ce qui lui procure un champ coercitif trop fort.

L'alliage de référence 13 est un alliage à 18% de cobalt contenant du chrome. Il vérifie l'équation (2) (si on tient compte des éléments Al, V, Mo et Si inévitablement présents comme impuretés) et vérifie l'équation (1). Son aimantation à saturation et sa résistivité sont donc satisfaisantes. Son allongement à la rupture élevé le rendrait apte à la mise en forme par déformation plastique. En revanche, sa teneur en O+N+S est élevée, ce qui lui procure un champ coercitif trop fort.

L'alliage de référence 14 est semblable au précédent, à ceci près qu'on y a ajouté du tantale. L'allongement à la rupture s'en trouve encore amélioré, mais le champ coercitif demeure trop

élevé pour que cette composition entre dans le cadre de l'invention.

L'alliage de référence 15 est un alliage à 15% de cobalt, contenant également du silicium et de l'aluminium. Il vérifie l'équation (2), ce qui lui procure une bonne résistivité, mais pas l'équation (1), d'où une aimantation à saturation un peu trop faible par rapport à ce qui est désiré. On remarque que sa teneur en O + S + N est faible, ce qui lui procure un champ coercitif très bas, et que le silicium et l'aluminium lui procurent une dureté élevée après recuit.

Les alliages de référence 16 et 17 présentent des caractéristiques comparables au précédent. Ils ne vérifient pas l'équation (1) en raison d'une teneur en cobalt trop faible par rapport au total des teneurs en silicium et aluminium, et leur aimantation à saturation à 20°C est légèrement trop faible.

L'alliage de référence 18 est un fer-cobalt à 15% de cobalt ne contenant pas d'autres éléments d'alliage à des teneurs significatives. Si son aimantation à saturation et son champ coercitif sont bons (l'équation (1) est vérifiée et sa teneur en O+N+S est faible), sa résistivité est médiocre (l'équation (2) n'est pas vérifiée). De plus, ses propriétés mécaniques ne sont pas particulièrement bonnes, que ce soit pour l'allongement à la rupture ou pour la dureté après recuit.

L'alliage de référence 19 est un fer-cobalt à 15% de cobalt contenant seulement 1% de silicium. On peut faire à son sujet les mêmes commentaires que pour l'alliage 16 à ceci près que la présence de silicium améliore la dureté et la résistivité, sans pour autant porter cette dernière à un niveau suffisant.

L'alliage de référence 20 est un fer-cobalt à 18% de cobalt contenant 3,2% de vanadium. Ses caractéristiques électromagnétiques sont bonnes, mais son allongement à la rupture est insuffisant, du fait de la présence de vanadium en excès par rapport à la quantité maximale admise (3%).

Parmi les alliages 1-8 selon l'invention, les alliages 1-3 ont une dureté après recuit élevée, supérieure à 210 HV, qui les rend donc particulièrement aptes à être découpés ou usinés. On les utilisera donc préférentiellement pour former des barres, des plaques ou des tôles, à partir desquels seront fabriquées les

pièces désirées. Ce sont des alliages fer-cobalt contenant environ 15 ou 18% de cobalt, et des quantités significatives de silicium et éventuellement d'aluminium. L'alliage 1 contient en plus du tantale et l'alliage 2 du molybdène ; l'alliage 3 n'a pas d'éléments d'alliage supplémentaires en quantités importantes. Ces alliages ont des caractéristiques électromagnétiques excellentes, aussi bien en termes d'aimantation à saturation que de résistivité, et présentent donc un très bon compromis entre les diverses exigences des applications envisagées. Enfin, la présence de tantale et de molybdène dans les alliages 1 et 2 leur confère des allongements à la rupture assez élevés, qui rendraient ces alliages également aptes à être mis en forme par matriçage ou emboutissage dans des conditions qui seraient acceptables, ou qui seraient même franchement bonnes pour l'alliage 1. Typiquement, pour cette catégorie d'alliages, on choisit une composition comportant 18% de cobalt, 0,5 à 1% de chrome + vanadium, 0,05 à 0,5% de tantale + silicium et 1 à 2,5% de silicium + aluminium + molybdène.

