

(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  
25 novembre 2004 (25.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2004/102595 A2**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H01F 1/11,  
1/113, 41/02

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2004/050825

(22) Date de dépôt international : 17 mai 2004 (17.05.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
03 05911 16 mai 2003 (16.05.2003) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US)  
: THALES [FR/FR]; 45, rue de Villiers, F-92200  
NEUILLY-SUR-SEINE (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **LEBOUR-  
GEOIS, Richard** [FR/FR]; THALES Intellectual Property,  
31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 ARCUEIL Cedex  
(FR).

(74) Mandataires : **ESSELIN, Sophie** etc.; THALES Intellec-  
tual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 AR-  
CUEIL (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, 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, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),  
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI,  
SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée  
dès réception de ce rapport

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

(54) Title: FERRITE MATERIAL FOR A PERMANENT MAGNET AND METHOD FOR PRODUCTION THEREOF

(54) Titre : MATERIAU FERRITE POUR AIMANT PERMANENT ET PROCÉDE DE FABRICATION

(57) Abstract: The invention relates to a ferrite material with a hexaferrite structure, characterised by the following formula:  
 $A_{1-x}B_yC_{z-1}D_tCu_vFe_{12-w}O_{19}$  with  $2(x-z-v) + 3(w-y) - 4t = 0$ , A = Ba, Sr, Ca or Pb, B = Al, Cr, Ga, Bi, B, La, Y or a rare  
earth, C = Co, Zn, Cd, Ni, Mg or Mn, D = Ti, Sn, Zr, Si, Ge, where  $0 < x < 0.30$ ,  $0 < y < 0.30$ ,  $0 < z < 0.30$ ,  $0 < t < 0.30$ ,  $0.05 < v < 0.30$ ,  $0 < w < 0.90$ . Said ferrite material is particularly suitable for use as a low-cost permanent magnet. The invention further relates to a  
method for production of such a material and is of application to hyper-frequency circulators.

(57) Abrégé: L'invention a pour objet un matériau ferrite de structure hexaferrite caractérisé en ce qu'il répond à la formule chimique  
suivante  $A_{1-x}B_yC_zD_tCu_vFe_{12-w}O_{19}$  avec  $2(x-z-v) + 3(w-y) - 4t = 0$ , A = Ba, Sr, Ca ou Pb, B = Al, Cr, Ga, Bi, B, La, Y ou une Terre  
Rare, C = Co, Zn, Cd, Ni, Mg ou Mn, D = Ti, Sn, Zr, Si, Ge où  $0 < x < 0,30$ ;  $0 < y < 0,30$ ;  $0 < z < 0,30$ ;  $0 < t < 0,30$ ;  $0,05 < v < 0,30$ ;  $0 < w < 0,90$ . Ce matériau ferrite est particulièrement bien adapté pour être utilisé comme aimant permanent bas coût. L'invention a aussi  
pour objet un procédé de fabrication d'un tel matériau. Application : Circulateurs hyperfréquence.

WO 2004/102595 A2

## MATERIAU FERRITE POUR AIMANT PERMANENT ET PROCEDE DE FABRICATION

La présente invention concerne de nouveaux matériaux ferrites utilisés notamment pour la réalisation d'aimants permanents.

Ils présentent l'avantage d'avoir des températures de chamottage et de frittage abaissées par rapport à celles nécessaires pour des matériaux ferrites de l'art antérieur. Ces matériaux ferrites peuvent être fabriqués industriellement à coût réduit et leur utilisation concerne les domaines usuels des aimants permanents : automobile, électroacoustique, électroménager, industrie du jouet, horlogerie... Ils peuvent également être utilisés dans des structures multicouches dans le but de réaliser des fonctions « aimant » intégrées dans un composant complexe comme par exemple les circulateurs hyperfréquence.

A ce jour, les ferrites industriels pour aimant ont pour formulation chimique principale  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  ou  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ . Ils font partie des hexaferrites qui ont une structure cristalline hexagonale. Leur structure est dite de type M du nom du minéral naturel magnétoplombite (formule chimique  $\text{PbFe}_{12}\text{O}_{19}$ ).

