

33403



PATENTE DE INVENCION

B. 2143.3.

Memoria Descriptiva

sobre:

"PROCEDIMIENTO Y APARATO NO DESTRUCTIVO, DE MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DE SUPERFICIES METALICAS".

Solicitante: COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad francesa, residente en 29, rue de la Fédération, París-15^e, Francia.

El presente invento se refiere a un procedimiento de medida, no destructivo, de la resistencia específica de superficies de metales, así como al resistivímetro para la aplicación de dicho procedimiento.

5. Se conoce en este terreno un aparato que utiliza



- un puente de medida alimentado a una frecuencia relativamente baja, generalmente inferior a 60 kHz, y en el cual se compensa la variación de una inductancia en función de la resistividad del metal colocado en sus inmediaciones,
5. por la variación de capacidad de un condensador variable. Sin embargo, este aparato no es utilizable cuando se desea medir la resistividad puramente superficial, puesto que a la frecuencia mencionada el espesor de costra es relativamente elevado y sobrepasa el de la capa superficial cuya resistividad se desea medir, de suerte que la medida se falsea. Sí, además, se quiere hacer funcionar este aparato en frecuencias más elevadas para reducir el espesor de costra, es tan escasa la variación de inductancia que el aparato no es bastante sensible para ser explotado industrialmente.
- 10.
15. Conocido es también un resistímetro que funciona a una frecuencia relativamente elevada; no obstante, este aparato no utiliza puente de comparación, sino que excita un campo electromagnético en las proximidades de la placa de metal, en el cual se mide directamente la componente tangencial del campo eléctrico. La medida es aquí muy delicada, puesto que, especialmente, la superficie de la muestra debe ser rectificada con precisión. El aparato exige además cabezas de medida de dimensiones relativamente grandes, lo cual impide la medida en zonas muy localizadas.
- 20.
25. Por otra parte, las medidas son difícilmente reproducibles de un aparato a otro, a causa de la precisión requerida en la realización de los diferentes elementos.

El presente invento, que permite eliminar los inconvenientes de los aparatos conocidos, tiene por objeto

30. un procedimiento de medida no destructiva de la resistividad



de superficies metálicas que se caracteriza por el hecho de que se basa en la comparación entre las corrientes de dos elementos de circuito de la misma naturaleza colocados uno de ellos en las proximidades de un metal de resistividad conocida, y el otro en las inmediaciones del metal de resistividad a medir.

5. El presente invento se refiere igualmente al resistivímetro de superficie, para la aplicación del citado procedimiento, caracterizado por el hecho de que comprende un puente de comparación uno de cuyos circuitos permite detectar la señal de desequilibrio, y cuyos dos brazos están constituidos por circuitos que comprenden bobinas de inductancia idénticas, estando incorporada una de estas bobinas en la sonda de medida y la otra en la sonda de referencia, previéndose un dispositivo para colocar dichas bobinas a distancias idénticas respectivamente del metal estudiado y del metal de referencia, presentando dicho resistivímetro, con relación a los aparatos conocidos, la ventaja de una mayor precisión en las medidas y una mayor seguridad en el funcionamiento.

10. Según una primera forma de realización del invento, la alimentación del puente de medida se efectúa a una frecuencia de algunas decenas de MHz. La sonda de referencia puede estar realizada de tal forma que se incorpore el metal de referencia en su estructura formando parte del blindaje del cual está rodeada dicha sonda con el fin de limitar el desbordamiento del campo magnético debido a la corriente en la bobina. La señal de desequilibrio del puente se amplifica ante todo y se detecta.



ta después en un amplificador de corriente continua cuya señal de salida proporciona el resultado de la medida. Si es preciso, este amplificador puede a su vez ser diferencial. A fin de hacer más sensible el puente de comparación,

5. los brazos respectivos están constituidos preferentemente por circuitos de resonancia formados por la asociación de las bobinas con condensadores variables que permiten sintonizar los circuitos a la frecuencia de medida.

