



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**11.11.2015 Bulletin 2015/46**

(51) Int Cl.:  
**H01F 1/147 (2006.01) H01H 83/14 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **15163999.4**

(22) Date de dépôt: **17.04.2015**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Etats d'extension désignés:  
**BA ME**  
 Etats de validation désignés:  
**MA**

(71) Demandeur: **Aperam**  
**1882 Luxembourg (LU)**

(72) Inventeur: **Saujot, Ghislain**  
**45700 PANNES (FR)**

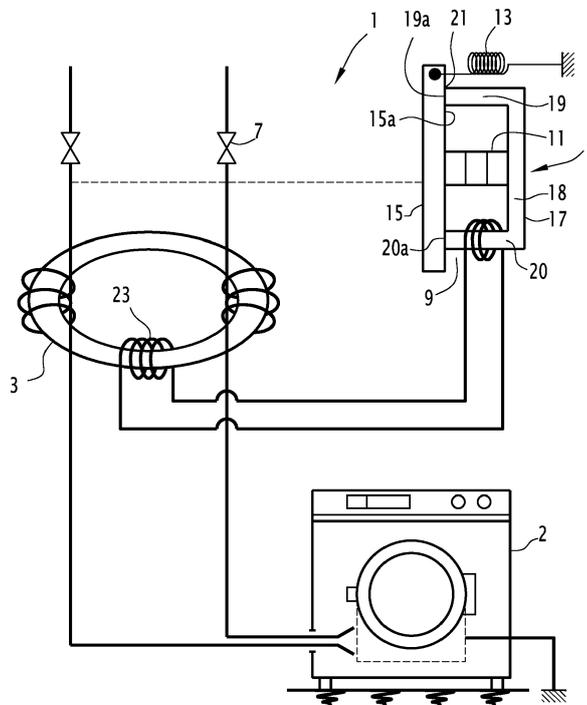
(74) Mandataire: **Domenego, Bertrand**  
**Cabinet Lavoix**  
**2, place d'Estienne d'Orves**  
**75441 Paris Cedex 09 (FR)**

(30) Priorité: **09.05.2014 FR 1454187**

(54) **PROCÉDÉ DE FABRICATION DE PIÈCES MAGNÉTIQUES D'UN RELAIS DIFFÉRENTIEL COMPRENANT UN TRAITEMENT DE SURFACE PAR MICROBILLAGE**

(57) Ce procédé de fabrication d'une pièce magnétique (15, 17) d'un relais différentiel (5) à haute sensibilité comprend une étape de traitement de surface par microbillage d'au moins une portion d'une surface de ladite

pièce magnétique (15, 17). L'étape de traitement de surface par microbillage comporte une projection de microbilles sous pression sur ladite portion de surface.



**FIG.1**

**Description**

**[0001]** La présente invention un procédé de fabrication d'une pièce magnétique d'un relais différentiel à haute sensibilité.

**[0002]** Elle s'applique en particulier à la fabrication d'interrupteurs ou de disjoncteurs de protection différentielle.

**[0003]** De tels interrupteurs ou disjoncteurs différentiels sont destinés à assurer la sécurité des personnes en coupant rapidement un circuit électrique principal lorsqu'apparaît un défaut sur ce circuit. En particulier, les disjoncteurs différentiels du type dit « à propre courant » sont constitués d'un détecteur de courant de défaut, d'un relais différentiel à haute sensibilité, et d'un mécanisme d'ouverture du circuit électrique principal.

**[0004]** Le relais différentiel comprend un circuit magnétique comportant deux pièces magnétiques, qui sont une palette mobile et une armature fixe.

**[0005]** Lorsqu'un défaut apparaît sur le circuit électrique principal, le détecteur de courant de défaut est propre à envoyer un signal électrique au relais différentiel. En réponse à ce signal électrique, le relais différentiel s'ouvre, par pivotement de la palette par rapport à l'armature, ce qui provoque la mise en mouvement du mécanisme d'ouverture du circuit électrique principal.

**[0006]** Les pièces magnétiques du relais différentiel sont constituées d'un alliage magnétique doux, caractérisé par une induction à saturation élevée, un champ coercitif faible et une résistivité électrique relativement élevée. De telles caractéristiques assurent un bon fonctionnement du relais différentiel.

**[0007]** Afin de satisfaire aux conditions de caractéristiques magnétiques souhaitables, il est connu de fabriquer les pièces magnétiques du circuit magnétique en alliage magnétique du type fer-nickel, par exemple un alliage comprenant, en poids, de 46% à 49% de nickel, notamment 48%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration. Cet alliage a l'avantage d'avoir une induction à saturation  $B_s$  de 1,5 Tesla et un champ coercitif  $H_c$  de 4 A/m.

**[0008]** Les pièces magnétiques ainsi fabriquées sont néanmoins susceptibles d'être soumises à des conditions atmosphériques humides, ce qui entraîne un risque de corrosion entre le fer et le nickel de l'alliage formant des oxydes et des hydroxydes de fer conduisant soit à des déclenchements intempestifs du relais différentiel, soit au contraire à un collage de la palette sur l'armature.

**[0009]** En outre, les contacts successifs entre la palette et l'armature sont susceptibles de conduire à une usure locale et à une déformation de ces pièces, entraînant un mauvais fonctionnement du relais différentiel.

**[0010]** Généralement, les alliages magnétiques à base de nickel utilisés ont une faible dureté (de l'ordre de 120 HV) et une faible résistance à l'usure. En outre, ces alliages de nickel ne sont pas inoxydables et leur tenue à la corrosion dans les conditions d'utilisation du relais est insuffisante.

**[0011]** On a donc proposé d'améliorer la dureté et la résistance à l'usure des surfaces de contact des pièces magnétiques des relais en réalisant sur ces surfaces des revêtements métalliques qui accroissent également la résistance à la corrosion des surfaces de contact. Ces revêtements métalliques sont par exemple des dépôts d'or, de chrome ou de carbone diamant.

