



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 041 168 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
04.10.2000 Bulletin 2000/40

(51) Int Cl.7: **C22C 38/52, C22C 30/00,
H02K 1/02, H01F 1/147**

(21) Numéro de dépôt: **00400646.6**

(22) Date de dépôt: **09.03.2000**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: **02.04.1999 FR 9904302**

(71) Demandeur: **IMPHY UGINE PRECISION
92800 Puteaux (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Waeckerle, Thierry
58000 Nevers (FR)**

• **Coutu, Lucien
58160 Sauvigny les Bois (FR)**
• **Chaput, Laurent
58160 Sauvigny les Bois (FR)**

(74) Mandataire: **Ventavoli, Roger
USINOR,
Direction Propriété Industrielle,
Immeuble "La Pacific",
La Défense,
11/13 Cours Valmy,
TSA 10001
92070 La Défense (FR)**

(54) **Alliage magnétique doux pour horlogerie**

(57) Alliage magnétique doux du type fer-nickel dont la composition chimique comprends, en % en poids : 34 % ≤ Ni ≤ 40 % ; 7 % ≤ Cr ≤ 10 % ; 0,5 % ≤ Co ≤ 3 % ;

0,1 % ≤ Mn ≤ 1 % ; O ≤ 0,007 % ; S ≤ 0,002 % ; N ≤ 0,004 % ; avec N + S + O ≤ 0,01 % ; le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration. Utilisation pour des circuits magnétiques de moteurs d'horlogerie.

EP 1 041 168 A1

Description

[0001] L'invention est relative à un alliage magnétique doux économique ayant une bonne stabilité en température de la perméabilité magnétique et une bonne résistance à l'oxydation en atmosphère humide. Cet alliage est utilisable, notamment, pour la fabrication du stator d'un micro moteur électrique pas à pas pour horlogerie.

[0002] Les micro moteurs électriques pour horlogerie comportent un stator généralement fabriqué en alliage magnétique doux contenant environ 80 % de nickel, quelques % de molybdène ou de cuivre, le reste étant du fer. Un tel alliage a une perméabilité magnétique maximale de 200 000 à 300 000 sur toute la plage de température de fonctionnement (- 20 °C, + 60 °C), de ce fait, les micro moteurs ainsi fabriqués ont une très faible consommation d'énergie. Mais, les alliages à 80 % de nickel sont coûteux et s'oxydent facilement dans des atmosphères humides, ce qui présente plusieurs inconvénients : leur utilisation est délicate dans certaines régions chaudes et humides ; ils sont mal adaptés à la fabrication de montres dont le mécanisme est visible ; ils sont trop coûteux pour la fabrication de montres bon marché.

[0003] Afin de remédier à ces inconvénients, il a été proposé de remplacer les alliages à 80 % de nickel par des alliages du type fer-nickel-chrome contenant moins de 50 % de nickel et quelques % de chrome pour la fabrication des moteurs de montre. Mais, les alliages proposés ont, en général, une perméabilité magnétique à la fois insuffisante et trop sensible à la température. Cette trop grande sensibilité de la perméabilité magnétique à la température est un inconvénient. En effet, un moteur de montre doit fonctionner de façon satisfaisante entre - 20 °C et + 60 °C, ce qui suppose que la perméabilité magnétique ne varie pas trop sur cette plage de température.

[0004] Compte tenu de toutes les contraintes qui s'imposent à un micro moteur pas à pas pour horlogerie, pour fabriquer le stator d'un tel moteur qui soit économique, il est souhaitable de disposer d'un alliage magnétique doux qui a une induction à saturation B_s supérieure ou égale à 5000 Gauss (0,5 tesla), une perméabilité maximale relative en courant continu $\mu_{cc,max}$ supérieure à 70000, une résistivité ρ suffisante pour que $\mu_{cc,max} \times \rho > 0,05 \Omega.m$, une stabilité suffisante de la perméabilité magnétique $\mu_{cc,max}$ entre - 20 °C et + 60 °C, une résistance améliorée à l'oxydation, et une teneur en nickel relativement faible. Pour que la perméabilité magnétique ait une stabilité suffisante, il est souhaitable que sa variation en valeur relative, par rapport à sa valeur à 20 °C, reste inférieure à 30 % sur la plage de température considérée.

