

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 000**

51 Int. Cl.:

**H01F 1/147** (2006.01)

**H01H 83/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2015** **E 15163999 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017** **EP 2942792**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de piezas magnéticas de un relé diferencial que comprende un tratamiento de la superficie mediante microgranallado**

30 Prioridad:

**09.05.2014 FR 1454187**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**26.09.2017**

73 Titular/es:

**APERAM (100.0%)  
12C rue Guillaume Kroll  
1882 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**SAUJOT, GHISLAIN**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

ES 2 634 000 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de fabricación de piezas magnéticas de un relé diferencial que comprende un tratamiento de la superficie mediante microgranallado.

5

**[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de una pieza magnética de un relé diferencial de alta sensibilidad.

**[0002]** Se aplica en particular a la fabricación de interruptores o de disyuntores de protección diferencial.

10

**[0003]** Dichos interruptores o disyuntores diferenciales están destinados a asegurar la seguridad de las personas cortando rápidamente un circuito eléctrico principal cuando aparece un defecto en este circuito. En particular, los disyuntores diferenciales del tipo denominado "de corriente propia" están constituidos por un detector de corriente de defecto, de un relé diferencial de alta sensibilidad, y de un mecanismo de apertura del circuito eléctrico principal.

15

**[0004]** El relé diferencial comprende un circuito magnético que presenta dos piezas magnéticas, que son una paleta móvil y una armadura fija.

20

**[0005]** Cuando aparece un defecto en el circuito principal, el detector de corriente de defecto es apto para enviar una señal eléctrica al relé diferencial. Como respuesta a dicha señal eléctrica, el relé diferencial se abre, por pivotación de la paleta en relación a la armadura, lo que provoca el movimiento del mecanismo de apertura del circuito eléctrico principal.

25

**[0006]** Las piezas magnéticas del relé diferencial del relé diferencial están constituidas por una aleación magnética suave, caracterizada por una inducción a saturación elevada, un campo coercitivo débil y una resistividad eléctrica relativamente elevada. Dichas características aseguran un buen funcionamiento del relé diferencial.

30

**[0007]** Con el fin de satisfacer las condiciones de características magnéticas deseables, es sabido que se fabrican las piezas magnéticas del circuito magnético en aleación magnético del tipo hierro-níquel, por ejemplo una aleación que comprende, en peso, del 46 % al 49 % de níquel, principalmente el 48 %, el resto es hierro y unas impurezas resultantes de la elaboración. Dicha aleación tiene la ventaja de tener una inducción a saturación Bs de 1,5 Tesla y un campo coercitivo Hc de 4 A/m.

35

**[0008]** El documento EP 0 889 488 A1 describe una aleación magnética del tipo hierro-níquel, con un rodaje ligero de las piezas para normalizar las superficies de contacto de una armadura y de una paleta.

**[0009]** Las piezas magnéticas fabricadas de este modo son, sin embargo, susceptibles de ser sometidas a unas condiciones atmosféricas húmedas, lo que implica un riesgo de corrosión entre el hierro y el níquel de la aleación que forman unos óxidos y unos hidróxidos de hierro que llevan o bien unos accionamientos intempestivos del relé diferencial, o bien al contrario a un pegado de la paleta sobre la armadura.

40

**[0010]** Además, los contactos sucesivos entre la paleta y la armadura son susceptibles de conducir a un desgaste local y a una deformación de estas piezas, que conduce a un mal funcionamiento del relé diferencial.

45

**[0011]** Generalmente, las aleaciones magnéticas a base de níquel utilizadas tienen una dureza débil (del orden de 120 HV) y una resistencia débil al desgaste. Además, estas aleaciones de níquel no son inoxidables y su resistencia a la corrosión en las condiciones de uso del relé es insuficiente.

50

**[0012]** Por lo tanto hemos propuesto mejorar la dureza y la resistencia al desgaste de las superficies de contacto de las piezas magnéticas de los relés realizando sobre estas superficies unos revestimientos metálicos que aumentan igualmente la resistencia a la corrosión de las superficies de contacto. Dichos revestimientos metálicos son por ejemplo, unos depósitos de oro, de cromo o de carbono diamante.

55

**[0013]** Sin embargo, esta técnica es muy costosa.

**[0014]** Por otra parte se ha propuesto condicionar los relés diferenciales en unas cajas de plástico impermeables, adecuadas para proteger el circuito magnético de la corrosión. Sin embargo, esta técnica no permite resolver los problemas ligados al desgaste del circuito magnético.

**[0015]** Un objetivo de la invención es remediar estos inconvenientes y proporcionar un procedimiento de fabricación de piezas magnéticas de un relé diferencial que presenta una buena resistencia al desgaste, y que sea menos costoso de poner en marcha que los procedimientos según el estado de la técnica.

5

**[0016]** Para ello, la invención tiene como objeto un procedimiento del tipo citado anteriormente, dicho procedimiento de fabricación que comprende una etapa de tratamiento de la superficie por microgranallado de por lo menos una porción de una superficie de dicha pieza magnética, dicha etapa de tratamiento de superficie por microgranallado que comprende una proyección de microesferas bajo presión sobre dicha porción de superficie.