Les alliages 4-8 selon l'invention ont un allongement à la rupture élevé (au moins 35%) qui les rend aptes à être mis en forme par matriçage ou emboutissage. On les utilisera préférentiellement pour former des barres ou des fils à partir desquels seront fabriquées les pièces désirées. Ce sont des alliages fer-cobalt à 18% de cobalt environ, ne contenant pas ou peu de silicium et d'aluminium. En revanche, ils contiennent du chrome (2 à 2,9%). Cet élément pourrait être remplacé au moins partiellement par du molybdène et/ou du vanadium. Leurs caractéristiques électromagnétiques présentent le même compromis favorable entre les diverses exigences que les alliages 1-3. Typiquement, pour cette catégorie d'alliages, on choisit une composition comportant 18% de cobalt, 2 à 3% de chrome, 0 à 1% de vanadium, 0,05 à 0,5% de tantale + silicium et 0 à 0,5% de silicium + aluminium + molybdène.

Une fois obtenu l'alliage selon l'invention, sous forme de barres, de fils, de plaques ou de tôle, si on veut utiliser cet alliage pour constituer des actionneurs électromagnétiques (ou toute autre pièce pour laquelle des caractéristiques similaires seraient requises), il est important de faire subir au

métal un traitement thermomécanique qui lui confère la texture optimale requise. Ce traitement doit avoir pour but d'obtenir pour au moins 30%, et de préférence au moins 50% (en volume du matériau), des grains ou des cristaux ayant une orientation cristallographique comportant un axe <100> dévié de moins de 20° par rapport à la direction de laminage à chaud ou à froid. Si on rapproche certains axes <100> des cristaux des directions principales d'utilisation du flux magnétique par une texturation particulière, on améliore significativement les propriétés magnétiques des aciers et alliages magnétiques doux. Dans le cas des alliages de l'invention se trouvant sous forme de plaques ou de tôles laminées, celles-ci doivent avoir une texture préférentielle du type {100} ou {110} parallèle au plan de laminage, dont la proportion dans le volume du matériau et l'orientation <100> par rapport à la direction de laminage doivent obéir aux critères cités précédemment.

Sur les alliages de l'invention, un procédé permettant d'obtenir une texture répondant à ces caractéristiques est le suivant.

On procède à un laminage à chaud austénoferritique de l'ébauche sous forme de barre, de fil, de plaque ou de tôle dont la composition a été précédemment définie. Par laminage austénoferritique, on entend un laminage commençant en phase austénitique, donc au-dessus de la température de transformation $\alpha \rightarrow \alpha + \gamma$ ($T\alpha/\gamma$ qui est spécifiée pour chaque alliage donné en exemple dans le tableau 1) et se terminant en phase ferritique, donc au-dessous de $T\alpha/\gamma$. Ce laminage à chaud doit comporter une étape de réduction avec un taux de corroyage d'au moins 30% (et de préférence au moins 50%) lorsque l'alliage se trouve en phase ferritique (le taux de corroyage étant défini par le rapport (section initiale - section finale) / section initiale). Par exemple, si on veut obtenir une barre de diamètre 20 mm, il faut, lors du laminage à chaud, être en phase ferritique à un diamètre intermédiaire d'au moins 24 mm, de préférence au moins 28 mm. De même, si on veut obtenir une plaque d'épaisseur 2,5 mm, il faut, lors du laminage à chaud, être en phase ferritique à une épaisseur intermédiaire d'au moins 3,6 mm, de préférence au moins 5 mm.

Par ailleurs, les recuits éventuellement effectués postérieurement au laminage à chaud ne devront jamais porter le produit à une température supérieure à $T\alpha/\gamma$, cette température variant de 930 à 990°C pour les alliages selon l'invention figurant dans le tableau 1.

Enfin, comme la texture la plus favorable est obtenue principalement dans les couches supérieures du produit, il est conseillé de limiter autant que possible les enlèvements superficiels de matière lors des opérations ultérieures de décapage ou de polissage. De préférence, la diminution de masse des produits suite à ces opérations ne devrait pas excéder 10%, ou mieux 5%.

Comme on l'a dit, une application privilégiée des alliages selon l'invention est la fabrication de noyaux pour actionneurs électromagnétiques. De tels actionneurs compacts, rapides et fiables comportant de tels noyaux peuvent avantageusement être utilisés dans des injecteurs de moteurs à explosion à injection directe, notamment de moteurs Diesel, et dans des pièces mobiles d'actionneurs électromagnétiques commandant le mouvement des soupapes de moteurs à combustion interne.