Ils sont fabriqués usuellement par la technique céramique. Les matières premières sont habituellement des carbonates de baryum ou de strontium ( $\text{BaCO}_3$  ou  $\text{SrCO}_3$ ) et de l'oxyde de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Elles sont pesées dans des proportions stœchiométriques, mélangées et broyées puis calcinées à une température comprise entre 1200 et 1300°C. La poudre obtenue est ensuite broyée avant d'être pressée puis frittée à une température comprise entre 1200 et 1300°C.

Les ferrites pour aimant présentent des performances plus modestes que les aimants intermétalliques ( $\text{SmCo}$ ,  $\text{NdFeB}$ ) du fait d'une aimantation de 4 à 5 fois plus modeste et de champs coercitifs pratiquement 2 fois plus faibles. Néanmoins, ils restent les aimants les plus utilisés grâce à leur bas coût de production, environ 40 à 50 fois plus faible.

Les propriétés magnétiques finales peuvent être ajustées grâce à des substitutions cationiques, celles conduisant aux meilleurs résultats pour des frittages conventionnels entre 1200 et 1250°C étant les substitutions simultanées par le lanthane et le cobalt.

## 2

Un aimant est le plus souvent réalisé à partir d'un matériau magnétique préalablement aimanté capable de conserver cette aimantation. Ainsi, les propriétés essentielles des ferrites pour aimant sont l'induction rémanente  $B_r$  (induction magnétique conservée dans le matériau après  
5 aimantation) et le champ coercitif  $H_c^B$  (caractéristique de la résistance du matériau à garder son aimantation). Ces deux caractéristiques sont obtenues à partir du cycle d'hystérésis  $B(H)$ . On a correspondance entre les caractéristiques déduites du cycle  $B(H)$  et celles déduites du cycle  $M(H)$  ou  $J(H)$  puisque :

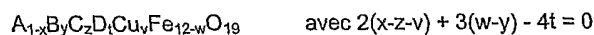
10  $B = \mu_0 \cdot (H + M)$  et  $J = \mu_0 \cdot M$  ( $B$  induction,  $M$  aimantation et  $J$  polarisation magnétiques).

Pour obtenir des caractéristiques optimales, il est bénéfique d'orienter les cristallites de ces ferrites selon leur axe  $c$  car c'est la direction cristallographique qui offre l'énergie magnétocristalline la plus élevée. De  
15 plus il est important d'avoir une densité élevée puisque l'induction rémanente  $B_r = 4\pi J_s \cdot d \cdot f$  où  $d$  est la densité et  $f$  un facteur d'orientation égal à 1 lorsque les cristallites sont parfaitement orientées.

Une autre caractéristique essentielle des ferrites pour aimant est la taille des cristallites. En effet, il est bien connu que le champ coercitif  $H_c$   
20 est inversement proportionnel à la taille des grains et que l'optimum est atteint lorsque les grains sont monodomains. Pour cela, les fabricants d'aimant cherchent à minimiser au maximum la taille des cristaux sans pour autant diminuer la densité du matériau fritté.

Grâce aux nouveaux matériaux ferrites proposés dans la présente  
25 invention, il est possible d'obtenir à la fois des densités élevées et des tailles de grains faibles puisque ces ferrites décrits sont frittés à des températures inférieures de 200°C par rapport à l'état de l'art.

Plus précisément ces nouveaux matériaux ferrites répondent à la  
30 formule chimique suivante :



$A = \text{Ba, Sr, Ca ou Pb}$

$B = \text{Al, Cr, Ga, Bi, B, La, Y ou une Terre Rare}$

35  $C = \text{Co, Zn, Cd, Ni, Mg ou Mn}$

## 3

$D = \text{Ti, Sn, Zr, Si, Ge}$   
où  $0 < x < 0,30$  ;  $0 < y < 0,30$  ;  $0 < z < 0,30$  ;  $0 < t < 0,30$  ;  
 $0,05 < v < 0,30$  ;  $0 < w < 0,90$

- 5           Avantageusement la Terre rare peut être de type Nd ou Pr  
Avantageusement, v peut être compris entre environ 0,10 et 0,20 .