**[0012]** Néanmoins, cette technique est très coûteuse.

**[0013]** Il a par ailleurs été proposé de conditionner les relais différentiels dans des boîtiers en plastique imperméables, propres à protéger de la corrosion le circuit magnétique. Cependant, cette technique ne permet pas de résoudre les problèmes liés à l'usure du circuit magnétique.

**[0014]** Un but de l'invention est de remédier à ces inconvénients et de fournir un procédé de fabrication de pièces magnétiques d'un relais différentiel ayant une bonne résistance à l'usure, et qui soit moins coûteux à mettre en oeuvre que les procédés selon l'état de la technique.

**[0015]** A cet effet, l'invention a pour objet un procédé du type précité, ledit procédé de fabrication comprenant une étape de traitement de surface par microbillage d'au moins une portion d'une surface de ladite pièce magnétique, ladite étape de traitement de surface par microbillage comportant une projection de microbilles sous pression sur ladite portion de surface.

**[0016]** Selon d'autres aspects de l'invention, le procédé de fabrication comprend l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- ladite pièce magnétique est une armature ou une palette d'un circuit magnétique ;
- ladite pièce est en alliage Fe-Ni comprenant, en poids, de 46% à 49% de nickel, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration ;
- lesdites microbilles sont des microbilles de verre, de céramique ou d'acier ;
- lesdites microbilles sont projetées sur ladite portion de surface avec une pression comprise entre 1 et 5 bars ;
- le procédé de fabrication comprend en outre une étape intermédiaire de surfaçage de ladite pièce magnétique, mise en oeuvre avant l'étape de traitement de surface par microbillage ;
- le procédé de fabrication comprend en outre une étape finale de surfaçage de ladite pièce magnétique, mise en oeuvre après l'étape de traitement de surface par microbillage.

**[0017]** L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un circuit magnétique d'un relais différentiel à haute sensibilité, ledit circuit magnétique comprenant deux pièces magnétiques formant une armature et une palette, ledit procédé comprenant :

- 5 - la fabrication desdites pièces magnétiques, et
- l'assemblage desdites pièces magnétiques pour former ledit circuit magnétique, dans lequel la fabrication d'au moins une desdites pièces magnétiques est mise en oeuvre par un procédé de fabrication d'une pièce magnétique selon l'invention.

10 **[0018]** L'invention a également pour objet une pièce magnétique d'un circuit magnétique d'un relais différentiel à haute sensibilité, caractérisée en ce qu'elle est obtenue par un procédé de fabrication d'une pièce magnétique selon l'invention.

**[0019]** L'invention a également pour objet un circuit magnétique d'un relais différentiel à haute sensibilité, ledit circuit magnétique comprenant deux pièces magnétiques formant une armature et une palette, caractérisé en ce qu'au moins une desdites pièces magnétiques est une pièce magnétique selon l'invention.

15 **[0020]** L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique d'un disjoncteur comportant un relais différentiel à haute sensibilité suivant l'invention,
- 20 - la figure 2 est une vue schématique d'un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 est un schéma d'un montage électrique pour la détermination de l'impédance de circuits magnétiques selon l'invention.

25 **[0021]** On a illustré sur la figure 1 un disjoncteur 1 interposé sur un circuit électrique principal d'alimentation d'un appareil électrique 2, pour la détection d'un courant de fuite dans ce circuit électrique principal.

**[0022]** Le disjoncteur 1 comprend un tore magnétique 3, un relais différentiel à haute sensibilité 5, et un mécanisme 7 d'ouverture du circuit électrique principal.

**[0023]** Le tore magnétique 3 est propre à détecter un défaut de courant sur le circuit principal.

30 **[0024]** Le relais différentiel 5 comprend un circuit magnétique 9, un aimant permanent 11 et un ressort de rappel 13.

**[0025]** Le circuit magnétique 9 comporte deux pièces magnétiques de relais, qui sont une palette mobile 15 et une armature fixe 17 en forme de U.

**[0026]** L'armature 17 comprend une base 18, et une première et une deuxième branches 19 et 20, les branches 19 et 20 étant chacune terminée par une surface polaire plane 19a, 20a.

35 **[0027]** La palette 15 est montée en regard des surfaces polaires 19a, 20a de l'armature 17. La palette 15 comprend une surface polaire 15a sensiblement plane, propre à venir en contact avec les surfaces polaires 19a et 20a de l'armature 17.

**[0028]** La palette 15 est montée pivotante autour d'un axe correspondant à une arête 21 d'une première branche 19 de l'armature 17, entre une position de repos, représentée à la figure 1, dans laquelle la surface polaire 15a de la palette 15 est en contact contre les surfaces polaires 19a, 20a de l'armature 17, et une position pivotée, dans laquelle la palette 15, ayant pivoté autour de l'arête 21, n'est plus en contact avec la surface polaire 20a de la deuxième branche 20.

**[0029]** La surface polaire 15a de la palette 15 et les surfaces polaires 19a et 20a de l'armature 17 sont des zones de contact destinées à venir en contact les unes avec les autres.

45 **[0030]** La palette 15 et l'armature sont réalisées en un alliage Fe-Ni. L'alliage Fe-Ni est par exemple un alliage comprenant, en poids, de 46% à 49% de nickel, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration. Il s'agit par exemple d'un alliage de type Supra50®.

**[0031]** L'aimant permanent 11 est en forme de barreau parallélépipédique. L'aimant permanent 11 est placé entre les branches 19 et 20 de l'armature 17, l'un des pôles de l'aimant 11 étant accolé à la base 18 de l'armature 17, et l'autre pôle étant placé en regard de la palette 15.