10

**[0017]** Según otros aspectos de la invención, el procedimiento de fabricación comprende una o varias de las características siguientes:

- dicha pieza magnética es una armadura o una paleta de un circuito magnético;

15 - dicha pieza es una aleación de Fe-Ni que comprende, en peso, del 46 % al 49 % de níquel, el resto es hierro y unas impurezas resultantes de la elaboración;

- dichas microesferas son unas microesferas de vidrio, de cerámica o de acero;

- dichas microesferas se proyectan sobre dicha porción de superficie con una presión comprendida entre 1 y 5 bares;

20 - el procedimiento de fabricación comprende además una etapa intermedia de pulido de dicha pieza magnética, llevada a cabo antes de la etapa de tratamiento de superficie por microgranallado;

- el procedimiento de fabricación comprende además una etapa final de pulido de dicha pieza magnética, llevada a cabo después de la etapa de tratamiento de superficie por microgranallado.

**[0018]** La invención tiene asimismo como objetivo un procedimiento de fabricación de un circuito magnético de un relé diferencial de alta sensibilidad, dicho circuito magnético que comprende dos piezas magnéticas que forman una armadura y una paleta, dicho procedimiento que comprende:

25

- la fabricación de dichas piezas magnéticas, y

30 - el ensamblaje de dichas piezas magnéticas para formar dicho circuito magnético, en el que la fabricación de por lo menos una de dichas piezas se lleva a cabo mediante un procedimiento de fabricación de una pieza magnética según la invención.

**[0019]** La invención tiene asimismo como objetivo una pieza magnética de un circuito magnético de un relé diferencial de alta sensibilidad, caracterizada porque se obtiene mediante un procedimiento de fabricación de una pieza magnética según la invención.

35

**[0020]** La invención tiene asimismo como objetivo un circuito magnético de un relé diferencial de alta sensibilidad, dicho circuito magnético que comprende dos piezas magnéticas que forman una armadura y una paleta, caracterizada porque por lo menos una de dichas piezas magnéticas es una pieza magnética según la invención.

40

**[0021]** La invención se entenderá mejor tras la lectura de la descripción que sigue, presentada únicamente a título de ejemplo y realizada haciendo referencia a las figuras anexas de entre las cuales:

45 la figura 1 es una vista esquemática de un disyuntor que presenta un relé diferencial de alta sensibilidad según la invención,

la figura 1 es una vista esquemática de un dispositivo para la realización de un procedimiento según una realización de la invención,

50 la figura 3 es un esquema de montaje eléctrico para la determinación de la impedancia de circuitos magnéticos según la invención.

**[0022]** Se ha ilustrado sobre la figura 1 un disyuntor 1 interpuesto sobre un circuito eléctrico principal de alimentación de un aparato eléctrico 2, para la detección de una corriente de fuga en este circuito eléctrico principal.

55 **[0023]** El disyuntor 1 comprende un bocel magnético 3, un relé diferencial de alta sensibilidad 5, y un mecanismo de apertura 7 del circuito eléctrico.

**[0024]** El bocel magnético 3 es adecuado para detectar un defecto de corriente en el circuito principal.

- [0025]** El relé diferencial 5 comprende un circuito magnético 9, un imán permanente 11 y un muelle de recuperación 13.
- [0026]** El circuito magnético 9 presenta dos piezas magnéticas de relé, que son una paleta móvil 15 y una armadura fija 17 en forma de U.
- [0027]** La armadura 17 comprende una base 18, y una primera y una segunda ramas 19 y 20, las ramas 19 y 20 acaban cada una de ellas con una superficie polar plana 19a, 20a.
- 10 **[0028]** La paleta 15 se monta en comparación con unas superficies polares 19a, 20a de la armadura 17. La paleta 15 comprende una superficie polar 15a sensiblemente plana, adecuada para estar en contacto con las superficies polares 19a, 20a de la armadura 17.
- 15 **[0029]** La paleta 15 se monta pivotante alrededor de un eje que corresponde a una arista 21 de una primera rama 19 de la armadura 17, entre una posición de reposo, representada en la figura 1, en la que la superficie polar 15a de la paleta 15 está en contacto contra las superficies polares 19a, 20a de la armadura 17, y una posición pivotada, en la que la paleta 15, que pivota alrededor de la arista 21, ya no está en contacto con la superficie polar 20a de la segunda rama 20.
- 20 **[0030]** La superficie polar 15a de la paleta 15 y las superficies polares 19a, 20a de la armadura 17 son unas zonas de contacto destinadas a estar en contacto unas con las otras.
- [0031]** La paleta 15 y la armadura se realizan en una aleación Fe-Ni. La aleación Fe-Ni es por ejemplo una aleación que comprende, en peso, del 46 % al 49 % de níquel, el resto es hierro y unas impurezas resultantes de la  
25 elaboración. Se trata por ejemplo de una aleación del tipo Supra50 ®.
- [0032]** El imán permanente 11 tiene una forma de barra paralelepípeda. El imán permanente 11 se coloca entre las ramas 19 y 20 de la armadura 17, unos de los polos del imán 11 se acopla a la base 18 de la armadura 17, y el otro polo se sitúa en comparación con la paleta 15.  
30
- [0033]** El imán permanente 11 es adecuado para ejercer una fuerza magnética sobre la paleta 15 para mantenerla en posición de reposo.
- [0034]** Por otra parte, el muelle de recuperación 13 es adecuado para ejercer una fuerza sobre la paleta 5, antagonista a la fuerza ejercida por el imán permanente 11, para llevarlo hacia la posición pivotada.  
35
- [0035]** Una bobina de control 23 se enrolla sobre la segunda rama 20 de la armadura 17. La bobina de control 23 se alimenta de corriente eléctrica a través del intermediario del bocel magnético 3. La bobina de control 23 es adecuada para generar un flujo magnético opuesto al flujo del imán permanente 11 en la rama 20 cuando la bobina de control 13 es recorrida por una corriente de excitación.  
40
- [0036]** Cuando un defecto de la corriente es detectado por el bocel 3, se genera una corriente de excitación en la bobina de control 23, lo que genera un flujo magnético en el circuito magnético 9 opuesto al flujo del imán permanente 11 e implica una reducción o una anulación de la fuerza de mantenimiento ejercida sobre la paleta 15.  
45 La fuerza ejercida por el muelle de recuperación 13 supera la fuerza de mantenimiento ejercida sobre la paleta 15, lo que implica una pivotación de la paleta 15 hacia su posición pivotada.
- [0037]** A título de ejemplo, se tara el muelle para que una corriente de defecto superior o igual a 30 mA implique una pivotación de la paleta 15 hacia su posición pivotada.  
50
- [0038]** El desplazamiento de la paleta 15 de su posición de reposo a la posición pivotada permite accionar el mecanismo de apertura 7 del circuito eléctrico principal, y por lo tanto cortar la alimentación eléctrica del aparato 2.
- [0039]** La fabricación de un circuito magnético 9 comprende la fabricación de dos piezas magnéticas de este  
55 circuito, es decir la paleta 15 y la armadura 17, y el ensamblaje de estas dos piezas para formar el circuito.
- [0040]** La fabricación de cada una de las piezas magnéticas comprende la fabricación de una pieza desbastada.