L'invention a aussi pour objet un matériau composite comprenant  
un matériau ferrite selon l'invention et des oxydes de bore ou de bismuth qui  
10 ont pour fonction de densifier le ferrite à plus basse température et donc  
d'éviter une croissance cristalline trop importante pour des applications  
d'aimant.

L'invention a aussi pour objet un matériau composite comprenant  
outre un matériau ferrite selon l'invention un oxyde magnétique, diélectrique  
15 ou piézoélectrique à basse température de frittage et de l'argent ou de l'or,  
pour favoriser la fabrication de composant magnétique intégré. On peut citer  
comme exemple de composant intégré nécessitant le ferrite de la présente  
invention un circulateur hyperfréquence. Typiquement, il peut s'agir d'un  
circulateur tel que celui illustré en figure 1 et qui comprend un aimant  
20 permanent A, une masse M, un conducteur central Cc, un matériau ferrite  
hyperfréquence Fh, et une pièce polaire Pp. Ce composant très utilisé dans  
les matériels hyperfréquences est constitué habituellement d'au moins 4  
matériaux de nature différente et assemblés mécaniquement.

25           L'utilisation d'un ferrite décrit par la présente invention permet de  
réaliser ce type de structure en utilisant une technique de frittage  
multicouches pour la fabrication collective du dit composant. Il est ainsi  
possible de réduire le coût de fabrication et d'améliorer la fiabilité et la  
reproductibilité des circulateurs. Un autre intérêt est que le cofrittage du  
30 ferrite avec des parties métalliques à base d'argent ou d'or permet de réduire  
les espaces entre les différents matériaux constituant le circulateur et ainsi  
d'améliorer la conduction du champ magnétique continu à l'intérieur du  
circulateur.

Un autre exemple de composant intégré concerne le domaine du  
35 génie électrique. Les machines électriques (moteurs et machines tournantes)

utilisent fréquemment des pièces aimantées réalisées à partir de ferrite. Ces pièces produisent un champ magnétique continu et pour certains fonctionnements, il est nécessaire de compenser ce champ magnétique en utilisant des bobines parcourues par un courant continu. Ces bobines dites  
5 bobines de défluxage doivent être situées au plus près des aimants ce qui pose des contraintes d'encombrement et d'efficacité. En utilisant un ferrite tel que celui décrit dans la présente invention, il est possible de noyer les bobines de défluxage à l'intérieur même de l'aimant et d'améliorer ainsi l'encombrement et l'efficacité du système.

10 L'invention a aussi pour objet un aimant comprenant un matériau ferrite selon l'invention, orienté sous champ magnétique.

Il peut également s'agir d'aimant composite comprenant un matériau ferrite selon l'invention et un liant organique de type résine.

L'invention a aussi pour objet un procédé de fabrication d'un  
15 matériau ferrite selon l'invention comprenant les étapes suivantes :

- Le mélange et le broyage des matières premières constitutives du matériau ferrite, de manière à obtenir une poudre fine
- Le chamottage de la poudre à une température comprise entre environ 800°C et 1000°C, pour former en partie la phase  
20 cristalline du matériau ferrite
- Le broyage de la poudre chamottée,
- Le frittage de la poudre chamottée de manière à densifier le matériau céramique, à une température comprise entre environ 850°C et 1100°C.

25 Il peut également s'agir d'un procédé de fabrication d'un matériau composite comprenant en outre une étape de cofrittage de la poudre chamottée en présence d'argent ou d'or.

L'invention a enfin pour objet un procédé de fabrication d'un aimant comprenant le procédé de fabrication d'un matériau ferrite, selon  
30 l'invention et une étape d'orientation sous champ magnétique.

