

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

476342

ES	(11) NUMERO	(10) A1
	(21)	
	(22) FECHA DE PRESENTACION	
	26 DIC. 1978	

1979
PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:		
(31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
77.415	26 de diciembre 1977	Francia.
(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G 0 1 N	
(54) TITULO DE LA INVENCION		
Perfeccionamientos en dispositivos para la detección por corrientes de Foucault de los defectos de superficie de productos metálicos.		
(71) SOLICITANTE (ES)		
INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
185 rue, Président Roosevelt, 78104 Saint Germain-en-Laye, Francia.		
(72) INVENTOR (ES)		
Bernard BOEHM. Jacques DUMONT-FILLON, Gérard LABBE.		
(73) TITULAR (ES)		
(74) REPRESENTANTE		
D. José Miguel Gómez Acebo y Pombo.		

La presente invención se sitúa en el campo del sondeo electromagnético de productos metálicos por corrientes de Foucault, y, básicamente, para la investigación de defectos superficiales.

5. La técnica de inspección de la superficie de productos conductores, y básicamente, metálicos, por medio de bobinas que inducen corrientes de Foucault en dichos productos es conocida y aplicada desde hace ya largo tiempo. Esta técnica presenta con frecuencia grandes dificultades de aplicación práctica, ya que dicho sondeo se funda en la observación de las variaciones de impedancia de la bobina. Esta última queda sumamente influida por numerosos parámetros que provocan frecuentemente variaciones de impedancia superiores a aquellas causadas por los defectos que se trata de investigar. Cabe hacer mención, entre estos parámetros parásitos, de la resistividad eléctrica y de la permeabilidad magnética, que dependen a su vez de la temperatura, de la composición química y de la estructura del metal, la distancia entre la bobina y la superficie del producto, etc.
- 10.
- 15.
20. Ya ha sido propuesto, para la detección de los defectos en paso continuo de los productos largos, un dispositivo que consta de una o dos bobinas de inducción montadas en puente y cuyo desplazamiento es efectuado mecánicamente por encima del producto con objeto de cubrir la totalidad de la superficie. Pero, en cambio, estas sondas requieren un sistema de accionamiento mecánico capaz de permitir una exploración sumamente rápida de los productos, dado que los mismos pasan con una velocidad elevada (1 a 3 metros por segundo), lo cual es generalmente bastante complicado desde el punto de vista tecnológico y siempre de precio elevado. Además, cuenta habida
- 25.
- 30.

de la influencia de la distancia, este método es reservado para los productos redondos o bien , aquellos que presentan superficies planas, como, por ejemplo, las palanquillas. Para los rieles o cualquier otro producto de forma compleja, las sondas deberían describir en el espacio una curva que correspondiese exactamente con la superficie sometida a inspección, lo cual haría preciso un dispositivo de exploración sumamente complejo y de precio muy elevado.

5. Se ha propuesto también hacer pasar de forma continua, por gravedad, las piezas metálicas por el centro de una serie de bobinas de inducción repartidas en torno de las piezas y dispuestas por pares, simétricamente en relación con las piezas, en puente de medición. Sin embargo, este modo de detección queda limitado a piezas de forma sencilla, que presentan en general un eje de revolución y precisa un montaje eléctrico relativamente complejo de las bobinas para evitar la aparición de defectos equidistantes de dos bobinas correspondientes a un mismo puente.

10. También son conocidos los dispositivos de sonda que forman un recinto circular, pero en general, al tratarse de productos de amplia sección, presentan una sensibilidad insuficiente.

15. El presente invento tiene precisamente por objeto la obtención de un dispositivo sencillo, de aplicación general, fácilmente adaptable al sondeo de los productos de cualquier forma y que permite detectar los defectos, incluso pequeños con una correcta fiabilidad.

