

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 534**

51 Int. Cl.:

C23F 13/10 (2006.01)

C23F 13/06 (2006.01)

C04B 111/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.07.2013 PCT/EP2013/065179**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2014 WO14019863**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2013 E 13737619 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2019 EP 2880200**

54 Título: **Ánodo galvánico y procedimiento de protección contra la corrosión**

30 Prioridad:

30.07.2012 US 201261677164 P

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

02.03.2020

73 Titular/es:

**CONSTRUCTION RESEARCH & TECHNOLOGY
GMBH (100.0%)
Dr.-Albert-Frank-Str. 32
83308 Trostberg, DE**

72 Inventor/es:

GOODWIN, FREDERICK, R.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 745 534 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

Ánodo galvánico y procedimiento de protección contra la corrosión

Antecedentes

5 La corrosión tiene un enorme impacto económico y medioambiental en virtualmente todos los aspectos de la infraestructura mundial, desde carreteras, puentes y edificios, hasta el tratamiento químico de petróleo y gas y de los sistemas de agua y de aguas residuales. Una estimación reciente del coste directo mundial de la corrosión para la prevención así como para la reparación y sustitución, sobrepasa los 1,8 billones de dólares, o de un 3 a un 4 por ciento del producto interior bruto (GDP) de los países industrializados.

10 El coste de los fondos de la Administración Federal de Carreteras estadounidense de 2001 del estudio sobre la corrosión "Costes de la Corrosión y Estrategias Preventivas en los Estados Unidos", determinó que el coste directo anual de la corrosión ascendía a la pasmosa suma de 276 mil millones de dólares. El estudio cubría un gran número de sectores económicos incluyendo la infraestructura de transportes, la industria de energía eléctrica, transferencia y almacenamiento.

15 El coste indirecto de la corrosión se estimó de forma comedida como igual al coste directo, obteniendo un coste directo más el indirecto de más de 600 mil millones de dólares o un 6 por ciento del GDP. Este coste se consideró como una estimación comedida dado que solo los costes bien documentados fueron utilizados en el estudio. Además de provocar serios daños y amenazas a la salud pública, la corrosión perturba las operaciones y requiere reparaciones y sustituciones frecuentes de los activos averiados.

20 La infraestructura de carreteras y puentes en los Estados Unidos se está derrumbando, con miles de puentes calificados como no seguros y necesitados de sustitución o de reparaciones importantes. En muchos de estos casos, la corrosión juega un papel considerable en el socavamiento de la seguridad. Las medidas de protección contra la corrosión podrían contribuir a poner freno a otros problemas. Se están tomando medidas para dar respuesta a la infraestructura obsoleta de Norteamérica. El proyecto de Ley de la Cámara de Representantes, H.R. 1682, "Ley de Extensión de la Vida Útil, de 2009", adaptada en marzo del 2009, trataría de exigir a los Estados
25 aprobar un plan para la prevención y mitigación de los daños provocados por la corrosión en la búsqueda de fondos federales para construir un nuevo puente o rehabilitar un puente existente.

Muchas estructuras de hormigón reforzado están aquejadas de una degradación prematura. El refuerzo de acero incrustado en el hormigón es inicialmente protegido de la corrosión mediante el desarrollo de una película de óxido estable sobre su superficie. Esta película, o capa de pasivación, se forma mediante una reacción química entre el
30 agua de hormigón poroso altamente alcalina y el acero. La pasividad suministrada por las condiciones alcalinas puede ser destruida por la presencia de cloruro. Los iones de cloruro localmente despasivan el metal y facilitan la disolución del metal activo. La corrosión del acero es generalmente desdeñable hasta que los iones de cloruro alcanzan un umbral en el que se inicia la corrosión. La concentración del umbral depende de una serie de factores que incluyen, por ejemplo, el microentorno de acero, el pH de la solución del poro, la interferencia procedente de otros iones en la solución del poro, el potencial eléctrico del acero de refuerzo, la concentración de oxígeno y la movilidad iónica. El cloruro actúa como catalizador en el sentido de que no se consume en la reacción de la corrosión sino que permanece activo para de nuevo participar en la reacción de la corrosión.

Los daños sobre las estructuras de hormigón reforzado vienen provocados fundamentalmente por la penetración de los iones de cloruro a través del hormigón hasta el área que rodea el refuerzo de acero. Hay una pluralidad de
40 fuentes de cloruros que incluyen adiciones a la mezcla de hormigón, por ejemplo mezclas de aceleración con contenido en cloruro. El cloruro puede también estar presente en el entorno de la estructura, por ejemplo en entornos marinos o de sales de deshielo. La presencia del cloruro no presenta un efecto directamente negativo sobre el propio hormigón, sino que facilita la corrosión del refuerzo de acero. Los productos contra la corrosión que forman el refuerzo de acero ocupan más espacio que el refuerzo de acero lo que provoca que la presión se ejerza
45 sobre el hormigón desde el interior. La presión interna se acumula con el tiempo y, pronto o tarde conduce al agrietamiento y fragmentación del hormigón. La corrosión del refuerzo de acero también reduce la resistencia del acero de refuerzo y disminuye la capacidad de soporte de las cargas de la estructura de hormigón.

Otros factores además de la concentración de iones de cloruro afectan a la tasa de corrosión del acero, incluyendo el pH, la disponibilidad del oxígeno y el potencial eléctrico del acero, así como la resistividad del hormigón
50 circundante. Estos factores interactúan de manera que una limitación sobre uno de ellos no detiene necesariamente la corrosión y los niveles próximos a los niveles de umbral de uno sinergizarán con otro para hacer posible la corrosión. Por ejemplo, incluso con un nivel de cloruro elevado si se encuentra disponible suficiente oxígeno, se producirá la corrosión. Cuando falla el pH, el umbral del cloruro de la corrosión se reduce. En un hormigón de resistividad muy elevada, no solo se ralentizan la introducción de carbonación y cloruro, la reacción contra la
55 corrosión se reduce debido a la dificultad incrementada del flujo de iones. La temperatura también está implicada en la actividad corrosiva, lo mismo que cualquier otra reacción química.

La protección catódica del refuerzo de acero del hormigón es un procedimiento aceptado de proporcionar una protección anticorrosión del metal, especialmente cuando los iones de cloruro estén presentes en concentraciones

significativas en el hormigón. La protección catódica implica la formación de un circuito, actuando el acero de refuerzo como un cátodo que esté eléctricamente conectado a un ánodo. Cuando existe una diferencia de potencial suficientemente amplia, la corrosión del cátodo se reduce o evita.