- 5 **[0041]** Cada pieza desbastada se fabrica por recorte en una banda de aleación Fe-Ni, seguida de una fase para dar la forma mediante plegado, de modo que se da a cada una de las piezas la geometría deseada, el recorte es seguido por un tratamiento térmico a alta temperatura (superior a 1000 °C) destinado a conferir a la banda las propiedades mecánicas y magnéticas deseadas, en particular un campo coercitivo muy débil, por ejemplo inferior o igual a 15 A/m.
- [0042]** Dicho campo coercitivo permite obtener una fuerte sensibilidad del relé, por ejemplo una potencia eléctrica de accionamiento inferior a 250  $\mu$ VA y preferentemente comprendida entre 50 y 150  $\mu$ VA.
- 10 **[0043]** De forma conocida, la banda en aleación se obtiene a partir de un lingote por laminación en caliente, seguida de laminación en frío.
- 15 **[0044]** Cada pieza desbastada se somete a una etapa de tratamiento de la superficie por microgranallado, durante la cual las microesferas se proyectan sobre por lo menos una porción de la superficie de cada pieza desbastada. Para cada una de las piezas magnéticas, la porción de superficie sobre la que las microesferas se proyectan comprende por lo menos las zonas de contacto de esta pieza, es decir las zonas de esta pieza destinadas a estar en contacto con la otra pieza.
- 20 **[0045]** Según una realización, las microesferas se proyectan sobre los lados de las piezas magnéticas que comprenden las zonas de contacto de estas piezas, es decir las zonas de estas piezas destinadas a estar en contacto las unas con las otras.
- 25 **[0046]** El tratamiento de microgranallado tiene como efecto realizar un temple de deformación superficial que penetra algunas centésimas de milímetro, principalmente de 0,03 mm a 0,05 mm, sobre la porción de superficie tratada, y de este modo aumentar la dureza de la pieza sobre esta porción de superficie. A título de ejemplo, el tratamiento mediante microgranallado permite aumentar la dureza Vickers en la superficie de la pieza en más de 50 HV, la dureza pasa por ejemplo de 120 HV a más de 170 HV.
- 30 **[0047]** Una profundidad de por lo menos algunas centésimas de milímetro, principalmente de por lo menos 0,03 mm es suficiente para conservar la posibilidad de realizar, después del tratamiento de microgranallado, una operación de laminado con una ligera eliminación de materia, al mismo tiempo que se conserva en la superficie de la pieza una dureza aumentada, de por lo menos 170 HV. Por otro lado, una profundidad de cómo mucho algunas centésimas de milímetro, principalmente como mucho 0,05 mm, permite garantizar la conservación de las propiedades magnéticas de la pieza.
- 35 **[0048]** Al final del tratamiento por microgranallado, cada una de las piezas se somete a un tratamiento de acabado destinado a conferir a la pieza el aspecto, la rugosidad y la planeidad buscadas por la aplicación.
- 40 **[0049]** En particular, la obtención de una rugosidad Ra por lo menos igual a 0,03  $\mu$ m e inferior a 0,5  $\mu$ m permite garantizar una buena calidad de contacto entre las zonas de contacto de las dos piezas.
- [0050]** La paleta 15 y la armadura 17 fabricadas de este modo, entonces se ensamblan para formar el circuito magnético 9.
- 45 **[0051]** En una variante, se puede realizar sobre las piezas desbastadas una etapa de tratamiento intermedio de acabado, antes de la etapa de tratamiento por microgranallado.
- 50 **[0052]** La etapa de tratamiento por microgranallado se describirá con más detalle en referencia a la figura 2, que ilustra esquemáticamente un dispositivo 50 para la realización de esta etapa.
- [0053]** El dispositivo 50 comprende una caja 52 que presenta una abertura 54 para la introducción de las piezas desbastadas, adecuada para ser sellada para cerrar de forma estanca la caja 52.
- [0054]** El dispositivo 50 comprende además unos medios de soporte 56 de las piezas magnéticas desbastadas, y unos medios de proyección 58 de un flujo de microesferas envueltas en un fluido, sobre las piezas mantenidas por los medios de soporte 56.
- [0055]** Los medios de proyección 58 comprenden una boquilla 60 para la proyección de un flujo de microesferas envueltas en un fluido, y unos medios de alimentación de la boquilla 60 en un fluido bajo presión que