10. Otras características y ventajas del presente invento se evidenciarán por la descripción que sigue, hecha en relación con los planos anexos y que facilita a título explicativo pero no limitativo una forma de realización del mismo.

En estos planos:

15. - la fig. 1 es un esquema de principio del aparato según el invento;
- la fig. 2 es una sección axial de la sonda de medida;
- la fig. 3 es una vista en planta de la bobina de inductancia;
20. - y la fig. 4 es una sección axial de la sonda de referencia.

25. La fig. 1 representa el esquema del dispositivo de medida, conectado en puente, alimentado a través de un transformador 1 por un oscilador 2 de frecuencia suficientemente elevada, del orden de 20 MHz para fijar las ideas. En los brazos del puente se hallan conectados dos circuitos de resonancia que comprenden respectivamente un condensador 3 ó 4 unido por las conexiones 12 y 13 ó 14 y 15 a una bobina de inductancia incorporada ya sea en la sonda de medida
- 30.



5 o en la sonda de referencia 6. La sonda de medida 5 se representa aplicada contra la superficie del objeto metálico 7 cuya resistividad se desea medir. En la diagonal del puente se halla acoplado un transformador de salida 8, en cuyo secundario va conectado un amplificador 9. La salida de este amplificador va unida a un detector 10, cuyo circuito de salida contiene un aparato de medida 11.

La fig. 2 representa en detalle la sección axial de la sonda de medida 5. Esta contiene en un blindaje cilíndrico 16 un manguito de materia aislante, por ejemplo de material conocido por la marca "plexiglás", en el cual va atornillado un obturador de "plexiglás", 18, hasta ser puesto en contacto con el manguito 17 con disposición de una cavidad 19. En un esconce 20 previsto en el fondo del obturador 19 se halla dispuesta una bobina 21, figurada en planta en la fig. 3, y constituida por una espiral plana de cierto número de espiras unidas de filamento aislado. Las conexiones de esta bobina pasan por los canales 22 practicados en el obturador 18, por la cavidad 19, y después por el orificio radial 23 dispuesto en el obturador 18 para salir por el canal axial 24 del manguito 17, en el cual se unen a la línea coaxial 12, 13. Los conductores de esta línea, representados en la fig. 1, van al condensador 3, de forma que la bobina de inductancia 21 constituye un circuito de resonancia con este condensador.

Sobre el obturador 18 va fijada una cubierta de "plexiglás" 25, cuya superficie frontal posee un espesor conocido bien determinado, 0,5 mm por ejemplo, determinando este espesor la distancia entre la bobina 21 y la superficie del cuerpo 7 contra la cual se aplica la superficie



frontal de dicha cubierta 25.

El blindaje 16 dispone de un largo suficiente para envolver la cubierta 25, sin tocar la superficie del cuerpo 7.

5. La sonda de referencia 6, representada en la fig. 4, es en conjunto idéntica a la sonda 5, excepto en algunos detalles que serán descritos a continuación. La bobina de inductancia 26 es idéntica a la bobina 21, y está unida a las conexiones 14 y 15 de la misma manera que la bobina 21 lo está a las conexiones 12 y 13 para formar un circuito de resonancia con el condensador 4. Su cubierta 25 es idéntica a la cubierta correspondiente 25 representada en la fig. 2, y como característica esencial, las dos cubiertas tienen el mismo espesor.

10. La diferencia con la sonda 5 consiste en que el blindaje 16 se interrumpe al nivel de contacto entre los bordes de la cubierta 25 y el obturador 18, y que la cubierta 25 dispone de un revestimiento metálico 27 que cubre su superficie frontal y su superficie lateral, estando formado este revestimiento por un metal de resistividad relativamente escasa, por ejemplo cobre o plata. Los bordes del revestimiento 27 se unen a los del blindaje 16 cuando se enrosca a fondo la cubierta 25, de tal forma que la bobina 26 se encuentra separada del revestimiento 27 por el mismo espesor de aislante que la bobina 21 de la superficie del cuerpo 7 en la fig. 2.