5 Es conocido el procedimiento de crear una diferencia de potencial entre un ánodo y un cátodo tanto por medio de una protección catódica por diferencia de potencial eléctrico como por medio de una pila galvánica. La protección catódica por diferencia de potencial eléctrico implica el uso de un ánodo y de una corriente eléctrica aplicada que emplea una alimentación de energía externa de cc o una fuente de energía de ca y un rectificador. La alimentación de energía presenta desafíos en términos de fiabilidad y costes asociados con el consumo de energía en curso, las exigencias de vigilancia y mantenimiento.

10 La protección catódica puede también estar dispuesta por medio de una pila galvánica en la que el potencial surja como resultado de los diferentes materiales que forman un ánodo y un cátodo sacrificatorios. La protección catódica sacrificatorio se produce cuando un metal es acoplado a un metal más reactivo o más anódico. El ánodo consiste en un metal sacrificatorio que es capaz de proporcionar una corriente protectora sin el uso de una fuente de alimentación, dado que las reacciones que tienen lugar durante su utilización resultan favorecidas termodinámicamente. Los inconvenientes de los sistemas de ánodo sacrificatorio incluyen la corriente de protección disponible limitada y la vida útil limitada. Los ánodos sacrificatorios están sometidos a una corrosión en curso o al consumo del metal galvánico y, en general, requieren su sustitución en algún punto dependiendo de la extensión de la corrosión.

20 El documento US 2007/194774 describe un ensamblaje de ánodo para la protección catódica de un hormigón reforzado; una estructura que comprende al menos un miembro de ánodo sacrificatorio cubierto con un material de cubierta iónicamente conductor de mortero activado, estando un lado del material de cubierta iónicamente conductor configurado para adaptarse a una barra de refuerzo de acero. El lado de conformación presenta una barrera no conductora y una conexión eléctrica se establece entre el miembro de ánodo y la barra de refuerzo ferroso que utiliza unos cables conductores.

25 Debido a la corrosión de las estructuras de hormigón reforzado con acero presenta peligros para la vida humana y es muy costosa de reparar, lo que se necesita son unos elementos y unos procedimientos mejorados para satisfacer la necesidad de poner en práctica nuevas tecnologías contra la corrosión y proteger la infraestructura en provecho de futuras generaciones.

Breve descripción de los dibujos

30 La FIG. 1A es una vista en sección transversal de una forma de realización ilustrativa de un sistema de protección catódica galvánica.

La FIG. 1B es una vista en sección transversal de una forma de realización ilustrativa del sistema de protección catódica galvánica.

35 La FIG. 2 muestra una zona de reparación de una estructura de hormigón reforzado con una forma de realización ilustrativa de un ánodo sacrificatorio incrustado en su interior.

La FIG. 3A es una vista en sección transversal de una forma de realización ilustrativa del sistema de protección catódica galvánica.

La FIG. 3B es una vista en sección transversal de una forma de realización ilustrativa del sistema de protección catódica galvánica.

Descripción detallada

Se proporciona un cuerpo del ánodo sacrificatorio y un procedimiento para la protección contra la corrosión del acero de refuerzo en una estructura de hormigón de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas, en base a los principios de protección catódica del acero de refuerzo en estructuras de hormigón.

45 De acuerdo con determinadas formas ilustrativas, un cuerpo del ánodo sacrificatorio comprende (a) un primer metal sacrificatorio; (b) un segundo metal sacrificatorio, siendo el segundo metal sacrificatorio menos negativo electromecánicamente que el primer metal sacrificatorio, en el que el primer metal sacrificatorio y dicho segundo metal sacrificatorio son más negativos electroquímicamente que el acero; y (c) un material de revestimiento que rodea el primero y / o el segundo metales sacrificatorios.

50 De acuerdo con otras formas de realización, un cuerpo del ánodo sacrificatorio comprende (a) un primer metal sacrificatorio, siendo dicho primer metal sacrificatorio más negativo electroquímicamente que el acero, (b) un segundo metal sacrificatorio, dicho segundo metal sacrificatorio menos negativo electroquímicamente que dicho primer metal sacrificatorio y (c) un material de revestimiento que rodea dichos primero y / o segundo metales sacrificatorios, en el que dicho cuerpo del ánodo comprende una forma sustancialmente cilíndrica que presenta una oquedad en forma de C que se extiende sustancialmente a lo largo de la extensión del lado del cuerpo del ánodo.

De acuerdo con otras formas de realización, un sistema para reducir la corrosión del refuerzo de acero en una estructura de hormigón, comprende (a) un cuerpo del ánodo que comprende un primero y un segundo metales sacrificatorios, siendo el primer metal sacrificatorio más negativo electroquímicamente que el acero, siendo el segundo metal sacrificatorio menos negativo electroquímicamente que el primer metal sacrificatorio; (b) los primero y segundo metales sacrificatorios están al menos parcialmente cubiertos por un material de revestimiento; (c) al menos un conductor eléctrico alargado conectado eléctricamente al cuerpo del ánodo y que emana del material de revestimiento; y (d) un acero de refuerzo conectado a al menos un conductor eléctrico alargado.

De acuerdo con otras formas de realización ilustrativas, un procedimiento de reducción de la corrosión del refuerzo de acero en una estructura de hormigón comprende la conexión eléctrica de un cuerpo del ánodo sacrificatorio de al menos dos metales sacrificatorios de materiales diferentes, siendo cada uno o más negativos electroquímicamente que el acero, estando el cuerpo del ánodo, al menos parcialmente, cubierto dentro de un material de revestimiento, a un refuerzo de acero en una estructura de hormigón reforzado con acero.

En otra forma de realización ilustrativa, un procedimiento para la reducción de la corrosión del refuerzo de acero en una estructura de hormigón comprende el posicionamiento de un cuerpo del ánodo sacrificatorio de al menos dos metales sacrificatorios de diferentes materiales, cada uno más negativo electroquímicamente que el acero, estando el cuerpo del ánodo al menos parcialmente cubierto dentro de un material de revestimiento, dentro de la proximidad protectora catódica de un refuerzo de acero en una estructura de hormigón reforzado con acero.

La protección catódica puede ser aplicada para controlar la corrosión del acero incrustado en la estructura de hormigón reforzado. El sistema de protección catódica de la presente divulgación funciona para formar una diferencia de potencial electrolítico entre un ánodo y el refuerzo de acero. Esta diferencia provoca que la corriente fluya a través de una conexión eléctrica y que unos iones fluyan a través del hormigón y / o del material de revestimiento en la medida suficiente para impedir o reducir la corrosión de la barra de refuerzo de acero al tiempo que provoca la corrosión del ánodo.

