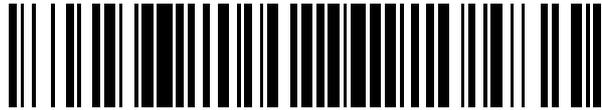


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 238**

51 Int. Cl.:

**C09D 5/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2011 E 11776972 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2015 EP 2627716**

54 Título: **Composiciones de revestimiento con propiedades anticorrosivas**

30 Prioridad:

**15.10.2010 US 905999**

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

**21.09.2015**

73 Titular/es:

**BUNGE AMORPHIC SOLUTIONS LLC (50.0%)**  
**50 Main Street, 7th Floor**  
**White Plains, NY 10606, US y**  
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**(50.0%)**

72 Inventor/es:

**FOSCANTE, RAYMOND E.;**  
**GALEMBECK, FERNANDO y**  
**BRAGA, MELISSA**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 546 238 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**

Composiciones de revestimiento con propiedades anticorrosivas

## 5 Campo de la invención

Esta invención se refiere a composiciones de revestimiento que tienen propiedades anticorrosivas y, más específicamente, a composiciones de revestimiento formuladas en particular para que incluyan un pigmento que inhibe la corrosión de fosfato de aluminio amorfo y a métodos para su preparación.

10

## Antecedentes de la invención

Las composiciones de revestimiento formuladas para que incluyan uno o más materiales para proporcionar propiedades anticorrosivas, usadas para la formación de una capa de película sobre la superficie de sustratos metálicos, son conocidas en la técnica. Dichas composiciones de revestimiento utilizan materiales conocidos por proporcionar cierto grado de protección frente a la corrosión mediante alguno de tres mecanismos diferentes.

Un primer mecanismo de control de la corrosión en composiciones de revestimiento es el que proporciona una formulación en la que una composición aglutinante, que confiere a la película curada resultante un alto grado de resistencia a la humedad y a la difusión de agua, se combina con un pigmento o componente sólido que mejora las propiedades de barrera de la composición de película, proporcionando así una barrera física para todo el agua que pase hacia la película de revestimiento curada y proteger de la corrosión a la superficie del sustrato metálico revestido subyacente. Los materiales de pigmento o componentes sólidos útiles en este aspecto incluyen aluminio, óxido de hierro, mica, talco, silicato de calcio, y sulfato de bario en forma de partículas y/o de copos. Un segundo mecanismo de control de la corrosión en composiciones de revestimiento es el proporcionado por la colocación de un material deseado adyacente a la superficie del sustrato metálico que está seleccionado para corroerlo como ánodo sacrificador después del contacto con todo el agua y el oxígeno que pase hacia la película de revestimiento curada, corroyéndose así como ánodo para su protección catódica e impedir la corrosión del sustrato metálico subyacente. El cinc metálico es un ejemplo de material útil en este sentido, y se puede proporcionar sobre la superficie del sustrato en forma de constituyente en una composición de revestimiento o se puede proporcionar separado de ella.

Un tercer mecanismo de control de la corrosión es aquel en el que la composición de revestimiento utiliza un material que inhibe la corrosión, por ejemplo, un pigmento que inhibe la corrosión, en el que dicho material, tras entrar en contacto con agua y oxígeno, libera un material que se difunde hacia la superficie del sustrato y se adsorbe sobre el sustrato para formar una capa impermeable o forma un producto de reacción con la superficie del sustrato metálico, impidiendo así que reaccione con el agua, el oxígeno, y otros materiales corrosivos. Esto funciona para pasivar la superficie del sustrato y protegerla de este modo de la corrosión. Los materiales que se sabe que son útiles en este sentido incluyen fosfomolibdato de calcio y cinc, trifosfato de aluminio, fosfato de cinc, fosfato de cinc-hierro, fosfosilicato de estroncio y cinc, fosfosilicato de calcio, fosfato de cinc y aluminio, materiales que contienen plomo, y materiales que contienen cromato.

Aunque las composiciones de revestimiento anticorrosivas conocidas en la técnica proporcionan cierto grado de protección frente a la corrosión no deseada, dichas composiciones de revestimiento conocidas pueden depender del uso o de materiales que presentan riesgos/peligros para el medio ambiente y/o la salud o riesgos de seguridad para las personas y, por estas razones, el uso de dichas composiciones de revestimiento se ha restringido o prohibido por completo, o está en proceso. Además, dichas composiciones de revestimiento conocidas, a pesar de que proporcionan cierto grado de protección frente a la corrosión, son incapaces de proporcionar un nivel de control de la corrosión deseado o necesario que sea suficiente para cumplir con las demandas de ciertas aplicaciones de uso final.

Por tanto, se desea que una composición de revestimiento anticorrosiva se formule de manera que proporcione un grado deseado de control/resistencia a la corrosión sin el uso de materiales regulados o conocidos de otro modo por suponer un riesgo/peligro para el medio ambiente y/o la salud o problemas de seguridad para las personas. Se desea que dichas composiciones de revestimiento anticorrosivas se formulen de manera que proporcionen un grado de resistencia a la corrosión deseado y mejorado cuando se compara con composiciones de revestimiento conocidas, cumpliendo así con las necesidades de ciertas aplicaciones de uso final. Además se desea que dicha composición de revestimiento anticorrosiva se formule a partir de materiales disponibles fácilmente, y/o se prepare de acuerdo con un proceso que facilite la preparación de la composición de revestimiento de manera que no

requiera el uso de equipos exóticos, sea excesivamente laborioso, y que sea económicamente viable.

#### Sumario de la invención

5 Las composiciones de revestimiento anticorrosivas preparadas de acuerdo con los principios de la invención comprenden un polímero aglutinante y fosfato de aluminio disperso dentro del polímero aglutinante. El polímero aglutinante se puede seleccionar del grupo que incluye poliuretanos, poliésteres, epoxis a base de disolventes, epoxis sin disolventes, epoxis de base acuosa, copolímeros epoxis, acrílicos, copolímeros acrílicos, siliconas, copolímeros de silicona, polisiloxanos, copolímeros de polisiloxano, compuestos alquídicos y sus combinaciones. El

10 fosfato de aluminio comprende fosfato de aluminio amorfo. En una realización preferida, el fosfato de aluminio es ortofosfato de aluminio amorfo en el momento en el que se aplica la composición de revestimiento a una superficie de un sustrato metálico. La composición de revestimiento comprende en el intervalo del 1 al 25 % en peso aproximadamente de fosfato de aluminio.

15 En una realización ejemplar, el fosfato de aluminio amorfo es hidroxilo fosfato de aluminio amorfo que comprende grupos funcionales hidroxilo unidos al átomo de aluminio y/o al átomo del fosfato. Además, la composición de revestimiento tiene un sistema químico por el que los grupos funcionales hidroxilo del hidroxilo fosfato de aluminio amorfo están unidos a grupos funcionales en el polímero aglutinante. En una realización ejemplar, el fosfato de aluminio amorfo tiene una estructura química que comprende un esqueleto polimérico, en el que el fosfato de

20 aluminio amorfo incluye un anión fosfato tanto dentro como fuera del esqueleto polimérico. Además, el fosfato de aluminio amorfo tiene un potencial de adsorción de agua de hasta el 25 % en peso de agua aproximadamente.

En una realización ejemplar, la composición de revestimiento proporciona una administración controlada del fosfato, por ejemplo, de aniones fosfato, en el intervalo de 50 a 500 ppm aproximadamente, y preferentemente en el

25 intervalo de 100 a 200 ppm aproximadamente. En una realización ejemplar, la composición de revestimiento tiene un contenido total de solubles inferior a 1500 ppm aproximadamente, inferior a 800 ppm, preferentemente inferior a 400 ppm aproximadamente, y más preferentemente de 100 a 250 ppm aproximadamente. El fosfato de aluminio amorfo preferentemente carece esencialmente de metales alcalinos.

30 Las composiciones de revestimiento anticorrosivas se forman combinando materiales de partida que comprenden una fuente de aluminio con una fuente de fósforo y una solución alcalina y haciendo reaccionar los materiales de partida combinados para formar una solución que comprende un precipitado de fosfato de aluminio amorfo. La fuente de aluminio puede estar seleccionada del grupo que incluye aluminato sódico, hidróxido de aluminio, sulfato de aluminio, y sus combinaciones, y la fuente de fósforo puede ser ácido fosfórico o una sal de fosfato. La etapa de

35 combinación puede comprender la mezcla en primer lugar de hidróxido de aluminio con ácido fosfórico para formar un fosfato de aluminio ácido, y a continuación la combinación del fosfato de aluminio ácido con aluminato sódico para formar el fosfato de aluminio amorfo. Antes de la etapa de combinación del aluminato sódico, el fosfato de aluminio ácido tiene una relación molar de P:Al superior a después de que se le añada aluminato sódico.

40 En una realización ejemplar, el fosfato de aluminio amorfo se trata para reducir los solubles no deseados al nivel indicado anteriormente. La etapa de tratamiento puede comprender la puesta en contacto del precipitado de fosfato de aluminio amorfo con un metal alcalino-térreo seleccionado para sustituir un ion diana en el fosfato de aluminio amorfo. En una realización ejemplar, el ion diana es un metal alcalino, por ejemplo, sodio, y el metal alcalino-térreo comprende un compuesto de calcio, por ejemplo, hidróxido de calcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Después de la etapa de tratamiento,

45 el precipitado carece esencialmente de metales alcalinos.