15. El funcionamiento del resistivímetro según el invento descansa en el principio siguiente.

20. Sabido es que si se dispone una masa metálica en un campo creado por un bobinado recorrido por una corriente



te alterna, corrientes inducidas, denominadas de Foucault, circulan por esta masa y producen un campo magnético variable antagonista (ley de Lenz).

5. Si Z es la impedancia de dicho bobinado en ausencia de dicha masa metálica, su impedancia se convierte en $Z + \Delta Z$ en presencia de dicha masa, siendo el valor de ΔZ función de:

a - Las características geométricas, forma y dimensiones, de la masa.

10. b - La posición relativa de la masa con relación al bobinado.

c - La penetración mayor o menor de las corrientes inducidas en la masa, dicho de otro modo, "el efecto de costra".

15. Si se fijan las variables a y b, la variación de impedancia ΔZ del bobinado a causa de la masa no depende más que del efecto de costra, que está determinado por la fórmula clásica:

$$\Delta Z = (2 / \mu \gamma \omega)^{\frac{1}{2}},$$

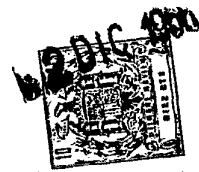
20. en la cual μ es la permeabilidad magnética de la masa metálica

γ la conductividad eléctrica de la misma masa

ω la frecuencia angular del campo magnético alternativo producido por el bobinado.

25. Así pues, si el metal constitutivo de la masa no es magnético, y si ω permanece constante, está claro que la corriente de Foucault inducida no depende sino de la conductividad γ , inversa de la resistividad ρ de dicho metal.

30. Se demuestra que a las frecuencias previstas la sensibilidad del aparato es excelente y que el espesor de



metal que interviene en la medida está prácticamente concentrado en el espesor de "costra" que es extremadamente reducido (del orden de decenas de micras).

5. De ello se desprende que la diferencia de corriente inducida, debida a la sustitución de un metal por otro, expresa muy sensiblemente la diferencia de la resistividad superficial del metal.

El funcionamiento del resistivímetro según el invento es el siguiente.

10. Se busca previamente el equilibrio del puente de medida después de haber aplicado la sonda 5 contra una muestra de cuerpo 7 del mismo metal que el revestimiento 27 de la sonda 6. Actuando al menos sobre uno de los condensadores 3, 4, se lleva a cero la indicación del aparato 11.

15. A continuación, se procede al contraste, aplicando la sonda 5 contra las muestras de varios cuerpos 7 de metales de resistividades diversas conocidas. La ganancia del amplificador 9 será ajustada en este caso para que las indicaciones correspondientes del aparato 11 estén contenidas en la zona deseada de su escala.

20. Debe quedar bien entendido que podría emplearse la técnica conocida de compensación de la indicación del aparato 11 para que ésta sea llevada siempre a cero. En este caso, el contraste podrá efectuarse directamente sobre el pulsador de un potenciómetro u órgano análogo utilizado para el ajuste de la compensación.

25. La resistividad está entonces dispuesta para la medida, que se efectúa aplicando la sonda 5 contra la superficie del cuerpo cuya resistividad se desea conocerse,
- 30.



lo cual produce una variación de componente resistiva llevada al circuito de la bobina 21, y por consiguiente provoca en la diagonal del puente una corriente de desequilibrio, función de las resistividades relativas del cuerpo 7 y del revestimiento 27, siendo amplificada esta corriente en 9, detectada en 10 y apareciendo como señal de salida en el aparato 11.