La protección catódica impide la corrosión del refuerzo de acero del hormigón convirtiendo las zonas anódicas o activas sobre la superficie metálica en zonas catódicas o pasivas. La creación de una diferencia de potencial entre un ánodo y un cátodo por medio de la protección catódica por diferencia de potencial eléctrico conlleva el uso de un ánodo no sacrificatorio y una corriente eléctrica aplicada. Un sistema de corriente de entrada requiere una corriente eléctrica generada por una alimentación de energía, un cableado y una vigilancia para asegurar que el sistema permanezca operable.

La protección catódica sacrificial puede disponerse por medio de una celda galvánica en la que el potencial surja como resultado de los diferentes materiales que forman un ánodo y un cátodo sacrificial. El cuerpo del ánodo está formado a partir de un metal sacrificial que se corroe con respecto al material de acero sin que requiera una corriente de entrada. Esto se designa como sistema sacrificial, dado que el ánodo galvánico es sacrificado para proteger el acero estructural respecto de la corrosión. El ánodo sacrificial es una pieza de material corroible, conectado eléctricamente a la superficie metálica destinada a ser protegida, la cual, de modo preferente, se consume por la acción electrolítica.

En determinadas formas de realización, el ensamblaje de ánodo sacrificial de la presente divulgación facilita emplazamientos para que tengan lugar las reacciones anódicas en lugar del acero de refuerzo. Por tanto, mientras el sistema galvánico esté en servicio, el ánodo en lugar del acero de refuerzo se degradará.

De acuerdo con aspectos de la presente divulgación, se dispone un sistema galvánico en el que el cuerpo del ánodo está formado a partir de al menos dos metales sacrificial, que se corroe con respecto al acero, sin la provisión o uso de una corriente de entrada. El cuerpo del ánodo puede estar al menos parcialmente cubierto por un material de revestimiento. En algunas formas de realización, unos conductores metálicos alargados pueden estar conectados al cuerpo del ánodo y emanar a partir del material de revestimiento para conectar únicamente el cuerpo del ánodo con el acero de refuerzo incrustado en el hormigón.

Los productos de oxidación pueden depositarse sobre la superficie del metal sacrificial del ánodo a medida que se corroe. Si estos productos de la corrosión no son retirados, impedirán la reacción electroquímica mediante el bloqueo del flujo de iones a través del electrolito, lo que es conocido como pasivación del ánodo. Haciendo que los productos de oxidación sean solubles, el ánodo puede continuar funcionando de acuerdo con lo previsto. La solubilidad de los productos de la corrosión es controlada por el material de revestimiento. El material de revestimiento proporciona un mecanismo para la retirada de la superficie de los productos de la corrosión de los metales sacrificial del cuerpo del ánodo, así como mediante la provisión de un trayecto iónico para que los iones fluyan desde el refuerzo de acero (el cátodo) hacia el ánodo metálico sacrificial corrosivo.

Mecanismos conocidos que deben ser utilizados en los materiales de revestimiento para la eliminación de los productos de la corrosión / oxidación de los metales sacrificial incluyen la activación del pH, el uso de sales catalizadoras combinadas con humectantes y delicuescentes y quelación con polielectrolitos.

De acuerdo con determinadas formas de realización, un material de revestimiento puede comprender, por ejemplo, un mortero poroso. Como alternativa un material de revestimiento puede comprender un material comprimible,

iónicamente conductor, en el que la matriz es suficientemente comprimible para absorber los productos de la corrosión del ánodo metálico sacrificial. El material de revestimiento puede ser una sustancia de activación apropiada, por ejemplo, por medio de Haluros, quelación, o pH y de una porosidad suficiente para permitir la absorción de los productos de la corrosión, impidiendo así o reduciendo la pasivación.

- 5 En otras formas de realización, el material de revestimiento puede incluir materiales humectantes, delucoscentes y / o higroscópicos para absorber una humedad suficiente para mantener la conductividad alrededor del ánodo para asegurar que se mantenga la suficiente salida de corriente durante la vida útil del ánodo y para mantener la superficie de contacto entre el ánodo y el cátodo (refuerzo de acero) electromecánicamente activa.

10 De acuerdo con determinadas formas de realización ilustrativas, un material de revestimiento apropiado del cuerpo de ánodo galvánica comprende una mezcla de aproximadamente un 75% de yeso, aproximadamente un 20% de arcilla bentonítica y aproximadamente un 5% de sulfato de sodio. Este material de revestimiento proporciona un entorno uniforme que reduce el autoconsumo del ánodo. Sin adscripción a ninguna teoría concreta, se considera que el sulfato activa el metal de cinc del cuerpo del ánodo y la arcilla bentonítica actúa como humectante.

15 En otras formas de realización ilustrativas, se provee un ensamblaje o cuerpo del ánodo de acción doble en el que un metal sacrificial electroquímicamente activo puede establecer una actividad inicial elevada para crear un entorno alcalino sin cloruro alrededor del acero de refuerzo fijado. Esta etapa inicial de alta actividad puede ir seguida por una protección a largo plazo utilizando el metal sacrificial electroquímicamente menos activo después del consumo o pasivación del primer material sacrificial más electroquímicamente activo.

20 En otras formas de realización, un primer metal sacrificial puede ser fijado a un metal sacrificial menos electroquímicamente activo. El primer metal sacrificial, más electroquímicamente activo, puede incorporar una corriente galvánica inicialmente más alta para iniciar la reacción anódica. El segundo metal sacrificial menos electroquímicamente activo puede proporcionar una corriente suficiente para proteger adecuadamente el acero de refuerzo a lo largo de un periodo más prolongado de tiempo. El ensamblaje del ánodo de la presente divulgación puede comprender combinaciones de metales sacrificatorios como por ejemplo magnesio, cinc, aluminio, aleaciones de estos, y similares.

25 En otras formas de realización adicionales, el primer metal sacrificial puede comprender magnesio. La porción de magnesio del cuerpo del ánodo reacciona rápidamente provocando una intensidad de polarización inicial y crea un entorno alcalino alrededor del acero. Esta polarización inicial fuerza la dispersión lejos del acero de los iones de cloruro. Cuando la porción de magnesio del cuerpo del ánodo se consume o de cualquier otra forma se gasta, el segundo metal sacrificial, por ejemplo cinc, opera para mantener el estado pasivo del acero de refuerzo. El sistema puede alcanzar las ventajas de los sistemas de corriente de entrada sin complejos cableados, baterías u otras fuentes de alimentación externas.