envuelve unas microesferas.

- 5 **[0056]** Las microesferas son unas esferas de vidrio, de cerámica o de acero, de un tamaño micrométrico. Por ejemplo, las microesferas tienen un diámetro comprendido entre 20  $\mu\text{m}$  y 200  $\mu\text{m}$ .
- [0057]** A título de ejemplo las microesferas son unas microesferas del tipo SS19 comercializadas por Rössler France. Estas microesferas son de vidrio sodocálcico de un diámetro medio sensiblemente igual a 40  $\mu\text{m}$ .
- 10 **[0058]** El fluido en el que están envueltas las microesferas es por ejemplo agua o aire.
- [0059]** Por ejemplo, el fluido utilizado es agua, en el que se mezclan las microesferas, la mezcla comprende 25 % en volumen de microesferas.
- 15 **[0060]** La boquilla 60 comprende una abertura 62 por la que se proyecta bajo presión el fluido mezclado con las microesferas. La forma y las dimensiones de la abertura 62 son ajustables en función de la extensión de la superficie a tratar y de la homogeneidad de la proyección buscada. La abertura 62 es por ejemplo una abertura circular, de diámetro comprendido entre 5 y 12 mm, principalmente igual a 10 mm.
- 20 **[0061]** La presión del fluido mezclado de las microesferas a la salida de la boquilla 60 está comprendida por ejemplo entre 1 y 5 bares.
- [0062]** Los medios de soporte 56 son adecuados para mantener una pieza magnética en una posición predeterminada frente a la abertura 62 de la boquilla 60 en el momento de la proyección de las microesferas sobre esta pieza. Los medios de soporte 56 son por otro lado adecuados para modificar la posición de la pieza magnética  
25 en relación con los medios de proyección 58, principalmente la distancia  $d$  entre la pieza y la abertura 62 y la orientación de la pieza en relación con el chorro que sale de la abertura 62, denominado en adelante ángulo de ataque  $\alpha$ .
- 30 **[0063]** La distancia  $d$  está por ejemplo comprendida entre 100 mm y 200 mm.
- [0064]** El ángulo de ataque es por ejemplo igual a  $90^\circ$ , es decir que el chorro que sale de la boquilla tiene un ángulo de incidencia sobre la pieza sensiblemente igual a  $90^\circ$ . El ángulo de ataque también se puede seleccionar que sea inferior a  $90^\circ$ , por ejemplo igual a  $75^\circ$ .
- 35 **[0065]** El ajuste de la distancia  $d$  y del ángulo  $\alpha$  permiten controlar el temple de deformación obtenido sobre la pieza tratada.
- [0066]** Los medios de soporte 56 comprenden por ejemplo un imán adecuado para ejercer una fuerza magnética sobre una pieza magnética para mantenerla en posición, el imán es adecuado para ser llevado en  
40 rotación en relación con la boquilla 60 para llevar a rotación la pieza magnética en relación con la boquilla 60.
- [0067]** Los medios de soporte 56 permiten de este modo llevar a cabo un barrido de una o más piezas por el chorro que sale de la boquilla 60.
- 45 **[0068]** A título de ejemplo, se han fabricado unas bandas de aleación Fe-Ni, que comprenden 48 % de Ni, el resto es hierro e impurezas resultantes de la elaboración, a partir de lingotes, por laminación en caliente seguida de una laminación en frío.
- [0069]** Después se han fabricado unas paletas y unas armaduras desbastadas mediante recorte de esas  
50 bandas, seguida de una fase para dar forma por plegado, y de un tratamiento térmico destinado a conferir a la banda las propiedades mecánicas y magnéticas deseadas.
- [0070]** Entonces se ha efectuado sobre una primera serie de armaduras desbastadas un tratamiento intermedio de acabado, seguido de un tratamiento de microgranallado mediante el dispositivo descrito como  
55 referencia en la figura 2. Al final del tratamiento por microgranallado, se ha aplicado de nuevo un tratamiento de acabado sobre las armaduras para obtener unas armaduras acabadas.
- [0071]** Además se ha llevado a cabo sobre una segunda serie de armaduras desbastadas un tratamiento por microgranallado, sin el tratamiento de acabado intermedio, mediante el dispositivo descrito como referencia en la

figura 2. Al final del tratamiento por microgranallado, se ha aplicado a las armaduras un tratamiento de acabado para obtener unas armaduras acabadas.