50 **[0032]** L'aimant permanent 11 est propre à exercer une force magnétique sur la palette 15 pour la maintenir en position de repos.

**[0033]** Par ailleurs, le ressort de rappel 13 est propre à exercer une force sur la palette 15, antagoniste à la force exercée par l'aimant permanent 11, pour l'entraîner vers la position pivotée.

55 **[0034]** Une bobine 23 de commande est enroulée sur la deuxième branche 20 de l'armature 17. La bobine 23 de commande est alimentée en courant électrique par l'intermédiaire du tore magnétique 3. La bobine 23 de commande est propre à engendrer un flux magnétique opposé au flux de l'aimant permanent 11 dans la branche 20 lorsque la bobine 13 de commande est parcourue par un courant d'excitation.

**[0035]** Lorsqu'un défaut de courant est détecté par le tore 3, un courant d'excitation est généré dans la bobine 23 de

commande, ce qui génère un flux magnétique dans le circuit magnétique 9 opposé au flux de l'aimant permanent 11 et entraîne une réduction ou une annulation de la force de maintien exercée sur la palette 15. La force exercée par le ressort de rappel 13 surpasse la force de maintien exercée sur la palette 15, ce qui entraîne un pivotement de la palette 15 vers sa position pivotée.

5 **[0036]** A titre d'exemple, le ressort est taré pour qu'un courant de défaut supérieur ou égal à 30 mA entraîne un pivotement de la palette 15 vers sa position pivotée.

**[0037]** Le déplacement de la palette 15 de sa position de repos à la position pivotée permet d'actionner le mécanisme 7 d'ouverture du circuit électrique principal, et donc de couper l'alimentation électrique de l'appareil 2.

10 **[0038]** La fabrication du circuit magnétique 9 comprend la fabrication des deux pièces magnétiques de ce circuit, c'est-à-dire la palette 15 et l'armature 17, et l'assemblage de ces deux pièces pour former le circuit.

**[0039]** La fabrication de chacune des pièces magnétiques comprend la fabrication d'une pièce ébauchée.

**[0040]** Chaque pièce ébauchée est fabriquée par découpe dans une bande en alliage Fe-Ni, suivie d'une mise en forme par pliage, de manière à donner à chacune des pièces la géométrie souhaitée, la découpe étant suivie d'un traitement thermique à haute température (supérieure à 1000°C) destiné à conférer à la bande les propriétés mécaniques et magnétiques souhaitées, en particulier un champ coercitif très faible, par exemple inférieur ou égal à 15 A/m.

15 **[0041]** Un tel champ coercitif permet d'obtenir une forte sensibilité du relais, par exemple une puissance électrique de déclenchement inférieure à 250 $\mu$ VA et de préférence comprise entre 50 et 150 $\mu$ VA.

**[0042]** De manière connue, la bande en alliage est obtenue à partir d'un lingot par laminage à chaud, suivi d'un laminage à froid.

20 **[0043]** Chaque pièce ébauchée est alors soumise à une étape de traitement de surface par microbillage, lors de laquelle des microbilles sont projetées sur au moins une portion de la surface de chaque pièce ébauchée. Pour chacune des pièces magnétiques, la portion de surface sur laquelle les microbilles sont projetées comprend au moins les zones de contact de cette pièce, c'est-à-dire les zones de cette pièce destinée à venir en contact avec l'autre pièce.

25 **[0044]** Selon un mode de réalisation, les microbilles sont projetées sur les côtés des pièces magnétiques comprenant les zones de contact de ces pièces, c'est-à-dire les zones de ces pièces destinées à venir en contact les unes avec les autres.

**[0045]** Le traitement par microbillage a pour effet de réaliser un écrouissage superficiel pénétrant de quelques centièmes de millimètres, notamment de 0,03 mm à 0,05 mm, sur la portion de surface traitée, et ainsi d'augmenter la dureté de la pièce sur cette portion de surface. A titre d'exemple, le traitement par microbillage permet d'augmenter la dureté Vickers à la surface de la pièce de plus de 50 HV, la dureté passant par exemple de 120 HV à plus de 170 HV.

30 **[0046]** Une profondeur d'au moins quelques centièmes de millimètres, notamment d'au moins 0,03 mm, est suffisante pour garder la possibilité de réaliser, postérieurement au traitement par microbillage, des opérations de surfacage avec un léger enlèvement de matière, tout en conservant à la surface de la pièce une dureté augmentée, d'au moins 170 HV. Par ailleurs, une profondeur d'au plus quelques centièmes de millimètres, notamment d'au plus 0,05 mm, permet

35 d'assurer la conservation des propriétés magnétiques de la pièce.

**[0047]** A l'issue du traitement par microbillage, chacune des pièces est soumise à un traitement de finition destiné à conférer à la pièce l'aspect, la rugosité et la planéité voulue par l'application.

**[0048]** En particulier, l'obtention d'une rugosité Ra au moins égale à 0,03  $\mu$ m et inférieure à 0,5  $\mu$ m permet d'assurer une bonne qualité de contact entre les zones de contact des deux pièces.

40 **[0049]** La palette 15 et l'armature 17 ainsi fabriquées sont alors assemblées pour former le circuit magnétique 9.

**[0050]** En variante, une étape de traitement intermédiaire de finition peut être réalisée sur les pièces ébauchées, avant l'étape de traitement par microbillage.

**[0051]** L'étape de traitement par microbillage va maintenant être décrite plus en détails en référence à la figure 2, qui illustre schématiquement un dispositif 50 pour la mise en oeuvre de cette étape.

45 **[0052]** Le dispositif 50 comprend une enceinte 52 comprenant une ouverture 54 pour l'introduction des pièces ébauchées, propre à être scellée pour fermer de manière étanche l'enceinte 52.