30 De acuerdo con la invención, el cuerpo del ánodo incluye un primer metal sacrificial y un segundo metal sacrificial, donde tanto el primero como el segundo metales sacrificatorios son más electroquímicamente activos que el refuerzo de acero incrustado en la estructura de hormigón. El primer metal sacrificial es más electroquímicamente activo en comparación con el segundo metal sacrificial. El primer metal o aleación de metal más electroquímicamente activo (por ejemplo, magnesio) está situado entre el segundo metal electroquímicamente activo (por ejemplo, cinc) o aleación de metal y el refuerzo de acero. Con arreglo a esta construcción, la acumulación del producto de la oxidación a partir del primer metal más electroquímicamente activo (si no es absorbido o soluble) puede potenciar en mayor medida la distribución de la carga de la corrosión del segundo metal menos electroquímicamente activo aislando en mayor medida el trayecto de conducción directa del segundo metal hacia el trayecto iónico de acero de manera similar a la capa o separador aislante. Así, los productos de oxidación del magnesio pueden tender a incrementar la efectividad global del separador aislante. Los productos expansivos a partir de la oxidación del magnesio también pueden ser aliviados entre el acero de refuerzo y el ánodo dentro del adhesivo comprimible del separador aislante mejor que generar unas fuerzas expansivas que podrían traducirse en el agrietamiento del mortero de reparación circundante o de la estructura de hormigón.

35 De acuerdo con determinadas formas de realización, el ensamblaje del ánodo puede comprender un primer metal sacrificial perforado, sustancialmente plano, que esté enrollado dentro de un cilindro o sección de un cilindro, y un segundo metal sacrificial perforado, sustancialmente plano, puede estar conformado de manera similar y ser fijado al primer metal. Un metal sacrificial perforado aumenta el área de superficie del material del ánodo incrementando con ello la eficiencia del ánodo. En otras formas de realización, el primero y / o el segundo metales sacrificatorios pueden comprender una masa maciza.

40 En otras formas de realización ilustrativas, el ensamblaje del ánodo puede comprender una disposición que quede fácilmente situada para reforzar acero de varios tamaños. Un lado del cuerpo del ánodo puede incluir una oquedad longitudinal, por ejemplo, una sección transversal con forma genérica de C. Esta forma se adapta perfectamente a los diversos diámetros y curvaturas de las barras de refuerzo lo que se traduce en un montaje firme y repetible del cuerpo del ánodo sobre el acero. En otras formas de realización, el ensamblaje del ánodo puede comprender otras secciones transversales, por ejemplo en sección transversal con forma de U, con forma V, rectangular o semicircular.

De acuerdo con determinados aspectos de la presente divulgación, las primera y segunda áreas de superficie del ánodo son eficaces para descargar una corriente bastante para proteger la estructura y el peso del ánodo es suficiente para durar a lo largo de la vida útil deseada cuando al descargar la corriente. El sistema de ánodo galvánico de la presente divulgación es autorregulador en base a la actividad de corrosión incipiente del acero adyacente fijado. Los productos de la corrosión procedentes de los primero y / o segundo metales sacrificatorios pueden también actuar como separador del trayecto eléctrico o iónico para optimizar la distribución de las cargas alrededor del ánodo.

El índice de corrosión depende de la temperatura, la humedad, el entorno iónico y la conductividad con independencia de si se trata de la corrosión del acero de refuerzo o de un ánodo sacrificatorio. El material del ánodo sacrificatorio se puede escoger para corroer, de modo preferente en comparación con el acero para proporcionar una carga catódica protectora sobre el acero. Cuando las condiciones de la corrosión resulten más favorables, el índice de corrosión del ánodo aumenta, consiguiendo una protección contra la corrosión proporcionalmente incrementada sobre el acero. En esta reacción química competitiva, la reacción preferente puede impedir que la segunda tenga lugar mediante una carga eléctrica inducida.

De acuerdo con la invención, el cuerpo del ánodo sacrificatorio incluye un separador adhesivo aislante para que sea fijado al acero de refuerzo. En otras formas de realización, el separador puede comprender un separador polimérico. En otras formas de realización adicionales, un separador puede comprender un separador polimérico adhesivo aislante, por ejemplo y sin limitación, una cinta sensible a la presión por ambos lados, en calafateo hule butilo, masillas de silicio, adhesivo moldeable, o similares. La cinta con adhesivo por los dos lados es cualquier cinta sensible a la presión que esté revestida con adhesivo por ambos lados. El separador adhesivo aislante puede facilitar el posicionamiento del ánodo mientras los conectores eléctricos alargados (por ejemplo, alambres metálicos de atado) son fijados al refuerzo de acero. El separador adhesivo aislante puede ser capaz de ofrecer tanto un aislamiento eléctrico como iónico y puede también actuar como separador del trayecto eléctrico o iónico para optimizar la distribución de las cargas alrededor del ánodo. En otras formas de realización, el separador puede comprender una cinta de espuma con adhesivo por ambos lados. La cinta de espuma puede proporcionar la absorción de productos contra la corrosión, por ejemplo formando rápidamente productos contra la corrosión a partir de la corrosión del magnesio. Así mismo, el adhesivo puede no ligar si el acero de refuerzo no está satisfactoriamente limpio, indicativo de que puede necesitarse una limpieza adicional del acero.

La íntima proximidad del ánodo con respecto a un miembro de refuerzo de acero puede incrementar la actividad galvánica (y por tanto una protección "sobrepotencial") en la proximidad inmediata del ánodo sacrificatorio a expensas de la actividad y la protección aplicada a partes más distantes del refuerzo de acero. Una barrera no conductora puede impedir que una gran cantidad de corriente "descargue" directamente en el acero de refuerzo situado directamente adyacente con respecto a un dispositivo de protección catódica. Dicha descarga no es deseable porque reduce la cantidad de corriente que fluye hacia el acero de refuerzo, por ejemplo, por fuera de un parche de reparación, donde se necesita sustancialmente impedir la corrosión en curso. La descarga de corriente sobre al acero adyacente puede también provocar un flujo de corriente total mayor reduciendo de manera innecesaria la vida útil efectiva del ánodo.

Un ánodo puede también pasivar en servicio debido a la actividad incrementada causante de los productos de oxidación para depositarse más rápido que de los que puede transportar lejos, por ejemplo, los mecanismos de absorción, disolución y quelación. La separación del ánodo respecto del acero puede reducir la intensidad de la corriente protectora y reducir la tendencia del ánodo a pasivar.

De acuerdo con determinadas formas de realización, una barrera no conductora situada, por ejemplo, entre el ánodo y el acero de refuerzo, puede reducir el flujo de la corriente de piso sobre las áreas adyacentes del acero y facilitar unas áreas de corriente más elevadas en emplazamientos alejados del punto de montaje del ensamblaje del ánodo. Esto puede proporcionar un ensamblaje del ánodo que ofrezca una mayor eficiencia global.