El fosfato de aluminio amorfo tratado se seca a una temperatura inferior a 300 °C aproximadamente, en el que el precipitado seco comprende ortofosfato de aluminio amorfo. El ortofosfato de aluminio amorfo se mezcla con un polímero aglutinante para formar la composición de revestimiento anticorrosiva.

50 Dichas composiciones de revestimiento anticorrosivas se pueden usar como revestimiento de cubierta de imprimación, cubierta media y/o cubierta superior dependiendo de la formación particular y/o de la aplicación de uso final. La composición de revestimiento anticorrosiva se puede aplicar a un sustrato metálico y se deja secar para formar la película completamente curada. En el caso de que el polímero aglutinante sea a base de disolvente, el

55 fosfato de aluminio amorfo en la película curada controla la corrosión del sustrato subyacente mediante adsorción y/o absorción del agua que penetra en la película y el suministro de un anión fosfato pasivante.

Las composiciones de revestimiento anticorrosivas como las desveladas en este documento se formulan de manera que proporcionen un grado de control/resistencia a la corrosión deseado sin el uso de materiales regulados o

conocidos de otra forma por presentar un riesgo/peligro para el medio ambiente y/o la salud y problemas de seguridad para las personas. Además, dichas composiciones de revestimiento anticorrosivas se formulan de manera que proporcionen un grado de resistencia a la corrosión deseado y mejorado, cuando se compara con composiciones de revestimiento conocidas, cumpliendo así con las necesidades de ciertas aplicaciones de uso final.

- 5 Dichas composiciones de revestimiento anticorrosivas se formulan a partir de materiales fácilmente disponibles, y se preparan mediante procesos que facilitan la preparación de manera que no requiera el uso de equipos exóticos, sea excesivamente laborioso, y que sea económicamente viable.

#### Descripción detallada

10

En este documento se desvelan composiciones de revestimiento anticorrosivas, y los métodos para su preparación. Dichas composiciones de revestimiento anticorrosivas se formulan para que incluyan una cantidad deseada de un pigmento que inhibe la corrosión de fosfato de aluminio amorfo que se ha diseñado especialmente para proporcionar características combinadas deseadas de liberación/administración controlada de una cantidad óptima de anión pasivante, por ejemplo, anión fosfato, para inhibir la corrosión, y una cantidad controlada de solubles totales. Juntas, dichas características permiten que la composición de revestimiento anticorrosiva proporcione un grado de resistencia a la corrosión mejorado a una superficie de un sustrato metálico subyacente sin comprometer la integridad y su estabilidad de la película y del material compuesto, ofreciendo así dicha mejora en la resistencia a la corrosión durante una vida útil prolongada cuando se compara con composiciones de revestimiento anticorrosivas convencionales. Los fosfatos de aluminio amorfos usados en estas composiciones de revestimiento anticorrosivas también están especialmente diseñados para que tengan un alto nivel de compatibilidad con una variedad de polímeros aglutinantes o sistemas poliméricos aglutinantes diferentes útiles para formar dicha composición de revestimiento, con lo que proporcionan un alto grado de flexibilidad y selección en la formación de la composición de revestimiento anticorrosiva para que cumpla con las necesidades y condiciones de una variedad de aplicaciones de uso final en una serie de industrias de uso final diferentes.

Las composiciones de revestimiento anticorrosivas comprenden un polímero aglutinante deseado que puede estar seleccionado dependiendo de la aplicación de uso final diferente, así como de otros factores. Ejemplos de polímeros aglutinantes incluyen los usados actualmente para preparar composiciones de revestimiento anticorrosivas conocidas, y pueden estar seleccionados entre los grupos generales de polímeros a base de agua, polímeros a base de disolvente, y sus combinaciones. Polímeros a base de agua ejemplares útiles para la preparación de composiciones de revestimiento anticorrosivas incluyen acrílicos y copolímeros acrílicos, compuestos alquídicos, epoxi, poliuretano, y silicona, y polímeros de polisiloxano. Polímeros a base de disolvente y/o no acuosos ejemplares útiles para la preparación de composiciones de revestimiento anticorrosivas incluyen acrílicos y copolímeros acrílicos, epoxi, poliuretano, silicona, polisiloxano, poliéster, y compuestos alquídicos. Los polímeros aglutinantes preferidos incluyen copolímeros acrílicos, látex, compuestos alquídicos, poliuretano y polímeros epoxi.

En una realización ejemplar, las composiciones de revestimiento anticorrosivas comprenden en el intervalo del 15 al 75 % en peso aproximadamente, preferentemente en el intervalo del 20 al 60 % en peso aproximadamente, y más preferentemente en el intervalo del 20 al 35 % en peso aproximadamente del polímero aglutinante en base al peso total de la composición de revestimiento. Una composición de revestimiento anticorrosiva que comprende menos del 15 % en peso aproximadamente del polímero aglutinante puede incluir una mayor cantidad del pigmento que inhibe la corrosión de la necesaria para proporcionar un grado de resistencia a la corrosión deseado. Una composición de revestimiento anticorrosiva que comprende más del 75 % en peso del polímero aglutinante puede incluir una cantidad del pigmento que inhibe la corrosión que es insuficiente para proporcionar un grado de resistencia a la corrosión deseado. Aunque se han proporcionado ciertas cantidades del polímero aglutinante, se debe entender que la cantidad exacta del polímero aglutinante que se usa para formular las composiciones de revestimiento anticorrosivas variará dependiendo de factores tales como el tipo de polímero aglutinante usado, el tipo y/o la cantidad de pigmento inhibidor utilizado, y/o la aplicación de uso final particular, por ejemplo, el sustrato a revestir y el entorno corrosivo previsto para el sustrato.

Los pigmentos que inhiben la corrosión útiles para la preparación de composiciones de revestimiento anticorrosivas comprenden compuestos que contienen fosfato. Compuestos que contienen fosfato preferidos son los fosfatos de aluminio. Fosfatos de aluminio útiles en este sentido incluyen los fosfatos de aluminio amorfos, fosfato de aluminio cristalino, y sus combinaciones. Los fosfatos de aluminio preferidos son fosfatos de aluminio amorfos, y los fosfatos de aluminio más preferidos son los ortofosfatos de aluminio amorfos. El uso de fosfatos de aluminio amorfos se prefiere debido a que los fosfatos de aluminio amorfos han demostrado liberar una cantidad de anión fosfato, cuando el agua que se difunde entra en contacto con el pigmento en el revestimiento, suficiente para proporcionar la pasivación del sustrato metálico. Además, se ha comprobado que las composiciones de fosfato de aluminio amorfo

se pueden preparar para que tengan un contenido de material soluble suficientemente bajo de manera que los solubles no provoquen ampollamiento osmótico de una película curada cuando dicha película se pone en contacto con agua. Por consiguiente, fosfatos de aluminio amorfos como los usados en estas composiciones de revestimiento anticorrosivas están diseñados en particular tanto para proporcionar una liberación o administración controlada del anión pasivamente, por ejemplo, aniones fosfato, para inhibir la corrosión, como para tener un contenido total de solubles bajo para evitar el ampollamiento osmótico.

En una realización ejemplar, los ortofosfatos de aluminio amorfos son hidroxifosfatos de aluminio amorfos. Los hidroxifosfatos de aluminio amorfos se prefieren debido a que proporcionan unas propiedades de dispersión uniformes dentro de la composición y la dispersión permanece estable a lo largo de todo el tiempo de conservación de la formulación. El contenido de hidroxilo del hidroxifosfato de aluminio amorfo es el único grupo funcional que proporciona estabilidad a la matriz suministrando puentes de hidrógeno con grupos adecuados del polímero aglutinante de la formulación, por ejemplo, tales como grupos carboxilo, grupos amino, grupos hidroxilo, grupos ácidos y similares. Esta característica es exclusiva de los hidroxifosfatos de aluminio amorfos y no está presente en fosfatos cristalinos u otros tipos de fosfatos amorfos. Al ajustar la relación de Al-OH a Al-OP en el complejo es posible regular la liberación de componentes secundarios incorporados al material en el proceso de co-precipitación. Dichos componentes secundarios pueden incluir sales de fosfato sódico que resultan de la reacción de síntesis.

Las composiciones de revestimiento anticorrosivas se formulan para que contengan una cantidad específica de pigmento inhibidor calculada para proporcionar una cantidad suficiente de anión pasivamente cuando se encuentra en su uso final para inhibir la corrosión. En una realización ejemplar, la composición de revestimiento anticorrosiva comprende en el intervalo del 3 al 25 % aproximadamente, preferentemente en el intervalo del 5 al 15 % aproximadamente, y más preferentemente en el intervalo del 8 al 12 % en peso aproximadamente del fosfato de aluminio amorfo en base al peso total de la película seca de la composición de revestimiento. Una composición de revestimiento anticorrosiva que comprende menos del 3 % en peso aproximadamente del fosfato de aluminio amorfo puede contener una cantidad que sea insuficiente para proporcionar un grado de resistencia a la corrosión deseado. Una composición de revestimiento anticorrosiva que comprende más del 25 % en peso aproximadamente del fosfato de aluminio amorfo puede incluir una cantidad superior a la necesaria para proporcionar un grado de resistencia a la corrosión deseado, y dicha cantidad adicional puede perjudicar la estabilidad y/o integridad a largo plazo de la película de revestimiento curada. Aunque se han proporcionado ciertas cantidades del fosfato de aluminio amorfo, se debe entender que la cantidad exacta del fosfato de aluminio amorfo que se usa para formular las composiciones de revestimiento anticorrosivas variará dependiendo de factores tales como el tipo y/o cantidad de polímero aglutinante usado, y/o la aplicación de uso final particular, por ejemplo, el sustrato a recubrir y el entorno corrosivo previsto para el sustrato.