**[0053]** Le dispositif 50 comprend par ailleurs des moyens 56 de support de pièces magnétiques ébauchées, et des moyens 58 de projection d'un flux de microbilles convoyées dans un fluide, sur les pièces maintenues par les moyens 56 de support.

50 **[0054]** Les moyens 58 de projection de microbilles comprennent une buse 60 de projection d'un flux de microbilles convoyées dans un fluide, et des moyens d'alimentation de la buse 60 en un fluide sous pression convoyant des microbilles.

**[0055]** Les microbilles sont des billes en verre, en céramique ou en acier, de taille micrométrique. Par exemple, les microbilles ont un diamètre compris entre 20  $\mu$ m et 200  $\mu$ m.

55 **[0056]** A titre d'exemple les microbilles sont des microbilles de type SS19 commercialisées par Rössler France. Ces microbilles sont en verre sodocalcique de diamètre moyen sensiblement égal à 40  $\mu$ m.

**[0057]** Le fluide dans lequel sont convoyées les microbilles est par exemple de l'eau ou de l'air.

**[0058]** Par exemple, le fluide utilisé est de l'eau, dans lequel sont mélangées les microbilles, le mélange comprenant

25% en volume de microbilles.

[0059] La buse 60 comprend une ouverture 62 par laquelle le fluide sous pression, mélangé aux microbilles, est projeté. La forme et les dimensions de l'ouverture 62 sont ajustables en fonction de l'étendue de la surface à traiter et de l'homogénéité de la projection recherchée. L'ouverture 62 est par exemple une ouverture circulaire, de diamètre compris entre 5 et 12 mm, notamment égale à 10 mm.

[0060] La pression du fluide mélangé aux microbilles à la sortie de la buse 60 est par exemple comprise entre 1 et 5 bars.

[0061] Les moyens 56 de support sont propres à maintenir une pièce magnétique dans une position prédéterminée en face de l'ouverture 62 de la buse 60 lors de la projection des microbilles sur cette pièce. Les moyens 56 de support sont par ailleurs propres à modifier la position de la pièce magnétique par rapport aux moyens 58 de projection, notamment la distance d entre la pièce et l'ouverture 62 et l'orientation de la pièce par rapport au jet issu de l'ouverture 62, appelé par la suite angle d'attaque  $\alpha$ .

[0062] La distance d est par exemple comprise entre 100 mm et 200 mm.

[0063] L'angle d'attaque est par exemple égal à 90°, c'est-à-dire que le jet issu de la buse a un angle d'incidence sur la pièce sensiblement égal à 90°. L'angle d'attaque peut également être choisi inférieur à 90°, par exemple égal à 75°.

[0064] Le réglage de la distance d et de l'angle  $\alpha$  permettent de contrôler l'érouissage obtenu sur la pièce traitée.

[0065] Les moyens 56 de support comprennent par exemple un aimant propre à exercer une force magnétique sur une pièce magnétique pour la maintenir en position, l'aimant étant propre à être entraîné en rotation par rapport à la buse 60 pour entraîner en rotation la pièce magnétique par rapport à la buse 60.

[0066] Les moyens 56 de support permettent ainsi de réaliser un balayage d'une ou plusieurs pièce(s) par le jet issu de la buse 60.

[0067] A titre d'exemple, on a fabriqué des bandes en alliage Fe-Ni, comprenant 48% de Ni, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, à partir de lingots, par laminage à chaud, suivi d'un laminage à froid.

[0068] On a ensuite fabriqué des palettes et des armatures ébauchées par découpe dans ces bandes, suivie d'une mise en forme par pliage, et d'un traitement thermique destiné à conférer à la bande les propriétés mécaniques et magnétiques souhaitées.

[0069] On a alors effectué sur une première série d'armatures ébauchées un traitement intermédiaire de finition, suivi d'un traitement par microbillage au moyen du dispositif décrit en référence à la figure 2. A l'issue du traitement par microbillage, un traitement de finition a été à nouveau appliqué aux armatures pour obtenir des armatures finies.

[0070] On a par ailleurs effectué sur une deuxième série d'armatures ébauchées un traitement par microbillage, sans traitement de finition intermédiaire, au moyen du dispositif décrit en référence à la figure 2. A l'issue du traitement par microbillage, un traitement de finition a été appliqué aux armatures pour obtenir des armatures finies.

[0071] On a également effectué sur une série de palettes ébauchées un traitement par microbillage, sans traitement de finition intermédiaire, au moyen du dispositif décrit en référence à la figure 2. A l'issue du traitement par microbillage, un traitement de finition a été appliqué aux palettes pour obtenir des palettes finies.

[0072] Tous ces traitements par microbillage ont été effectués au moyen de microbilles de type SS19 décrites ci-dessus, convoyées dans de l'eau, le mélange eau-microbilles comprenant 25% de microbilles en volume.

[0073] La buse utilisée est une buse ayant une ouverture 62 circulaire de diamètre égal à 10 mm. Par ailleurs, la distance entre l'ouverture 62 de la buse 60 et les palettes et armatures a été fixée à 150 mm.

[0074] Chacune des séries d'armatures et de palettes a été divisée en neuf groupes, et chaque armature ou palette de chaque groupe a été traitée par microbillage suivant les paramètres d'angle d'attaque  $\alpha$ , de pression P et de durée d'exposition T figurant dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : paramètres de traitement de microbillage appliqué à chaque groupe

Série	Groupe N°	$\alpha$ (°)	P (bars)	T (s)
Première série d'armatures	1	90	1	7
	2	90	1	14
	3	90	1,5	7
	4	90	1,5	14
	5	90	2	7
	6	90	2	14
	7	75	2	7
	8	90	2,5	7
	9	90	2,5	14

## EP 2 942 792 A1

(suite)

Série	Groupe N°	$\alpha(^{\circ})$	P (bars)	T (s)
Deuxième série d'armatures	1	90	1	7
	2	90	1	14
	3	90	1,5	7
	4	90	1,5	14
	5	90	2	7
	6	90	2	14
	7	75	2	7
	8	90	2,5	7
	9	90	2,5	14
Série de palettes	1	90	1	7
	2	90	1	14
	3	90	1,5	7
	4	90	1,5	14
	5	90	2	7
	6	90	2	14
	7	75	2	7
	8	90	2,5	7
	9	90	2,5	14

**[0075]** On a ensuite mesuré l'influence du traitement par microbillage sur la dureté de la surface des palettes et armatures.

