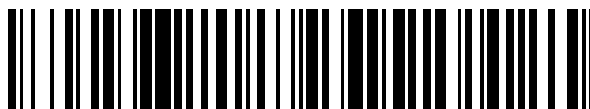


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 841 450**

51 Int. Cl.:

C25D 5/16 (2006.01)
C25D 9/10 (2006.01)
C25F 3/08 (2006.01)
C25D 3/08 (2006.01)
C25D 5/12 (2006.01)
C25D 7/04 (2006.01)
C25D 9/06 (2006.01)
C23C 28/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.12.2016** **PCT/JP2016/085796**
87 Fecha y número de publicación internacional: **15.06.2017** **WO17098994**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2016** **E 16872892 (1)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.11.2020** **EP 3388549**

54 Título: **Chapa de acero para latas y método de producción de chapa de acero para latas**

30 Prioridad:

11.12.2015 JP 2015241871

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.07.2021

73 Titular/es:

JFE STEEL CORPORATION (100.0%)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-0011, JP

72 Inventor/es:

NAKAGAWA YUSUKE;
SUZUKI TAKESHI;
SUTO MIKITO;
KOJIMA KATSUMI y
BABA YUYA

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 841 450 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

Chapa de acero para latas y método de producción de chapa de acero para latas

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una chapa de acero para latas y a un método de fabricación de la misma.

Antecedentes de la técnica

10 Las latas, que sirven como recipientes para bebidas y alimentos, resultan útiles para almacenar un contenido durante un largo período de tiempo y, por lo tanto, se utilizan en todo el mundo. Las latas se clasifican a grandes rasgos en los dos tipos siguientes: latas de dos piezas, que se obtienen sometiendo una chapa de metal a embutición, adelgazamiento, estirado y doblado para formar integralmente un fondo de lata y un cuerpo de lata, y
15 luego uniendo el cuerpo de lata con una tapa superior mediante costura; y latas de tres piezas, que se obtienen mecanizando una chapa de metal para darle una forma tubular, soldando la chapa tubular de metal mediante un proceso de costura con alambre para formar un cuerpo de lata, y luego uniendo los extremos opuestos del cuerpo de lata por separado con tapas, mediante costura.

20 Convencionalmente, se ha utilizado ampliamente una chapa de acero estañado (denominada hojalata) como chapa de acero para latas. Hoy en día, sin embargo, tiene un coste mucho menor una chapa de acero tratado con cromato electrolítico (en adelante también denominado acero sin estaño (TFS)) con una capa de metal cromado y una capa de óxido de cromo hidratado, y además presenta una mejor adherencia de la pintura que la hojalata y, por lo tanto, está creciendo su amplitud de aplicación.

25 Además, de cara a reducir los residuos de lavado y el CO₂ por razones medioambientales, las latas que utilizan una chapa de acero laminada con una película de resina orgánica tal como PET (tereftalato de polietileno) están siendo motivo de atención a modo de técnica alternativa que permite omitir un proceso de revestimiento y un proceso de horneado, y en este contexto se espera también una expansión continua del uso de TFS dado que presenta una excelente adhesión a una película de resina orgánica.
30

Mientras tanto, dado que el TFS es inferior a la hojalata de cara a la soldabilidad, en la actualidad se pule mecánicamente una capa de óxido de cromo hidratado, que es un revestimiento aislante en la capa superficial, y se retira inmediatamente antes de la soldadura para hacer posible la misma.
35

Sin embargo, en la producción industrial están presentes muchos problemas en el sentido de que, por ejemplo, el polvo metálico generado a través del pulido puede llegar a mezclarse con el contenido, aumentando la carga de mantenimiento tal como la limpieza del equipo de fabricación de latas, y aumentando el riesgo de incendio causado por el polvo metálico.
40

Para abordar esos problemas, se propone una técnica de soldadura de TFS sin pulir, por ejemplo en la Literatura de Patente 1. En la técnica divulgada en la Literatura de Patente 1, se lleva a cabo un tratamiento de electrólisis anódica dividido en un tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior y un tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior para formar de este modo una serie de porciones defectuosas en una capa de metal cromado, y
45 luego se le otorga al metal cromado una forma de protuberancias granulares a través del tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior. De acuerdo con esa técnica, en la soldadura, las protuberancias granulares de metal cromado destruyen una capa de óxido de cromo hidratado que es un factor de inhibición de la soldadura en la capa superficial, reduciendo así la resistencia de contacto y mejorando la soldabilidad.

50 El documento EP 0 121 817 A1 divulga un método para producir chapas de acero sin estaño con una mejor adhesión de laca.

Lista de citas**55 Literatura de patentes**

Literatura de Patente 1: JP 63-186894 A

Sumario de la invención

60 **Problemas técnicos**

Los presentes inventores llevaron a cabo estudios relativos a chapas de acero para latas, descritas específicamente en la Literatura de Patente 1, y descubrieron que, en algunos casos, presentaban un aspecto deficiente de su superficie.
65

Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero para latas que tenga un aspecto excelente de su superficie, y un método de fabricación de la misma.

SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS

5 Los presentes inventores han llevado a cabo un estudio intensivo para lograr el objeto anteriormente descrito y, como resultado, descubrieron que la disminución en el diámetro de las protuberancias granulares de metal cromado mejora el aspecto de su superficie.

10 Específicamente, la presente invención está definida en las reivindicaciones adjuntas.

Efectos ventajosos de la invención

15 La presente invención proporciona una chapa de acero para latas que tiene un aspecto excelente de su superficie, y un método de fabricación de la misma.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES

[Chapa de Acero para Latas]

20 Una chapa de acero para latas de la invención incluye, sobre una superficie de chapa de acero, una capa de metal cromado y una capa de óxido de cromo hidratado apiladas en este orden desde el lado de la chapa de acero, teniendo la capa de metal cromado un peso de revestimiento de 50 a 200 mg/m², y teniendo la capa de óxido de cromo hidratado un peso de revestimiento de 3 a 15 mg/m² en términos de cantidad de cromo. La capa de metal cromado incluye: una capa plana de metal cromado con un espesor no inferior a 7 nm; y una capa granular de metal cromado que presenta unas protuberancias granulares formadas sobre una superficie de la capa plana de metal cromado, teniendo las protuberancias granulares un diámetro máximo de no es superior a 100 nm y una densidad numérica por unidad de área no inferior a 10 protuberancias/μm².

30 Cuando el diámetro máximo de las protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado es de 100 nm o menos, la superficie de la chapa de acero para latas puede tener una apariencia excelente.

En la presente invención, el término "peso de revestimiento" se refiere al peso de revestimiento por un lado de una chapa de acero.

35 Los elementos constitutivos se describen en detalle a continuación.

[Chapa de Acero]

40 El tipo de chapa de acero no está particularmente limitado. En general, pueden usarse chapas de acero utilizadas como materiales para recipientes (por ejemplo, una chapa de acero con bajo contenido de carbono y una chapa de acero con muy bajo contenido de carbono). Tampoco están particularmente limitados un método de fabricación de la chapa de acero, un material de la misma y similares. La chapa de acero se fabrica mediante un proceso que comienza con un proceso habitual de fabricación de palanquillas, a lo que siguen procesos tales como laminado en caliente, decapado, laminado en frío, recocido y laminado por temple.

[Capa de Metal Cromado]

50 La chapa de acero para latas presenta la capa de metal cromado sobre una superficie de la anterior chapa de acero.

El papel del metal cromado en el TFS habitual es el de suprimir la exposición de una superficie de la chapa de acero que sirve como material básico y, por lo tanto, mejorar la resistencia a la corrosión. Cuando la cantidad de metal cromado es demasiado pequeña, la chapa de acero queda inevitablemente expuesta y esto puede conllevar una mala resistencia a la corrosión.

55 En la presente invención, el peso de revestimiento de la capa de metal cromado no es inferior a 65 mg/m² porque esto conlleva una excelente resistencia a la corrosión de la chapa de acero para latas, y preferentemente no es inferior a 70 mg/m² y más preferentemente no es inferior a 80 mg/m² porque esto conlleva una excelente resistencia adicional a la corrosión.

60 Por el contrario, cuando la cantidad de metal cromado es demasiado grande, el metal cromado de alto punto de fusión cubrirá toda la superficie de la chapa de acero y esto induce una disminución significativa de la resistencia de la soldadura y genera una cantidad significativa de polvo, lo que puede conllevar una mala soldabilidad.

65 En la presente invención, el peso de revestimiento de la capa de metal cromado no es superior a 200 mg/m² porque esto conlleva una excelente soldabilidad de la chapa de acero para latas, y preferentemente no es superior a

180 mg/m² y más preferentemente no es superior a 160 mg/m² porque esto conlleva una excelente soldabilidad adicional.

<Métodos de Medición de Pesos de Revestimiento>

5 El peso de revestimiento de la capa de metal cromado y el peso de revestimiento de la capa de óxido de cromo hidratado (descrita más adelante), en términos de cantidad de cromo, se miden como sigue.

10 En primer lugar, para la chapa de acero para latas que tiene formada sobre la misma la capa de metal cromado y la capa de óxido de cromo hidratado, se mide la cantidad de cromo (cantidad total de cromo) con un dispositivo de fluorescencia por rayos X. A continuación, se somete la chapa de acero para latas a un tratamiento alcalino, es decir, se sumerge en 6,5 N-NaOH a 90 °C durante 10 minutos, y luego, nuevamente, se mide la cantidad de cromo (cantidad de cromo tras el tratamiento alcalino) con un dispositivo de fluorescencia de rayos X. Se toma la cantidad de cromo tras el tratamiento alcalino como el peso de revestimiento de la capa de metal cromado.

15 Posteriormente, se calcula la ecuación (cantidad de cromo soluble en álcali) = (cantidad total de cromo) - (cantidad de cromo tras el tratamiento alcalino), y se toma la cantidad de cromo soluble en álcali como el peso de revestimiento de la capa de óxido de cromo hidratado en términos de cantidad de cromo.

20 La capa de metal cromado anteriormente descrita incluye la capa plana de metal cromado y la capa granular de metal cromado con las protuberancias granulares formadas sobre una superficie de la capa plana de metal cromado.