20. Para tal menester, el invento preconizado que tiene por objeto un dispositivo para la detección por corrientes de Foucault de los defectos superficiales de productos metálicos, de

25.
30.

los cuales una cara por lo menos presenta un eje de simetría, y que consta de bobinas electromagnéticas, en relación con la cara examinada, de la cual se analiza la impedancia compleja con una o más frecuencias de la corriente de alimentación. Este dispositivo está integrado por una pluralidad de bobinas, dispuestas frente a la cara examinada del producto sobre líneas simétricas en relación con su eje, estando las bobinas reunidas por pares pertenecientes a puentes de medición distintos y quedando cubierta la totalidad de la anchura de la cara examinada por el conjunto de las bobinas. Las bobinas están animadas de un movimiento longitudinal relativo respecto al producto sometido a inspección.

Según un modo de ejecución ventajoso del invento preconizado, los pares de bobinas pertenecientes a un mismo puente quedan dispuestos sobre dos líneas simétricas en relación con el eje de la cara examinada del producto.

Según otro modo de realización, los pares de bobinas pertenecientes a un mismo puente, van dispuestos sobre dos líneas cercanas de la cara examinada del producto.

Según otra característica del dispositivo según el invento preconizado, el diámetro de las bobinas es ligeramente superior a la distancia transversal que separa las líneas sobre las cuales van dispuestas y están desplazadas una en relación con la otra en el sentido longitudinal, de tal modo que se obtenga un recubrimiento entre las zonas sometidas a inspección por los distintos pares de bobinas.

Según otra característica ventajosa del invento preconizado, los ejes de las bobinas son perpendiculares a la cara examinada.

Los pares de bobinas pueden ir dispuestas en un blo-

que de material rígido que presente una cara cuyo perfil esté acorde al de la cara examinada del producto metálico, estando todas las bobinas situadas a la misma distancia de esta cara y habiéndose tenido en cuenta los medios necesarios para permitir el desplazamiento relativo del bloque y del producto metálico sin que se produzca una variación apreciable en la distancia que les separa.

5. De preferencia, el material empleado es un buen aislante eléctrico que posea un coeficiente dieléctrico elevado y una correcta resistencia mecánica a la temperatura de utilización.

10. El invento preconizado tiene también por objeto las aplicaciones del dispositivo que presentan las características anteriores para la inspección de la cara superior de la cabeza de un riel, así como de la cara inferior de su patín o base e igualmente, la inspección de las caras de una palanquilla.

15. Así como figura explicado a continuación, el invento tiene por propósito permitir la investigación rápida y automática de los defectos superficiales perjudiciales al tratarse de ciertos productos metálicos, como por ejemplo, palanquillas, rieles, barras, pletinas, estructurales, etc, investigación que, en la actualidad se efectúa sobre todo por examen visual. La inspección por medio de sondas electromagnéticas de corrientes de Foucault constituye un medio ya perfectamente conocido para la detección de los defectos superficiales, pero que presenta numerosas incertidumbres, debido a la impedancia compleja de una bobina conectada magnéticamente con una pieza metálica que recibe la influencia de numerosos factores que derivan de las propias características eléctricas, magnéticas y mecánicas del metal así como de los defectos investigados y la posi-

ción relativa de la bobina en relación con la pieza. Básicamente, la estructura metalográfica y las tensiones internas actúan de forma apreciable sobre la impedancia de una bobina.

5. Ahora bien, estas últimas - es decir, dicha estructura y dichas tensiones - presentan una correcta simetría en un producto laminado largo en relación con el plano medio de la laminación. Cuando este parámetro ejerce un efecto apreciable sobre las medidas, ello conduce a disponer las bobinas de sondeo por pares simétricos, estando formado cada par por dos bobinas animadas de un movimiento relativo según dos líneas rectas paralelas equidistantes del plano medio de laminación, que son designadas por los términos "ejes de desplazamientos". Por el contrario, y básicamente al proceder a la inspección de las caras no planas, la influencia de la posición relativa de la bobina y de la pieza, que es susceptible siempre de variar durante el transcurso de una medición, llega a ser preponderante, motivo por el cuál resulta entonces interesante reunir por pares dos bobinas adyacentes.
- 10.
- 15.