**[0072]** Asimismo se ha efectuado sobre una serie de paletas desbastadas un tratamiento por microgranallado, sin tratamiento de acabado intermedio, mediante un dispositivo descrito en la figura 2. Al final del tratamiento por microgranallado, se ha aplicado a las paletas un tratamiento de acabado para obtener unas paletas acabadas.

**[0073]** Todos estos tratamientos por microgranallado se han realizado mediante unas microesferas del tipo SS19 descritas anteriormente, envueltas en agua, la mezcla agua-microesferas contiene 25 % en volumen de microesferas.

**[0074]** La boquilla utilizada es una boquilla que presenta una abertura circular 62 de diámetro igual a 10 mm. Por otra parte, la distancia entre la abertura 62 de la boquilla 60 y las paletas y las armaduras se ha fijado a 150 mm.

**[0075]** Cada una de las series de armaduras y de paletas se han dividido en nueve grupos, y cada armadura o paleta de cada grupo se ha tratado por microgranallado siguiendo los parámetros de ángulo de ataque  $\alpha$ , de presión P y de duración de exposición T que figuran en la tabla 1 siguiente.

Tabla 1: parámetros de tratamiento de microgranallado aplicado a cada grupo

Serie	Grupo Nº	$\alpha$ (°)	P (bares)	T (s)
Primera serie de armaduras	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
Segunda serie de armaduras	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
Serie de paletas	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

**[0076]** Después se ha medido la influencia del tratamiento por microesferas sobre la dureza de la superficie de las paletas y de las armaduras.

**[0077]** Para ello, se ha medido la dureza Vickers HV0,025 y HV0,01 de las paletas o de las armaduras de cada uno de los grupos.

**[0078]** Además se ha medido el coeficiente de rugosidad Ra de las armaduras y las paletas de cada grupo.

**[0079]** Las medidas obtenidas, que resulta en cada grupo de una media de valores de rugosidad, de caída y de dureza Vickers medidas sobre cinco paletas o armaduras de este grupo, se describen en la tabla 2.

5 **[0080]** Por otra parte, se ha determinado la influencia del tratamiento por microgranallado sobre las propiedades eléctricas de un circuito magnético formado por las paletas y armaduras tratadas. En particular, la impedancia de un circuito magnético según el estado de la técnica, formado por el ensamblaje de una paleta y de una armadura revestida pero no sometidas a microgranallado, está generalmente comprendida entre 1,10  $\Omega$  y 1,75  $\Omega$ . De este modo se han formado, a partir de las paletas y las armaduras de cada grupo, unos circuitos magnéticos, y  
10 se ha medido la impedancia de los circuitos formados de este modo, es decir la resistencia de estos circuitos al paso de un flujo magnético.

**[0081]** La medición de la impedancia de cada circuito se ha realizado según el montaje descrito como referencia en la Figura 3.

15

**[0082]** Como se ilustra en la Figura 3, se ha aplicado una fuerza F sobre la paleta 15 mediante un peso. Esta fuerza está destinada a simular la fuerza ejercida por el imán permanente 11 cuando el relé diferencial 5 está funcionando.

20 **[0083]** Una primera bobina 70, que comprende N1 espiras, se ha enrollado alrededor de las ramas 19 de la armadura 17, y una segunda bobina 72, que comprende N2 espiras, se ha enrollado alrededor de la otra rama 20 de la armadura 17.

**[0084]** La primera bobina 70 se ha acoplado a un generador de corriente alterna 74, y la segunda bobina se  
25 ha acoplado a un voltímetro 76.

**[0085]** Se ha generado una corriente alterna I por el generador 74 en la primera bobina 70, el valor de esta corriente se controla mediante un amperímetro 78.

30 **[0086]** Se ha medido la tensión V en los bornes de la segunda bobina 74.

**[0087]** Entonces, se ha determinado la impedancia Z como la relación entre la tensión V con la corriente I.

**[0088]** En particular, se han ensamblado unas armaduras de cada uno de los grupos de la primera serie por  
35 una parte con unas paletas que no están revestidas y no sometidas a microgranallado, por otra parte con unas paletas revestidas con un revestimiento cromado y no sometidas a microgranallado, y por último unas paletas obtenidas mediante el procedimiento según la invención, por lo tanto no revestidas y sometidas a microgranallado, del grupo correspondiente de la serie de paletas.

40 **[0089]** Por otra parte hemos ensamblado unas armaduras de cada uno de los grupos de la segunda serie por una parte con unas paletas que no están revestidas y no sometidas a microgranallado, por otra parte con unas paletas revestidas con un revestimiento cromado y no sometidas a microgranallado, y por último unas paletas obtenidas mediante el procedimiento según la invención, por lo tanto no revestidas y sometidas a microgranallado, del grupo correspondiente de la serie de paletas.