Se observará que, mientras en la sonda 6 del desbordamiento del campo magnético de alta frecuencia debido a la corriente de la bobina es evitado gracias al blindaje realizado por la unión de los elementos 16 y 27, en la sonda 5 existe cierto desbordamiento a causa de la ranura que subsiste entre el blindaje 16 y la superficie del cuerpo 7. La experiencia muestra sin embargo que el error introducido por esta causa se hace insignificante si la superficie del cuerpo 7 posee dimensiones suficientemente importantes, al menos dos o tres veces mayores que la superficie de la bobina 21.

El resistivímetro descrito es aplicable por ejemplo al control de soldaduras realizadas en un cuerpo compuesto por multitud de elementos soldados conjuntamente, tal como un largo cilindro metálico. En este caso, basta desplazar la sonda de medida a lo largo de la superficie del cilindro y observar las diferencias eventuales del valor de resistividad en los lugares de soldadura con relación a una soldadura correctamente ejecutada. Si el radio del cilindro es demasiado reducido, puede resultar necesario reemplazar las superficies planas de las sondas 5 y 6 por una forma curvada adaptada a la superficie contra la cual se aplica la sonda 5,



- convirtiéndose en este caso las bobinas 21 y 26 en cilindros plegados. Todas estas modificaciones, lo mismo que las variantes análogas adaptadas por ejemplo a la medida sobre esferas, así como más generalmente todas las variantes derivadas de la descripción anterior y que no impliquen desarrollos o cambios al alcance de un experto, deben considerarse como comprendidas en el invento.
- 5.

N O T A

10. Describa 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.
15. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Francia con fecha y número siguientes: 3 de diciembre de 1965, nº PV, 40.852, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que concedan los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que
20. constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre: "Procedimiento y aparato no destructivo, de medida de la resistividad de superficies metálicas"; caracterizándose por lo siguiente:
25. 1.- Procedimiento no destructivo, de medida de la resistividad de superficies metálicas, caracterizado porque se determina esta resistividad comparando las corrientes que circulan por dos elementos de circuito de la misma naturaleza, colocados uno en las proximidades de un metal de resistividad conocida, y el otro en
- 30.



las inmediaciones del metal cuya resistividad se desea medir.

5. 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los elementos de circuito son bobinas de inductancia.

10. 3.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque las bobinas de inductancia se las alimenta a una frecuencia tal que el espesor del metal que interviene en la medida está prácticamente concentrado en el espesor de "costra", si bien las corrientes inducidas en el metal no dependen más que de la resistividad del mismo.

15. 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la frecuencia de alimentación se halla situada en la gama de ondas decamétricas o métricas, gama VHF.

20. 5.- Aparato para la aplicación del procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque comprende un puente de comparación, uno de cuyos circuitos permite detectar la señal de desequilibrio y cuyos dos brazos son circuitos que comprenden bobinas de inductancia idénticas, incorporándose una de estas bobinas a la sonda de medida y la otra a la sonda de referencia, previéndose un dispositivo para colocar
25. dichas bobinas a distancias idénticas respectivamente del metal estudiado y del metal de referencia.

30. 6.- Aparato según la reivindicación 5, caracterizado porque el circuito que permite detectar la señal de desequilibrio del puente comprende un transformador, un amplificador de corriente continua, un detector



y un aparato de medida.

5. 7.- Aparato según la reivindicación 5, caracterizado porque los brazos del puente de comparación son circuitos de resonancia que se constituyen por la asociación de bobinas de inductancia a condensadores variables, que permiten acoplar dichos circuitos a la frecuencia de alimentación.

10. 8.- Aparato según la reivindicación 5, caracterizado porque la sonda de referencia se realiza de tal forma que el metal de referencia se halla incorporado en su estructura.

15. 9.- Aparato según la reivindicación 5, caracterizado porque el metal de referencia forma parte del blindaje del cual está rodeada la sonda para limitar el desbordamiento del campo magnético debido a la corriente de la bobina.

10.- Aparato según la reivindicación 5, caracterizado porque la sonda de medida es igualmente blindada.