En determinadas formas de realización, un separador aislante u otra barrera no conductora puede extenderse hasta una distancia más allá del área de contacto del ánodo / acero, por ejemplo, hasta unos pocos centímetros. El ánodo puede quedar situado dentro de la proximidad protectora catódica del acero de refuerzo y puede separarse del acero, por ejemplo, hasta una distancia más alejada que permita que el ánodo proteja de manera satisfactoria al acero al cual está fijado. La eficiencia del ánodo se puede incrementar en distancias largas posibilitando con ello una mayor separación entre múltiples ánodos para la protección catódica para una estructura que utilice menos ánodos.

Aspectos de la presente divulgación son aplicables a reparaciones en las que una sección del hormigón existente es excavada para dejar al descubierto el refuerzo de acero y a disposiciones que incluyan el ensamblaje del ánodo galvánico y un parche de separación discreto.

En determinadas formas de realización, el ensamblaje del ánodo está incrustado en el hormigón y su instalación es compatible con las prácticas de construcción normales implicadas en la rehabilitación del hormigón. Estos procedimientos pueden incluir la excavación del hormigón dañado descendiendo hasta una profundidad ligeramente por debajo del refuerzo de acero, la fijación del ensamblaje del ánodo al refuerzo de acero y el relleno del área de hormigón excavada con una incrustación o un mortero de reparación apropiados.

Muchos ánodos galvánicos conocidos ocupan una cantidad inadecuada de espacio en configuraciones de reparación del hormigón. De acuerdo con determinadas formas de realización ilustrativas, el sistema de ánodos sacrificatorios de la presente divulgación está conformado para adaptarse a una pieza corta de acero de refuerzo y puede estar situado inmediatamente en posición adyacente al acero de refuerzo. Esta configuración optimiza la separación conseguida en áreas de reparación congestionadas y permite una reparación del hormigón de menor tamaño y menos costosa.

De acuerdo con otras formas de realización ilustrativas, un procedimiento para la reducción de la corrosión del refuerzo de acero en una estructura de hormigón, comprende la provisión de un ensamblaje de ánodos sacrificatorios de doble acción de al menos dos metales sacrificatorios de materiales diferentes cada uno más electroquímicamente negativo que el acero. El ánodo puede estar, al menos parcialmente, cubierto dentro de un material de revestimiento. Los conductores eléctricos alargados, los cables de atado, están conectados al cuerpo del ánodo y emanan del material de revestimiento. El ensamblaje del ánodo de acción doble puede ser insertado dentro de un agujero formado en una estructura de hormigón. Un separador polimérico adhesivo, por ejemplo y sin limitación, una cinta sensible a la presión por los dos lados, está situado entre el material de revestimiento del ensamblaje del ánodo y la superficie del refuerzo de acero. El ensamblaje del ánodo queda fijado en posición mediante el enrollamiento de los conductores eléctricos alargados alrededor del refuerzo de acero.

El ensamblaje del ánodo fijado puede ser rellenado con un material apropiado de baja resistividad como por ejemplo determinados morteros de reparación cementosos, a menudo designados en la técnica como morteros de incrustamiento. Como alternativa, se puede utilizar un mortero de baja resistividad para encapsular el ensamblaje de ánodo fijado y, a continuación, incrustado dentro de un material de reparación de gran resistividad siempre que el mortero de incrustamiento de baja resistividad encapsule el ensamblaje de ánodo fijado y proporcione un trayecto iónicamente conductor hacia el hormigón original adyacente al área de reparación.

Como se muestra en la FIG. 1A, el sistema 100 de protección catódica puede incluir un ensamblaje del ánodo que comprenda un cuerpo 102 del ánodo que incluya un metal 106 menos sacrificatorio y un metal 104 más sacrificatorio. En determinadas formas de realización, el cuerpo 102 del ánodo puede comprender una capa de un metal 106 más sacrificatorio emparedado entre dos capas de un metal 104 menos sacrificatorio. En otras formas de realización, el cuerpo 102 del ánodo puede comprender una capa de un metal 106 menos sacrificatorio emparedada entre dos capas de un metal 104 más sacrificatorio. El cuerpo 102 del ánodo puede estar, al menos parcialmente, revestido o cubierto con un material 108 de revestimiento. Los conductores 116, 118 eléctricos alargados están conectados al cuerpo 102 del ánodo y emanan del material 108 de revestimiento. Durante su instalación, un separador 110 adhesivo aislante puede ser situado entre el cuerpo 102 del ánodo y el acero 114 de refuerzo. El separador 110 adhesivo aislante sujeta el cuerpo 102 del ánodo al acero 114 de refuerzo. El separador 110 adhesivo aislante fija el ensamblaje 102 del ánodo y mantiene en posición el ensamblaje del ánodo mientras los conductores 116, 118 eléctricos son fijados al acero 114 de refuerzo, según se muestra.

Como se muestra en la FIG. 1B, el sistema 100 de protección catódica puede incluir un ensamblaje del ánodo que comprenda un cuerpo 102 del ánodo que incluya una capa de un metal 106 menos sacrificatorio y una capa de metal 104 más sacrificatorio. En una forma de realización, el metal 104 más sacrificatorio puede situarse entre el metal 106 menos sacrificatorio y el acero 114 de refuerzo. El cuerpo 102 del ánodo puede estar al menos parcialmente revestido o cubierto con un material 108 de revestimiento. Los conductores 116, 118 eléctricos alargados están conectados al cuerpo 102 del ánodo y emanan del material 108 de revestimiento. Durante su instalación, un separador 110 adhesivo aislante puede ser situado entre el cuerpo 102 del ánodo y el acero 114 de refuerzo. El separador 110 adhesivo aislante sujeta el cuerpo 102 del ánodo al acero 114 de refuerzo. El separador 110 adhesivo aislante fija el ensamblaje 102 del ánodo y mantiene en posición el ensamblaje del ánodo mientras los conductores 116, 118 eléctricos quedan fijados al acero 114 de refuerzo, según se muestra.

Dirigiendo la atención a la FIG. 2, el procedimiento 200 de protección catódica comprende la formación de un parche 102 de reparación dentro de una estructura 204 de hormigón reforzado. El ensamblaje 102 del ánodo está fijado al metal de refuerzo con, por ejemplo, un separador 110 adhesivo y está fijado al acero 114 de refuerzo con los conductores 116, 118 eléctricos alargados.