Como se ha indicado brevemente más arriba, el fosfato de aluminio amorfo está diseñado en particular para proporcionar una liberación o administración controlada de uno o más aniones pasivantes tras la entrada en contacto con agua y oxígeno, cuando la composición de revestimiento se aplica a la superficie de un sustrato metálico, se conforma en una película curada, y se pone en un entorno corrosivo. Con el tiempo, el agua/humedad migra o se difunde hacia la película de revestimiento aplicada, agua que entra en contacto con el componente fosfato que está disponible en la película. Dicho contacto con el agua promueve la liberación/administración de aniones fosfato procedentes del fosfato de aluminio amorfo de forma controlada. Estos aniones fosfato reaccionan con las especies de hierro de la superficie o de la capa de óxido del sustrato metálico subyacente para formar una película pasivante sobre y en la misma que forma una barrera que protege la superficie metálica subyacente de la corrosión. Una característica de los fosfatos de aluminio amorfos usados para preparar estas composiciones de revestimiento anticorrosivas es que están diseñados para liberar/administrar una cantidad controlada de los aniones fosfato. Específicamente, para liberar/administrar una cantidad de los aniones fosfato calculada para proporcionar un nivel óptimo de protección frente a la corrosión sin sacrificar otras propiedades de comportamiento del revestimiento de la película curada que de lo contrario puedan comprometer la vida útil efectiva de la película.

En una realización ejemplar, el fosfato de aluminio amorfo está diseñado para liberar en el intervalo de 50 a 500 ppm aproximadamente, y preferentemente de 100 a 200 ppm del anión fosfato pasivante cuando está presente en una película curada puesta en su aplicación de uso final. La cantidad de anión pasivante a administrar depende de una serie de factores diferentes tales como la carga o la cantidad del fosfato de aluminio amorfo usado para preparar la composición anticorrosiva, el tipo de polímero aglutinante usado, el tipo de sustrato metálico a proteger, y el tipo de entorno corrosivo presente en la aplicación de uso final. En una realización preferida, en la que el sustrato metálico a proteger comprende hierro y el entorno corrosivo comprende agua, oxígeno, y otras sales corrosivas, el fosfato de aluminio amorfo está diseñado para liberar 160 ppm aproximadamente de los aniones fosfato pasivantes.

Un fosfato de aluminio amorfo que tiene una liberación controlada inferior a 50 ppm aproximadamente del anión pasivante puede no proporcionar una cantidad del anión pasivante suficiente para inhibir la corrosión. Un fosfato de aluminio amorfo que tiene una liberación controlada superior a 500 ppm aproximadamente del anión pasivante, aunque proporciona un nivel suficiente para inhibir la corrosión, puede proporcionar demasiado anión pasivante, lo que puede provocar ampollamiento u otros efectos no deseados en la película curada que pueden perjudicar su integridad y estabilidad a largo plazo, posiblemente reduciendo así la vida útil efectiva del revestimiento.

Las composiciones de revestimiento anticorrosivas están diseñadas para que tengan un nivel de solubles controlado o mínimo. Como se usa en este documento, los términos "solubles" y "solubles no pasivantes" se usan indistintamente para referirse a materiales producidos habitualmente como subproducto de la preparación de fosfato de aluminio amorfo y pueden incluir metales alcalinos tales como sodio, potasio, y litio, y aniones tales como sulfatos, cloruros y nitratos, y se entiende que no incluyen los aniones pasivantes presentes en el fosfato de aluminio amorfo. En una realización preferida, la cantidad de solubles no pasivantes es cero. La cantidad máxima de solubles no pasivantes es de 250 ppm.

Se ha descubierto que la presencia de dichos solubles, si no se verifica, puede perjudicar la estabilidad y/o integridad de la composición de revestimiento anticorrosiva y/o de la película curada formada a partir de la misma, afectando así de forma perjudicial a su vida útil prevista. Por ejemplo, se ha comprobado que la presencia de dichos solubles da lugar a ampollamiento no deseado, deslaminación del sustrato, corrosión bajo la película y otros tipos de fallos no deseados en la película cuando se expone a ciertos entornos corrosivos, fallos de la película que exponen la superficie del sustrato metálico subyacente dejándolo desprotegido.

En una realización ejemplar, se desea que la composición de revestimiento anticorrosiva comprenda menos del uno por ciento aproximadamente (o menos de 10.000 ppm) de solubles totales, es decir, solubles que incluyen el anión fosfato pasivante, preferentemente menos de 1500 ppm aproximadamente de solubles totales, y más preferentemente menos de 400 ppm aproximadamente de solubles totales. En una realización ejemplar, la composición de revestimiento anticorrosiva comprende en el intervalo de 50 a 800 ppm aproximadamente de solubles totales, y preferentemente en el intervalo de 100 a 250 ppm aproximadamente de solubles totales. Las composiciones de revestimiento anticorrosivas que comprenden menos de 1500 ppm aproximadamente de solubles totales producen películas curadas que, cuando se someten a entornos corrosivos de uso final, no presentan ampollamiento u otros efectos no deseados sobre la película, actuando así para mejorar la vida útil efectiva. Por consiguiente, una característica de las composiciones de revestimiento anticorrosivas es que, además de proporcionar una liberación controlada del anión pasivante, están diseñadas en particular para que tengan una cantidad reducida de solubles totales para garantizar su vida útil prevista.

#### Métodos de preparación

En general, el fosfato de aluminio amorfo es un complejo de fosfato en el que el catión de nucleación es aluminio solo, o aluminio en combinación con otros cationes multivalentes tales como calcio, magnesio, bario y similares. El complejo de fosfato se prepara disolviendo una sal adecuada, tal como hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio, hidróxido de calcio, sulfato de aluminio y similares en ácido fosfórico en cantidades molares para conseguir la disolución completa de la sal. El complejo de fosfato se precipita en la solución ácida neutralizando con una solución alcalina o una base tal como hidróxido sódico, hidróxido de potasio, hidróxido de amonio, aluminato sódico, aluminato de potasio y similares. La composición del sólido precipitado resultante depende de la relación del metal al anión fosfato. Las propiedades del complejo precipitado, es decir, el fosfato de aluminio amorfo, dependen de los parámetros de procesamiento empleados durante la disolución de la sal en el ácido y de las condiciones de la precipitación/neutralización, que incluyen la selección del agente neutralizante, la temperatura, el orden de adición de los reactivos, la velocidad de adición de los reactivos, y el grado y duración de la agitación.

Así, los fosfatos de aluminio amorfos incluidos en las composiciones de revestimiento anticorrosivas se preparan en forma de producto de precipitación combinando materiales de partida seleccionados que incluyen una fuente de aluminio y una fuente de fósforo en condiciones específicas controladas de administración del material, temperatura, agitación, y pH. La selección sensata de los materiales de partida y de las condiciones del proceso produce fosfatos de aluminio amorfos que tienen un contenido de material y una estructura química creada de forma intencionada con el propósito de producir las propiedades combinadas diseñadas que se han indicado anteriormente de contenido deseado de anión pasivante, administración/liberación controlada del anión pasivante, y menos solubles totales deseados.

Las fuentes de aluminio útiles para formar fosfato de aluminio amorfo mediante precipitación incluyen sales de

aluminio, tal como cloruro de aluminio, nitrato de aluminio, sulfato de aluminio y similares. Las fuentes de aluminio útiles para formar fosfato de aluminio amorfo mediante precipitación también incluyen compuestos de aluminio, tal como aluminato sódico y similares, hidróxido de aluminio, o aluminio en forma metálica. Las fuentes de fósforo útiles para formar fosfato de aluminio amorfo mediante precipitación incluyen ácido fosfórico, y sales de fósforo en forma de ortofosfatos o de polifosfatos. Se usa una solución alcalina para controlar el pH o neutralizar la reacción de los ingredientes principales. En una realización ejemplar, la solución alcalina puede incluir hidróxido de amonio, hidróxido sódico, carbonato sódico, y sus combinaciones. En una realización ejemplar, se usa hidróxido sódico como solución alcalina. Las fuentes de aluminio, fuentes de fosfato, y fuentes alcalinas útiles incluyen las desveladas en las solicitudes de patente publicadas de Estados Unidos 2006/0045831 y 2008/0038556, cada una de ellas que se incorpora en su totalidad en este documento por referencia.

El fosfato de aluminio amorfo se puede preparar mediante la combinación selectiva de los materiales indicados anteriormente. A continuación se proporcionan como ejemplos los siguientes métodos de preparación seleccionados, y se debe entender que se pueden usar otros métodos de preparación distintos de los desvelados específicamente.