20. Cada par de bobinas vá conectado en un puente de medición convencional, que permite a cada una de las bobinas a actuar en modo diferencial y comparar dos zonas del producto. La propia influencia de la resistividad eléctrica y de la permeabilidad magnética queda entonces eliminada, por lo menos de forma sumamente apreciable, por no decir completamente.

25. En el caso en que dos bobinas adyacentes pertenecen a un mismo puente, puede resultar necesario introducir una compensación electrónica (equilibrado del puente) en el efecto ejercido por las tensiones residuales. Esta disposición de las bobinas evita tener que recurrir a una saturación magnética del acero, así como se vería haciendo generalmente, cuando se procedía al sondeo por corriente de Foucault, para eliminar
- 30.

las variaciones locales de permeabilidad. Por consiguiente, deja de ser necesaria la etapa de desimantación ulterior que era preciso tener en cuenta con los modos utilizados hasta la fecha, y que, de costumbre precisaba una instalación compleja. De éste modo se economiza también la energía necesaria para la saturación magnética y la desimantación.

5.

10.

15.

20.

25.

30.

Las bobinas deben tener dimensiones compatibles con aquellas de los defectos investigados. De ser demasiado pequeñas, las bobinas se verán demasiado sujetas a variaciones muy localizadas de los parámetros de control y sería entonces necesario utilizar un gran número de bobinas para cubrir la totalidad de la superficie a examinar y por el contrario, al ser demasiado grandes, no permitirán una detección suficientemente precisa. Un diámetro cercano de 15 mm, comprendido generalmente entre 10 y 25 mm, proporciona buenos resultados para el sondeo de los rieles y especialmente, de la cara superior de la cabeza y de la cara inferior del patín. También es necesario que las zonas cubiertas por las distintas bobinas presenten un recubrimiento parcial, de tal modo que ninguna parte de la cara sometida a inspección del producto metálico pueda escapar a la detección, incluso cuando el defecto únicamente constituya una simple línea longitudinal. Para permitir semejante recubrimiento, existe la posibilidad de desplazar las dos bobinas de un mismo par en dirección longitudinal. Un desplazamiento relativo semejante presenta pocos inconvenientes debido a la simetría del producto, cuyas características varían muy rápidamente transversalmente, pero muy ligeramente y muy lentamente en el sentido longitudinal.

Por otro lado, las bobinas que formen una misma cabeza de sondeo, es decir, que permiten "ver" el producto metá-

lico en la totalidad de su anchura, pueden encontrarse rígidamente unidas y basta entonces tener en cuenta los medios para lograr el desplazamiento relativo del conjunto en relación con el producto, aún cuando también existe la posibilidad de proyectar un desplazamiento relativo individual de cada bobina con la condición de dotar a las mismas de los medios adecuados.

5.

El invento preconizado podrá ser mejor comprendido, de todos modos, por la lectura de la descripción que figura a título de ejemplo, meramente ilustrativo y sin menoscabo alguno para las demás posibilidades del invento, tomando como referencia la lámina de figura que se adjunta, y en la cuál;

10.

- la figura 1 muestra la cara superior de un riel y la disposición de las bobinas de sondeo;

15.

- la figura 2 es una vista en sección de la cabeza del riel y de la sonda.

El ejemplo considerado se refiere a la inspección de la cara superior, o cabeza, de los rieles a su salida del tren de laminación. Este ejemplo ha sido elegido debido a las dificultades particulares presentadas por la forma de la cabeza de un riel, pero podría ser transpuesto fácilmente a productos que consten de caras planas (patín de riel, palanquillas, etc), en cuyo caso la distancia entre sonda y pieza es más fácil que resolver que en el caso de la distancia entre sonda y riel.

20.

25.

En la figura 1, puede verse en perspectiva una porción de riel sometido a inspección de su cara superior o cabeza por medio de un dispositivo según el invento preconizado.