Como se muestra en la FIG. 3A, un sistema 300 de protección catódica puede incluir un ensamblaje del ánodo que comprenda un cuerpo 302 del ánodo que incluya un metal 306 menos sacrificatorio y un metal 204 más sacrificatorio. El metal 306 menos sacrificatorio puede parcialmente rodear el metal 304 más sacrificatorio. El cuerpo 302 del ánodo puede comprender una forma sustancialmente cilíndrica que incorpora, por ejemplo, una oquedad con forma de C, con forma de V o con forma U que se extienda esencialmente a lo largo de la extensión de un lado del cuerpo del ánodo. El cuerpo 302 del ánodo puede estar al menos parcialmente revestido o cubierto con un material 308 de revestimiento. Durante la instalación, el cuerpo del ánodo puede quedar situado dentro de la proximidad protectora catódica del acero 314 de refuerzo y un separador 310 adhesivo puede estar situado entre el ensamblaje 302 del ánodo y el acero 314 de refuerzo. El separador 310 adhesivo puede sujetar el ensamblaje 302 del ánodo al acero 314 de refuerzo y mantener en posición el ensamblaje del ánodo.

Dirigiendo ahora la atención a la FIG. 3B, un sistema 300 de protección catódica ilustrativo puede incluir un ensamblaje del ánodo que comprenda un cuerpo 302 del ánodo que incluya un metal 306 menos sacrificatorio y un

- metal 304 más sacrificial. El metal 306 menos sacrificial puede parcialmente rodear el metal 304 más sacrificial. El cuerpo 302 del ánodo puede comprender una forma sustancialmente cilíndrica que presente, por ejemplo, una oquedad en forma de C, en forma de V, o en forma de U que se extienda esencialmente a lo largo de la extensión de un lado del cuerpo del ánodo. El cuerpo 302 del ánodo puede estar al menos parcialmente revestido o cubierto con un material 308 de revestimiento. En algunas formas de realización, un metal 306 menos sacrificial puede estar cubierto por un material 308 de revestimiento y un metal 304 más sacrificial puede estar situado en contacto con el material 308 de revestimiento y con un separador 310 adhesivo. En otras formas de realización, un metal menos sacrificial puede estar cubierto con un material 308 de revestimiento, un metal 304 más sacrificial puede estar situado entre la superficie exterior del material 308 de revestimiento y un separador 310 adhesivo aislante estando el separador 310 en contacto con el acero 314 de refuerzo. Durante la instalación, el cuerpo del ánodo puede estar situado dentro de la proximidad protectora catódica del acero 314 de refuerzo y un separador 310 adhesivo puede estar situado entre el ensamblaje 302 del ánodo y el acero 314 de refuerzo. El separador 310 adhesivo puede sujetar el ensamblaje 302 del ánodo al acero 314 de refuerzo y mantener en posición el ensamblaje del ánodo.
- La presente divulgación resuelve los inconvenientes del sistema de protección catódica por diferencia de potencial eléctrico en cuanto no requiere ninguna fuente de alimentación, cableado extensivo o vigilancia y resuelve los inconvenientes de los ánodos sacrificial conocidos de la baja corriente y de la extensión de la reducción de la vida útil. El uso de dos metales sacrificial permite tanto una corriente mayor de la polarización inicial del acero de refuerzo como, a continuación, como también una corriente más baja de larga duración para mantener la protección catódica. La polarización inicial del acero de refuerzo por el metal más activo tiende a eliminar los iones de cloruro y restaurar la alcalinidad en las inmediaciones del acero de refuerzo protegido. El segundo metal sacrificial simplemente necesita entonces mantener estas condiciones pasivas proporcionan con ello una protección galvánica de doble acción.
- Aunque se han descrito el sistema y procedimiento de protección catódica, del ensamblaje del ánodo, en conexión con diversas formas de realización ilustrativas, se debe entender que pueden llevarse a la práctica otras formas de realización similares o pueden efectuarse modificaciones y adiciones a las formas de realización descritas para desempeñar la misma función divulgada en la presente memoria sin desviarse de aquellas. Las formas de realización descritas anteriormente no son necesariamente una alternativas, en cuanto varias formas de realización se pueden combinar para obtener las características deseadas. Por tanto, el sistema y el procedimiento de protección catódica no debe quedar limitado a cualquier forma de realización concreta sino que, por el contrario, debe considerarse de acuerdo con el ámbito y el alcance de acuerdo con la relación de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un cuerpo de ánodo sacrificial que comprende:
- un primer metal sacrificial;
 - 5 un segundo metal sacrificial, siendo dicho segundo metal sacrificial menos electroquímicamente activo que dicho primer metal sacrificial, en el que dicho primer metal sacrificial y dicho segundo metal sacrificial son más electroquímicamente activos que el acero;
 - un material de revestimiento que rodea dichos primero y segundo metales sacrificatorios y que comprende un mortero poroso;
 - 10 un separador adhesivo aislante situado en contacto con dicho material de revestimiento de dicho cuerpo del ánodo; y
 - al menos un conductor eléctrico alargado conectado eléctricamente a dicho cuerpo del ánodo y que emana de dicho material de revestimiento.
- 2.- El cuerpo del ánodo sacrificial de la reivindicación 1, en el que dicho cuerpo del ánodo comprende una capa de dicho primer metal sacrificial emparedada entre dos capas de dicho segundo metal sacrificial.
- 15 3.- El cuerpo del ánodo sacrificial de la reivindicación 1, en el que dicho primer metal sacrificial comprende magnesio o una aleación de magnesio.
- 4.- El cuerpo del ánodo sacrificial de la reivindicación 1, en el que dicho segundo metal sacrificial comprende cinc o una aleación de cinc.
- 20 5.- El cuerpo del ánodo sacrificial de la reivindicación 1, en el que dicho primer metal sacrificial comprende magnesio o una aleación de magnesio y dicho segundo metal sacrificial comprende cinc o una aleación de cinc.
- 6.- El cuerpo del ánodo sacrificial de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho cuerpo del ánodo comprende una forma sustancialmente cilíndrica que presenta una oquedad en forma de C que se extiende esencialmente a lo largo de la extensión de un lado del cuerpo del ánodo.
- 25 7.- El cuerpo del ánodo sacrificial de la reivindicación 6, en el que dicho primer metal sacrificial está al menos parcialmente rodeado por dicho segundo metal sacrificial.
- 8.- El cuerpo del ánodo sacrificial de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que cada uno de dichos primero y segundo materiales sacrificatorios son metales sacrificatorios perforados, sustancialmente planos.
- 9.- El cuerpo del ánodo sacrificial de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho primer metal sacrificial comprende una masa maciza y dicho segundo metal sacrificial es un metal sacrificial, perforado, sustancialmente plano.
- 30 10.- El cuerpo del ánodo sacrificial de la reivindicación 1, en el que el separador adhesivo aislante está situado entre y en contacto con dicho refuerzo de acero y dicho material de revestimiento de dicho cuerpo del ánodo.
- 35 11.- Un procedimiento para reducir la corrosión del refuerzo del acero en una estructura de hormigón que comprende: la conexión eléctrica de un cuerpo del ánodo sacrificial de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 con el refuerzo de acero en una estructura de hormigón reforzado con acero.
- 12.- El procedimiento para reducir la corrosión del refuerzo del acero en una estructura de hormigón de la reivindicación 11, que comprende además:
- 40 la inserción de dicho cuerpo del ánodo dentro de un agujero formado en dicha estructura de hormigón.
- 13.- El procedimiento para reducir la corrosión del refuerzo de acero en una estructura de hormigón de la reivindicación 12, que comprende además: el posicionamiento de dicho cuerpo del ánodo sacrificial en contacto con dicho refuerzo de acero.
- 45 14.- El procedimiento para reducir la corrosión del refuerzo de acero en una estructura de hormigón de la reivindicación 13, que comprende además:

el posicionamiento de un separador adhesivo sensible a la presión en contacto con y entre dicho cuerpo del ánodo sacrificial y dicho refuerzo de acero.