[0005] Le but de la présente invention est de proposer un alliage qui réponde à ces exigences.

[0006] A cet effet, l'invention a pour objet un alliage magnétique doux dont la composition chimique comprends, en % en poids :

- 34 % ≤ Ni ≤ 40 %
- 7 % ≤ Cr ≤ 10 %
- 0,5 % ≤ Co ≤ 3%
- 0,1 % ≤ Mn ≤ 1 %

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

[0007] De préférence, les impuretés que sont O, S, N sont telles que :

- O ≤ 0,007 %
- S ≤ 0,002 %
- N ≤ 0,004%

et :

$$N + S + O < 0,01\%$$

[0008] Il est également préférable que les impuretés Si, Al, Ca, Mg soient telles que :

- Si ≤ 0,3 %
- Al ≤ 0,05 %
- Ca ≤ 0,03 %
- Mg ≤ 0,03 %

et, que :

$$Si + Al + Ca + Mg + Mn \leq 1\%$$

[0009] Cet alliage peut être utilisé pour la fabrication d'une culasse magnétique, et en particulier, pour fabriquer le stator d'un micro moteur électrique pas à pas pour horlogerie.

[0010] L'invention va maintenant être décrite plus en détails et illustrée par des exemples.

[0011] La composition chimique de l'alliage magnétique doux comprend, en % en poids :

- plus de 34 % de nickel pour obtenir une induction à saturation et perméabilité magnétique suffisantes. Mais, pour obtenir un alliage économique, et compte tenu notamment d'une addition de chrome, la teneur en nickel doit rester inférieure à 40 %.
- de 7 % à 10 % de chrome pour améliorer la résistance à l'oxydation et augmenter la perméabilité magnétique à basse température ; lorsque la teneur en nickel est comprise entre 34 % et 40 %, une telle teneur en chrome

EP 1 041 168 A1

améliore sensiblement la perméabilité magnétique entre - 40 °C et 0 °C.

- de 0,5 % à 3 % de cobalt pour obtenir une stabilité en température suffisante de la perméabilité magnétique. En effet, les inventeurs ont constaté de façon inattendue que, pour des teneurs en nickel comprises entre 34 % et 40 % et des teneurs en chrome comprises entre 7 % et 10 %, une addition modérée de cobalt améliorerait sensiblement la stabilité en température de la perméabilité magnétique, entre - 20 °C et + 60 °C.
- de 0,1 % à 1 % de manganèse, et de préférence plus de 0,2 %, pour désoxyder l'alliage et fixer le soufre.
- le reste de la composition est constitué de fer et d'impuretés résultant de l'élaboration.

[0012] Les impuretés sont, notamment, l'oxygène, le soufre, l'azote, le silicium, l'aluminium, le calcium et le magnésium.

[0013] Toutes ces impuretés ont un effet défavorable sur les propriétés magnétiques, aussi, afin d'obtenir des propriétés magnétiques satisfaisantes, il est préférable que :

- la teneur en oxygène reste inférieure ou égale à 0,007 %, la teneur en azote reste inférieure ou égale à 0,004 %, la teneur en soufre reste inférieure ou égale à 0,002 %, et la somme O + N + S des teneurs en oxygène, azote et soufre, reste inférieure ou égale à 0,01 % ;
- les teneurs résiduelles en éléments désoxydants tels que Si, Al, Ca, Mg restent inférieures ou égales à 0,3 % pour le silicium, 0,05 % pour l'aluminium, et 0,03 % pour le calcium ou pour le magnésium ; le calcium et le magnésium ont l'avantage de permettre la formation de petits oxydes qui rendent l'alliage plus facilement découpable.