A continuación, se describen en detalle aquellas capas incluidas en la capa de metal cromado.

25 <Capa Plana de Metal Cromado>

La función principal de la capa plana de metal cromado es mejorar la resistencia a la corrosión al cubrir una superficie de la chapa de acero.

30 La capa plana de metal cromado de la invención deberá tener, además de la resistencia a la corrosión que generalmente se requiere del TFS, un espesor suficiente para que la capa plana de metal cromado no sea destruida por el metal cromado en forma de protuberancias granulares que se proporciona en la capa superficial y, por lo tanto, para que la chapa de acero no quede expuesta cuando la chapa de acero para latas entre inevitablemente en contacto con otras chapas de acero para latas durante la manipulación.

35 En relación con esto, los presentes inventores llevaron a cabo una prueba de frotamiento entre una chapa de acero para latas y otra chapa de acero para latas, para verificar la resistencia a la oxidación, y observaron que, cuando la capa plana de metal cromado tiene un espesor no inferior a 7 nm, la resistencia a la oxidación es excelente. Más específicamente, el espesor de la capa plana de metal cromado no es inferior a 7 nm porque esto conlleva una excelente resistencia a la oxidación de la chapa de acero para latas, y preferentemente no es inferior a 9 nm y más preferentemente no es inferior a 10 nm porque esto conlleva una excelente resistencia adicional al óxido.

Mientras tanto, el límite superior del espesor de la capa plana de metal cromado no está particularmente limitado y, por ejemplo, no será superior a 20 nm y preferentemente no será superior a 15 nm.

45 (Método de Medición del Espesor)

El espesor de la capa plana de metal cromado se mide como sigue.

50 En primer lugar, se produce una muestra de sección transversal de una chapa de acero para latas que tiene formada sobre la misma una capa de metal cromado y una capa de óxido de cromo hidratado, mediante un método de haz de iones enfocado (FIB), y se observa con un aumento de 20000x mediante un microscopio electrónico de transmisión de barrido (TEM). A continuación, en una observación de forma seccional en una imagen de campo brillante, centrándose en una porción donde solo está presente una capa plana de metal cromado sin protuberancias granulares, se lleva a cabo un análisis de líneas mediante espectrometría de rayos X de dispersión de energía (EDX) para obtener las curvas de intensidad (eje horizontal: distancia, eje vertical: intensidad) del cromo y el hierro, y esas curvas se utilizan para determinar el espesor de la capa plana de metal cromado. Para ser más específicos, en la curva de intensidad del cromo, se toma el punto en el que la intensidad es el 20 % del máximo como la capa superior, y se toma la distancia entre esos dos puntos como el espesor de la capa plana de metal cromado.

60 El peso de revestimiento de la capa plana de metal cromado preferentemente no es inferior a 10 mg/m², más preferentemente no es inferior a 30 mg/m² e incluso más preferentemente no es inferior a 40 mg/m² porque esto conlleva una excelente resistencia a la oxidación de la chapa de acero para latas.

65 <Capa granular de metal cromado>

La capa granular de metal cromado es una capa que presenta las protuberancias granulares formadas sobre una superficie de la capa plana de metal cromado anteriormente descrita, y su función principal es mejorar la soldabilidad al reducir la resistencia de contacto entre las porciones a soldar de la chapa de acero para latas. En lo sucesivo se describe el supuesto mecanismo de reducción de la resistencia de contacto.

5 La capa de óxido de cromo hidratado que cubre la capa de metal cromado es un revestimiento no conductor y por lo tanto presenta una mayor resistencia eléctrica que el metal cromado, de modo que la capa de óxido de cromo hidratado actúa como un factor inhibidor de la soldadura. Al formar las protuberancias granulares sobre una superficie de la capa de metal cromado, las protuberancias granulares destruyen la capa de óxido de cromo
10 hidratado haciendo uso de la presión superficial aplicada cuando las porciones a soldar de la chapa de acero para latas entran en contacto entre sí, durante la soldadura, y las protuberancias granulares se convierten en puntos portadores de corriente de soldadura, de modo que la resistencia de contacto disminuye considerablemente.

15 Cuando el número de protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado es demasiado pequeño, disminuirá el número de puntos de transporte de corriente de soldadura, y esto puede evitar que se reduzca la resistencia de contacto, dando como resultado una mala soldabilidad.

En la presente invención, la densidad numérica de las protuberancias granulares por unidad de área no es inferior a 10 protuberancias/ μm^2 porque esto conlleva una excelente soldabilidad de la chapa de acero para latas, y
20 preferentemente no es inferior a 15 protuberancias/ μm^2 , más preferentemente no es inferior a 20 protuberancias/ μm^2 , incluso más preferentemente no es inferior a 30 protuberancias/ μm^2 , siendo particularmente preferente que no sea inferior a 50 protuberancias/ μm^2 y siendo lo más preferentemente que no sea inferior a 100 protuberancias/ μm^2 porque esto conlleva una excelente soldabilidad adicional.