20. 11.- Procedimiento y aparato no destructivo, de medida de la resistividad de superficies metálicas; tal y como queda descrito sustancialmente en la presente Memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

25. Esta Memoria consta de 12 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

J. GOMEZ ACEBO Y MODEI
Firmado: E. González Ruiz

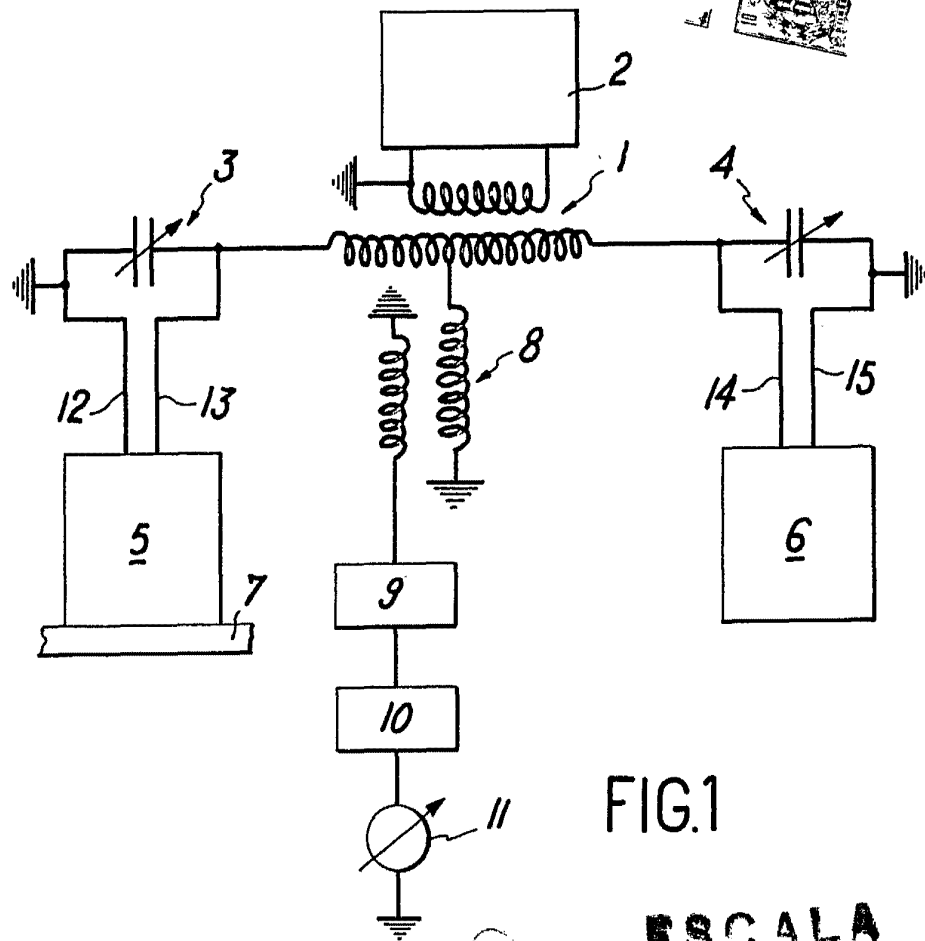
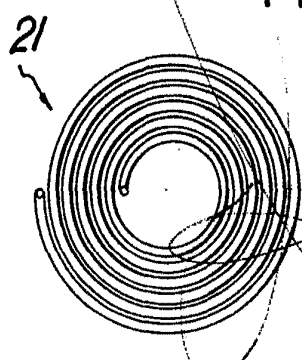