[0014] De plus, il est préférable que la somme Mn + Si + Al + Ca + Mg des teneurs en manganèse, silicium, aluminium, calcium et magnésium, reste inférieure ou égale à 1 %.

[0015] Les teneurs en d'autres impuretés comme le phosphore et le bore, doivent, également, rester les plus faibles possibles.

[0016] L'alliage ainsi défini, qui est du type Fe-Ni- Cr- Co, peut être laminé à chaud, puis à froid, et, éventuellement, soumis à un recuit sous hydrogène à une température supérieure ou égale à 900 °C pendant plus d'une heure, et de préférence entre 1100 °C et 1200 °C pendant 1 à 4 heures. Le recuit à haute température sous hydrogène a l'avantage d'éliminer, au moins partiellement, certains précipités de sulfures ou de nitrures qui ont un effet défavorable sur les propriétés magnétiques.

[0017] Cet alliage a une induction à saturation B_s supérieure à 5000 Gauss, à 70 °C, une perméabilité magnétique relative maximale en courant continu $\mu_{cc,max}$ supérieure à 70000 à 20 °C, une résistivité électrique ρ supérieure à 70 $\mu\Omega.cm$ à 20 °C, et une stabilité en température de la perméabilité magnétique relative maximale définie pour une température T, par :

$$|\Delta\mu_{cc,max}(T) / \mu_{cc,max}(20^\circ C)| \leq 30 \%$$

[0018] Dans cette formule, $\Delta\mu_{cc,max}(T)$ représente la variation de $\mu_{cc,max}$ entre 20 °C et T, et $\mu_{cc,max}(20^\circ C)$ représente la perméabilité en courant continu à 20 °C.

[0019] De plus, compte tenu de sa teneur en chrome, l'alliage a une bonne résistance à l'oxydation en atmosphère humide.

[0020] A titre d'exemple on a fabriqué des rondelles de 20 mm de diamètre intérieur et 30 mm de diamètre extérieur, découpées dans des bandes laminées à froid de 0,6 mm d'épaisseur en alliages selon l'invention et en alliages donnés à titre de comparaison, élaborés par fusion sous vide de matières premières pures. Les rondelles ont été recuites sous hydrogène à 1170 °C pendant 4 heures. On a mesuré l'induction à saturation B_s à 70 °C, le champ coercitif H_c à 20 °C, la résistivité électrique ρ à 20 °C, la perméabilité magnétique relative maximale en courant continu $\mu_{cc,max}$ à 20 °C et la valeur maximale de sa variation relative $|\Delta\mu_{cc,max}(T)/\mu_{cc,max}(20^\circ C)|$ sur la plage de température - 20 °C, + 60 °C (en abrégé, cette valeur maximale de variation est appelée $\Delta\mu/\mu$).

[0021] Les compositions chimiques des alliages 1 à 4, correspondant à l'invention, et 5 à 17 donnés à titre de comparaison, sont indiquées au tableau 1 et les caractéristiques magnétiques, au tableau 2.

Tableau 1

rep	Ni	Cr	Co	Mn	C	Si	P	N	O	S	N+O+S
1	35,79	8,92	3,03	0,29	0,009	0,03	0,002	0,001	0,0069	0,0005	0,0084
2	37,45	8,72	3,06	0,3	0,0089	0,03	0,002	0,0012	0,0068	0,0005	0,0085
3	37,75	9,54	1,02	0,3	0,0091	0,03	0,002	0,0007	0,0062	0,0005	0,0074