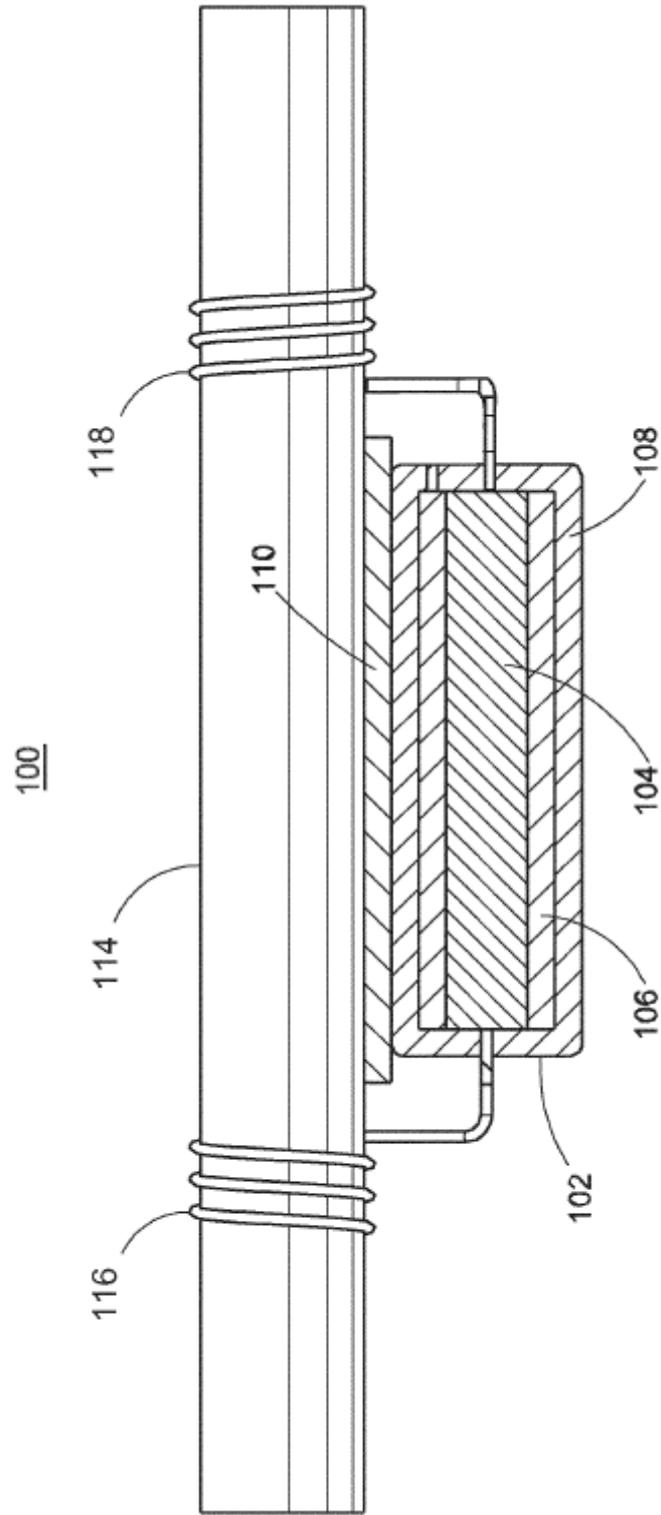


FIG. 1A

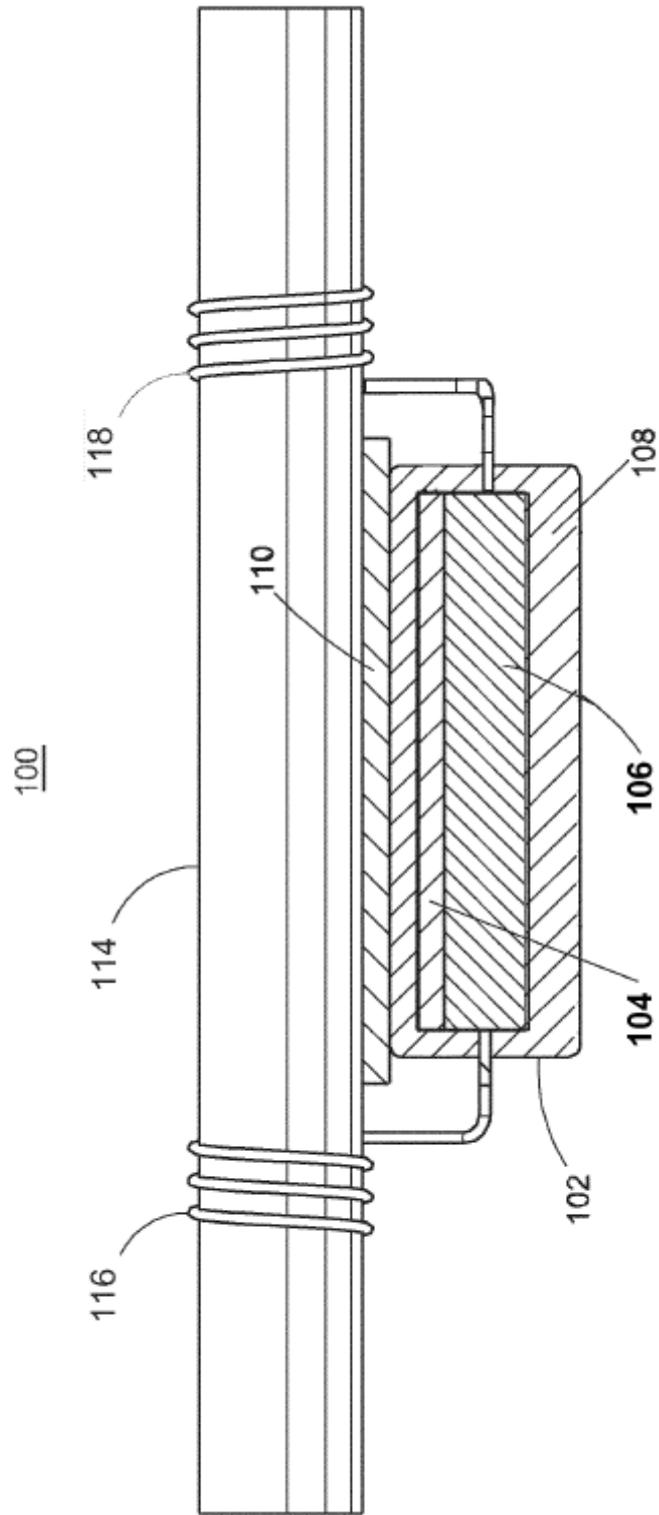


FIG. 1B

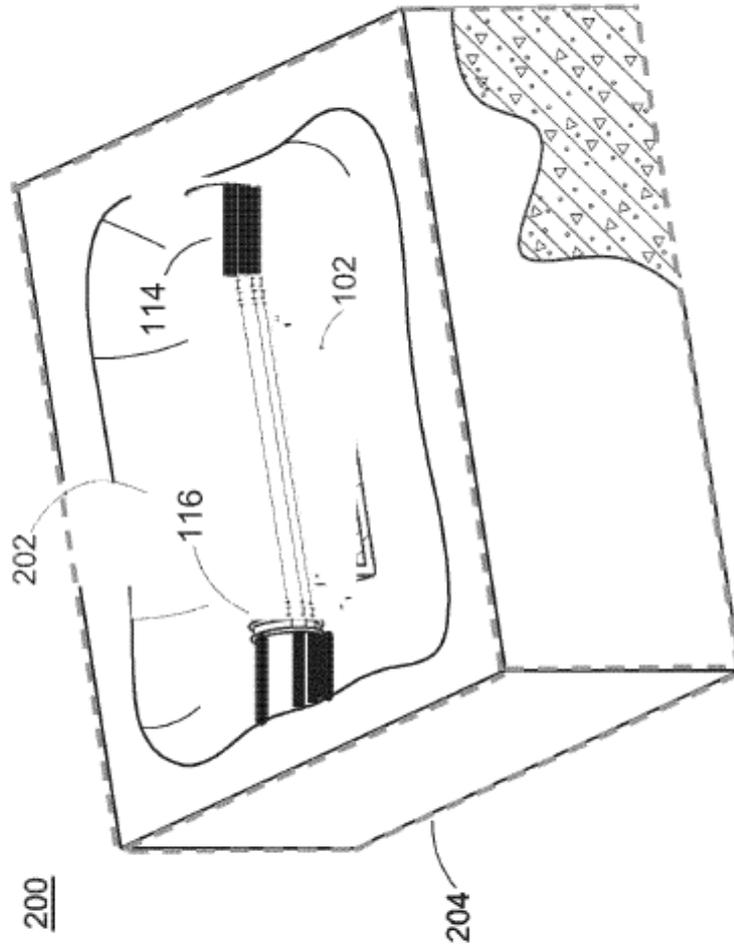