25 Debido a que una densidad numérica demasiado alta de protuberancias granulares por unidad de área puede afectar al tono de color o similar, el límite superior de la densidad numérica por unidad de área preferentemente no es superior a 10000 protuberancias/ μm^2 , más preferentemente no es superior a 5000 protuberancias/ μm^2 , incluso más preferentemente no es superior a 1000 protuberancias/ μm^2 y de manera particularmente preferida no es superior a 800 protuberancias/ μm^2 para lograr una apariencia excelente adicional de la superficie de la chapa de
30 acero para latas.

Los presentes inventores observaron que, cuando el diámetro máximo de las protuberancias granulares de la capa de metal cromado es demasiado grande, esto afecta al tono o similar de la chapa de acero para latas, y en algunos casos aparece un patrón marrón, lo que resulta en una mala apariencia de la superficie. Las posibles razones de
35 esto son, por ejemplo, las siguientes: las protuberancias granulares absorben luz de longitud de onda corta (azul) y, en consecuencia, la luz reflejada por las mismas se ve atenuada de modo que aparece un color marrón rojizo; las protuberancias granulares difunden la luz reflejada de modo que la reflectancia general disminuye y el color se vuelve más oscuro.

40 Por lo tanto, en la presente invención el diámetro máximo de las protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado es de 100 nm o menos. Como resultado, la chapa de acero para latas puede presentar un excelente aspecto de su superficie. Esto probablemente se deba a que las protuberancias granulares con un diámetro más pequeño suprimen la absorción de luz de longitud de onda corta y suprimen la dispersión de la luz reflejada.

45 El diámetro máximo de las protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado preferentemente no es superior a 80 nm, más preferentemente no es superior a 50 nm e incluso más preferentemente no es superior a 30 nm, porque esto conlleva una apariencia excelente adicional de la superficie de la chapa de acero para latas.

El límite inferior del diámetro máximo no está particularmente limitado y preferentemente no es inferior a 10 nm, por
50 ejemplo.

(Métodos de Medición del Diámetro de las Protuberancias Granulares y la Densidad Numérica de las Mismas por Unidad de Área)

55 El diámetro de las protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado y la densidad numérica de las mismas por unidad de área se miden como sigue.

En primer lugar, se somete una superficie de la chapa de acero para latas, que tiene formada sobre la misma la capa de metal cromado y la capa de óxido de cromo hidratado, a deposición de carbono para producir una muestra de observación mediante un método de réplica de extracción. Posteriormente, se toma una micrografía de la
60 muestra con un aumento de 20000x mediante un microscopio electrónico de transmisión de barrido (TEM), se binariza la micrografía tomada utilizando un software (nombre comercial: ImageJ) y se somete a análisis de imagen, y se determinan el diámetro (como valor equivalente al círculo verdadero) y la densidad numérica por unidad de área mediante el cálculo inverso del área ocupada por las protuberancias granulares. El diámetro máximo es el diámetro
65 máximo en los campos de observación obtenidos al tomar micrografías de cinco campos con un aumento de 20000x, y la densidad numérica por unidad de área es el promedio de las densidades numéricas en los cinco

campos.

(Capa de Óxido de Cromo Hidratado)

5 Se deposita el óxido de cromo hidratado junto con el metal cromado sobre una superficie de la chapa de acero, y su función principal es mejorar la resistencia a la corrosión. En la presente invención, el peso de revestimiento de la capa de óxido de cromo hidratado en términos de cantidad de cromo es de al menos 3 mg/m² con el fin de garantizar la resistencia a la corrosión de la chapa de acero para latas.

10 Mientras tanto, el óxido de cromo hidratado presenta una conductividad inferior a la del metal cromado y, en consecuencia, una cantidad demasiado elevada de óxido de cromo hidratado conlleva una resistencia excesiva a la soldadura, lo que puede causar la generación de polvo, la aparición de salpicaduras y diversos defectos de soldadura, tales como la formación de sopladuras asociadas con un exceso de metal de aportación, lo que da como resultado una mala soldabilidad de la chapa de acero para latas.

15 Por lo tanto, en la presente invención, el peso de revestimiento de la capa de óxido de cromo hidratado en términos de cantidad de cromo no es superior a 15 mg/m² porque esto conlleva una excelente soldabilidad de la chapa de acero para latas, y preferentemente no es superior a 13 mg/m², más preferentemente no es superior a 10 mg/m² y aún más preferentemente no es superior a 8 mg/m² porque esto conlleva una excelente soldabilidad adicional.

20 El método de medición del peso de revestimiento de la capa de óxido de cromo hidratado en términos de cantidad de cromo es como se describió anteriormente.

[Método de Fabricación de Chapa de Acero para Latas]

25 A continuación, se describe el método de fabricación de chapa de acero para latas.

El método de fabricación de chapa de acero para latas (de aquí en adelante también denominado simplemente "método de fabricación") es un método para fabricar la anterior chapa de acero para latas de la invención, comprendiendo el método someter una chapa de acero a un tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior utilizando una solución acuosa que contiene una cantidad de Cr no inferior a 0,5 mol/L y una cantidad de F superior a 0,10 mol/L, y que está libre de ácido sulfúrico excepto por la cantidad de ácido sulfúrico inevitablemente incorporada a la misma, a lo que sigue un tratamiento de electrólisis anódica con una densidad de magnitud eléctrica no inferior a 0,1 C/dm² pero inferior a 5,0 C/dm², y a esto le sigue un tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior.

