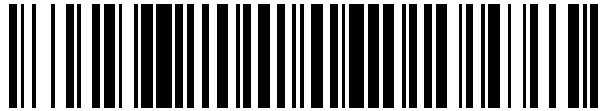


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 529 179**

51 Int. Cl.:

G01N 17/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2003 E 03748346 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.12.2014 EP 1546679**

54 Título: **Microsensores para detectar la corrosión**

30 Prioridad:

01.10.2002 GB 0222658

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

17.02.2015

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 CARLTON GARDENS
LONDON SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**HARRIS, STEVEN JOHN;
HEBRON, MICHAEL CHRISTOPHER y
STURLAND, IAN MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 529 179 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

Microsensores para detectar la corrosión

5 Esta invención se refiere a microsensores para detectar los medios corrosivos que actúan sobre un material metálico cuando están montados in situ adyacentes a una ubicación en el material metálico.

10 La corrosión es un problema que genera gastos elevados de mantenimiento y reparación en muchas industrias diferentes. El documento "Naval Aviation Corrosion Challenges and Solutions", de Dale L. Moore, Corrosion 2000, documento 00270 (NACE, Orlando, EE.UU., 2000) describe las áreas problemáticas en la corrosión de componentes de aeronaves y clasifica los tipos de corrosión que se encuentran en la industria aeronáutica.

15 Se conocen diversos procedimientos diferentes para detectar la corrosión en un material metálico. El documento "Corrosion Detection and Monitoring - a Review", de Vinod S. Agarwala, Siri Ahmad, Corrosion 2000, documento 00271 (NACE, Orlando, EE.UU., 2000) describe varios de los procedimientos conocidos, incluyendo procedimientos visuales, procedimientos ultrasónicos y acústicos, procedimientos radiográficos, generación térmica de imágenes, procedimientos electromagnéticos, medición de resistencia eléctrica y procedimientos electroquímicos. Se describe un tipo comúnmente utilizado de detección de la corrosión, denominado procedimiento de sonda de resistencia eléctrica. En este caso se monitoriza la resistencia eléctrica de una muestra del material que está siendo
20 monitorizado. A medida que el metal se corroe su sección transversal se reduce y la resistencia aumenta. En una realización práctica de esta técnica se hace larga y fina la muestra de metal con el fin de optimizar el cambio de resistencia frente a la pérdida de espesor por corrosión. En esta configuración sensible el sensor también es altamente sensible a los cambios de temperatura en virtud del coeficiente de temperatura de la resistividad del material. A menudo esto se supera mediante el uso de una segunda muestra del material con dimensiones y temperatura idénticos pero protegida de la corrosión. Aun cuando se den todas estas características este tipo de
25 sensor resulta insuficiente si la corrosión está mínimamente localizada, por ejemplo corrosión por exfoliación, intergranular, por picaduras, por agrietamiento o por tensión. En estas condiciones de degradación la variación de la resistencia no es proporcional al grado de corrosión. De hecho puede que no cambie lo suficiente para permitir una detección fiable de la corrosión problemática. Los tipos de corrosión localizada causan problemas significativos en
30 algunos tipos de materiales metálicos tales como las aleaciones de aluminio.

35 El documento "Multi-layer Galvanic Cell for Next Generation Corrosion Sensors", de M.D. Jaeger, B.R. Pilvelait, P.J. Magari, Corrosion 2000, documento 00302 (NACE, Orlando, EE.UU., 2000) describe un sensor galvánico con una geometría de capas múltiples que ha de ser montado in situ adyacente a una ubicación en un material metálico a ser monitorizado y que proporciona ventajas de sensibilidad y vida útil. El sensor mide la presencia de un electrolito, por ejemplo humedad, en la zona del sensor, pero no la corrosión real del material metálico.

40 La patente de EE.UU. nº 5.338.432 describe unos microsensores galvánicos que utilizan láminas metálicas finas con patrones adheridas a un sustrato no conductor. Los sensores descritos incluyen diversas disposiciones alternativas de pistas interdigitadas de diferentes materiales metálicos.

45 La patente de EE.UU. nº 6.383.451 y el documento de Y. G. Kim, Corrosion Science and Technology, vol. 31, nº 4 (2002), pp. 315-319, describen un sensor de resistencia eléctrica de película fina que incluye una pluralidad de pistas corrosivas expuestas a medios corrosivos, que se extienden entre dos terminales comunes protegidos contra la corrosión. El detector descrito es sensible a la corrosión ligera causada por la corrosión por picaduras, sin embargo el drenaje de corriente sigue siendo relativamente elevado. En particular para monitorizar la corrosión in situ, sería deseable reducir el drenaje de corriente a fin de proporcionar una vida útil más larga de la batería; esto es particularmente importante cuando debe montarse un microsensor en una ubicación relativamente inaccesible y debe evitarse en la mayor medida posible el acceso a la misma, por ejemplo para cambiar la batería. También sería
50 deseable mejorar adicionalmente la sensibilidad y la precisión del microsensor para detectar corrosión en una ubicación específica.