#### Método de preparación de sulfato de aluminio

En una realización ejemplar, se prepara fosfato de aluminio amorfo que tiene las propiedades diseñadas indicadas anteriormente combinando sulfato de aluminio, ácido fosfórico e hidróxido sódico como se desvela en la solicitud de patente publicada de Estados Unidos 2006/0045831. Las etapas del proceso usadas en este proceso ejemplar en general incluyen: la preparación de los reactivos principales, tal como una solución diluida de ácido fosfórico, una solución diluida de sulfato de aluminio, y una solución diluida de hidróxido sódico o hidróxido de amonio; la adición simultánea y controlada de los reactivos a un reactor equipado con un sistema de chapoteo para mantener la homogeneidad de la mezcla durante el proceso; y el control de la temperatura y el pH (acidez) de la mezcla y del tiempo de reacción durante la adición de los reactivos en el reactor.

Los reactivos principales en este proceso ejemplar se pueden preparar de la forma siguiente. Una fuente de fósforo es ácido fosfórico de grado fertilizante, de cualquier origen, que se ha clarificado y descolorado. Por ejemplo, un ácido fosfórico comercial que contiene el 54 % próximamente de  $P_2O_5$  se puede tratar químicamente y/o diluir con agua tratada que da lugar a una concentración del 20 % aproximadamente de  $P_2O_5$ . Otro reactivo útil para este proceso ejemplar es sulfato del aluminio comercial, que se puede obtener mediante la reacción entre alúmina (óxido de aluminio hidratado) y ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$  al 98 %), que se clarifica y se almacena a una concentración aproximada de  $Al_2O_3$  del 28 %. Para que la reacción tenga una cinética favorable, el sulfato de aluminio se diluye con agua tratada al 5,0 % aproximadamente de  $Al_2O_3$ .

La neutralización de la reacción se realiza con una solución de hidróxido sódico, que se puede adquirir comercialmente con diferentes concentraciones. Se puede adquirir una concentración del 50 % aproximadamente de NaOH y se puede diluir. Por ejemplo, en una primera fase de la reacción, en la que los reactivos iniciales se mezclan, el hidróxido sódico se puede usar a una concentración del 20 % aproximadamente de NaOH. En una segunda fase de la reacción, para afinar la acidez del producto se puede usar una solución de hidróxido sódico con el 5,0 % aproximadamente de NaOH. Como neutralizador alternativo, se puede usar hidróxido de amonio o carbonato sódico (ceniza de sosa).

En este proceso ejemplar, una reacción química produce la formación de ortofosfato de aluminio amorfo o de ortofosfatos de aluminio ( $Al_2(HPO_4)_3$  o  $Al(H_2PO_4)_3$ ). La reacción se realiza mediante la mezcla de los tres reactivos, es decir, solución de ácido fosfórico, solución de sulfato de aluminio, y solución de hidróxido sódico. Los reactivos se dosifican en un reactor, que normalmente contiene un sistema de chapoteo, durante un periodo de 30 minutos aproximadamente. Durante la adición de los reactivos al reactor, el pH de la mezcla se controla en un intervalo de 4,0 a 4,5 y a una temperatura de reacción entre 35 °C y 40 °C. La reacción se completa después de 15 minutos aproximadamente de la mezcla del reactivo. En este periodo, el pH de la mezcla se puede ajustar a 5,0, con la adición de más hidróxido sódico diluido. En este proceso ejemplar, la temperatura se mantiene preferentemente por debajo de 40 °C aproximadamente. Al final de la reacción, la suspensión formada debe contener una relación molar de P:Al de entre 0,8:1 a 1,2:1 aproximadamente.

Como se ha indicado anteriormente, una característica del fosfato de aluminio amorfo usado en este documento en la composición de revestimiento anticorrosiva es que está diseñado para que tenga un menor contenido de solubles totales. El bajo contenido de solubles totales deseados se puede conseguir durante una o más etapas de procesamiento o tratamiento diferentes. En una realización ejemplar, se usa una etapa de procesamiento de

intercambio de iones para reducir el contenido de solubles totales no deseados en el fosfato de aluminio amorfo. El proceso de intercambio de iones se puede implementar como etapa separada y posterior a la formación del precipitado, o se puede realizar durante la etapa de reacción de los reactivos principales durante la formación *in situ* del precipitado.

5

En una realización ejemplar, el proceso de intercambio iónico se realiza durante la formación *in situ* del fosfato de aluminio amorfo suministrando un material de intercambio iónico deseado en el reactor durante la combinación y/o mezcla de los reactivos principales. En una realización ejemplar, el material de intercambio iónico comprende un compuesto que incluye un metal alcalino-térreo que está destinado a sustituir o intercambiarse con un ion diana no deseado en el fosfato de aluminio amorfo. En una realización ejemplar, el fosfato de aluminio amorfo tratado de esta manera carece esencialmente de metales alcalinos.

10

Se ha descubierto que el tipo de material de intercambio iónico seleccionado, además de reducir la presencia no deseada de solubles, puede influir en la estructura química del fosfato de aluminio amorfo, estructura que puede tener un impacto en las propiedades diseñadas de administración controlada del anión pasivante. En una realización ejemplar, en la que el anión no deseado en el fosfato de aluminio amorfo es sodio, se desea que el material de intercambio iónico comprenda  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Una característica de uso de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  como material de intercambio iónico es que los iones de calcio sustituyen los iones de sodio en el fosfato de aluminio amorfo que tiene el efecto tanto de reducir la cantidad de solubles no deseados como de provocar un cambio en la estructura química del fosfato de aluminio amorfo. Específicamente, la presencia del ion calcio divalente favorece y promueve la extensión de la cadena dentro del fosfato de aluminio amorfo, extensión de la cadena que es deseable debido a que ayuda a producir un tamaño de partícula más consistente al agregar partículas más pequeñas durante el proceso de nucleación, dando lugar así a menos finos en el sólido resultante.

15

20

De manera alternativa, el proceso de intercambio iónico se realiza después de la formación del precipitado. Esto se puede realizar mientras el precipitado se encuentra como suspensión en la solución de reacción dentro o fuera del reactor, o se puede realizar después de que el precipitado se haya separado de la solución, por ejemplo, mediante un proceso de filtración o similar, o se puede realizar después de que el precipitado filtrado se haya lavado. Como se ha indicado anteriormente, en una realización preferida, se usa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  como material de intercambio iónico y el precipitado de fosfato de aluminio amorfo se pone en contacto con el material de intercambio iónico durante una etapa de procesamiento de intercambio iónico para eliminar del mismo los solubles no deseados.

30

Después de la formación del ortofosfato de aluminio amorfo, la suspensión que contiene del 6,0 % al 10,0 % de sólidos aproximadamente, con una temperatura máxima aproximada de 25 °C aproximadamente, y una densidad de 1,15 a 1,25 g/cm<sup>3</sup> aproximadamente, se procesa para su separación. En una realización ejemplar, la suspensión se bombea a una prensa de filtro convencional. En la prensa de filtro, la fase líquida (a veces denominada "licor") se separa de la fase sólida (a veces denominada "pasta"). La pasta húmeda, que contiene del 35 al 45 % de sólidos aproximadamente se mantiene en el filtro para el ciclo de lavado. El concentrado filtrado, que básicamente es una solución concentrada de sulfato sódico, se extrae del filtro y se almacena para su uso futuro. Aunque se ha desvelado el uso de una prensa de filtro como técnica de separación, se debe entender que se pueden usar otros tipos de técnicas de separación.

35

40

En una realización ejemplar, el lavado de la pasta húmeda se realiza en el propio filtro y en múltiples etapas del proceso. En un primer lavado ("lavado de desplazamiento") se elimina la mayor parte de la sustancia filtrada que contamina la pasta. La etapa de lavado se realiza usando agua tratada sobre la pasta que fluye a un caudal preseleccionado. Se puede realizar una segunda etapa de lavado, también con agua tratada, para reducir adicionalmente, o incluso eliminar, los contaminantes. Se puede usar una tercera etapa que utiliza una solución ligeramente alcalina para neutralizar la pasta y mantener su pH en el intervalo de 7,0. La pasta se puede soplar con aire comprimido durante un periodo de tiempo. Preferentemente, el contenido de sólidos del producto húmedo se encuentra entre el 35 % y el 45 % aproximadamente. Aunque se ha desvelado el uso de una técnica de lavado y una secuencia particulares, se debe entender que se pueden usar otros tipos de técnicas de lavado.

50

La dispersión de la pasta se puede procesar de tal manera que la pasta del filtro, húmeda y lavada, y que contiene el 35 % de sólidos aproximadamente, se extrae del filtro de la prensa mediante una cinta transportadora y se transfiere a un reactor/dispersor. La dispersión de la pasta se facilita con la adición de una solución diluida de tetrapirofosfato sódico.

55

Después de la etapa de dispersión, el producto se seca, cuando el "lodo" de fosfato de aluminio, con un porcentaje de sólidos de entre el 30 % y el 50 % aproximadamente, se bombea a la unidad de secado. En una realización

ejemplar, la eliminación de agua del material se puede realizar con un equipo de secado, tal como un tipo de "turbo secadora" mediante la inyección de una corriente de aire caliente, a una temperatura inferior a 300 °C aproximadamente, preferentemente a temperaturas de entre 40 y 140 °C aproximadamente, y más preferentemente a temperaturas inferiores a 130 °C aproximadamente, a través de la muestra. El contenido de agua final del producto resultante de fosfato de aluminio amorfo seco se encuentra entre el 10 % y el 20 % en peso de agua aproximadamente. Aunque se ha desvelado el uso de una técnica de secado particular, se debe entender que se pueden usar otros tipos de técnicas de secado.