**[0076]** Pour cela, on a mesuré la dureté Vickers HV 0,025 et HV 0,01 des palettes ou armatures de chacun des groupes.

**[0077]** On a par ailleurs mesuré le coefficient de rugosité Ra des armatures et palettes de chacun de groupes.

**[0078]** Les mesures obtenues, résultant au sein de chacun des groupes d'une moyenne des valeurs de rugosité, de tombée et de dureté Vickers mesurées sur cinq palettes ou armatures de ce groupe, sont reportées dans le tableau 2.

**[0079]** Par ailleurs, on a déterminé l'influence du traitement par microbillage sur les propriétés électriques d'un circuit magnétique formée avec les palettes et armatures traitées. En particulier, l'impédance d'un circuit magnétique selon l'état de la technique, formé par assemblage d'une palette et d'une armature revêtue mais non microbillées, est typiquement comprise entre 1,10  $\Omega$  et 1,75  $\Omega$ . On a ainsi formé, à partir des palettes et armatures de chacun des groupes, des circuits magnétiques, et mesuré l'impédance des circuits magnétiques ainsi formés, c'est-à-dire la résistance de ces circuits au passage d'un flux magnétique.

**[0080]** La mesure d'impédance de chaque circuit a été effectuée selon le montage décrit en référence à la Figure 3.

**[0081]** Comme illustré sur la Figure 3, une force F a été appliquée sur la palette 15 au moyen d'un poids. Cette force est destinée à simuler la force exercée par l'aimant permanent 11 lorsque le relai différentiel 5 est en fonctionnement.

**[0082]** Une première bobine 70, comprenant N1 spires, a été enroulée autour d'une des branches 19 de l'armature 17, et une deuxième bobine 72, comprenant N2 spires, a été enroulée autour de l'autre branche 20 de l'armature 17.

**[0083]** La première bobine 70 est reliée à un générateur de courant alternatif 74, et la deuxième bobine est reliée à un voltmètre 76.

**[0084]** Un courant alternatif I a été généré par le générateur 74 dans la première bobine 70, la valeur de ce courant étant contrôlée au moyen d'un ampèremètre 78.

**[0085]** La tension V aux bornes de la deuxième bobine 74 a été mesurée.

**[0086]** L'impédance Z a alors été déterminée comme le rapport de la tension V sur le courant I.

**[0087]** En particulier, on a assemblé des armatures de chacun des groupes de la première série d'une part avec des palettes non revêtues et non microbillées, d'autre part avec des palettes revêtues d'un revêtement chromé et non microbillées, et enfin avec des palettes obtenues par le procédé selon l'invention, donc non revêtues et microbillées, du groupe correspondant de la série de palettes.

## EP 2 942 792 A1

**[0088]** On a par ailleurs assemblé des armatures de chacun des groupes de la deuxième série d'une part avec des palettes non revêtues et non microbillées, d'autre part avec des palettes revêtues d'un revêtement chromé et non microbillées, et enfin avec des palettes obtenues par le procédé selon l'invention, donc non revêtues et microbillées, du groupe correspondant de la série de palettes.

**[0089]** On a ensuite mesuré l'impédance électrique, notée Z pal. prod, des circuits magnétiques formés par des armatures de chacun des groupes et des palettes non revêtues et non microbillées, l'impédance électrique, notée Z pal Cr, des circuits magnétiques formés par des armatures de chacun des groupes et des palettes revêtues de chrome et non microbillées, et l'impédance électrique, notée Z pal  $\mu$ bill, des circuits magnétiques formés par des armatures de chacun des groupes et des palettes selon l'invention du groupe correspondant.

**[0090]** Les impédances mesurées sont reportées dans le tableau 2.

**[0091]** De même, on a assemblé des palettes de chacun des groupes de la série de palettes d'une part avec des armatures non revêtues et non microbillées, d'autre part avec des armatures revêtues d'un revêtement chromé et non microbillées, et enfin avec des armatures obtenues par le procédé selon l'invention, donc non revêtues et microbillées, du groupe correspondant de la première série d'armatures.

**[0092]** On a ensuite mesuré l'impédance électrique, notée Z arm. prod, des circuits magnétiques formés par des palettes de chacun des groupes et des armatures non revêtues et non microbillées, l'impédance électrique, notée Z arm Cr, des circuits magnétiques formés par des palettes de chacun des groupes et des armatures revêtues de chrome et non microbillées, et l'impédance électrique, notée Z arm  $\mu$ bill, des circuits magnétiques formés par des palettes de chacun des groupes et des armatures selon l'invention du groupe correspondant de la première série d'armatures.

**[0093]** Les impédances mesurées, exprimées en ohms, sont reportées dans le tableau 2.

**[0094]** Il est à noter que l'impédance électrique Z arm  $\mu$ bill d'un circuit magnétique formé par une palette d'un groupe et une armature selon l'invention du groupe correspondant de la première série d'armatures est nécessairement identique à l'impédance électrique Z pal  $\mu$ bill d'un circuit magnétique formé par une armature de la première série de ce groupe et une palette selon l'invention du groupe correspondant, comme cela est visible dans le tableau 2.