30.

En el caso de los rieles, los defectos más importantes y más molestos y perjudiciales en curso de utilización son

- aquellos que se sitúan en la cabeza y en el patín (no ha sido representado el patín del riel en la figura con objeto de no sobrecargar ésta última), por lo cuál resulta generalmente inútil sondear las caras 2 y la parte 3. Los defectos investigados corresponden a dos géneros: defectos largos, como por ejemplo líneas o fisura y defectos cortos del tipo escamas o grietas. Seis bobinas : a,b,c,a', b', c' simétricas de dos en dos y dispuestas de forma desplazadas, se encuentran situadas por encima de la cara 1. Naturalmente, este número depende únicamente de la anchura de la cara que se trata de sondear y de las dimensiones de las bobinas (15 mm de diámetro en el caso presente). La cara 1 puede, de éste modo, ser subdividida longitudinalmente en seis zonas virtualmente equivalentes delimitadas en la figura por líneas mixtas de punto y raya, siendo "vista" cada una de éstas zonas por una de las bobinas. El diámetro de las bobinas es ligeramente superior a la zona inspectada, por lo cual se produce una superposición de las indicaciones dadas por dos bobinas sucesivas en las cercanías de la frontera entre dos zonas adyacentes, frontera materializada por una línea mixta de punto y raya.
- Otro parámetro importante, que actúa de forma acusada sobre la impedancia de las bobinas de detección, es la distancia existente entre las mismas y la cara del producto. Esta distancia debe ser mantenida de la forma más constante posible y, por consiguiente, es de primordial importancia evitar cualquier movimiento de las bobinas, tanto transversalmente como según una dirección perpendicular a la cara 1. A éste respecto, en el ejemplo considerado se ha tenido en cuenta disponer todas las bobinas que constituyen una misma cabeza de sondeo en una materia dieléctrica que permite obtener su desplazamiento

relativo en relación con el riel, al mismo tiempo que se conserva constante, la distancia que les separa. Estos medios, perfectamente convencionales, pueden corresponder a dos tipos:

5. medios de rodamiento, como por ejemplo bolas, rodillos o medios de deslizamiento que, por motivos de claridad, no han sido representados, así como tampoco la materia dieléctrica, en la figura 1. En la figura 2, vista en sección por el par de bobinas b-b', se puede apreciar, por el contrario, el material dieléctrico 4 que rodea por completo a las dos bobinas

10. b y b'. Este material debe presentar cualidades aislantes perfectamente correctas, poseer un coeficiente dieléctrico elevado y no quedar sujeto a fluencia a la temperatura de empleo, cercana de los 80°C en el ejemplo considerado. Han sido obtenidos excelentes resultados utilizando un polipenisulfuro cargado de fibra de vidrio, disponible comercialmente con la denominación de Ryton. La cara del bloque 4 frente a la cara 1 del riel está conformada con objeto de presentar virtualmente el mismo perfil. Esta forma puede ser fácilmente obtenida por mecanización o por moldeo. Las cavidades como, por ejemplo

15. 5, que también son obtenidas por mecanización o por moldeo, y en el interior de las cuales van dispuestas las bobinas, presentan ejes de simetría perpendiculares a la cara 1 del riel, como así puede apreciarse fácilmente en la figura 2, en el caso de las bobinas b y b'. La pared del bloque 4 en el

20. fondo de la cavidad 5 presenta un espesor de 1 mm. aproximadamente y, a su vez, la distancia entre el bloque 4 y la cara 1 del riel es poco más o menos de la misma magnitud, por lo cual puede decirse que la distancia entre cada bobina

25. y la cara sometida a inspección del riel es de unos 2 milímetros, aproximadamente.

30.