EP 1 041 168 A1

Tableau 1 (suite)

rep	Ni	Cr	Co	Mn	C	Si	P	N	O	S	N+O+S
4	39,49	9,6	1,02	0,287	0,0096	0,021	0,003	0,0029	0,0029	0,001	0,0068
5	35,8	9,05	1,04	0,3	0,0083	0,03	0,002	0,0005	0,009	0,0005	0,0100
6	37,63	9,31	0,5	0,293	0,0086	0,01	0,003	0,0027	0,009	0,0008	0,0125
7	37,95	9,56	1,42	0,289	0,0083	0,017	0,003	0,003	0,0084	0,0009	0,0123
8	36,54	9,03	0,096	0,306	0,006	0,164	0,007	0,0027	0,008	0,0014	0,0121
9	36,97	9,02	0,04	0,293	0,0046	0,15	0,0057	0,0027	0,010	0,002	0,0147
10	37,82	8,95	0,002	0,48	0,005	0,013	0,004	0,0042	0,0066	0,0042	0,0150
11	35,85	5,89	2,85	0,308	0,0083	0,031	0,0034	0,0006	0,0052	0,0005	0,0063
12	37,69	3,14	1,06	0,296	0,009	0,031	0,0035	0,0005	0,0057	0,0005	0,0067
13	37,74	5,76	0,97	0,308	0,0092	0,033	0,0038	0,0008	0,0058	0,0005	0,0071
14	35,77	5,6	1,01	0,306	0,0094	0,035	0,004	0,0008	0,0075	0,0005	0,0088
15	37,77	5,8	2,87	0,287	0,0069	0,033	0,0037	0,0009	0,0083	0,0005	0,0097
16	33,96	2,64	1,96	0,259	0,0089	0,032	0,0035	0,0051	0,0085	0,0005	0,0141
17	37,86	10,55	0,96	0,299	0,0049	0,019	0,003	0,0027	0,014	0,001	0,0177

Tableau 2

rep	Bs (G)	Hc (Oe)	ρ ($\mu\Omega.cm$)	$\mu_{cc,max}$	$\Delta\mu/\mu$ (%)
1	5800	27,4	92	92700	26
2	6800	24,5	94,4	87500	16
3	6000	21,9	93,2	95400	9
4	6500	20,6	98,5	72000	2
5	4800	23,9	91,1	70000	16
6	5500	22	92,9	67000	4
7	5800	25,7	93,5	67000	12
8	4300	23,3	95	78400	55
9	4700	22	96	67000	37
10	5400	15,5	95	76500	48
11	8400	45,4	90,9	53200	53
12	11000	54,3	82,6	54200	33
13	8700	33,9	90,2	83600	54
14	7600	44,5	90,5	49700	65
15	9400	44,2	90,9	57900	61
16	9200	85	83,5	20200	60
17	4700	21,9	96,2	62000	57

[0022] La comparaison des échantillons 1 à 7 d'une part et 8 à 17 d'autre part, montre que une addition de 0,5 % à 3 % de cobalt combinée avec une teneur en nickel comprise entre 34 % et 40 % et une teneur en chrome comprise entre 7 % et 10 %, améliore très sensiblement la stabilité en température $\Delta\mu/\mu$ de la perméabilité magnétique en courant continu. En particulier, les échantillons 8 à 10, qui ont des teneurs en nickel et chrome conformes à l'invention, mais qui ne contiennent pratiquement pas de cobalt, ont toujours une valeur de $\Delta\mu/\mu$ supérieure à 30, alors que pour

les échantillons 1 à 7, $\Delta\mu/\mu$ est toujours inférieur à 30.

[0023] De même, les échantillons 11 à 17, qui contiennent du cobalt, mais dont les teneurs en chrome sont en dehors des limites de l'invention, ont des valeurs de $\Delta\mu/\mu$ supérieures à 30.

5 **[0024]** De plus, la comparaison des échantillons 1 à 4 (conformes à l'invention) dont les teneurs en oxygène sont inférieures à 0,007 % et dont les sommes des teneurs en azote, oxygène et soufre sont inférieures à 0,01 %, ont une induction à saturation B_s supérieure à 5000 Gauss, et une perméabilité magnétique relative maximale en courant continu $\mu_{cc,max}$ supérieure à 70000 à 20 °C, alors que les échantillons 5 à 7 qui ne satisfont pas aux conditions de teneur en oxygène ou de somme N + O + S, ont soit une induction à saturation inférieure à 5000 Gauss, soit une perméabilité magnétique en courant continu inférieure à 70000 à 20 °C. Dans tous les cas, la résistivité est supérieure à 90 $\mu\Omega.cm$; le produit $\mu_{cc,max} \times \rho$ est supérieur à 0,05 $\Omega.m$.