Tableau 2 : Mesures d'impédance, de dureté et de rugosité

Série	Groupe N°	Z pal. prod	Z pal. revê	Z pal. $\mu$ bill	HV 0,025	HV 0,01	Ra ( $\mu$ m)
Première série d'armatures	1	1,732	1,248	1,424	269	253	0,0764
	2	1,614	1,252	1,458	289	290	0,0406
	3	1,452	1,16	1,322	273	259	0,0358
	4	1,6	1,202	1,378	276	298	0,0392
	5	1,658	1,19	1,292	274	229	0,0388
	6	1,476	1,174	1,294	297	317	0,0382
	7	1,572	1,166	1,378	287	234	0,0384
	8	1,484	1,174	1,36	275	275	0,052
	9	1,454	1,246	1,32	275	251	0,0356
Deuxième série d'armatures	1	1,74	1,35	1,482	297	255	0,0372
	2	1,644	1,284	1,32	305	285	0,0412
	3	1,574	1,276	1,304	271	295	0,0366
	4	1,62	1,246	1,372	294	276	0,041
	5	1,532	1,242	1,414	257	287	0,0418
	6	1,532	1,216	1,32	289	300	0,0394
	7	1,542	1,282	1,382	281	255	0,0384
	8	1,462	1,112	1,322	242	270	0,0384
	9	1,458	1,07	1,226	312	311	0,0456

(suite)

Série	Groupe N°	Z arm. prod	Z arm. revê	Z arm. $\mu$ bill	HV 0,025	HV 0,01	Ra ( $\mu$ m)
Série de palettes	1	1,74	1,218	1,424	240	231	0,0678
	2	1,498	1,232	1,458	215	213	0,066
	3	1,274	1,016	1,322	246	238	0,0586
	4	1,454	1,052	1,378	260	224	0,058
	5	1,536	1,06	1,292	251	249	0,056
	6	1,422	1,068	1,294	265	257	0,062
	7	1,482	1,114	1,378	256	232	0,064
	8	1,448	1,102	1,36	253	263	0,056
	9	1,492	1,07	1,32	261	245	0,06

**[0095]** Les résultats reportés dans le tableau 2 montrent que le procédé de fabrication des palettes et armatures selon l'invention, en particulier l'étape de traitement par microbillage de ces palettes et armatures, permettent d'augmenter la dureté de la surface de ces pièces de manière très satisfaisante. En effet, que l'angle d'attaque soit égal à 90° ou 75°, et quelle que soit la pression du flux projeté à la sortie de la buse, entre 1 bar et 2,5 bar, les duretés Vickers HV 0,025 et HV 0,01 sont nettement supérieures à la dureté initiale des pièces (120 HV), et également nettement supérieures aux duretés généralement obtenues par des procédés de revêtement (170 HV).

**[0096]** En outre, les coefficients de rugosité des palettes et armatures sont également satisfaisants, notamment supérieurs à 0,03  $\mu$ m. Ainsi, ces résultats montrent que l'érouissage superficiel de la surface des pièces permet de réaliser une finition satisfaisante des pièces avec enlèvement de matière, tout en conservant en surface une dureté élevée.

**[0097]** On constate par ailleurs que les impédances électriques de circuits magnétiques formés d'une palette et d'une armature fabriquées selon le procédé selon l'invention ont une impédance électrique satisfaisante, comprise entre 1,10  $\Omega$  et 1,75  $\Omega$ . Ces valeurs satisfaisantes sont également constatées pour des circuits électriques dont une seule des pièces mécaniques a été fabriquée selon un procédé selon l'invention.

**[0098]** Ces résultats montrent ainsi que l'étape de traitement par microbillage permet d'augmenter la dureté de la surface de ces pièces magnétiques sans impacter négativement d'autres propriétés, notamment l'impédance du circuit magnétique ou l'aptitude de ces pièces à subir un traitement de finition efficace.

**[0099]** Les surfaces de contact des pièces magnétiques suivant l'invention présentent en conséquence une résistance à l'usure très satisfaisante, et sensiblement supérieure à la résistance à l'usure des relais comportant des revêtements métalliques de type connu.

**[0100]** Il devra toutefois être compris que l'exemple de réalisation présenté ci-dessus n'est pas limitatif.

**[0101]** Notamment, selon une variante, seule la palette ou seule l'armature peut être fabriquée selon un procédé conforme à l'invention.

## Revendications

- Procédé de fabrication d'une pièce magnétique (15, 17) d'un relais différentiel (5) à haute sensibilité, ledit procédé de fabrication comprenant une étape de traitement de surface par microbillage d'au moins une portion d'une surface de ladite pièce magnétique (15, 17), ladite étape de traitement de surface par microbillage comportant une projection de microbilles sous pression sur ladite portion de surface.
- Procédé de fabrication d'une pièce magnétique (15, 17) selon la revendication 1, dans lequel ladite pièce magnétique est une armature (17) ou une palette (15) d'un circuit magnétique (9).
- Procédé de fabrication d'une pièce magnétique (15, 17) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel ladite pièce est en alliage Fe-Ni comprenant, en poids, de 46% à 49% de nickel, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.
- Procédé de fabrication d'une pièce magnétique (15, 17) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel lesdites microbilles sont des microbilles de verre, de céramique ou d'acier.