Avantageusement il peut comprendre une étape de mise en forme de la poudre chamottée broyée, pour l'orienter.

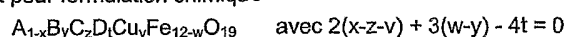
Selon une première variante, la mise en forme de la poudre chamottée peut être réalisée sous voie humide.

Selon une seconde variante la mise en forme de la poudre chamottée peut comprendre la réalisation de bandes coulées à partir de la poudre chamottée. L'orientation sous l'action d'un champ magnétique peut être réalisée pendant l'étape de coulage qui consiste à déposer une pâte  
 5 épaisse constituée d'un mélange de ferrite et de produits organiques tels qu'un liant, un dispersant, un plastifiant et un défloculant sur une bande support. En appliquant le champ magnétique sous la bande support grâce à des aimants permanents ou des électroaimants, on peut ainsi orienter les cristallites de ferrite avant que la pâte épaisse contenant ledit ferrite et les  
 10 produits organiques ne sèche.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

- 15 • la figure 1 schématise une structure de circulateur hyperfréquence selon l'art connu ;
- la figure 2 illustre l'évolution de la densité des grains de poudre de matériau ferrite selon l'invention, en fonction de la température de frittage

20 De manière générale les matériaux ferrites de la présente invention ont pour formulation chimique



A = Ba, Sr, Ca ou Pb

25 B = Al, Cr, Ga, Bi, B, La, Y ou Terre Rare (de préférence Nd ou Pr)

C = Co, Zn, Cd, Ni, Mg ou Mn

D = Ti, Sn, Zr, Si, Ge

30

avec  $0 < x < 0,30$  ;  $0 < y < 0,30$  ;  $0 < z < 0,30$  ;  $0 < t < 0,30$  ;  
 $0,05 < v < 0,30$  ;  $0 < w < 0,90$

Ces matériaux ferrites comprennent notamment du cuivre, élément qui, incorporé dans le réseau cristallin du ferrite, permet d'abaisser les températures de frittage

5 Les substitutions des ions  $\text{Fe}^{3+}$  par des ions divalents (Co, Zn, Cd, Ni, Mg ou Mn) ne sont rendues possible qu'en équilibrant les charges électroniques par des ions 4+ (Ti, Sn, Zr, Si, Ge) ou en substituant simultanément des ions 2+ (Ba, Sr, Ca ou Pb) par des ions 3+ (La, Y ou Terre Rare). Les substitutions d'ions 3+ par d'autres ions 3+ sont bien  
10 entendu plus simples (ex : substitution de  $\text{Fe}^{3+}$  par  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ga}^{3+}$  ou  $\text{Al}^{3+}$ ).

Par ailleurs, il est connu que des substitutions du fer par du Zn ou du Cd conduisent à une augmentation de l'aimantation à saturation donc de l'induction rémanente et que des substitutions du fer par du Co  
15 conduisent à une augmentation de l'anisotropie magnétocristalline donc du champ coercitif.

Les oxydes de bore et de bismuth présentent des bas points de fusion : 820 à 860°C pour  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  et 450 à 460°C pour  $\text{B}_2\text{O}_3$ . l'ajout de tels oxydes permet de densifier le ferrite pour aimant à plus basse température et  
20 donc d'éviter une croissance cristalline trop importante. Les substitutions du  $\text{Fe}^{3+}$  par  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ga}^{3+}$  ou  $\text{Al}^{3+}$  permettent également de limiter la croissance cristalline, même si en contre-partie l'aimantation à saturation et la température de Curie diminuent.

25 Nous allons décrire ci-après les différentes étapes d'un procédé de fabrication d'un matériau ferrite à forte aimantation permanente permettant d'en constituer un aimant :

#### 1. Pesée des matières premières suivantes

30 Il s'agit essentiellement de Carbonates de baryum ou de strontium ( $\text{BaCO}_3$  ou  $\text{SrCO}_3$ ), d'oxyde de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), d'oxyde de cuivre  $\text{CuO}$  + d'oxyde de cobalt, d'oxyde de zinc, d'oxyde de lanthane ...