#### Método de preparación de aluminato sódico

10

En otro proceso ejemplar, el fosfato de aluminio amorfo se prepara usando aluminato sódico como fuente de aluminio como se desvela en la solicitud de patente publicada de Estados Unidos 2008/0038556. En una de dichas realizaciones, el fosfato de aluminio amorfo se prepara mediante una reacción entre ácido fosfórico e hidróxido de aluminio. El proceso además puede comprender una etapa de neutralización que se puede realizar usando aluminato sódico. En ciertas realizaciones, el proceso para la preparación de un fosfato de aluminio amorfo comprende la reacción de ácido fosfórico, hidróxido de aluminio y aluminato sódico. En una realización, el proceso para la preparación de un fosfato de sodio y aluminio amorfo comprende la reacción de fosfato de aluminio y aluminato sódico.

15

20 En una realización, la reacción comprende dos etapas. En una primera etapa, el ácido fosfórico reacciona con hidróxido de aluminio para producir fosfato de aluminio a un pH ácido. En una realización, el fosfato de aluminio amorfo se produce como fosfato de aluminio soluble en agua. En ciertas realizaciones, el pH del fosfato de aluminio amorfo soluble en agua es inferior a 3,5 aproximadamente. En ciertas realizaciones, el pH es de 3, 2,5, 2, 1,5 o 1 aproximadamente. En ciertas realizaciones, el fosfato de aluminio amorfo se produce como dispersión fina sólido-líquido a un pH superior. En una realización, el pH es de 3, 4, 5 o 6 aproximadamente.

25

En una segunda etapa, la solución o dispersión ácida de fosfato de aluminio acuoso procedente de la primera etapa química se hace reaccionar con aluminato sódico. En ciertas realizaciones, se usa el aluminato sódico como solución acuosa a un pH superior a 10 aproximadamente. En una realización, el pH de la solución acuosa de aluminato sódico es de 11, 12 o 13 aproximadamente. En una realización, el pH de la solución acuosa de aluminato sódico es superior a 12 aproximadamente. El fosfato de sodio y aluminio amorfo se genera en forma de precipitado sólido. En una realización, el fosfato de sodio y aluminio sólido tiene una relación molar de P:Al de 0,85 aproximadamente, y una relación molar de Na:Al de 0,50 aproximadamente. En una realización, el fosfato de sodio y aluminio sólido tiene una relación molar de P:Al de 1 aproximadamente, y una relación molar de Na:Al de 0,76 aproximadamente. En ciertas realizaciones, mediante el mismo procedimiento se pueden obtener moléculas con otras relaciones de formulación.

30

35

En una realización, el hidróxido de aluminio sólido hidratado se añade al ácido fosfórico en la primera etapa química. En otra realización, el hidróxido de aluminio sólido hidratado se añade a la solución líquida purificada de aluminato sódico para formar una solución coloidal. En otra realización, el hidróxido de aluminio sólido hidratado se añade directamente en forma de sólido o suspensión sólido-líquido en agua en una segunda etapa de reacción. En ciertas realizaciones, la reacción se lleva a cabo en una sola etapa.

40

Los aluminatos de sodio útiles para este proceso ejemplar incluyen los que se pueden obtener por métodos conocidos por los expertos en la materia. Por ejemplo, el aluminato sódico se puede proporcionar en forma de solución como producto químico convencional que resulta de la primera etapa en el proceso de Bayer en la extracción de alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) a partir de una mena de bauxita, con frecuencia denominada "solución preñada de sodio purificado". Esta solución acuosa líquida de aluminato sódico está saturada a temperatura ambiente y estabilizada con hidróxido sódico, NaOH. Sus composiciones habituales son: aluminato sódico, del 58 al 65 % en peso (del 25 al 28 % en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e hidróxido sódico, del 3,5 a 5,5 % en peso (del 2,5 al 4 % en peso de  $\text{Na}_2\text{O}$  libre). En ciertas realizaciones, tiene una relación molar de Na:Al de entre 1,10 y 2,20 aproximadamente y bajo contenido en impurezas (dependiendo del origen de la bauxita: Fe = 40 ppm, metales pesados = 20 ppm, y pequeñas cantidades de aniones,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ). En ciertas realizaciones, la solución acuosa de aluminato sódico tiene una relación molar de Na:Al de 1,10, 1,15, 1,20, 1,25, 1,30, 1,35, 1,40, 1,45, 1,50, 1,55, 1,60, 1,65, 1,70, 1,75, 1,80, 1,85, 1,90, 1,95, 2,0, 2,05, 2,10, 2,15 o 2,2 aproximadamente. El color de la solución, en ciertas realizaciones, es ámbar. En ciertas realizaciones, la viscosidad de la solución es de 100 mPa·s aproximadamente. En ciertos aspectos, la solución de aluminato sódico se purifica mediante filtración pulida. En ciertas realizaciones, la solución de aluminato sódico se regenera a partir de hidróxido de aluminio e hidróxido sódico sólidos.

45

50

55

El hidróxido de aluminio hidratado sólido se puede obtener mediante métodos conocidos por el experto en la materia. En una realización, el hidróxido de aluminio es un compuesto químico industrial producido mediante el proceso de Bayer. El hidróxido de aluminio sólido hidratado se puede obtener a partir de la "solución preñada de aluminato sódico purificado" mediante precipitación, que se consigue enfriando la solución. En una realización, el aluminato sódico producido de esta manera tiene un bajo nivel de impurezas y una cantidad variable de humedad (70 ppm aproximadamente de cationes, 0,85 % en peso de cloratos aproximadamente y 0,60 % en peso de sulfatos aproximadamente, estas impurezas que se determinan mediante el nivel de purificación de la "solución preñada de aluminato sódico purificado") y de agua total, de hidratación o humedad, del 22,0 al 23,5 % en peso aproximadamente. En un aspecto, las dos materias primas son productos industriales primarios habituales, simplemente la primera y segunda etapa de procesamiento de la bauxita, (materias primas) producidas en grandes cantidades por los procesadores de bauxita.

En una realización, la reacción química produce la formación de fosfato de sodio y aluminio ( $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 1,7\text{H}_2\text{O}$ ). Después de la formación del fosfato de sodio y aluminio, la suspensión que contiene del 6,0 % al 10,0 % de sólidos aproximadamente, con una temperatura máxima aproximada de 45 °C, y una densidad en el intervalo de 1,15 a 1,25 g/cm<sup>3</sup>, se bombea a una presa de filtro convencional.

Al igual que el proceso ejemplar desvelado previamente, este proceso ejemplar también incluye una o más etapas de procesamiento útiles para proporcionar el bajo contenido de solubles totales deseados. En una realización ejemplar, dicha etapa del proceso comprende un proceso de intercambio iónico como se ha descrito anteriormente. Dicha etapa de intercambio iónico puede tener lugar *in situ* durante la formación del precipitado de fosfato de aluminio amorfo, o después de ella, de la misma forma que se ha indicado anteriormente para el proceso ejemplar que implica al sulfato de aluminio. En una realización ejemplar, se usa hidróxido de calcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , como material de intercambio iónico del metal alcalino-térreo preferido para reducir el contenido no deseado de solubles del fosfato de aluminio amorfo tratado, y facilitar la formación de una estructura química preferida.

La solución que contiene el precipitado de fosfato de aluminio amorfo que resulta de la reacción de los reactivos principales se puede procesar posteriormente, por ejemplo, separar, lavar y similar, como se ha desvelado anteriormente para el proceso ejemplar del sulfato de aluminio.

En una realización preferida, el fosfato de aluminio amorfo se prepara mediante el proceso de uso de aluminato sódico. Se ha descubierto que el proceso de aluminato sódico proporciona un mayor grado de control sobre las características esenciales del fosfato de aluminio amorfo que de otra forma no existirían en el proceso de sulfato de aluminio.

En dicha realización preferida, el hidroxifosfato de aluminio amorfo se prepara haciendo reaccionar una solución acuosa de P:Al 3 a 1 de fosfato de aluminio ácido con una solución acuosa de aluminato sódico ( $\text{NaOH}/\text{Al}(\text{OH})_3$ ), en la que el fosfato de aluminio ácido se prepara disolviendo hidróxido de aluminio en ácido fosfórico acuoso. El hidroxifosfato de aluminio amorfo resultante tiene una relación de P:Al de entre 0,5:1 y 1,5:1 aproximadamente, y una relación de Na:Al de entre 0,25:1 y 1:1 aproximadamente. Se desea que el hidroxifosfato de aluminio amorfo tenga una relación de P:Al en este intervalo porque esto proporciona un intervalo adecuado de morfología de las partículas y propiedades que son compatibles con las químicas de la formulación de revestimiento diámano. Además, las velocidades de liberación del fosfato para dichos sólidos en este intervalo proporcionan el nivel de pasivación deseado para prevenir la corrosión. Se desea que el hidroxifosfato de aluminio amorfo tenga una relación de Na:Al en este intervalo debido a que la solubilidad y la tasa de liberación se equilibran para proporcionar propiedades de compatibilidad de la matriz de película y pasivación.