## EP 2 942 792 A1

5. Procédé de fabrication d'une pièce magnétique (15, 17) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel lesdites microbilles sont projetées sur ladite portion de surface avec une pression comprise entre 1 et 5 bars.
- 5 6. Procédé de fabrication d'une pièce magnétique (15, 17) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant en outre une étape intermédiaire de surfaçage de ladite pièce magnétique (15, 17), mise en oeuvre avant l'étape de traitement de surface par microbillage.
- 10 7. Procédé de fabrication d'une pièce magnétique (15, 17) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant en outre une étape finale de surfaçage de ladite pièce magnétique (15, 17), mise en oeuvre après l'étape de traitement de surface par microbillage.
- 15 8. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'il** comprend, avant ladite étape de traitement de surface, une étape de fabrication d'une pièce magnétique ébauchée, comprenant une phase de découpe d'une bande obtenue par un laminage à chaud suivi d'un laminage à froid, ladite étape de traitement de surface étant mise en oeuvre sur ladite pièce magnétique ébauchée.
- 20 9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** ladite étape de fabrication de la pièce magnétique ébauchée comprend en outre, après la phase de découpe, une phase de mise en forme par pliage de la bande découpée.
- 25 10. Procédé de fabrication d'un circuit magnétique (9) d'un relais différentiel (5) à haute sensibilité, ledit circuit magnétique (9) comprenant deux pièces magnétiques (15, 17) formant une armature (17) et une palette (15), ledit procédé comprenant :
- la fabrication desdites pièces magnétiques (15, 17), et
  - l'assemblage desdites pièces magnétiques (15, 17) pour former ledit circuit magnétique (9),
- dans lequel la fabrication d'au moins une desdites pièces magnétiques (15, 17) est mise en oeuvre par un procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.
- 30 11. Pièce magnétique (15, 17) d'un circuit magnétique (9) d'un relais différentiel (5) à haute sensibilité, **caractérisée en ce qu'elle** est obtenue par un procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.
- 35 12. Circuit magnétique (9) d'un relais différentiel (5) à haute sensibilité, ledit circuit magnétique (9) comprenant deux pièces magnétiques (15, 17) formant une armature (17) et une palette (15), **caractérisé en ce qu'au moins** une desdites pièces magnétiques est une pièce magnétique selon la revendication 11.