Lors de la pesée de l'oxyde de fer, il est nécessaire de compenser l'apport de fer dû à l'usure des éléments de broyage qui sont généralement  
35 des billes ou des barreaux d'acier.

## 2. Mélange et broyage des matières premières

Cette opération a pour double but de mélanger les différents constituants et de réduire leur taille de grains, les rendant ainsi plus réactifs.

5

## 3. Chamottage de la poudre

Ce traitement thermique a pour but de former en partie la phase cristalline recherchée. Cette opération qui est classiquement réalisée à des températures comprises entre 1200°C et 1300°C durant environ 2 heures, selon l'art antérieur, peut avantageusement être réalisée à des températures comprises entre 800 et 1000°C, préférentiellement entre 850 et 950°C.

10

## 4. Rebroyage du produit de chamottage

Cette opération est rendue nécessaire par le grossissement des grains de poudre induit par le chamottage. Elle est effectuée dans des conditions analogues à celles du premier broyage.

15

## 5. Mise en forme de la chamotte

Les propriétés optimales des ferrites pour aimant sont obtenues lorsque les cristaux présentent une orientation préférentielle. Pour l'obtenir, deux techniques peuvent être envisagées. La première consiste à orienter les cristallites sous l'action d'un champ magnétique : cette opération est réalisée en voie humide de façon à ce que les cristallites restent mobiles et puissent s'orienter selon le champ magnétique appliqué.

20

La seconde particulièrement avantageuse consiste en la réalisation de bandes de céramique par la méthode de coulage, l'orientation se faisant dans ce cas par l'action mécanique du système ou par l'application d'un champ magnétique continu produit par des aimants ou des électroaimants. En effet, les cristaux d'hexaferrite se présentent sous la forme de petites plaquettes dont l'axe perpendiculaire est précisément l'axe cristallographie *c* ce qui favorise l'orientation mécanique. L'orientation magnétique quant à elle nécessite que l'on applique le champ magnétique selon une direction perpendiculaire au plan de la bande support.

25

30

### 6. Frittage

Ce traitement thermique a pour but la densification de la céramique polycristalline. Ce traitement peut être réalisé à des températures comprises entre environ 850°C et 1100°C, préférablement entre 900 et 1000°C avec un temps de palier de quelques heures.

### Exemple de réalisation

Trois hexaferrites de strontium ont été fabriqués selon le procédé décrit ci-dessus. Les compositions visées sont données ci-dessous :

Ferrite 1.  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$

Ferrite 2.  $\text{SrCu}_{0,2}\text{Fe}_{11,8}\text{O}_{19-\gamma}$

Ferrite 3.  $\text{Sr}_{0,95}\text{La}_{0,05}\text{Cu}_{0,2}\text{Fe}_{11,8}\text{O}_{19-\gamma}$

Le premier a été chamotté à 950°C, le second à 875°C et le troisième à 900°C pendant 2 heures sous air. L'analyse par diffraction des rayons X a montré que pour ces conditions de chamottage, les trois formulations présentaient une seule phase cristallographique hexagonale de type M.

Pour un frittage du Ferrite 2 à 1008°C sous oxygène pendant 2 heures, les propriétés obtenues sont les suivantes :

$H_{cJ} = 2,35 \text{ kOe}$ ,  $B_r = 0.20 \text{ T}$

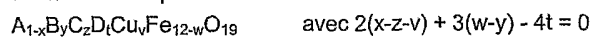
Pour un frittage à 1002°C du même Ferrite 2 sous oxygène pendant 2 heures, les propriétés obtenues sont les suivantes :