El aluminato sódico se añade a la solución ácida de fosfato de aluminio para conseguir los siguientes dos objetivos. En primer lugar, añade más ion aluminio para conseguir la relación de P:Al diámano indicada anteriormente. En segundo lugar, la adición del ion aluminio eventualmente provoca la floculación de las partículas de hidroxifosfato de aluminio amorfo. El hidróxido sódico que se añade al hidróxido de aluminio facilita la disolución de este último, acelera la reacción con el fosfato de aluminio ácido a temperaturas inferiores, y facilita la precipitación del fosfato de aluminio al neutralizar el medio de reacción. Dependiendo de las condiciones de reacción, el sodio se puede incorporar a la estructura del hidroxifosfato de aluminio al limitar los grupos oxígeno unidos al átomo de fósforo de los grupos fosfato y combinarse con el anión fosfato en solución para formar uno de una serie de posibles compuestos solubles de fosfato sódico. Como se ha indicado anteriormente, esta limitación que se facilita por la presencia del ion sodio se puede controlar y convertir en extensión de la cadena mediante la sustitución del ion sodio con el ion calcio divalente que se proporciona durante el proceso de intercambio iónico.

Esta precipitación supone las siguientes reacciones competitivas: (1) el ion aluminio del aluminato sódico reacciona con el anión fosfato en la solución ácida de fosfato de aluminio, dando lugar a hidroxifosfato de aluminio amorfo sólido, insoluble y floculado; y (2) el ion sodio procedente del aluminato sódico reacciona con el anión fosfato en la solución ácida de fosfato de aluminio para formar sales solubles de fosfato sódico.

- 5 La prevalencia de cualquiera de estas dos reacciones depende de las condiciones de reacción específicas, en particular de la temperatura y de la concentración de aluminio disponible para la conversión de fosfato de aluminio ácido en hidroxifosfato de aluminio sólido. Inicialmente, el catión aluminio se compleja con el anión fosfato y eventualmente se agrupa para formar partículas que floculan y forman partículas insolubles. Todas las sales de
- 10 fosfato sódico formadas son solubles y permanecen en solución. Por tanto, la adición lenta de aluminato sódico, la agitación prolongada, y la alta temperatura favorecerán la formación de hidroxifosfato de aluminio a expensas de las sales solubles de sodio. Así, controlando el proceso de esta manera se reduce el nivel de sales solubles no deseadas presentes en el producto final. De manera alternativa, la adición rápida de aluminato sódico a fosfato de aluminio ácido provocará la formación de una mezcla aleatoria de productos. El sodio procedente del aluminato
- 15 sódico debe ir a alguna parte, de forma que limita los grupos oxígeno del hidroxifosfato de aluminio, permanece ocluido como hidróxido sódico, reacciona con el fosfato disponible para formar sales de sodio, y/o se convierte en un contraión sobre la superficie de las partículas de hidroxifosfato de aluminio. El control del proceso de esta forma produce un alto nivel de solubles no deseados.
- 20 Después de formar el precipitado de hidroxifosfato de aluminio amorfo, el precipitado se filtra, se lava, se muele húmedo, y se seca por pulverización para dar un polvo blanco que tiene unas distribuciones de tamaño de partículas D50 de entre 0,5 y 8  $\mu\text{m}$  aproximadamente. En una realización ejemplar, se desea que el hidroxifosfato de aluminio amorfo tenga una relación de P:Al de entre 0,9 y 1 aproximadamente, y tenga una distribución de tamaño de partículas D50 de 1  $\mu\text{m}$  aproximadamente y D90 inferior a 4  $\mu\text{m}$  aproximadamente. Para su uso en una composición
- 25 de revestimiento anticorrosiva se desea que el fosfato de aluminio amorfo tenga un tamaño de partícula inferior a 20  $\mu\text{m}$  aproximadamente, y preferentemente en el intervalo de 0,5 a 10  $\mu\text{m}$  aproximadamente, y más preferentemente en el intervalo de 1,0 a 8,0  $\mu\text{m}$  aproximadamente. Tamaños de partícula inferiores a 0,5  $\mu\text{m}$  aproximadamente pueden interferir con el procesamiento de las formulaciones de revestimiento y afectar perjudicialmente a las propiedades de película incrementando la absorción de la resina aglutinante.
- 30 El control mejorado sobre las características esenciales del fosfato de aluminio amorfo se consigue manipulando la concentración del aluminato, que ajusta y afina la relación de P:Al en el fosfato de aluminio amorfo resultante a la cantidad deseada indicada anteriormente, promoviendo así la formación de un fosfato de aluminio amorfo capaz de proporcionar una administración controlada deseada del anión pasivante. Además, el proceso de preparación de
- 35 aluminato sódico proporciona un método para controlar el contenido de solubles totales no disponible previamente, por ejemplo, el contenido de solubles totales se puede controlar mediante la cantidad de base incorporada en la solución de aluminato, promoviendo así la formación de una composición de revestimiento que tiene una estabilidad y una integridad de película deseadas.
- 40 Además, el proceso del aluminato sódico facilita la manipulación de otras variables del proceso, tales como el orden de adición, la velocidad de agitación, el tiempo de residencia en el reactor, y el control de la temperatura, que juntas o individualmente permiten la adaptación de las propiedades de comportamiento deseadas del fosfato de aluminio amorfo para su utilización en ciertas aplicaciones anticorrosivas de uso final. Las propiedades que se pueden modificar mediante estas variables incluyen la cantidad de solubles no deseados, la velocidad de liberación del anión
- 45 pasivante, la distribución del tamaño de partícula del fosfato de aluminio amorfo, y la cantidad de anión pasivante. Por ejemplo, la velocidad de adición del aluminato con el fosfato de aluminio amorfo, y el tiempo de residencia del producto de reacción dentro del reactor, pueden ayudar a controlar el grado de desorden en lo que respecta a las posibles especies reactivas y los posibles productos de reacción como se ha descrito anteriormente.
- 50 Los fosfatos de aluminio amorfos preparados como se ha indicado anteriormente preferentemente no se someten a secado a altas temperaturas u otro tratamiento térmico con el fin de retener la estructura amorfa y evitar la conversión en una estructura cristalina. Se ha descubierto que los fosfatos de aluminio amorfos formados de esta manera retienen la estructura amorfa deseada, incluso después de secado a baja temperatura, y esta estructura proporciona unos beneficios/características distintivas para su uso como pigmento que inhibe la corrosión. Dichos
- 55 fosfatos de aluminio amorfos presentan un potencial de adsorción de agua o un grado de hidratación mucho mayores cuando se comparan con fosfatos de aluminio cristalinos, lo que permite que dichos fosfatos de aluminio amorfos, una vez deshidratados mediante secado, se rehidraten para que contengan hasta el 25 % en peso de agua aproximadamente. Esta característica es especialmente útil cuando el fosfato de aluminio amorfo se usa con composiciones de revestimiento anticorrosivas que comprenden un polímero aglutinante de base no acuosa. En

dichas composiciones de revestimiento, los fosfatos de aluminio amorfos actúan, además de como pigmento que inhibe la corrosión, como captador de humedad para tanto la intrusión lenta de agua en la película curada como para la difusión restringida de agua a través de la película curada. Así, esta característica de adsorción de agua proporciona otro mecanismo de barrera para la humedad de control de la corrosión. Este efecto se ha demostrado estudiando el efecto usando espectroscopía de electroimpedancia (EIS).

Los fosfatos de aluminio amorfos, preparados usando el proceso del aluminato desvelado anteriormente, tienen una estructura química única que permite la inclusión de ingredientes secundarios (dopantes), y que proporciona la liberación controlada de estos ingredientes en condiciones de uso finales. Específicamente, el fosfato de aluminio amorfo preparado de acuerdo con el proceso del aluminato tiene una estructura química que comprende un anión pasivante presente tanto dentro como fuera de la estructura central de fosfato de aluminio amorfo.

Como se ha indicado anteriormente, el proceso del aluminato prevé la manipulación con cuidado de los reactivos, que da lugar a la producción de una composición de liberación controlada en la que el fosfato de aluminio amorfo es, en efecto, un vehículo para aniones pasivantes específicos, por ejemplo, sales de fosfato. Esta característica permite adaptar la velocidad de liberación de los aniones pasivantes de fosfato al combinar las propiedades de liberación del fosfato de aluminio amorfo básico con fosfatos solubles encapsulados. Así, el fosfato de aluminio amorfo resultante no es una simple mezcla de los dos sólidos sino que es el resultado del proceso de preparación en el que las sales solubles se preparan íntima y simultáneamente con la estructura central de fosfato de aluminio amorfo. El proceso del aluminato permite la creación selectiva de puentes de aluminio entre grupos iónicos, que a su vez determina características de la morfología del producto, dependiendo de la relación de P:Al.

El fosfato de aluminio amorfo preparado de acuerdo con los métodos descritos tiene un área superficial (medida mediante el método de BET) superior a 20 m<sup>2</sup>/g, pero inferior a 80 m<sup>2</sup>/g. En una realización ejemplar, el área superficial se encuentra en el intervalo de entre 20 y 60 m<sup>2</sup>/g aproximadamente, y más preferentemente en el intervalo de entre 20 y 30 m<sup>2</sup>/g aproximadamente.

Las composiciones de revestimiento anticorrosivas se preparan combinando un polímero aglutinante seleccionado con el fosfato de aluminio amorfo en las cantidades descritas anteriormente. El fosfato de aluminio amorfo se puede suministrar a la formulación de la composición en forma de polvo seco o se puede suministrar en forma de suspensión o suspensión líquida dependiendo de las condiciones de formulación o las preferencias.