FIG.1

ESCALA
VARIABLE

FIG.3/



Madrid 2 DIC 1950

J. GOMEZ ACEDO Y MODEI
F. P. Firmado: F. Gomez Acedo Rula

FIG.2

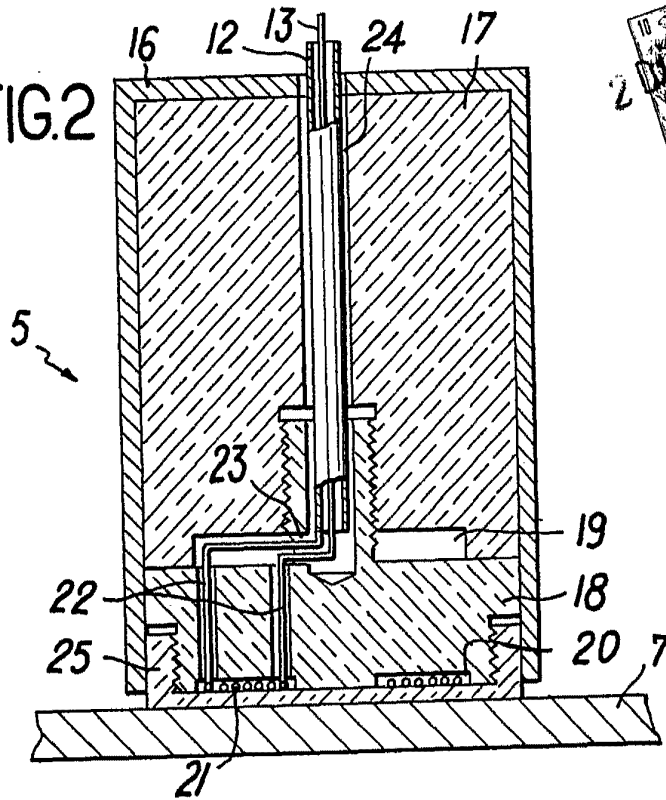
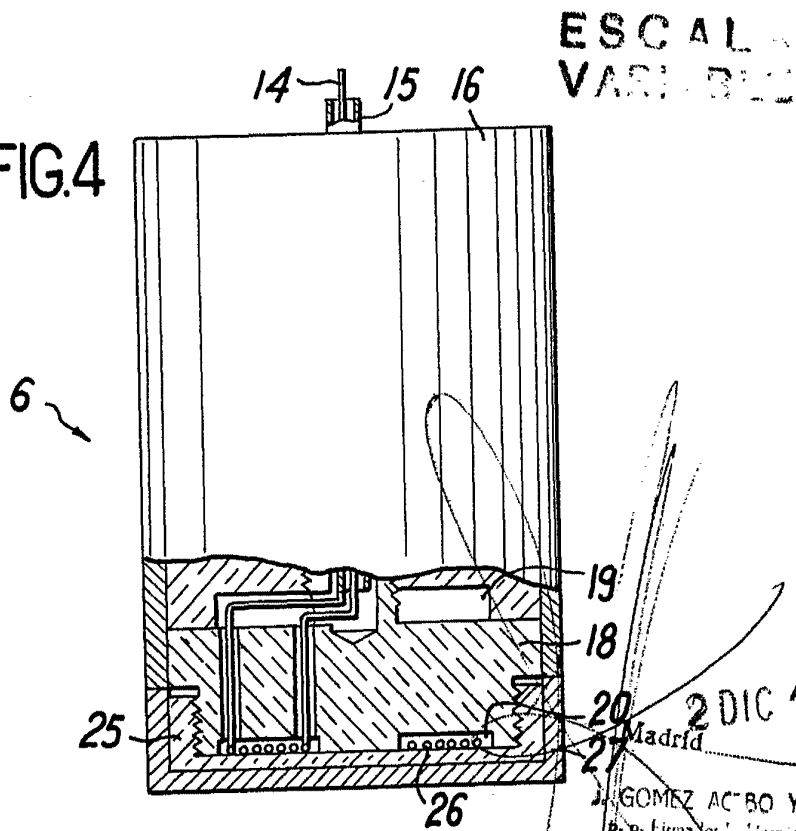


FIG.4



ESCALA VARIABLE

2 DIC 1960
Madrid
GOMEZ ACIBO Y MODEI
p. Firmados J. Sierra et al.