De acuerdo con la presente invención se proporciona un microsensor según lo definido en la reivindicación 1.

55 La presente invención proporciona un microsensor altamente miniaturizado que puede detectar la corrosión con una precisión y fiabilidad elevadas, al tiempo que puede obtenerse una vida útil relativamente larga del microsensor.

60 Los aspectos, características y ventajas adicionales de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferidas de la invención presentadas, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra un microsensor dispuesto de acuerdo con una primera realización de la invención, en una vista en planta;

65 la figura 2 muestra una vista en planta más detallada de la formación de pistas corrosivas en los sensores de corrosión del microsensor mostrado en la figura 1;

la figura 4 muestra una disposición del patrón del sensor de corrosión al que se hace referencia de acuerdo con una realización de la invención, en una vista en planta.

5 A continuación se describirán diversas realizaciones diferentes del microsensor de acuerdo con la invención. Los microsensores incluyen unas pistas corrosivas que imitan las características corrosivas de un material metálico en bloque, de tal modo que cuando se colocan in situ adyacentes a una ubicación en un componente de material metálico en bloque, los efectos de la exposición a medios corrosivos medidos por el microsensor reflejan los efectos de la exposición del metal en bloque a los mismos medios corrosivos. Los microsensores pueden montarse en
10 diversas localizaciones y de diversas maneras, por ejemplo mediante el montaje entre las placas de una junta entre componentes, por adherencia a un componente utilizando una lámina de Mylar®, etc. Una vez montados, los microsensores pueden recubrirse con pintura u otro tipo de recubrimiento que cubra de manera similar el material metálico en bloque.

15 La figura 1 muestra un elemento microsensor que incluye una pluralidad de diferentes sensores de corrosión de acuerdo con una primera realización de la invención. El elemento microsensor incluye un sustrato plano 2 que tiene una superficie aislante proporcionada por ejemplo por una capa de óxido de silicio formada sobre una base de silicio. El sustrato 2 soporta tres sensores de corrosión 4A, 4B, 4C de resistencia eléctrica en película fina formados como patrones metálicos en película fina y un sensor de temperatura 6 también formado como patrones metálicos en
20 película fina. Cada uno de los tres sensores de corrosión está formado por patrones de película fina similares que tienen geometrías similares, salvo el que está formado a una escala diferente de la escala de los otros sensores de corrosión. Para evitar la repetición innecesaria, a continuación solo se describen en detalle las partes y el funcionamiento del sensor de corrosión más grande 4A, sin embargo debe entenderse que cada uno de los otros sensores de corrosión 4B, 4C tiene elementos que son similares en disposición y funcionamiento a los elementos correspondientes a describirse y la descripción de tales elementos será también aplicable a los otros sensores de
25 corrosión.

El sensor de corrosión más grande 4A incluye dos terminales comunes 8, 10 formados lado a lado en tiras paralelas sobre el sustrato 2, que terminan en unos respectivos salientes de conector 12, 14 a través de los que se detecta
30 una señal de salida. Los terminales comunes 8, 10 pueden estar fabricados con un metal altamente resistente a la corrosión, tal como oro o platino, y/o pueden estar cubiertos por una película fina protectora para evitar la exposición de los terminales comunes 8, 10 a los medios corrosivos.

Entre los terminales comunes 8, 10 está formada una pluralidad de pistas corrosivas 16 de película fina conductora. Las pistas corrosivas 16 no están cubiertas por una película fina protectora y por lo tanto están expuestas a los
35 medios corrosivos, cuando el microsensor está en uso, en un grado similar al que está expuesto en el lugar de montaje el material de aleación metálica en bloque, adyacente al cual está montado el microsensor.

La figura 2 muestra una vista en planta más detallada de la formación de las pistas corrosivas 16. Cada pista
40 corrosiva tiene una anchura W que es sustancialmente constante, preferiblemente dentro de un 10% de la anchura, a través de su longitud. Como valor a modo de ejemplo, la anchura W de cada pista corrosiva puede seleccionarse para que esté en la zona de 100 μm de ancho.