REVENDICATIONS

1. Alliage fer-cobalt, caractérisé en ce qu'il comporte en pourcentages pondéraux :

- de 10 à 22% de Co ;
- de traces à 2,5% de Si ;
- de traces à 2% d'Al ;
- de 0,1 à 1% de Mn ;
- de traces à 0,0100% de C ;
- une somme des teneurs en O,N et S comprise entre des traces et 0,0070% ;
- une somme des teneurs en Si, Al, Cr, V, Mo, Mn comprise entre 1,1 et 3,5%, de préférence entre 1,5 et 3,5% ;
- une somme des teneurs en Cr, Mo et V comprise entre des traces et 3% ;
- une somme des teneurs en Ta et Nb comprise entre des traces et 1% ;

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

en ce que :

$$1,23 \times (Al + Mo)\% + 0,84\,(Si + Cr + V)\% - 0,15 \times (Co\% - 15) \leq 2,1$$

et en ce que :

$$14,5 \times (Al + Cr)\% + 12 \times (V + Mo)\% + 25 \times Si\% \geq 21,$$ de préférence ≥ 40.

2. Alliage fer-cobalt selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte 14 à 20% de Co.

3. Alliage fer-cobalt selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la somme des teneurs en Ta et Nb est comprise entre 0,05 et 0,8%.

4. Alliage fer-cobalt selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la somme de ses teneurs en Cr et V est comprise entre 1,1 et 3%, de préférence entre 1,5 et 3%, et en ce que la somme de ses teneurs en Si, Al et Mo est comprise entre des traces et 1%

5. Alliage fer-cobalt selon la revendication 4, caractérisé en ce que son allongement à la rupture est $\geq 35\%$.

6. Alliage fer-cobalt selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la somme de ses teneurs en Si et Al est

comprise entre 1 et 2,6%, et en ce que la somme de ses teneurs en Cr, V, Mo, Ta, Nb est comprise entre des traces et 2%.

7. Alliage fer-cobalt selon la revendication 6, caractérisé en ce que sa dureté HV est ≥ 200 après recuit.

8. Alliage fer-cobalt selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que son aimantation à saturation est ≥ 2,1 T à 150°C et ≥ 2,12 T à 20°C, et en ce que sa résistivité est ≥ 35 $\mu\Omega$.cm à 150°C et ≥ 31 $\mu\Omega$.cm à 20°C.

9. Alliage fer-cobalt selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que son champ coercitif à 20 et 150°C est inférieur à 1,5 Oe, de préférence inférieur à 1 Oe.

10. Barre, fil ou plaque en alliage fer-cobalt, caractérisé en ce que ledit alliage est du type selon l'une des revendications 1 à 9, et en ce que la barre, le fil ou la plaque présente une texture de fibre préférentielle d'axe <100> déviée de moins de 20° par rapport à la direction de laminage à chaud, pour au moins 30% (en volume du matériau) des grains, de préférence pour au moins 50%.

11. Plaque ou tôle laminée en alliage fer-cobalt, caractérisée en ce que ledit alliage est du type selon l'une des revendications 1 à 9 et en ce qu'elle présente une composante forte de texture d'axe <100> déviée de moins de 20° par rapport à la direction de laminage à chaud, pour au moins 30% (en volume du matériau) des grains, de préférence pour au moins 50%.

12. Procédé de production d'une barre, d'un fil, d'une plaque ou d'une tôle laminée selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce qu'on élabore une barre, un fil, une plaque ou une tôle laminée à partir d'une ébauche en un alliage selon l'une des revendications 1 à 9 en effectuant un laminage avec un taux de corroyage en phase ferritique d'au moins 30%, de préférence au moins 50%, et en ce qu'un éventuel recuit ultérieur est effectué à une température inférieure à la température de transformation austénitique.

13. Noyau mobile d'actionneur électromagnétique, caractérisé en ce qu'il a été fabriqué à partir d'une barre ou d'un fil ou d'une plaque ou d'une tôle laminée selon la revendication 10 ou 11.

14. Actionneur électromagnétique comportant un noyau mobile en alliage fer-cobalt, caractérisé en ce que ledit noyau est du type selon la revendication 13 et en ce que la texture préférentielle dudit noyau comporte un axe <100> sensiblement parallèle à la direction principale du champ d'excitation.

15. Injecteur pour moteur à explosion à régulation électronique comportant un actionneur électromagnétique, à forte puissance volumique, faible temps de réponse et grande fiabilité d'utilisation, caractérisé en ce que ledit actionneur est du type selon la revendication 14.