Por lo general, en el tratamiento de electrólisis catódica en una solución acuosa que contiene un compuesto de cromo hexavalente, se produce una reacción de reducción en una superficie de una chapa de acero, de modo que se deposita metal cromado sobre la superficie de metal cromado se deposita óxido de cromo hidratado, que es un producto intermedio previo a la conversión en metal cromado. Este óxido de cromo hidratado se disuelve de manera desigual mediante un tratamiento de electrólisis intermitente o inmersión prolongada en una solución acuosa de un compuesto de cromo hexavalente, y en el subsiguiente tratamiento de electrólisis catódica se forman protuberancias granulares de metal cromado.

45 En la presente invención, dado que el tratamiento de electrólisis anódica se lleva a cabo entre los dos tratamientos de electrólisis catódica, el metal cromado se disuelve en toda la superficie de la chapa de acero en múltiples ubicaciones, y esas ubicaciones se convierten en puntos de partida para la formación de las protuberancias granulares de metal cromado en el subsiguiente tratamiento de electrólisis catódica. La capa plana de metal cromado se deposita en el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior, que es un tratamiento de electrólisis catódica llevado a cabo antes del tratamiento de electrólisis anódica, y la capa granular de metal cromado (protuberancias granulares) se deposita en el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior, que es un tratamiento de electrólisis catódica llevado a cabo tras el tratamiento de electrólisis anódica.

50 Las cantidades de deposición de las capas pueden controlarse mediante condiciones de electrólisis en los respectivos tratamientos de electrólisis.

La solución acuosa y los tratamientos de electrólisis utilizados en el método de fabricación se describen en detalle a continuación.

60 [Solución Acuosa]

La solución acuosa utilizada en el método de fabricación de la invención es una solución acuosa que contiene una cantidad de Cr no inferior a 0,5 mol/L, una cantidad de F de 0,20 a 2,0 mol/L y una cantidad de ácido sulfúrico inferior a 0,001 mol/L, inevitablemente incorporada en la misma.

65 La cantidad de F en la solución acuosa influye en la disolución del óxido de cromo hidratado durante la inmersión y

la disolución del metal cromado durante el tratamiento de electrólisis anódica y, por lo tanto, influye mucho en la forma del metal cromado depositado en el subsiguiente tratamiento de electrólisis catódica. El ácido sulfúrico también produce el mismo efecto; sin embargo, el efecto generado por el ácido sulfúrico es excesivo y, como consecuencia, la disolución desigual del óxido de cromo hidratado provoca la formación local de enormes protuberancias granulares, y la disolución del metal cromado avanza extremadamente durante el tratamiento de electrólisis anódica. Así, puede resultar difícil formar protuberancias granulares finas. Por lo tanto, la solución acuosa de la invención está libre de ácido sulfúrico excepto por la cantidad de ácido sulfúrico inevitablemente incorporada en la misma.

Cabe señalar que durante el proceso de producción industrial se incorpora ácido sulfúrico de manera inevitable en determinadas materias primas tales como el trióxido de cromo, de modo que el uso de dichas materias primas da como resultado la incorporación inevitable de ácido sulfúrico en la solución acuosa resultante. La cantidad de ácido sulfúrico inevitablemente incorporada en la solución acuosa es preferentemente inferior a 0,001 mol/L y más preferentemente inferior a 0,0001 mol/L.

La solución acuosa de la invención contiene una cantidad de Cr no inferior a 0,5 mol/L porque esto conlleva una deposición altamente eficaz y estable del metal cromado durante un largo período de tiempo.

Adicionalmente, la solución acuosa contiene una cantidad de F de 0,20 mol/L a 2,0 mol/L. Como resultado, se produce una disolución uniforme y fina del metal cromado sobre toda la superficie durante el tratamiento de electrólisis anódica y, en consecuencia, pueden obtenerse sitios de generación en los que se generan protuberancias granulares finas durante el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior.

En el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior, el tratamiento de electrólisis anódica y el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior se utiliza únicamente un tipo de solución acuosa.

<Compuesto de Cromo Hexavalente>

La solución acuosa contiene preferentemente un compuesto de cromo hexavalente. El compuesto de cromo hexavalente contenido en la solución acuosa no está particularmente limitado, y algunos ejemplos del mismo incluyen trióxido de cromo (CrO_3), dicromatos como dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) y cromatos tales como cromato de potasio (K_2CrO_4).

La cantidad de Cr en el contenido de compuesto de cromo hexavalente de la solución acuosa es preferentemente de 0,5 a 5,0 mol/L y más preferentemente de 0,5 a 3,0 mol/L.

<Compuesto que Contiene Flúor>

La solución acuosa contiene un compuesto que contiene flúor. El compuesto que contiene flúor contenido en la solución acuosa no está particularmente limitado, y algunos ejemplos del mismo incluyen ácido fluorhídrico (HF), fluoruro de potasio (KF), fluoruro de sodio (NaF), ácido hidrosilicofluórico (H_2SiF_6) y/o sales de los mismos. Algunos ejemplos de sales de ácido hidrosilicofluórico incluyen silicofluoruro de sodio (Na_2SiF_6), silicofluoruro de potasio (K_2SiF_6) y silicofluoruro de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$).