Cada pista corrosiva 16 está formada para serpentear a través de una porción de superficie separada, en esta
45 realización una de un conjunto de corredores lineales 20, entre los terminales comunes 8, 10. La pista 16 se extiende completamente a través del corredor 20 en el que serpentea. Los corredores 20 tienen cada uno una anchura similar D1 y están separados por una distancia D2, de tal modo que la separación mínima D3 entre pistas corrosivas adyacentes sea preferiblemente al menos tan amplia como la anchura de pista W. Cada pista corrosiva 16 tiene una forma de serpentina que se repite periódicamente dentro del corredor lineal. Tal como puede
50 observarse en la figura 2, las pistas corrosivas 16 están formadas a partir de unas curvas B1, B2, ... , Bn... en forma general de U invertidas alternativamente conectadas por unas secciones de pista S1, S2, ... , Sn... que atraviesan la línea central 22 de un corredor 20. Las curvas tienen curvaturas opuestas alternativamente. Cada curva tiene un radio mínimo de curvatura R que es preferiblemente superior a la mitad de la anchura de pista W. Las secciones
55 atravesadas S1, S2, ... , Sn... están separadas entre sí de tal modo que los lados de secciones atravesadas adyacentes estén separados por una distancia C en la línea central, cuya distancia es preferiblemente superior a la anchura de pista W.

Como resultado de la forma de serpentina de la pista corrosiva 16, la pista cambia gradualmente de dirección, de tal modo que, utilizando la línea central 22 como un eje de referencia, una sección de pista de un gradiente positivo o
60 negativo con respecto a la línea central 22 está seguida por una sección de pista de un gradiente opuesto con relación a la línea central 22, estando las dos secciones a cada lado de una curva de la pista corrosiva. Los gradientes varían alternativamente a medida que se sigue la pista a través de cada curva. Así, las trayectorias de serpentina se asemejan a una forma de onda periódica.

65 Al proporcionar una trayectoria de serpentina tal como la descrita, se aumenta la longitud de pista sin necesidad de aumentar correspondientemente las dimensiones de los microsensores, ayudando así a la miniaturización. Así se

5 aumenta sensibilidad del sensor debido a la mayor longitud de pista y se reduce el drenaje de corriente. Utilizando curvas graduales que tengan un radio mínimo de curvatura que sea superior a la mitad de la anchura de pista según lo descrito, se evitan cambios discretos o excesivamente bruscos en la dirección de la trayectoria de las pistas corrosivas, por ejemplo por la formación de ángulos rectos en las trayectorias de pista. Se ha observado que en tales puntos de las trayectorias de pista se dan fenómenos de corrosión acelerada, que producen indeseablemente variaciones de resistencia que no reflejan con precisión el estado de la corrosión del componente que se está monitorizando.

10 Al mantener al menos una distancia predeterminada D3 entre pistas adyacentes, un radio mínimo de curvatura predeterminado R en las curvas y por lo menos una distancia predeterminada C entre las secciones de pista adyacentes en la línea central, todas las secciones de pista, incluyendo las secciones de pista dentro de una única pista y las secciones de pista dentro de las pistas adyacentes, estarán bien separadas a través del sensor. Preferiblemente, dos secciones de pista adyacentes no tendrán lados separados entre sí a una distancia menor que la anchura de pista W. De esta manera, se producirán efectos de corrosión que imitarán mejor los efectos de la corrosión en la aleación en bloque.

15 Con el montaje in situ, se monitorizan los efectos de la corrosión haciendo pasar intermitentemente una corriente constante a través de los terminales comunes y detectando la respuesta de tensión. Tras un período de exposición a medios corrosivos, aunque inicialmente las pistas estén totalmente intactas y sean totalmente conductoras, una pista corroída se volverá gradualmente más resistiva debido a la pérdida de área de sección transversal conductora y finalmente se volverá aislante una vez que la corrosión haya afectado totalmente al menos a una parte de la pista a través de toda su anchura. Las diferentes pistas pueden verse afectadas de forma diferente por los fenómenos corrosivos no representativos u otros fenómenos tales como daños por percusión, pero mediante el uso de un número de pistas, preferiblemente al menos cuatro o más, conectadas en paralelo, la respuesta del sensor reflejará de forma más fiable los efectos de la corrosión en el metal en bloque adyacente.

20 El termómetro de resistencia 6 está fabricado con un material conductor que es corrosivamente inerte, tal como platino. El termómetro de resistencia 6 incluye una sección de detección fuertemente acordeonada 17 que proporciona variaciones fácilmente medibles de la resistividad con la temperatura, formada entre los salientes de conector 18, 20. Dado que las tasas de corrosión son altamente dependientes de la temperatura, la salida del termómetro de resistencia puede utilizarse en combinación con la salida del sensor de corrosión para proporcionar una predicción más precisa del estado de corrosión para el material de aleación en bloque que está siendo monitorizado.

25 El microsensor también puede incluir otros tipos de sensores, no mostrados, para medir parámetros que puedan tener un efecto sobre las tasas de corrosión, tales como un sensor de flujo de aire dispuesto para medir el flujo de aire en la zona en la que está montada la unidad. Tal sensor del flujo de aire puede estar formado como patrones de tiras conductoras en película fina, fabricadas con un material que tenga un elevado coeficiente de resistividad, que estén separadas en una dirección en la que vaya a detectarse el flujo del aire; las variaciones en la resistencia de las tiras indican los niveles de flujo de aire.