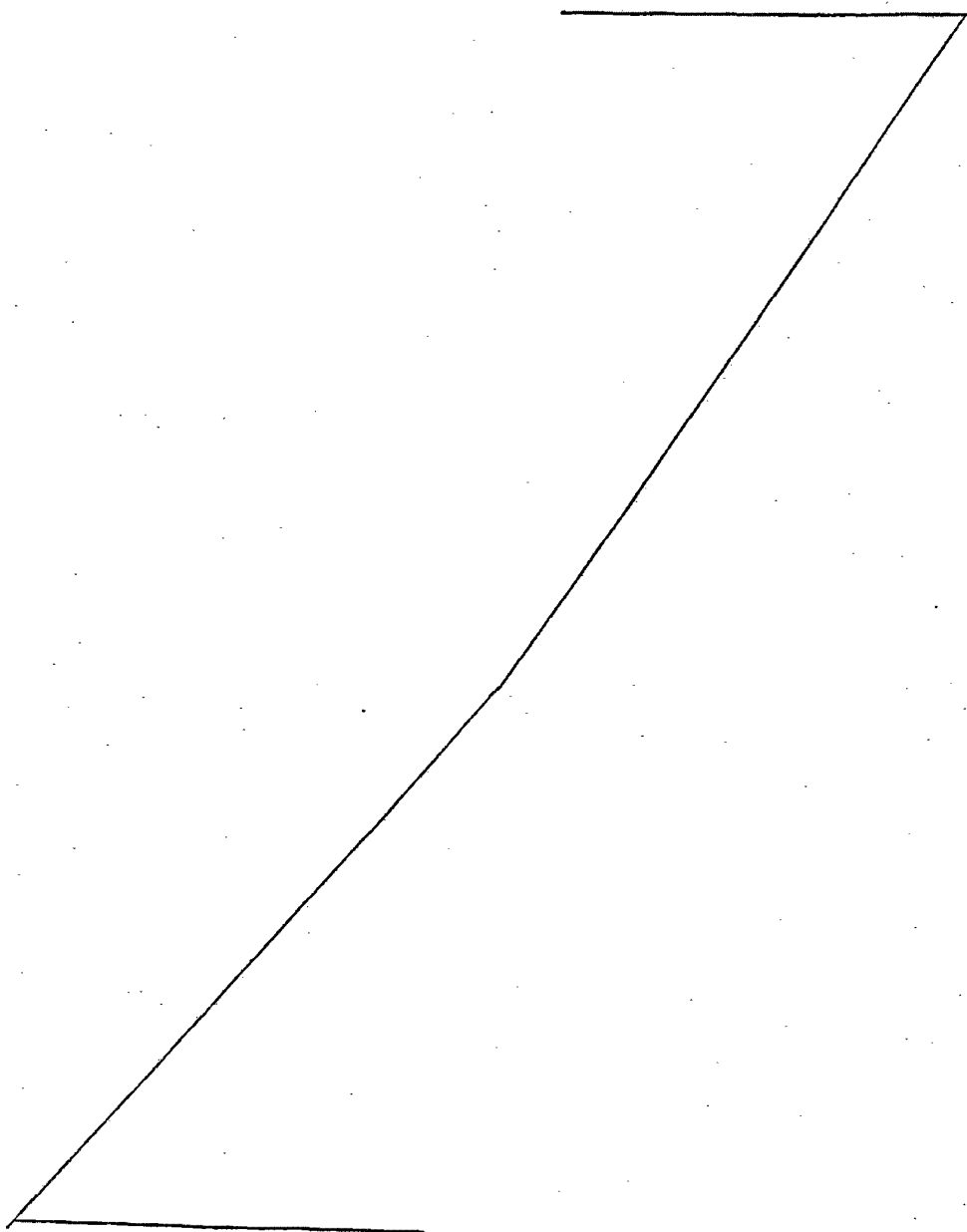
La detección es absolutamente convencional por lo que se refiere a su aspecto eléctrico. Cada par de bobinas: a a', b b', c c', vá dispuesto en un montaje de puente alimentado por corriente alterna. Los puentes se encuentran compensados en ausencia de defectos y, por consiguiente, cualquier defecto se pone de manifiesto por una señal de desequilibrio, en la frecuencia de la corriente de alimentación, que es objeto de un análisis de fase en el plano complejo de conformidad con los principios que han sido desarrollados durante estos últimos años. Ya es sabido que dichos principios permiten, por medio de proyecciones ortogonales hacia ciertas direcciones privilegiadas, discernir las variaciones de impedancia causadas respectivamente por la distancia y la resistividad eléctrica del metal. La disposición de las bobinas, simétrica en relación con el plano medio de la laminación del producto y perpendicular a la cara sometida a inspección, así como su montaje de dos en dos en un puente, permiten eliminar prácticamente todas las variaciones de impedancia de carácter parásito y, correlativamente, detectar los defectos con una sensibilidad satisfactoria.