45

**[0090]** Después se ha medido la impedancia eléctrica, indicada como Z pal. Prod, de los circuitos magnéticos formados por unas armaduras de cada uno de los grupos y unas paletas no revestidas y no sometidas a microgranallado, la impedancia eléctrica, indicada como Z pal Cr, de los circuitos magnéticos formados por unas armaduras de cada uno de los grupos y unas paletas revestidas de cromo y no sometidas a microgranallado, y la  
50 impedancia eléctrica, indicada como Z pal mesf., de los circuitos magnéticos formados por unas armaduras de cada grupo y de las paletas según la invención del grupo correspondiente.

**[0091]** Las impedancias medidas se indican en la Tabla 2.

55 **[0092]** Asimismo, se han ensamblado unas paletas de cada uno de los grupos de la serie de paletas por una parte con las armaduras no revestidas y no sometidas a microgranallado, por otra parte con unas armaduras revestidas con un revestimiento cromado y no sometidas a microgranallado, y por último unas armaduras obtenidas mediante el procedimiento según la invención, por lo tanto no revestidas y sometidas a microgranallado, del grupo correspondiente a la primera serie de armaduras.

**[0093]** Después se ha medido la impedancia eléctrica, indicada como Z arm. Prod, de los circuitos magnéticos formados por unas paletas de cada uno de los grupos y unas armaduras no revestidas y no sometidas a microgranallado, la impedancia eléctrica, indicada como Z arm Cr, de los circuitos magnéticos formados por unas paletas de cada uno de los grupos y unas armaduras revestidas de cromo y no sometidas a microgranallado, y la impedancia eléctrica, indicada como Z arm µsf., de los circuitos magnéticos formados por unas paletas de cada grupo y unas armaduras según la invención del grupo correspondiente de la primera serie de armaduras.

**[0094]** Las impedancias medidas, expresadas en Ohms, se describen en la tabla 2.

**[0095]** Cabe destacar que la impedancia eléctrica Z arm µsf. de un circuito magnético formado por una paleta de un grupo y una armadura según la invención del grupo correspondiente de la primera serie de armaduras es necesariamente idéntica a la impedancia eléctrica Z pal µsf. de un circuito magnético formado por una armadura de la primera serie de este grupo y una paleta según la invención del grupo correspondiente, como la que se describe en la tabla 2.

Tabla 2: Medidas de impedancia, de dureza y de rugosidad

Serie	Grupo Nº	Z pal. prod.	Z pal. Rev.	Z pal. µsf.	HV 0,025	HV 0,01	Ra (µm)
Primera serie de armaduras	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
Segunda serie de armaduras	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
Serie	Grupo Nº	Z arm. prod.	Z arm. Rev.	Z arm. µsf.	HV 0,025	HV 0,01	Ra (µm)
Serie de paletas	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	149	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

**[0096]** Los resultados presentados en la tabla 2 muestran que el procedimiento de fabricación de las paletas y de las armaduras según la invención, en particular la etapa de tratamiento por microgranallado de estas paletas y armaduras, permite aumentar la dureza de la superficie de estas piezas de forma muy satisfactoria. De hecho, que el ángulo de ataque sea igual a 90° o 75°, y que la presión del flujo proyectado a la salida de la boquilla, entre 1 bar y 2,5 bares, las durezas de Vickers HV 0,025 y HV 0,01 son claramente superiores a la dureza inicial de las piezas (120 HV), y también claramente superiores a las durezas obtenidas generalmente mediante unos procedimientos de revestimiento (170 HV).

**[0097]** Además, los coeficientes de rugosidad de las paletas y de las armaduras son igualmente satisfactorias, principalmente superiores a  $0,03 \mu\text{m}$ . De este modo, estos resultados muestran que el temple de deformación superficial de la superficie de las piezas permite realizar un acabado satisfactorio de las piezas con una eliminación de materia, al mismo tiempo que conserva una dureza elevada en la superficie.

5

**[0098]** Se constata además que las impedancias eléctricas de circuitos magnéticos formados por una paleta y una armadura fabricadas según el procedimiento según la invención presentan una impedancia eléctrica satisfactoria, comprendida entre  $1,10 \Omega$  y  $1,75 \Omega$ . Estos valores satisfactorios se observan asimismo para unos circuitos eléctricos en los que una sola de las piezas mecánicas se ha fabricado según un procedimiento según la invención.

10

**[0099]** Estos resultados muestran también que la etapa de tratamiento por microgranallado permite aumentar la dureza de la superficie de estas piezas magnéticas sin impactar negativamente en otras propiedades, principalmente la impedancia del circuito magnético o la capacidad de las estas piezas para ser sometidas a un tratamiento de acabado eficaz.

15

**[0100]** Las superficies de contacto de las piezas magnéticas según la invención presentan por consiguiente una resistencia al desgaste muy satisfactoria, y sensiblemente superior a la resistencia al desgaste de los relés que presentan unos revestimientos del tipo conocido.