30 El segundo sensor de corrosión 4B está formado a una escala que sea la mitad o menos de la escala del primer y mayor sensor de corrosión 4A. El tercer sensor de corrosión 4C está formado a una escala que sea la mitad o menos de la escala del segundo sensor de corrosión 4B. Son factibles variaciones de escala más pronunciadas en un único elemento microsensor, por ejemplo una variación de la escala entre dos microsensores cualesquiera puede ser tal que un microsensor sea una décima parte o menos de la escala del otro microsensor. Las variaciones en la escala del sensor proporcionan sensores con pistas corrosivas de diferentes anchos en cada sensor. Mediante la inclusión de sensores a diferentes escalas en una sola unidad de microsensor la unidad de microsensor tiene una pluralidad de salidas de sensor, derivadas de cada sensor respectivamente, con diferentes sensibilidades a la corrosión y con diferentes vidas útiles del sensor. Un sensor que tenga una anchura de pista relativamente pequeña será más sensible pero tendrá una vida útil relativamente corta; la salida de un sensor relativamente pequeño de este tipo puede utilizarse para monitorizar la corrosión durante la primera parte de la vida del microsensor. Una vez que las pistas del sensor relativamente pequeño se hayan degradado puede utilizarse un sensor que tenga una mayor anchura de pista para continuar monitorizando la corrosión con una sensibilidad más baja durante un periodo posterior. Cuando se utilicen tres o más sensores de diferentes escalas, una vez que se haya degradado la salida del siguiente sensor más pequeño puede utilizarse un sensor que tenga una mayor anchura de pista para continuar monitorizando la corrosión con una sensibilidad todavía menor durante uno o más períodos subsiguientes adicionales.

35 En cualquier etapa, puede adoptarse una acción correctiva o preventiva según se desee, en vista de cualquier nivel percibido de riesgo causado por la cantidad de corrosión detectada en la ubicación en la que se esté monitorizando la corrosión.

40 La figura 4 muestra una disposición alternativa del patrón de sensor, para un sensor de corrosión 130 de referencia dispuesto de acuerdo con una realización de la invención. Uno o más de los sensores resistivos que se muestran en la figura 1 pueden reemplazarse con un sensor de corrosión de referencia dispuesto tal como se muestra en la figura

4. Para evitar repeticiones innecesarias, los elementos similares en disposición y función a los elementos correspondientes mostrados en la figura 1 están referenciados con los mismos números y referenciados adicionalmente como A o B respectivamente en la figura 4, salvo que se muestran con un incremento de 200 y la descripción anterior de tales elementos debería aplicarse a estos.

5 En esta realización, un sensor de corrosión 204B que tiene una forma similar a la del sensor de corrosión resistivo descrito en relación con la figura 1 está formado con un sensor de referencia 204A que adopta sustancialmente la misma forma y está fabricado sustancialmente con el mismo material o materiales que el sensor de corrosión 204B, pero está cubierto por una capa de película fina protectora y por lo tanto no está expuesto a los medios corrosivos cuando el microsensado está en uso. En la fabricación, primero se deposita y se forma el sensor de referencia 204A, seguido por la capa protectora, seguida por el sensor de corrosión 204B.

15 El sensor de corrosión 204B se forma con una disposición solapada sobre el sensor de referencia. La función del sensor de referencia 204A es proporcionar una salida que sea independiente de la corrosión pero que tenga una resistividad cuya dependencia de la temperatura sea prácticamente idéntica a la del sensor de corrosión 204B, debido a su patrón y composición similares. Así la salida del sensor de referencia 204A puede utilizarse para equilibrar cualquier dependencia de la temperatura en la salida del sensor de corrosión 204B de una manera simple. Mediante la disposición de los dos sensores de manera solapada, en lugar de lado a lado, la temperatura del sensor de corrosión 204B y la del sensor de referencia 204A están más estrechamente igualadas, en particular cuando están montados en lugares expuestos a gradientes de temperatura relativamente elevados. Por lo tanto, se mejora la función del sensor de referencia 204A. Además, se mejora la miniaturización del elemento microsensado.

25 Los dos sensores 204A, 204B están dispuestos con un ligero desplazamiento y las pistas corrosivas 216B y las correspondientes pistas 216A están formadas con un paso mayor. De este modo, las pistas corrosivas 216B del sensor de corrosión no están formadas sobre la superficie de la película protectora que cubre las correspondientes pistas 216A del sensor de referencia; esto evita la degradación de la uniformidad de las pistas corrosivas 216B debida a variaciones de altura de la superficie de la capa protectora debidas a las pistas 216A situadas debajo. En esta realización, el número de pistas en cada sensor es la mitad que en el sensor mostrado en la figura 1, que proporciona un elemento microsensado de tamaño similar, aunque puede proporcionarse un mayor número de elementos aumentando la longitud de los terminales comunes 208A, 210A; 208B, 210B.