La cantidad de F en el contenido del compuesto que contiene flúor de la solución acuosa es de 0,20 a 2,0 mol/L.

La temperatura de la solución acuosa en cada tratamiento de electrólisis es preferentemente de 20 °C a 80 °C y más preferentemente de 40 °C a 60 °C.

[Tratamiento de Electrólisis Catódica de Etapa Anterior]

Se lleva a cabo un tratamiento de electrólisis catódica para depositar metal cromado y óxido de cromo hidratado.

La densidad de magnitud eléctrica (el producto de la densidad de corriente y el tiempo de aplicación de corriente) durante el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior es de 20 a 50 C/dm², y más preferentemente de 25 a 45 C/dm², con el fin de lograr una cantidad adecuada de deposición y asegurar un espesor apropiado de la capa plana de metal cromado.

La densidad de corriente (unidad: A/dm²) y el tiempo de aplicación de corriente (unidad: s) se establecen adecuadamente en función de la anterior densidad de magnitud eléctrica.

El tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior no tiene por qué ser un tratamiento de electrólisis continuo. En otras palabras, el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior puede ser un tratamiento de electrólisis intermitente en el que esté inevitablemente presente un período de inmersión en el que no se aplique corriente, ya que la electrólisis se lleva a cabo con electrodos separados en la producción industrial. En el caso de un tratamiento de electrólisis intermitente, la densidad de magnitud eléctrica total estará preferentemente dentro de los anteriores

intervalos.

[Tratamiento de Electrólisis Anódica]

- 5 El tratamiento de electrólisis anódica disuelve el metal cromado depositado en el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior, para formar sitios de generación de las protuberancias granulares de metal cromado que se generarán en el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior. Cuando se produce una disolución excesiva durante el tratamiento de electrólisis anódica puede disminuir el número de sitios de generación y, por lo tanto, pueden darse una menor densidad numérica de las protuberancias granulares por unidad de área, una variación en la distribución de las protuberancias granulares debido a la desigual progresión de la disolución, y un bajo espesor de la capa plana de metal cromado de menos de 7 nm.

- 15 La capa de metal cromado formada durante el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior y el tratamiento de electrólisis anódica se compone principalmente de la capa plana de metal cromado. Para que la capa plana de metal cromado tenga un espesor de 7 nm o más, es necesario asegurar una cantidad de metal cromado no inferior a 50 mg/m² tras el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior y el tratamiento de electrólisis anódica.

- 20 Debido a los factores anteriores, la densidad de magnitud eléctrica (el producto de la densidad de corriente y el tiempo de aplicación de corriente) durante el tratamiento de electrólisis anódica no será inferior a 0,1 C/dm² pero será inferior a 5,0 C/dm². El límite inferior de la densidad de magnitud eléctrica durante el tratamiento de electrólisis anódica es preferentemente superior a 0,3 dm². El límite superior de la densidad de magnitud eléctrica durante el tratamiento de electrólisis anódica preferentemente no es superior a 3,0 C/dm² y más preferentemente no es superior a 2,0 C/dm².

- 25 La densidad de corriente (unidad: A/dm²) y el tiempo de aplicación de corriente (unidad: s) se establecen adecuadamente en función de la anterior densidad de magnitud eléctrica.

- 30 El tratamiento de electrólisis anódica no tiene por qué ser un tratamiento de electrólisis continuo. En otras palabras, el tratamiento de electrólisis anódica puede ser un tratamiento de electrólisis intermitente porque la electrólisis se lleva a cabo por separado para cada conjunto de electrodos en la producción industrial y, en consecuencia, inevitablemente estará presente un período de inmersión en el que no se aplica corriente. En el caso de un tratamiento de electrólisis intermitente, la densidad de magnitud eléctrica total estará preferentemente dentro de los anteriores intervalos.

35 [Tratamiento de Electrólisis Catódica de Etapa Posterior]

- 40 Como se describió anteriormente, se lleva a cabo un tratamiento de electrólisis catódica para depositar metal cromado y óxido de cromo hidratado. En particular, el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior permite generar las protuberancias granulares de metal cromado en los anteriores sitios de generación que sirven como puntos de partida. En este proceso, cuando la densidad de magnitud eléctrica es demasiado alta, las protuberancias granulares de metal cromado pueden crecer excesivamente, dando lugar a un tamaño grueso de los granos.

- 45 Por esta razón, durante el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior, la densidad de magnitud eléctrica es preferentemente inferior a 30,0 C/dm², más preferentemente no es superior a 25,0 C/dm² y aún más preferentemente no es superior a 7,0 C/dm². El límite inferior de la misma no está particularmente limitado y preferentemente no es inferior a 1,0 C/dm², y más preferentemente no es inferior a 2,0 C/dm².

- 50 El tiempo de aplicación de corriente (unidad: s) se establece adecuadamente en función de la anterior densidad de corriente y la anterior densidad de magnitud eléctrica.