20

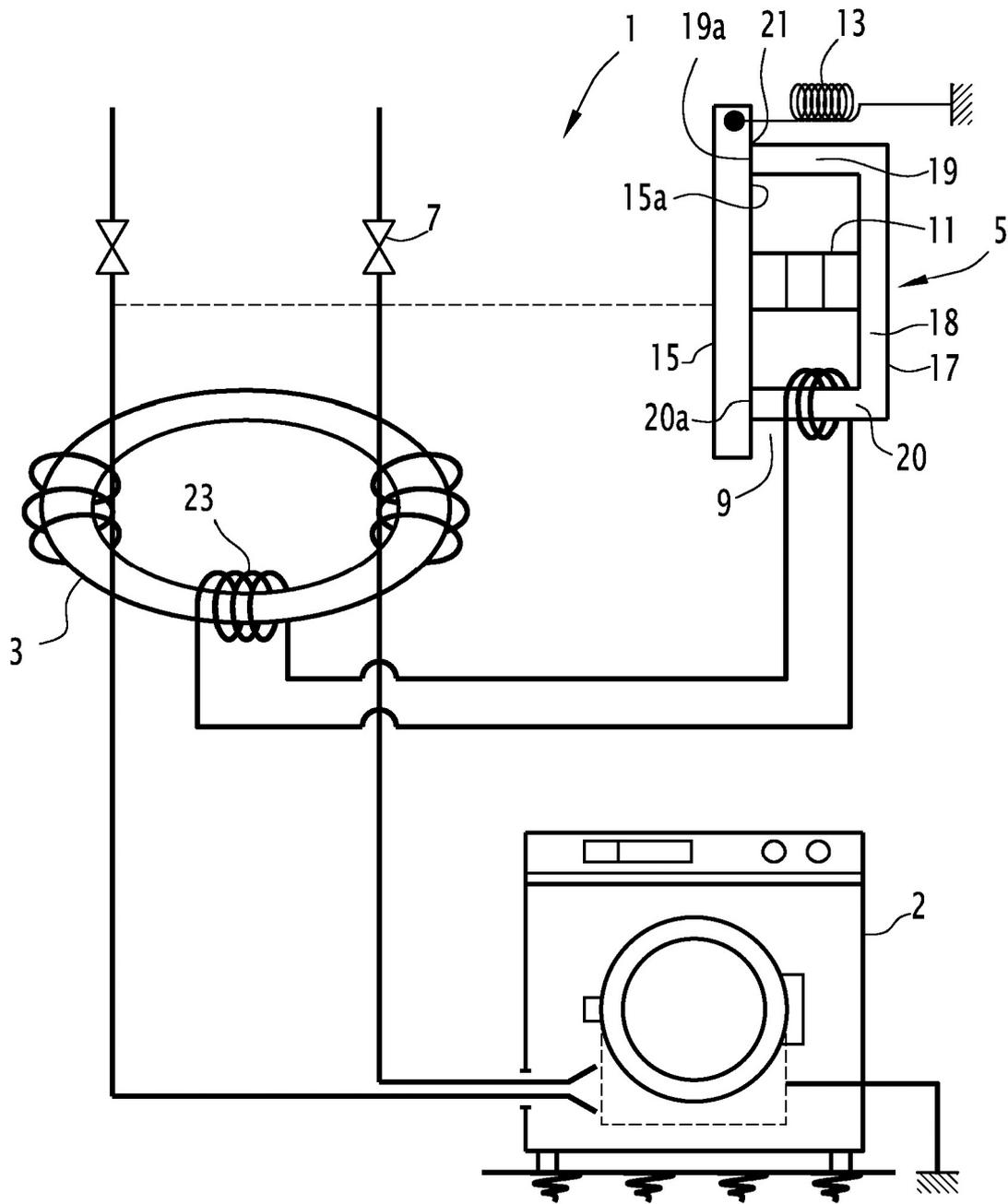
**[0101]** Sin embargo, se debe entender que la realización ejemplar presentada anteriormente no es limitativo.

**[0102]** Principalmente, según una variante, solo la paleta o solo la armadura se pueden fabricar según un procedimiento conforme con la invención.