35 Obsérvese que, en relación con las figuras 1 y 4, aunque no se muestra debe comprenderse que se añadirá un patrón de cableado de película fina, u otros tipos de cableado, que conecte los salientes de conexión del sensor en una unidad de microsensado. Adicionalmente, en las figuras no se muestran revestimientos protectores, aunque, tal como se ha descrito anteriormente, pueden utilizarse para proteger selectivamente partes de la superficie del elemento de microsensado.

40 De acuerdo con la invención cuando vaya a utilizarse el microsensado en un sistema de monitorización para una aeronave, las pistas corrosivas estarán fabricadas preferiblemente con una aleación de aluminio, tal como una aleación de aluminio y cobre, una aleación de aluminio y silicio, una aleación de aluminio, cobre y silicio, etc. En particular, el material utilizado para las pistas corrosivas es preferiblemente una aleación que se asemeje bastante en composición a una de las aleaciones de aluminio utilizadas en los componentes de aviación.

45 En un primer ejemplo la aleación de la pista es una aleación de aluminio-cobre con una proporción constituyente de cobre en la zona de 2% a 8%, preferiblemente 5% aproximadamente, de la masa de la aleación, tal como una aleación de aluminio serie 2000.

50 En un segundo ejemplo la aleación de la pista es una aleación de aluminio-silicio con una proporción constituyente de silicio en la zona de 5% a 20%, preferiblemente 12% aproximadamente, de la masa de la aleación, tal como una aleación de aluminio serie 4000.

55 En un tercer ejemplo la aleación de la pista es una aleación de aluminio-magnesio con una proporción constituyente de magnesio en la zona de 2% a 8%, preferiblemente 5% aproximadamente, de la masa de la aleación, tal como una aleación de aluminio serie 5000.

60 En un cuarto ejemplo la aleación de la pista es una aleación de aluminio-magnesio-silicio con proporciones de magnesio y silicio cada una en la zona de 0,3% a 1,2% de la masa de la aleación, tal como una aleación de aluminio serie 6000.

65 En un quinto ejemplo la aleación de la pista es una aleación de aluminio-cinc con una proporción constituyente de cinc en la zona de 2% a 8%, preferiblemente 5% aproximadamente, de la masa de la aleación, tal como una aleación de aluminio serie 7000.

En un sexto ejemplo la aleación de la pista es una aleación de aluminio-litio con una proporción constituyente de litio en la zona de 1% a 4%, preferiblemente 2% aproximadamente, de la masa de la aleación, tal como una aleación de aluminio serie 8000.

Las capas de película fina de las que están compuestas las pistas corrosivas preferiblemente se depositan sobre el sustrato por pulverización catódica. Con el fin de mejorar adicionalmente el grado con el que las características corrosivas de las pistas de película fina imitan la aleación en bloque, preferiblemente se recuece la capa de película fina tras la pulverización catódica para fomentar el crecimiento de los granos metálicos dentro de la capa fina para producir una película fina que sea esencialmente una matriz bidimensional de granos metálicos. Mejorar el tamaño de los granos tras la pulverización catódica mediante recocido mejora la capacidad de los sensores para detectar específicamente la corrosión localizada, en las primeras etapas de su crecimiento. Dado que la corrosión localizada se inicia en zonas específicas tales como los límites del grano, las fases intermetálicas específicas etc., la producción de películas finas de aleaciones metálicas con composiciones de las fases intermetálicas y límites de grano similares a los de las aleaciones metálicas en bloque en cuestión mejorará la detección de dicha corrosión localizada. Mediante un posterior modelado fotolitográfico, se estructuran las películas con formas de pistas, tal como se ha descrito anteriormente, que otorguen una sensibilidad deseada a dicha corrosión.

En el caso de una monitorización de componentes de una aeronave no marina, el grosor de las pistas corrosivas es preferiblemente de entre 0,5 μm y 10 μm , por ejemplo 1,5 μm aproximadamente.

Una anchura de pista de aproximadamente 1 μm es posible y resulta altamente sensible en la gama de escalas previstas. Sin embargo, una anchura de pista tal producirá un sensor que generalmente será demasiado sensible para aplicaciones prácticas de detección de corrosión. Las anchuras de pista de acuerdo con la invención estarán comprendidas en el intervalo entre 20 μm y 500 μm .

En una realización, que no se muestra en las figuras, al menos dos de las diferentes configuraciones de sensor mostradas en la figuras 1 y 4 están formadas sobre un único sustrato, a fin de proporcionar una unidad de microsensor que tenga una pluralidad de salidas de sensor que proporcionen diferentes indicaciones de la corrosión en una única ubicación.