La Tabla 1 presenta un ejemplo de una formulación de una composición de revestimiento anticorrosiva en forma de composición de imprimación de epoxi-poliamida preparada de la manera desvelada en este documento como referencia.

**Tabla 1 – Ejemplo de composición de revestimiento anticorrosiva a base de epoxi**

<b>Fórmula de imprimación epoxi de dos partes a base de disolvente</b>	<b>Lbs.</b>
<b>Parte 1</b>	
Resina epoxi	238,1
Aditivo	3
Dispersante de pigmento	5
Disolvente 1	75
Disolvente 2	20,4
Aditivo anti-sedimentante	10,2
Pigmento de óxido de hierro rojo	120,4
Pigmento anticorrosivo	150
Pigmento extensor 1	341,3
Pigmento extensor 2	120,3
Pigmento extensor 3	78,5
Dispersar a alta velocidad para Hegman 5-6	
Resina epoxi	24,8
Disolvente	96,3

<b>Parte 2</b>	
Agente de curado	142,2

En este ejemplo, la primera resina epoxi es una resina epoxi líquida a base de diglicidil éter o bisfenol A tal como EPON 828 (Hexion Chemical), el aditivo es un polímero que facilita la salida de fluido en la formación de la película (Cytec), el dispersante del pigmento es un aditivo tal como Anti-terra U (BykChemie), el disolvente 1 es un disolvente aromático tal como tolueno o xileno, el disolvente 2 es glicol éter, el aditivo anti-sedimentante es un tixotropo tal como Bentone SD, el pigmento del color de imprimación es óxido de hierro rojo, el pigmento anticorrosivo es el fosfato de aluminio amorfo preparado mediante el método de preparación de aluminato sódico y se suministra en forma de polvo seco, el pigmento extensor 1 es sulfato de bario, el pigmento extensor 2 es silicato de magnesio, el pigmento extensor 3 es mica, la segunda resina epoxi es la misma que la primera adición, el tercer disolvente es xileno, y el agente de curado es resina de poliamida tal como EPIKURE 3175 (Hexion). La carga del fosfato de aluminio amorfo era del 10 % en peso aproximadamente en base al peso total de la composición. Además, se prepararon variaciones de esta formulación ejemplar a niveles de carga de fosfato de aluminio amorfo del 5 y del 15 % en peso.

Estas composiciones ejemplares a base de epoxi se aplicaron a sustratos de acero y se dejó formar películas completamente curadas. Las muestras de película se sometieron a ensayos de exposición de acuerdo con la norma ASTM D 5894-05, ensayo Prohesion, y la norma ASTM B 117 de exposición a niebla salina. La evaluación de las muestras se realizó de acuerdo con la norma ASTM D 610, D 714, y D 1454. En cada uno de estos ensayos, las muestras a base de epoxi se comportaron al menos igual de bien o mejor que las composiciones de revestimiento anticorrosivas convencionales, por ejemplo, que comprenden pigmentos inhibidores convencionales tales como cromato de cinc, molibdato de cinc, y fosfato de cinc.

Además de los ensayos visuales descritos anteriormente, las muestras ejemplares a base de epoxi también se estudiaron usando espectroscopía de electroimpedancia (EIS). Durante los ensayos con EIS, después de 2000 horas de exposición al 5 % de solución de cloruro sódico, el fosfato de cinc y el molibdato de cinc que contienen muestras convencionales mostraban una reducción significativa en la impedancia, lo que indica que las propiedades de barrera de la película se habían deteriorado y que la película estaba saturada con electrolito en comparación con el control, y que se había iniciado el proceso de corrosión. Se trata de una observación sorprendente y alarmante debido a que significa que el proceso que inicia la corrosión se ha producido en presencia de estos pigmentos inhibidores de la corrosión bien establecidos. La siguiente etapa del mecanismo de fallo es el deterioro de los enlaces adhesivos de la película al sustrato, liberando así sitios adicionales para que se produzca la corrosión activa.

Un resultado inesperado del ensayo con EIS fue la observación de que tanto el 5 como el 15 % en peso del fosfato de aluminio amorfo cargado con la muestra a base de epoxi presentaba un incremento en la impedancia en la película epoxi en un orden de magnitud en comparación con el control. Este resultado indica que el fosfato de aluminio amorfo en estas muestras mejora las propiedades de barrera del epoxi al actuar como captador de agua, eliminando el agua de difusión de la matriz e inhibiendo la reacción de corrosión.

A medida que el agua penetra en la película, es atraída hacia y se acumula en las partículas de fosfato de aluminio amorfo presentes en la película. El agua es adsorbida preferentemente por el fosfato de aluminio amorfo y el agua proseguirá más allá de esa localización en la película solo después de que se haya producido la saturación de partículas locales. Cuando esto se produce, la siguiente capa de fosfato de aluminio amorfo adsorberá el agua. Esto reduce significativamente la difusión de agua a través de la película y con ello incrementa la vida útil de la película.

Además, la presencia de agua en torno a las partículas de fosfato de aluminio amorfo rehidratadas y saturadas produce la liberación de anión fosfato hacia el agua de migración. Por tanto, incluso si la vida útil es suficientemente prolongada para permitir la difusión de agua a través de la película hacia el sustrato, la solución acuosa que alcanza el sustrato contendrá anión fosfato pasivante previniendo con ello la corrosión del sustrato de acero.

Además, la capacidad del fosfato de aluminio amorfo para liberar cantidades inhibitoras de anión fosfato proporciona inhibición de la corrosión en lugares con defectos o daños físicos en la película. Este descubrimiento permite la incorporación práctica de fosfato de aluminio amorfo como potenciador de barrera en cubiertas medias y cubiertas superiores, no solamente en las capas de imprimación. Los pigmentos inhibidores convencionales únicamente tienen valor en capas de imprimación debido a que solo proporcionan un mecanismo de pasivación de control de la corrosión. El fosfato de aluminio amorfo y las composiciones de revestimiento que comprenden el mismo de acuerdo con esta invención protegen de la corrosión mediante un mecanismo doble: propiedades de barrera que mejoran la adsorción de agua y la liberación de anión pasivante.

La Tabla 2 representa un ejemplo de formulación de una composición de revestimiento anticorrosiva en forma de composición de imprimación de látex acrílico preparada de la forma desvelada en este documento como referencia.

5 **Tabla 2 – Ejemplo de composición de revestimiento anticorrosiva a base de látex acrílico**

<b>Fórmula de imprimación a base de agua</b>	<b>Lbs.</b>
Agua	111
Dispersante de pigmento - Surfynol CT-131	23,4
Pigmento de color TiO <sub>2</sub>	104,4
Hidróxido de amonio al 25 %	1,6
Pigmento inhibidor de la corrosión	50
Pigmento extensor - carbonato de calcio	183,7
Dispersar a alta cizalladura durante 30 minutos	
A continuación, mezclar en lo siguiente	
Antiespumante - Drewplus L-475	1,1
Coalescente I - Eastman EB	49,2
Resina de látex - Aquamac 740	506
Coalescente II - Alcohol de éster Texanol	9
Coalescente III - Dowanol DPnB	14
Dispersante/tensioactivo - Surfynol DF 210	2,4
Aditivo	12,3
Plastificante - Santicizer 160	12,3
Inhibidor de oxidación instantánea - Benzoato de amonio	3
Espesante HASE - Acrysol TT 615	4,06
Antiespumante	1,4

En este ejemplo, el dispersante del pigmento es Surfynol CT-131, el pigmento inhibidor de la corrosión es fosfato de aluminio amorfo preparado mediante el método de preparación de aluminato sódico y se suministra en forma de polvo, el antiespumante es Drewplus L-475, el coalescente 1 es Eastman EB, el coalescente 2 es Dowanol DPnB, el coalescente 3 es alcohol del éster Texanol, el dispersante/tensioactivo es Surfynol DF 210, el plastificante es Santicizer 160, el inhibidor de oxidación instantánea es sal de benzoato de amonio, el espesante HASE es Acrysol TT 615. La carga del fosfato de aluminio amorfo en esta formulación era del 4,6 % en peso aproximadamente en base al peso total de la composición.

15 La composición de revestimiento anticorrosiva a base de látex acrílico indicada anteriormente se aplicó a un sustrato de acero (tanto acero laminado en frío limpio con disolvente como acero decapado abrasivo) como se ha indicado anteriormente para la composición a base de epoxi y se dejó curar para formar una película protectora. La muestra resultante se sometió a niebla salina y al ensayo Prohesion de acuerdo con la norma ASTM D5894-05. Los ensayos demostraron que la composición de revestimiento anticorrosiva a base de látex acrílico tenía un mejor comportamiento que las composiciones de revestimiento anticorrosivas convencionales con o sin el uso de inhibidor de oxidación instantánea en un 23 % aproximadamente. Este comportamiento superior sin el inhibidor de oxidación instantánea fue sorprendente e inesperado, y se atribuye a la liberación controlada de anión fosfato en todas las fases de la vida útil del revestimiento, incluyendo el período de aplicación.