16. Actionneur électromagnétique de soupape de moteur à combustion interne à commande électronique, caractérisé en ce qu'il est du type selon la revendication 14.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 01/01440

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01F1/147 C22C38/10 C22C38/12 C21D8/12 C22C38/02 C22C38/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01F C22C C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data, CHEM ABS Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 251 (C-1199), 13 May 1994 (1994-05-13) -& JP 06 033199 A (HITACHI METAL PRECISION LTD), 8 February 1994 (1994-02-08) abstract ---	1-16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 01, 30 January 1998 (1998-01-30) -& JP 09 228007 A (TOSHIBA CORP;TOSHIBA ELECTRON ENG CORP), 2 September 1997 (1997-09-02) abstract --- -/--	1-16

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
27 June 2001	05/07/2001

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Vlassi, E

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 01/01440

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 715 320 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 5 June 1996 (1996-06-05) cited in the application claims 1-4	1-16
A	WO 96 19001 A (BOSCH GMBH ROBERT ;RODRIGUEZ AMAYA NESTOR (DE); FUCHS WALTER (DE);) 20 June 1996 (1996-06-20) cited in the application claims 1-7	1-16
A	US 4 120 704 A (ANDERSON RICHARD L) 17 October 1978 (1978-10-17) claims 1-24	1-16
A	FR 2 406 876 A (WESTERN ELECTRIC CO) 18 May 1979 (1979-05-18) claims 1-30 examples 1-6	1-16

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/FR 01/01440

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 06033199 A	08-02-1994	NONE	
JP 09228007 A	02-09-1997	NONE	
EP 0715320 A	05-06-1996	DE 4442420 A	30-05-1996
		US 5817191 A	06-10-1998
WO 9619001 A	20-06-1996	DE 4444482 A	27-06-1996
		EP 0804796 A	05-11-1997
		JP 11503873 T	30-03-1999
US 4120704 A	17-10-1978	AT 367459 B	12-07-1982
		AT 191978 A	15-11-1981
		BE 864409 A	28-08-1978
		DE 2813799 A	26-10-1978
		FR 2388055 A	17-11-1978
		GB 1551717 A	30-08-1979
		IT 1104186 B	21-10-1985
		NL 7802240 A	24-10-1978
		SE 7801976 A	22-10-1978
FR 2406876 A	18-05-1979	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR 01/01440

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01F1/147 C22C38/10 C22C38/12 C21D8/12 C22C38/02 C22C38/18

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H01F C22C C21D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data, CHEM ABS Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 251 (C-1199), 13 mai 1994 (1994-05-13) -& JP 06 033199 A (HITACHI METAL PRECISION LTD), 8 février 1994 (1994-02-08) abrégé ---	1-16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 01, 30 janvier 1998 (1998-01-30) -& JP 09 228007 A (TOSHIBA CORP;TOSHIBA ELECTRON ENG CORP), 2 septembre 1997 (1997-09-02) abrégé --- -/--	1-16

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
27 juin 2001	05/07/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Vlassi, E

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR 01/01440

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec,le cas échéant, l'indicationdes passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 715 320 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 5 juin 1996 (1996-06-05) cité dans la demande revendications 1-4	1-16
A	WO 96 19001 A (BOSCH GMBH ROBERT ;RODRIGUEZ AMAYA NESTOR (DE); FUCHS WALTER (DE);) 20 juin 1996 (1996-06-20) cité dans la demande revendications 1-7	1-16
A	US 4 120 704 A (ANDERSON RICHARD L) 17 octobre 1978 (1978-10-17) revendications 1-24	1-16
A	FR 2 406 876 A (WESTERN ELECTRIC CO) 18 mai 1979 (1979-05-18) revendications 1-30 exemples 1-6	1-16

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No
PCT/FR 01/01440

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
JP 06033199	A	08-02-1994	AUCUN		
JP 09228007	A	02-09-1997	AUCUN		
EP 0715320	A	05-06-1996	DE	4442420 A	30-05-1996
			US	5817191 A	06-10-1998
WO 9619001	A	20-06-1996	DE	4444482 A	27-06-1996
			EP	0804796 A	05-11-1997
			JP	11503873 T	30-03-1999
US 4120704	A	17-10-1978	AT	367459 B	12-07-1982
			AT	191978 A	15-11-1981
			BE	864409 A	28-08-1978
			DE	2813799 A	26-10-1978
			FR	2388055 A	17-11-1978
			GB	1551717 A	30-08-1979
			IT	1104186 B	21-10-1985
			NL	7802240 A	24-10-1978
			SE	7801976 A	22-10-1978
FR 2406876	A	18-05-1979	AUCUN		