En una realización adicional más, que no se muestra en las figuras, unos sensores con pistas dispuestas tal como se ha descrito y con una pluralidad de diferentes espesores están formados sobre un único sustrato e incluidos en una sola unidad de microsensor, a fin de proporcionar una unidad de microsensor que tenga una pluralidad de salidas de sensor que proporcionen diferentes sensibilidades a la corrosión y diferentes vidas útiles de sensor.

En una realización adicional más, que no se muestra en las figuras, unos sensores con pistas dispuestas tal como se ha descrito y con una pluralidad de diferentes composiciones metálicas de diferentes corrosividades, compartiendo cada una preferiblemente al menos el principal constituyente metálico de la aleación en bloque que se está monitorizando, están formados sobre un único sustrato e incluidos en una sola unidad de microsensor, a fin de proporcionar una unidad de microsensor que tenga una pluralidad de salidas de sensor que proporcionen diferentes sensibilidades a la corrosión y diferentes vidas útiles de sensor. Por ejemplo, en este caso para monitorizar componentes de aleación de aluminio, puede incluirse un primer sensor con pistas fabricadas con un material que sea relativamente corrosivo, tal como una aleación de aluminio-silicio-cobre, para una mayor sensibilidad a la corrosión pero tiene una vida útil más corta y puede incluirse un segundo sensor con pistas fabricadas con un material menos corrosivo tal como aluminio sustancialmente puro para detección de corrosión con una vida útil más larga a una sensibilidad menor. También puede incluirse un tercer sensor con pistas fabricadas con un material que tenga una corrosividad intermedia tal como una aleación de aluminio-silicio para detección de corrosión con una vida útil media a una sensibilidad media. Las diferentes pistas tendrán diferentes anchuras para proporcionar características preferidas de sensibilidad y de vida útil.

En una realización adicional más, que no se muestra en las figuras, pueden proporcionarse sensores con pistas dispuestas tal como se ha descrito y con una pluralidad de diferentes tipos de superficie, por ejemplo uno con un tratamiento superficial hidrófilo o hidrófobo, para proporcionar pistas con diferentes sensibilidades y vidas útiles. Los diferentes sensores están formados sobre un único sustrato e incluidos en una sola unidad de microsensor, a fin de proporcionar una unidad de microsensor que tenga una pluralidad de salidas de sensor que proporcionen diferentes sensibilidades a la corrosión y diferentes vidas útiles de sensor.

Los microsensores de corrosión descritos en el presente documento están situados en diversos componentes diferentes de un aparato de múltiples componentes, tal como una aeronave, para formar un sistema de detección de corrosión, que a su vez forma parte de un sistema de monitorización del estado del aparato. Normalmente, los componentes del aparato estarán formados con diferentes aleaciones metálicas, en particular, en el caso de una aeronave, con diferentes aleaciones de aluminio tal como en los ejemplos ofrecidos anteriormente. Un aspecto de la invención es que una pluralidad de diferentes microsensores de corrosión, teniendo cada uno un conjunto de pistas corrosivas fabricadas con diferentes composiciones de aleaciones metálicas que imiten las diferentes composiciones del material componente, están montados en lugares adyacentes a los respectivos componentes correspondientes para formar parte del sistema de detección de corrosión para el aparato.

Un sistema de detección de corrosión dispuesto de acuerdo con la presente invención incluye un sistema de procesamiento de datos dispuesto para recibir los datos derivados de cada una de una pluralidad de unidades de

5 microsensor que contienen los sensores de corrosión, para procesar los datos de detección y para proporcionar datos de análisis de corrosión basados en los mismos, proporcionándose de este modo una predicción del estado de la corrosión de los materiales de aleación en bloque de los diversos componentes diferentes en las diversas localizaciones diferentes que están monitorizándose. Las unidades incluyen una batería y un circuito de detección para cada sensor. En el caso del sensor de ER, el circuito está adaptado para aplicar una corriente constante a los terminales comunes del sensor y para medir un voltaje generado en el mismo para detectar cambios de resistencia en el sensor.

10 Uno o más de los sensores de corrosión de la presente invención pueden incluirse en una unidad de microsensor semiautónoma que incluya una memoria de registro de datos, para almacenar los datos del sensor detectados en una pluralidad de intervalos durante un período de tiempo y una salida de datos mediante la que se emitan datos desde la unidad de microsensor al sistema de procesamiento de datos. Tal unidad de microsensor semiautónoma puede estar conectada al sistema de procesamiento de datos por medio de un cableado físico a través del que se comuniquen los datos, o puede incluir un puerto de datos por el que se establezca una conexión de datos de forma intermitente. El puerto de datos puede ser un enchufe en el que se conecte de forma manual un cable de datos de una unidad de lector, o un puerto de datos inalámbrico tal como un transmisor de radio de corto alcance por Bluetooth®.