$H_{cJ} = 2,50 \text{ kOe}$ ,  $B_r = 0.19 \text{ T}$

Les caractéristiques sont donc très proches de celles d'un ferrite isotrope

## REVENDICATIONS

1. Matériau ferrite de structure hexaferrite caractérisé en ce qu'il répond à la formule chimique suivante :



A = Ba, Sr, Ca ou Pb

5 B = Al, Cr, Ga, Bi, B, La, Y ou une Terre Rare

C = Co, Zn, Cd, Ni, Mg ou Mn

D = Ti, Sn, Zr, Si, Ge

où  $0 < x < 0,30$  ;  $0 < y < 0,30$  ;  $0 < z < 0,30$  ;  $0 < t < 0,30$  ;

$0,05 < v < 0,30$  ;  $0 < w < 0,90$

10

2. Matériau ferrite selon la revendication 1, caractérisé en ce que la Terre rare est de type Nd ou Pr.

3. Matériau ferrite selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que v est compris entre environ 0,10 et 0,20 .

15

4. Matériau composite comprenant un matériau ferrite selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend des oxydes de bore ou de bismuth .

20

5 . Matériau composite comprenant un matériau ferrite selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend de l'argent ou de l'or

25

6 . Aimant comprenant un matériau selon l'une des revendications 1 à 5, orienté sous champ magnétique.

7. Aimant composite comprenant un matériau ferrite selon l'une des revendications 1 à 5 et un liant organique de type résine.

30

8. Procédé de fabrication d'un matériau ferrite selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

## 10

- Le mélange et le broyage des matières premières constitutives du matériau ferrite, de manière à obtenir une poudre
- Le chamottage de la poudre à une température comprise entre environ 800°C et 1000°C, pour former en partie la phase cristalline du matériau ferrite
- Le broyage de la poudre chamottée,
- Le frittage de la poudre chamottée de manière à développer la croissance cristalline de la poudre chamottée, à une température comprise entre environ 850°C et 1100°C.

10

9 . Procédé de fabrication d'un matériau composite comprenant le procédé de fabrication d'un matériau ferrite selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de cofrittage de la poudre chamottée en présence d'argent ou d'or.

15

10 . Procédé de fabrication d'un aimant comprenant le procédé de fabrication d'un matériau ferrite, selon l'une des revendications 8 ou 9, et une étape d'orientation sous champ magnétique.

20

11. Procédé de fabrication d'un aimant selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de mise en forme de la poudre chamottée broyée, pour l'orienter.

25

12. Procédé de fabrication d'un aimant selon la revendication 11, caractérisé en ce que la mise en forme de la poudre chamottée est réalisée sous voie humide.

30

13 . Procédé de fabrication d'un aimant selon la revendication 11, caractérisé en ce que la mise en forme de la poudre chamottée comprend la réalisation de bandes coulées à partir de la poudre chamottée.

1/1

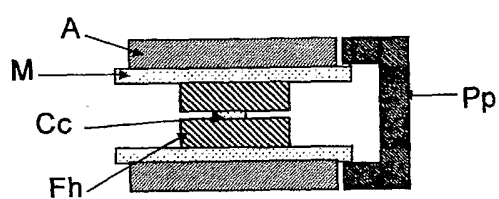


FIG.1

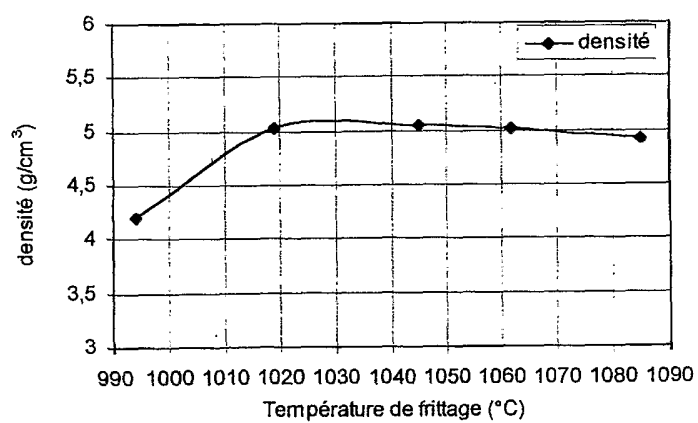


FIG.2