- 55 El tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior no tiene por qué ser un tratamiento de electrólisis continuo. En otras palabras, el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior puede ser un tratamiento de electrólisis intermitente porque la electrólisis se lleva a cabo por separado para cada conjunto de electrodos en la producción industrial y, en consecuencia, inevitablemente estará presente un período de inmersión en el que no se aplica corriente. En el caso de un tratamiento de electrólisis intermitente, la densidad de magnitud eléctrica total estará preferentemente dentro de los anteriores intervalos.

- 60 Preferentemente, el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior es el tratamiento de electrólisis final. En otras palabras, el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior preferentemente no va seguido de otro tratamiento de electrólisis (tratamiento de electrólisis catódica o anódica, en particular un tratamiento de electrólisis catódica). Más preferentemente, solo se llevan a cabo el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior, el tratamiento de electrólisis anódica y el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior como tratamientos de electrólisis, usando un tipo de solución acuosa.

- 65 Cuando el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior es el tratamiento de electrólisis final, puede evitarse que aumenten excesivamente el peso de revestimiento de la capa de óxido de cromo hidratado en términos de

cantidad de cromo y el diámetro máximo de las protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado.

Sin embargo, incluso cuando el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior es el tratamiento de electrólisis final, el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior puede ir seguido de un tratamiento de inmersión en el que se sumerge la chapa de acero en una solución acuosa que contiene un compuesto de cromo hexavalente, en un estado no electrolítico, con el fin de controlar la cantidad de capa de óxido de cromo hidratado y reformar la capa de óxido de cromo hidratado. Incluso con el anterior tratamiento de inmersión, el espesor de la capa plana de metal cromado y el diámetro y la densidad numérica de las protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado no se ven afectados en absoluto.

El compuesto de cromo hexavalente contenido en la solución acuosa utilizada en el tratamiento de inmersión no está particularmente limitado, y algunos ejemplos del mismo incluyen trióxido de cromo (CrO_3), dicromatos tales como dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) y cromatos tales como cromato de potasio (K_2CrO_4).

Ejemplos

La presente invención se describe específicamente a continuación a modo de ejemplos. Sin embargo, la presente invención no debe interpretarse como limitada a los siguientes ejemplos.

[Fabricación de Chapa de Acero para Latas]

Se sometió cada una de las chapas de acero (calidad de templado: T4CA) producida con un espesor laminar de 0,22 mm a un desengrase y decapado normales. Posteriormente, se hizo circular mediante una bomba la solución acuosa relevante que se muestra en la siguiente Tabla 1, a una velocidad equivalente a 100 mpm en una celda de fluido, y se llevó a cabo el tratamiento de electrólisis utilizando electrodos conductores en las condiciones que se muestran en la siguiente Tabla 2, fabricando de este modo una chapa de acero para latas de tipo TFS. Se enjuagó con agua la chapa de acero para latas fabricada y se secó la misma mediante un soplador a temperatura ambiente.

Para ser más específicos, solo en el Ejemplo Comparativo 2 se llevaron a cabo el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior, el tratamiento de electrólisis anódica y el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior utilizando una primera solución (solución acuosa E), y luego se llevó a cabo el tratamiento de electrólisis catódica utilizando una segunda solución (solución acuosa F). En el resto de ejemplos, se llevaron a cabo el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior, el tratamiento de electrólisis anódica y el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior utilizando únicamente la primera solución (la relevante de entre las soluciones acuosas A a E).

[Peso de Revestimiento]

Se midieron, para cada una de las chapas de acero para latas fabricadas, el peso de revestimiento de la capa de metal cromado (capa de metal Cr) y el peso de revestimiento de la capa de óxido de cromo hidratado (capa de óxido de Cr hidratado) en términos de cantidad de cromo (lo que se indica simplemente como "Peso de Revestimiento" en la siguiente Tabla 2). Los métodos de medición fueron los descritos anteriormente. Los resultados se muestran en la siguiente Tabla 2.

[Estructura de capa de metal Cr]

Se midieron, para la capa de metal Cr de cada una de las chapas de acero para latas fabricadas, el espesor de la capa plana de metal cromado (capa plana de metal Cr) y el diámetro máximo de las protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado (capa granular de metal Cr), así como también su densidad numérica por unidad de área. Los métodos de medición fueron los descritos anteriormente. Los resultados se muestran en la siguiente Tabla 2.

[EVALUACIÓN]

Se evaluaron las chapas de acero para latas fabricadas en función de los siguientes factores. Los resultados de la evaluación se muestran en la siguiente Tabla 2.

[Resistencia a la Oxidación]

Se cortaron dos muestras de cada una de las chapas de acero para latas fabricadas. Se fijó una muestra (30 mm × 60 mm) a un probador de frotamiento para su uso como muestra de evaluación, mientras que la otra muestra (10 mm × 10 mm) se fijó a un cabezal, y se efectuaron 10 golpes con la cabeza sobre una longitud de 60 mm con una presión superficial de 1 kgf/cm² y una velocidad de frotamiento de 1 segundo por cada movimiento alternativo. A continuación, se dejó reposar la muestra de evaluación en una cámara de temperatura y humedad constantes a 40 °C y un 80 % de HR, durante 7 días. A continuación, se observó la muestra de evaluación a bajo aumento con un microscopio óptico, y se sometió una micrografía de la misma a análisis de imagen para determinar la fracción de área de aparición de óxido de una porción frotada. La evaluación se llevó a cabo de acuerdo con los

siguientes criterios. Para el uso práctico, cuando el resultado es A, B o C, la resistencia a la oxidación de la chapa de acero para latas puede calificarse como excelente.