20 Las realizaciones anteriores deben comprenderse como ejemplos ilustrativos de la invención. Están previstas otras realizaciones de la invención. Obsérvese por ejemplo que, si bien en las realizaciones anteriormente descritas los corredores a través de los que se extienden las pistas corrosivas son lineales, en su lugar los corredores pueden adoptar una forma diferente, incluyendo diversas formas curvadas diferentes, incluyendo formas de campana. Aunque en las realizaciones anteriores, todas las partes de película fina conductora de cada uno de los sensores de corrosión están formadas sobre un único sustrato en una configuración alternativa el microsensor incluye partes de película fina conductora de cada uno de los diferentes sensores que están formadas en una pluralidad de diferentes sustratos, que pueden adherirse entre sí.

30 El uso de aleaciones de película fina para imitar el comportamiento de las aleaciones en bloque se presta a aplicaciones adicionales de la corrosión para dilucidar tanto las tasas de corrosión específicas de componentes específicos como las localizaciones de las mismas, en las que está montado el microsensor.

35 Debe comprenderse que las geometrías preferidas anteriormente descritas, en particular los valores de anchura de las pistas, los valores de separación de las secciones de pista y los valores de los radios mínimos de curvatura, se han hallado por observación empírica. Se han llevado a cabo experimentos en los que las tasas de corrosión de un gran número de diferentes geometrías de prueba se compararon con las tasas de corrosión de los materiales metálicos en bloque que estaban imitándose, durante la exposición a los mismos medios corrosivos. Se ha observado que las geometrías dentro o fuera de los límites descritos tienden a causar efectos de corrosión que no reflejan con precisión los del material en bloque.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un microsensor para detectar medios corrosivos que actúan sobre un material metálico cuando está montado in situ adyacente a una ubicación en el material metálico, incluyendo el microsensor una pluralidad de diferentes sensores de resistividad (4A, 4B, 4C), estando dispuesto cada uno de los sensores para ser influenciado pero influenciado de manera diferente por medios corrosivos en una zona en la que está montado el microsensor; teniendo cada sensor de resistividad al menos una pista de película fina (16) con un grosor de entre 0,5 μm y 10 μm y al menos una pista de película fina con una anchura comprendida entre 20 μm y 500 μm , estando formadas dichas pistas a partir de una película fina conductora con patrones de una aleación de aluminio y dispuesta para proporcionar una variación medible de la resistividad en respuesta a la exposición prolongada a medios corrosivos; teniendo un primer sensor (4A) de dichos sensores de resistividad al menos una pista de película fina con una primera anchura y teniendo un segundo sensor (4B) de dichos sensores de resistividad al menos una pista de película fina con una segunda anchura que sea la mitad o menos de dicha primera anchura, proporcionando dicho microsensor una salida independiente derivada de cada uno de dichos sensores respectivamente, con diferentes sensibilidades a la corrosión y con diferentes vidas útiles de los sensores y en el que todas las partes de película fina conductora (8, 10, 16) de cada uno de los sensores de corrosión están formadas sobre un único sustrato (2) que tiene una superficie formada a partir de un material aislante.
2. Un microsensor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha segunda anchura es un décimo o menos de la primera anchura.
3. Un microsensor de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que cada sensor de resistividad tiene al menos una primera pista de película fina (16) con un espesor de 1,5 μm aproximadamente.
4. Un microsensor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la pluralidad de sensores de corrosión (4A, 4B, 4C) incluye un sensor de corrosión de referencia que incluye un sensor de resistividad (204B) y un sensor de referencia (204A) dispuestos para proporcionar una variación medible de la resistividad en respuesta a los cambios de temperatura, teniendo el sensor de referencia (204A) una dependencia a la temperatura similar a dicho sensor de resistividad (204B).
5. Un microsensor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende un sensor de termómetro de resistencia (6), por ejemplo un termómetro de resistencia de platino, dispuesto para medir temperaturas en una zona en la que esté montado el microsensor.
6. Un microsensor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende un sensor de flujo de aire dispuesto para medir los niveles de flujo de aire en una zona en la que esté montado el microsensor.
7. Un sistema de detección de la corrosión que comprende un microsensor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que dicho sistema incluye un procesador de datos dispuesto para recibir los datos derivados de cada una de dichas salidas separadas, para procesar dichos datos de detección y para proporcionar datos de análisis de corrosión basados en los mismos.
8. Un sistema de detección de corrosión de una aeronave de acuerdo con la reivindicación 7.

Fig. 1.