Como es perfectamente lógico y natural, el invento preconizado no queda limitado en cuanto a su alcance, al ejemplo descrito de inspección de rieles en curso de fabricación, ya que su aplicación se extiende de forma general a cualquier producto largo laminado, tanto durante su fabricación, en cuyo caso la sonda puede ser dispuesta en condiciones ventajosas al final del tren de laminación y el producto en movimiento, como en los propios lugares de su utilización, en cuyo caso la sonda es generalmente desplazada lo largo del

producto metálico, el cual permanece inmóvil.

5.

Describe suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.



REIVINDICACIONES

- 1.- Perfeccionamientos en dispositivos para la detección por corriente de Foucault de los defectos de superficie de
5. productos metálicos, de los cuales una cara por lo menos presenta un eje de simetría, dispositivo que consta de bobinas electromagnéticas, en conexión magnética con la cara examinada, cuya impedancia compleja es analizada con una o más frecuencias
10. de la corriente de alimentación, caracterizados porque cada dispositivo se forma por una serie de bobinas dispuestas frente a la cara examinada del producto sobre líneas simétricas en relación con su eje, estando las bobinas reunidas por pares pertenecientes a puentes de medición distintos, bobinas que cubren el conjunto de la cara examinada en la totalidad de su
15. anchura y estando animado el conjunto por un movimiento relativo longitudinal en relación con el producto metálico.

- 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque los pares de bobinas pertenecientes a un mismo puente, ván dispuestos sobre dos líneas simétricas en
20. relación con el eje de la cara examinada del producto.

- 3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque los pares de bobinas pertenecientes a un mismo puente, ván dispuestos sobre dos líneas adyacentes de la
25. cara examinada del producto.

- 4.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 2 y 3, caracterizados porque el diámetro de las bobinas es ligeramente superior a la anchura transversal de las líneas sobre las cuales ván dispuestas y que las mismas se encuentran desplazadas una en relación con la otra en el sentido longitudinal, de tal modo que exista una superposición entre las zonas
- 30.

sometidas a inspección por los distintos pares de bobinas.

5. 5.- Perfeccionamientos según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizados porque los ejes de las bobinas van dispuestos perpendicularmente en relación con la cara examinada del producto.

10. 6.- Perfeccionamientos según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizados porque los pares de bobinas van montados en un bloque de material rígido que presenta una cara cuyo perfil corresponde al de la cara examinada del producto, estando dispuestas todas las bobinas a la misma distancia de dicha cara, y asimismo, porque se han tenido en cuenta todos los medios para permitir el desplazamiento relativo del bloque en relación con el producto, sin variación posible de su distancia.

15. 7.- Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque el material utilizado constituye un buen aislante eléctrico, posee un elevado coeficiente dieléctrico y una correcta resistencia mecánica a la temperatura de empleo.

20. 8.- Perfeccionamientos en dispositivos para la detección por corrientes de Foucault de los defectos de superficie de productos metálicos, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, y en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de catorce hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

28 DIC. 1978

INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE
FRANCAISE, s. M. GOMEZ ACEBO Y PUMBU

c. p. Firmado: J. Suarez Diaz