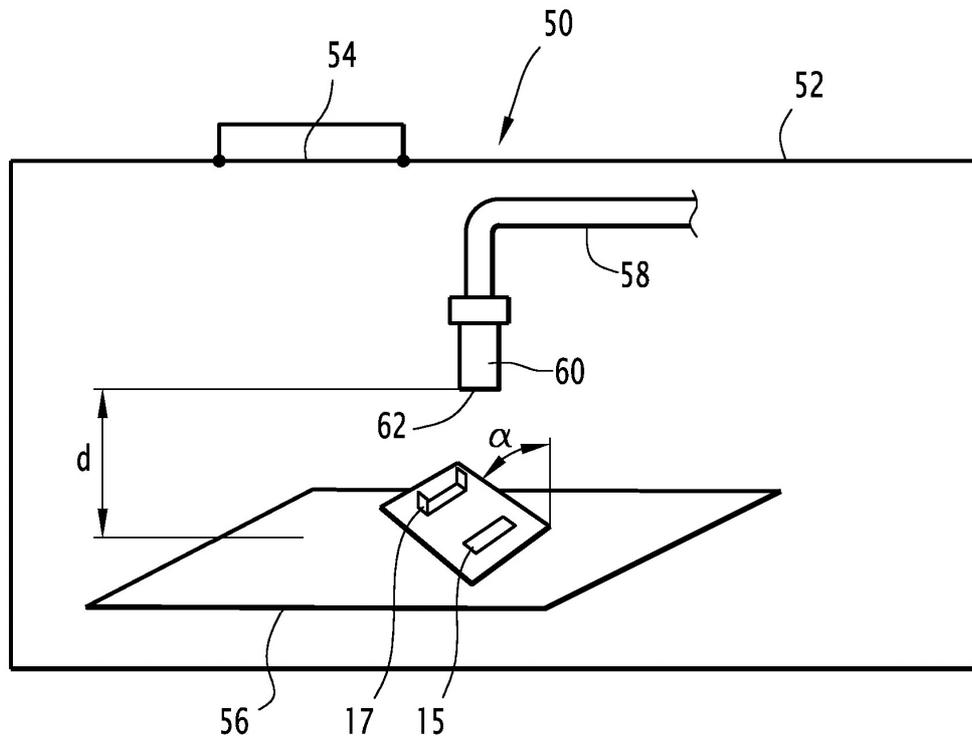
25

**REIVINDICACIONES**

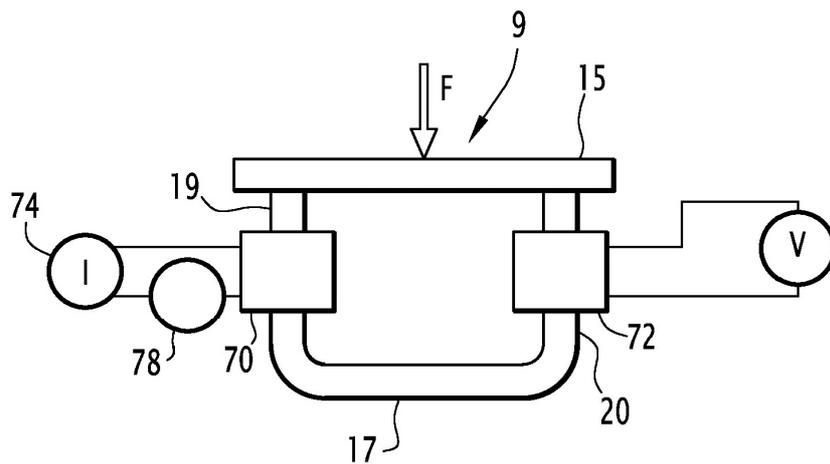
1. Procedimiento de fabricación de una pieza magnética (15,17) de un relé diferencial (5) de alta sensibilidad, estando dicho procedimiento de fabricación **caracterizado porque** comprende una etapa de tratamiento de la superficie por microgranallado de por lo menos una porción de una superficie de dicha pieza magnética (15,17), constando dicha etapa de tratamiento de superficie por microgranallado de una proyección de microesferas bajo presión sobre dicha porción de superficie.
2. Procedimiento de fabricación de una pieza magnética (15,17) según la reivindicación 1, en el que dicha pieza magnética es una armadura (17) o una paleta (15) de un circuito magnético (9).
3. Procedimiento de fabricación de una pieza magnética (15, 17) según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que dicha pieza es una aleación de Fe-Ni que comprende, en peso, del 46 % al 49 % de níquel, el resto es hierro e impurezas resultantes de la elaboración.
4. Procedimiento de fabricación de una pieza magnética (15, 17) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dichas microesferas son unas microesferas de vidrio, de cerámica o de acero.
5. Procedimiento de fabricación de una pieza magnética (15, 17) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dichas microesferas se proyectan sobre dicha porción de superficie con una presión comprendida entre 1 y 5 bares.
6. Procedimiento de fabricación de una pieza magnética (15, 17) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además una etapa intermedia de pulido de dicha pieza magnética (15,17), realizada antes de la etapa de tratamiento de superficie por microgranallado.
7. Procedimiento de fabricación de una pieza magnética (15, 17) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además una etapa final de laminado de dicha pieza magnética (15,17), realizada antes de la etapa de tratamiento de superficie por microgranallado.
8. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** comprende, antes de dicha etapa de tratamiento de superficie, una etapa de fabricación de una pieza magnética desbastada, que comprende una fase de recorte de una banda obtenida mediante una laminación en caliente seguida de una laminación en frío, realizándose dicha etapa de tratamiento de superficie sobre dicha pieza magnética desbastada.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** dicha etapa de fabricación de la pieza magnética desbastada comprende además, después de la fase de recorte, una fase de dar forma mediante el plegado de la banda recortada.
10. Procedimiento de fabricación de un circuito magnético (9) de un relé diferencial (5) de alta sensibilidad, comprendiendo dicho circuito magnético (9) dos piezas magnéticas (15,17) que forman una armadura (17) y una paleta (15), comprendiendo dicho procedimiento:
- 45 - la fabricación de dichas piezas magnéticas (15,17), y  
 - el ensamblaje de dichas piezas magnéticas (15,17) para formar dicho circuito magnético (9),
- en el que la fabricación de por lo menos una de dichas piezas magnéticas (15,17) se realiza mediante un procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.
11. Una pieza magnética (15,17) de un circuito magnético (9) de un relé diferencial (5) de alta sensibilidad, **caracterizada porque** se ha obtenido mediante un procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.
12. Circuito magnético (9) de un relé diferencial (5) de alta sensibilidad, comprendiendo dicho circuito magnético (9) dos piezas magnéticas (15,17) que forman una armadura (17) y una paleta (15), **caracterizado porque** por lo menos una de dichas piezas magnéticas es una pieza magnética según la reivindicación 11.



**FIG.1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**