FIG. 2

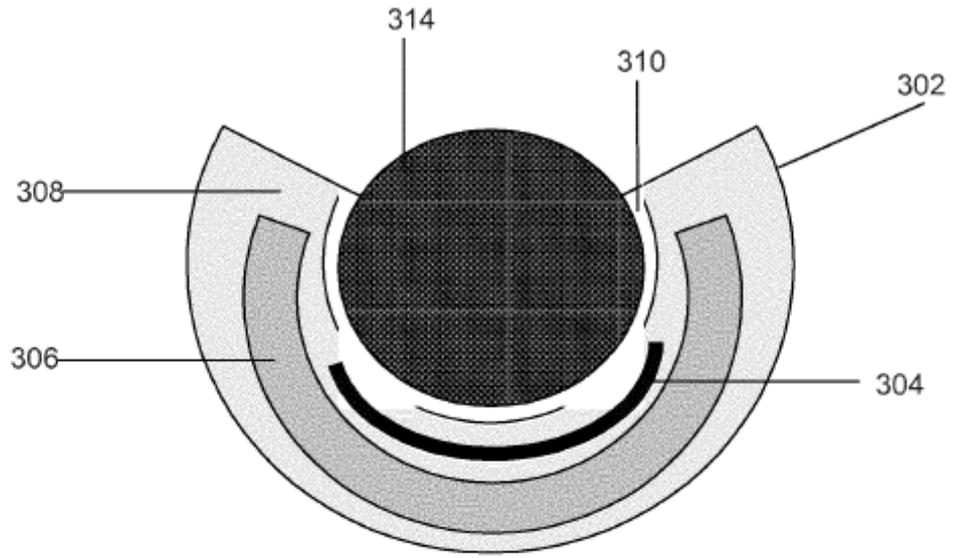


FIG. 3A

300

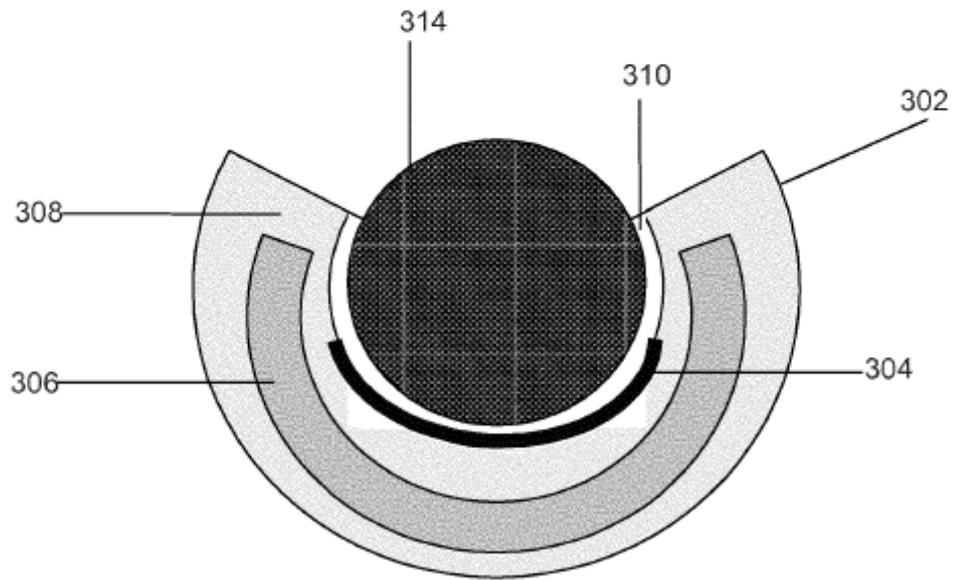


FIG. 3B