10 **[0025]** Avec l'alliage selon l'invention, on peut fabriquer des stators de micro moteurs pas à pas pour horlogerie, à la fois économiques, ayant une bonne résistance à l'oxydation par une atmosphère humide, et ayant de bonnes performances.

15 **[0026]** Du fait de l'induction à saturation supérieure à 5000 Gauss, le couple électromagnétique appliqué au rotor est toujours très supérieur aux couples résistants.

[0027] Du fait de la perméabilité magnétique supérieure à 70000 (à 20 °C), la réluctance magnétique du circuit reste faible, ce qui permet d'utiliser une bobine pas trop grosse.

[0028] Du fait de la résistivité électrique élevée, les courants induits sont limités, ce qui permet d'obtenir des pertes d'énergie faibles.

20 **[0029]** Du fait de la présence de plus de 7 % de chrome, la résistance à l'oxydation est bonne.

[0030] Enfin, cet alliage est sensiblement plus économique que les alliages à 80 % de nickel.

Revendications

25 1. Alliage magnétique doux du type fer-nickel caractérisé en ce que sa composition chimique comprends, en % en poids :

$$34 \% \leq Ni \leq 40 \%$$

$$7 \% \leq Cr \leq 10 \%$$

30 $0,5 \% \leq Co \leq 3\%$

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

$$O \leq 0,007 \%$$

$$S \leq 0,002 \%$$

$$N \leq 0,004\%$$

35 avec $N + S + O \leq 0,01\%$

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

2. Alliage selon la revendication 1 caractérisé en ce que les impuretés que sont Si, Al, Ca, Mg sont telles que :

$$Si \leq 0,3 \%$$

40 $Al \leq 0,05 \%$

$$Ca < 0,03 \%$$

$$Mg \leq 0,03 \%$$

et,

$$Si + Al + Ca + Mg + Mn \leq 1\%$$

45 3. Utilisation d'un alliage selon l'une quelconque des revendications 1 à 2 pour la fabrication d'une culasse magnétique.

50 4. Utilisation selon la revendication 3 caractérisée en ce que la culasse magnétique constitue le stator d'un micro moteur électrique pas à pas pour horlogerie.



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 00 40 0646

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.7)
X	EP 0 827 256 A (IMPHY S.A.) 4 mars 1998 (1998-03-04) * revendications 1-12 *	1-4	C22C38/52 C22C30/00 H02K1/02 H01F1/147
X	US 4 131 494 A (MOMOSE ET AL.; TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO., LTD.) 26 décembre 1978 (1978-12-26)	1	
A	* exemple 13; tableau 1 *	2-4	
X	GB 553 180 A (THE H. A. WILSON COMPANY) 11 mai 1943 (1943-05-11)	1	
A	* revendications 1-8 *	2-4	
A	EP 0 889 488 A (IMPHY S.A.) 7 janvier 1999 (1999-01-07) * revendications 1-9 *	1-4	
A	GB 504 864 A (SOCIÉTÉ DES FABRIQUES DE SPIRAUX RÉUNIES) * revendications 1-5 *	1-4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			C22C H02K H01F
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 19 avril 2000	Examineur Vlassi, E
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.92 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 00 40 0646

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

19-04-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 827256 A	04-03-1998	FR 2753017 A	06-03-1998
		CN 1176515 A	18-03-1998
		JP 10111366 A	28-04-1998
		US 5838080 A	17-11-1998
US 4131494 A	26-12-1978	JP 1084410 C	25-02-1982
		JP 52107223 A	08-09-1977
		JP 56025267 B	11-06-1981
		JP 53014608 A	09-02-1978
GB 553180 A		AUCUN	
EP 889488 A	07-01-1999	FR 2765724 A	08-01-1999
		JP 11092888 A	06-04-1999
GB 504864 A		AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82