25 Como se ha demostrado anteriormente, las realizaciones de la invención proporcionan una nueva composición de revestimiento anticorrosiva que comprende fosfato de aluminio amorfo. Aunque la invención se ha descrito con respecto a una serie limitada de realizaciones, las características específicas de una realización no se deben atribuir a las demás realizaciones de la invención. Ninguna realización individual es representativa de todos los aspectos de la invención. En algunas realizaciones, las composiciones o métodos pueden incluir numerosos compuestos o etapas no mencionados en este documento. En otras realizaciones, las composiciones o métodos no incluyen, o carecen esencialmente de, todo compuesto o etapa no enumerados en este documento.

35 Por ejemplo, si se desea, las composiciones de revestimiento anticorrosivas se pueden preparar para que comprendan uno o más elementos conocidos por tener valor como anticorrosivo además del fosfato de aluminio amorfo, por ejemplo, cationes tales como cinc, calcio, estroncio, cromato, borato, bario, magnesio, molibdeno, y sus

combinaciones. La adición de dichos otros elementos puede incrementar o complementar el efecto anticorrosivo de la composición de revestimiento.

Además, aunque las composiciones de revestimiento anticorrosivas como se describen en este documento están diseñadas para que incluyan fosfato de aluminio en forma amorfa, se debe entender que composiciones anticorrosivas como las descritas en este documento pueden comprender fosfato de aluminio en sus formas cristalinas conocidas. Por ejemplo, dicho fosfato de aluminio cristalino puede estar presente en cantidades que no afecten o tengan un impacto negativo de otra forma en los mecanismos de anticorrosión diseñados y/o las propiedades de la composición de revestimiento.

10

Existen variaciones y modificaciones de las realizaciones descritas. El método de preparación de las composiciones de revestimiento y/o el fosfato de aluminio amorfo se describe como que comprende una serie de actos o etapas. Estas etapas o actos se pueden poner en práctica en cualquier secuencia u orden a menos que se indique lo contrario. Por último, cualquier número desvelado en este documento se debe interpretar en su sentido aproximado, con independencia de que se use la palabra "sobre" o "aproximadamente" para describir el número. Las reivindicaciones adjuntas tienen la intención de cubrir todas aquellas modificaciones y variaciones que caigan dentro del alcance de la invención.

15

**REIVINDICACIONES**

1. Una composición de revestimiento anticorrosiva que comprende:
- 5 un polímero aglutinante;
- un pigmento que inhibe la corrosión que comprende fosfato de aluminio disperso dentro del polímero aglutinante, en el que el fosfato de aluminio comprende fosfato de aluminio amorfo;
- 10 en la que la composición de revestimiento comprende en el intervalo del 1 al 25 % en peso aproximadamente de fosfato de aluminio,
- y en la que la composición de revestimiento proporciona una liberación controlada de fosfato en el intervalo de 50 a 500 ppm aproximadamente, preferentemente de 100 a 200 ppm aproximadamente, cuando se aplica al sustrato
- 15 metálico y cuando se pone en contacto con agua y oxígeno.
2. La composición de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en la que la composición de revestimiento tiene un contenido total de solubles inferior a 1500 ppm aproximadamente, preferentemente inferior a 400 ppm aproximadamente y más preferentemente de 100 a 250 ppm aproximadamente.
- 20
3. La composición de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en la que el polímero aglutinante está seleccionado del grupo que consiste en polímeros a base de agua y a base de disolvente y polímeros sin disolvente, preferentemente del grupo que consiste en poliuretanos, poliésteres, epoxis a base de disolvente, epoxis sin disolvente, epoxis a base de agua, copolímeros de epoxi, acrílicos, copolímeros acrílicos, siliconas, copolímeros
- 25 de silicona, polisiloxanos, copolímeros de polisiloxano, compuestos alquídicos y sus combinaciones.
4. La composición de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende además un elemento seleccionado del grupo que consiste en cinc, calcio, estroncio, cromato, borato, bario, magnesio y molibdeno.
- 30
5. La composición de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en la que el fosfato de aluminio tiene un potencial de adsorción de agua de hasta el 25 % en peso aproximadamente.
6. La composición de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en la que el fosfato de aluminio
- 35 amorfo es hidroxifosfato de aluminio amorfo que comprende grupos funcionales hidroxilo unidos al átomo de aluminio, en la que preferentemente los grupos funciones hidroxilo comprenden P-OH.
7. La composición de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 1 en la que el fosfato de aluminio amorfo tiene una estructura química que comprende un esqueleto polimérico, y en la que el fosfato de aluminio
- 40 amorfo incluye anión fosfato tanto dentro como fuera del esqueleto polimérico.
8. Un sistema para suministrar protección frente a la corrosión que comprende una composición de revestimiento como se ha definido en la reivindicación 1 aplicada a un sustrato metálico y que se deja curar para formar una película.
- 45
9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8 que comprende una película pasivante interpuesta entre la composición de revestimiento y una superficie del sustrato metálico, en la que la película pasivante es el producto de reacción formado a partir de las sales de fosfato sódico presentes en el fosfato de aluminio amorfo y el sustrato metálico.
- 50
10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8 en el que los grupos hidroxilo del hidroxifosfato de aluminio amorfo están unidos a grupos adecuados del polímero aglutinante para proporcionar a la composición de revestimiento una mejora en la estabilidad de la matriz y de barrera a la humedad, en el que el polímero aglutinante preferentemente está seleccionado del grupo constituido por poliuretanos, poliésteres, epoxis a base de disolvente,
- 55 epoxis sin disolvente, epoxis a base de agua, copolímeros de epoxi, acrílicos, copolímeros acrílicos, siliconas, copolímeros de silicona, polisiloxanos, copolímeros de polisiloxano, compuestos alquídicos y sus combinaciones.
11. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8 en el que el fosfato de aluminio amorfo es un ortofosfato.

12. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8 en el que la composición de revestimiento es un revestimiento de imprimación dispuesto sobre el sustrato metálico o un revestimiento de una cubierta media o una cubierta superior dispuesto sobre el sustrato metálico o una capa de imprimación dispuesta sobre el sustrato metálico.
- 5
13. Un método para la preparación de una composición de revestimiento anticorrosiva que comprende las etapas de:
- preparación de un pigmento que inhibe la corrosión de fosfato de aluminio amorfo al combinar materiales de partida que comprenden una fuente de aluminio, preferentemente seleccionada del grupo que consiste en aluminato sódico, hidróxido de aluminio, sulfato de aluminio, y sus combinaciones, con una fuente de fósforo, preferentemente ácido fosfórico, y una solución alcalina y la reacción de los materiales de partida combinados para formar una solución que comprende un precipitado de fosfato de aluminio amorfo;
- 10
- 15 tratamiento del precipitado de fosfato de aluminio amorfo para reducir los solubles totales a menos de 10.000 ppm aproximadamente, en el que la etapa de tratamiento preferentemente comprende la puesta en contacto del precipitado de fosfato de aluminio amorfo con un metal alcalino-térreo seleccionado para sustituir un ion diana, preferentemente un metal alcalino, en el fosfato de aluminio amorfo,
- 20 secado del precipitado a una temperatura inferior a 300 °C aproximadamente, en el que el precipitado seco comprende ortofosfato de aluminio amorfo; y
- mezcla del ortofosfato de aluminio amorfo con un polímero aglutinante para formar la composición de revestimiento, en el que la composición de revestimiento comprende menos del 25 % en peso aproximadamente del peso total de la composición de revestimiento.
- 25
14. El método de acuerdo con la reivindicación 13 en el que el ion diana es sodio y el metal alcalino-térreo comprende un compuesto de calcio, preferentemente hidróxido de calcio,  $\text{Ca(OH)}_2$ .
- 30
15. El método de acuerdo con la reivindicación 13 en el que la etapa de combinación comprende en primer lugar la mezcla de hidróxido de aluminio con ácido fosfórico para formar un fosfato de aluminio ácido, y a continuación la combinación del fosfato de aluminio ácido con aluminato sódico para formar el fosfato de aluminio amorfo en el que antes de la etapa de combinación del aluminato sódico, el fosfato de aluminio ácido preferentemente tiene una relación molar de P:Al que es mayor que después de que se le haya añadido el aluminato sódico.
- 35
16. El método de acuerdo con la reivindicación 13 que comprende las etapas de:
- preparación de un pigmento que inhibe la corrosión de ortofosfato de aluminio amorfo al combinar materiales de partida que comprenden aluminato sódico, ácido fosfórico, hidróxido sódico para formar una solución que comprende un precipitado de ortofosfato de aluminio;
- 40
- tratamiento del precipitado para reducir el nivel de solubles totales a menos de 1500 ppm, en el que la etapa de tratamiento comprende la realización de un proceso de intercambio de iones usando un metal alcalino-térreo, preferentemente un compuesto de calcio;
- 45
- secado del precipitado a una temperatura inferior a 300 °C aproximadamente, en el que el precipitado seco comprende ortofosfato de aluminio amorfo;
- 50 dimensionamiento del ortofosfato de aluminio amorfo seco para que tenga un tamaño de partícula en el intervalo de 0,01 a 25  $\mu\text{m}$  aproximadamente; y
- mezcla del ortofosfato de aluminio amorfo con un polímero aglutinante, el polímero aglutinante que comprende preferentemente un polímero epoxi, para formar la composición de revestimiento, en la que la composición de revestimiento comprende menos del 25 % en peso aproximadamente del peso total de la composición de revestimiento.
- 55