40

45

50

55

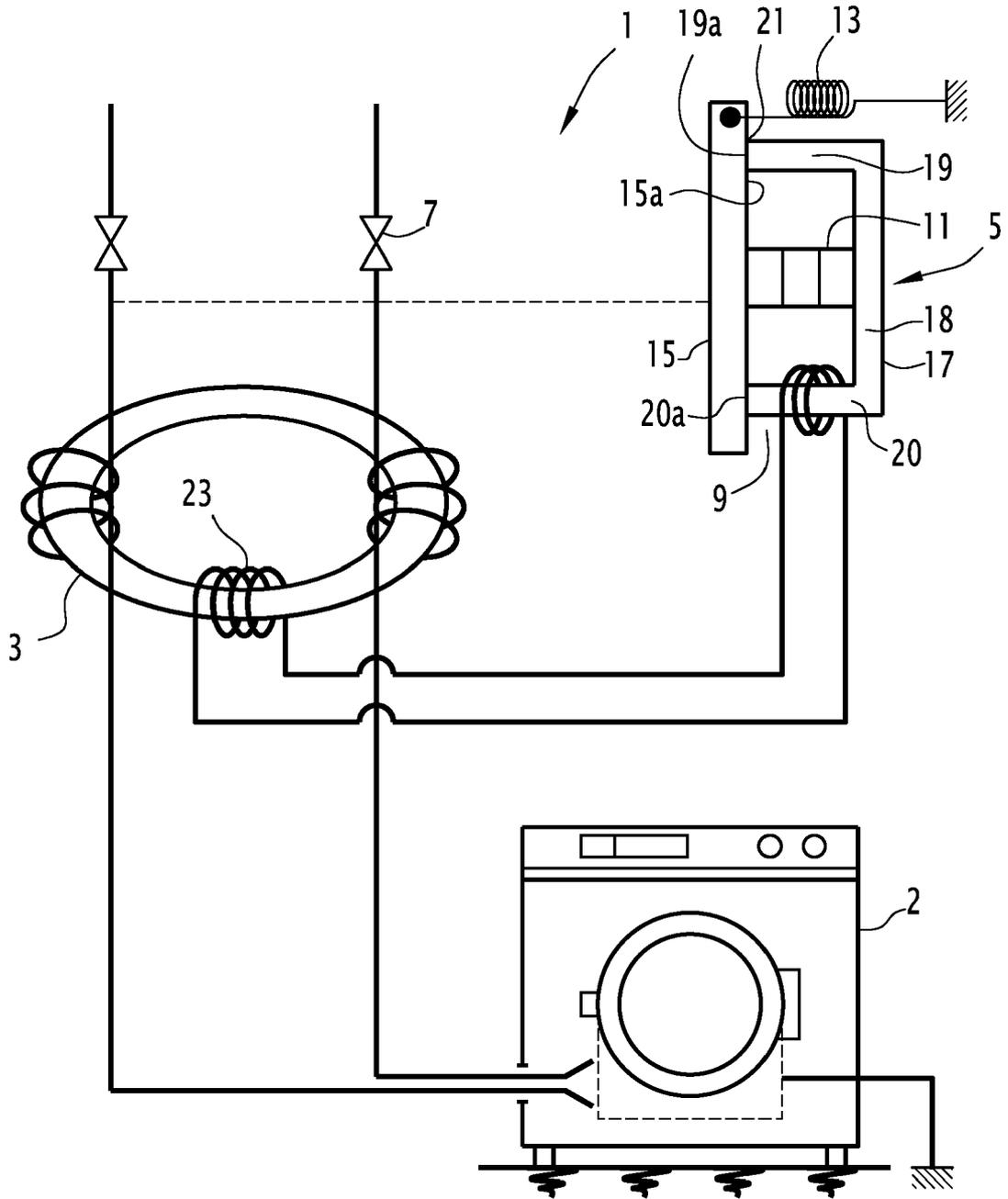
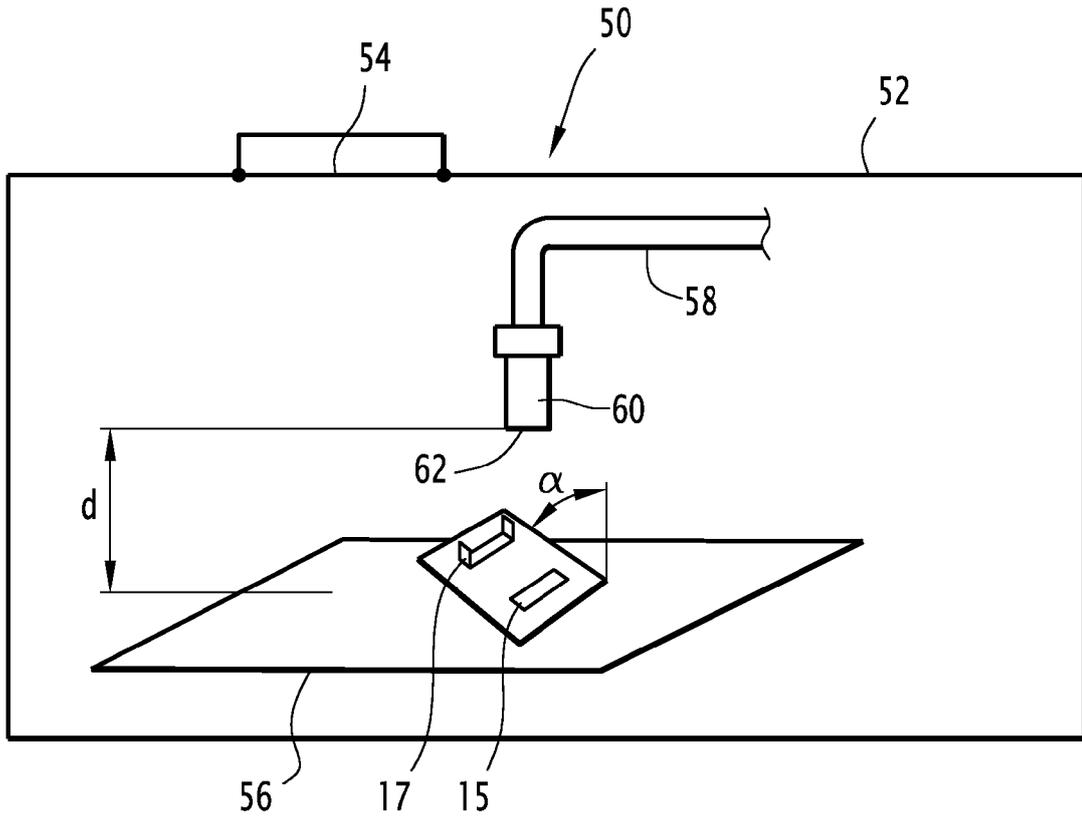
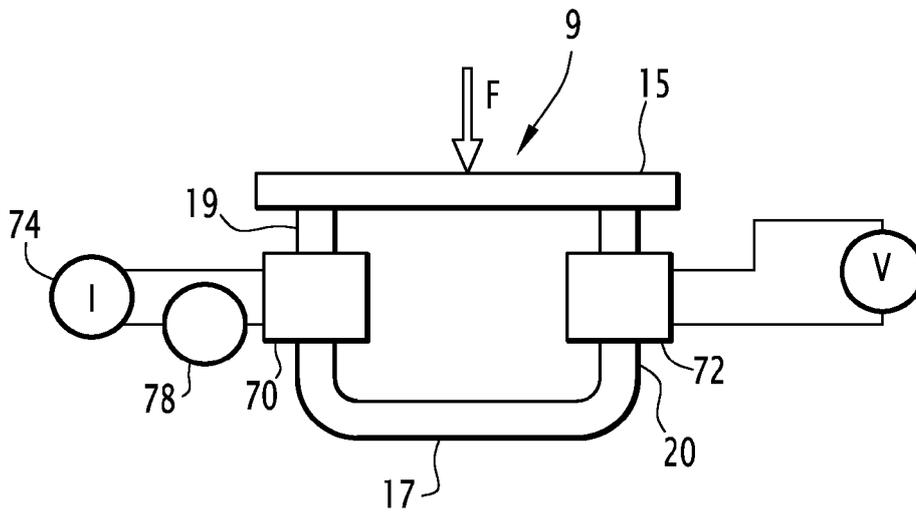


FIG.1



**FIG. 2**



**FIG. 3**



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 15 16 3999

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	US 2013/000797 A1 (PIEPER WITOLD [DE] ET AL) 3 janvier 2013 (2013-01-03) * alinéa [0034] - alinéa [0041] * -----	1-12	INV. H01F1/147 H01H83/14
Y	WO 2012/105913 A1 (ETI ELEKTROELEMENT DD [SI]; KOPRIVSEK MITJA [SI]; HAMLER ANTON [SI]; S) 9 août 2012 (2012-08-09) * page 1, dernier alinéa - page 2, alinéa 1 * * figures 1, 2 * -----	1,2,4-8, 10-12	
Y	EP 0 889 488 A1 (IMPHY SA [FR]) 7 janvier 1999 (1999-01-07) * page 4, ligne 39 - ligne 56 * * page 6, ligne 22 - ligne 23 * -----	3,9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01F H01H
2 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 2 septembre 2015	Examineur Fribert, Jan
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

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

EP 15 16 3999

5

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.

02-09-2015

10

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013000797 A1	03-01-2013	AUCUN	
-----			
WO 2012105913 A1	09-08-2012	EP 2671243 A1	11-12-2013
		SI 23649 A	31-08-2012
		SI 23650 A	31-08-2012
		SI 23651 A	31-08-2012
		WO 2012105913 A1	09-08-2012
-----			
EP 0889488 A1	07-01-1999	EP 0889488 A1	07-01-1999
		FR 2765724 A1	08-01-1999
		JP H1192888 A	06-04-1999
		US 6190465 B1	20-02-2001
-----			

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0480

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