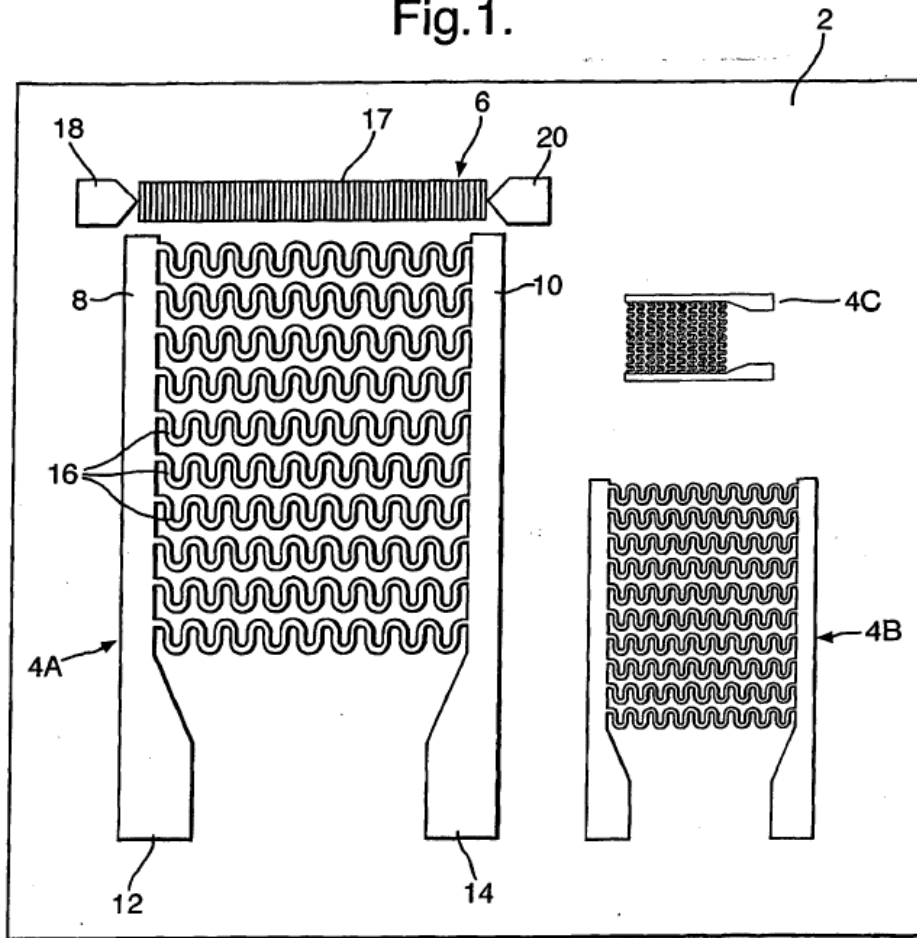


Fig.2.

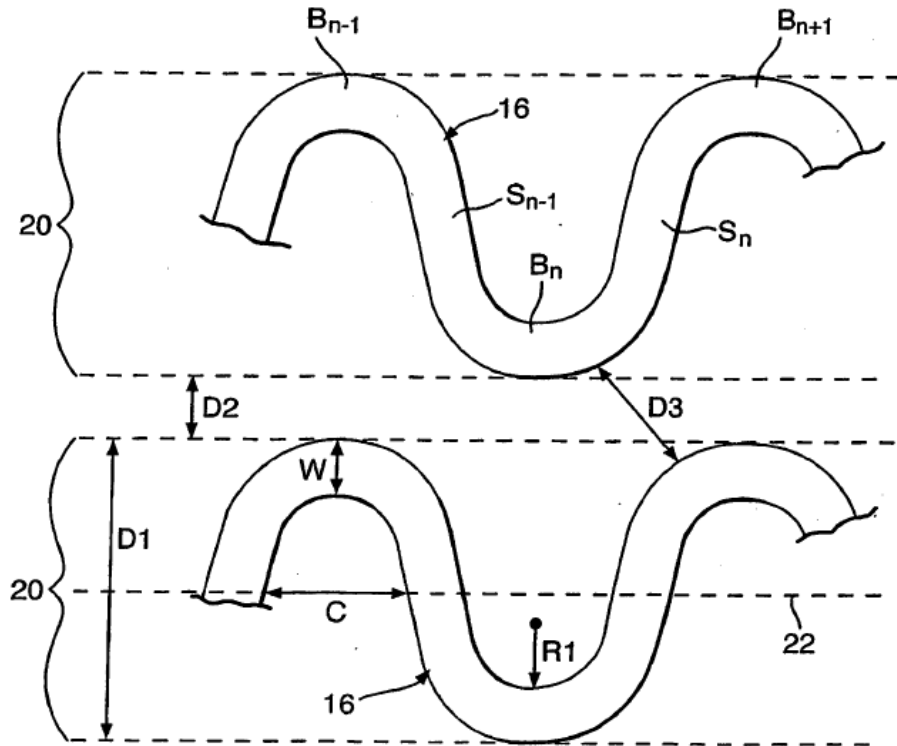


Fig.4.