A: Aparición de óxido inferior al 1 %

B: Aparición de óxido no inferior al 1 % pero inferior al 2 %

C: Aparición de óxido no inferior al 2 % pero inferior al 5 %

D: Aparición de óxido no inferior al 5 % pero inferior al 10 %

E: Aparición de óxido no inferior al 10 % o aparición de óxido en una zona diferente a una porción frotada

[Tono de Color]

Se midió, para cada una de las chapas de acero para latas fabricadas, el valor L de acuerdo con la medición de diferencia de color de Hunter definida en la norma JIS Z 8730 de la versión anterior (1980), y se evaluó de acuerdo con los siguientes criterios. Para un uso práctico, cuando el resultado es A, B o C, la apariencia de la superficie de la chapa de acero para latas puede calificarse como excelente.

A: Un valor L no inferior a 70

B: Un valor L no inferior a 67 pero inferior a 70

C: Un valor L no inferior a 65 pero inferior a 67

C-D: Un valor L no inferior a 63 pero inferior a 65

D: Un valor L no inferior a 60 pero inferior a 63

E: Un valor L inferior a 60

[Resistencia de contacto]

Se sometió cada una de las chapas de acero para latas fabricadas a unión por termocompresión de una película de resina orgánica y a un tratamiento térmico, para el que se había simulado un calentamiento posterior, y luego se midió la resistencia de contacto. Más específicamente, se hicieron pasar muestras de cada una de las chapas de acero para latas por separado a través de un dispositivo de laminación de película a una presión de rodadura de 4 kg/cm², a una velocidad de alimentación de placas de 40 mpm, y una temperatura superficial de las placas de 160 °C tras pasar por los rodillos, y se sometió al calentamiento posterior en un horno discontinuo (y se mantuvo a una temperatura objetivo de 210 °C durante 120 segundos), tras lo cual se superpusieron entre sí las muestras ya sometidas al calentamiento posterior. A continuación, se mecanizaron unos electrodos con una masa de un 1 % de Cr-Cu de tipo DR, con un diámetro de punta de 6 mm y una curvatura de R40 mm, se intercalaron las muestras superpuestas entre estos electrodos y se mantuvieron a una presión de 1 kgf/cm² durante 15 segundos, luego se suministró una corriente de 10 A y se midió la resistencia de contacto entre las placas de muestra. La medición se llevó a cabo para diez casos diferentes, y se tomó el promedio como valor de resistencia de contacto a evaluar de acuerdo con los siguientes criterios. Para un uso práctico, cuando el resultado es A, B o C, la soldabilidad de la chapa de acero para latas puede calificarse como excelente.

A: Resistencia de contacto no superior a 50 μΩ

B: Resistencia de contacto superior a 50 μΩ pero no superior a 100 μΩ

C: Resistencia de contacto superior a 100 μΩ pero no superior a 300 μΩ

D: Resistencia de contacto superior a 300 μΩ pero no superior a 1000 μΩ

E: Resistencia de contacto superior a 1000 μΩ

[Tabla 1]

Tabla 1

Solución acuosa	Composición		
	Total	mol/L	
		Cr	F
A	CrO ₃ 0,5mol/L NaF 0,20mol/L	0,50	0,200
B	CrO ₃ 0,75mol/L NaF 0,20mol/L	0,75	0,200
C	CrO ₃ 1,0mol/L NaF 0,20mol/L	1,00	0,200
D	CrO ₃ 0,5mol/L NaF 0,10mol/L	0,50	0,100
E	CrO ₃ 0,8mol/L Na ₂ SiF ₆ 0,011mol/L	0,80	0,064
F	CrO ₃ 0,4mol/L Na ₂ SiF ₆ 0,001mol/L	0,40	0,005

[Tabla 2]

Tabla 2

Solución acuosa	Primera solución						Segunda solución						Peso revestimiento			Estructura de capa metal Cr		Resistencia oxidación	Tono Color	Resistencia contacto						
	Tratamiento electrolisis catódica de etapa anterior			Tratamiento electrolisis anódica			Tratamiento electrolisis catódica de etapa posterior			Solución acuosa	Temperatura	Tratamiento electrolisis catódica			Capa metal Cr	Capa óxido Cr hidratado	Capa plana metal Cr				Capa granular metal Cr					
	Temperatura	Densidad corriente	Tiempo aplicación corriente	Densidad magnitud eléctrica	Densidad corriente	Tiempo aplicación corriente	Densidad magnitud eléctrica	Densidad corriente	Tiempo aplicación corriente			Densidad magnitud eléctrica	Densidad corriente	Tiempo aplicación corriente							Densidad magnitud eléctrica	Diámetro máximo	Densidad			
																								nm	nm	nm
°C	A/dm ²	s	C/dm ²	A/dm ²	s	C/dm ²	A/dm ²	s	C/dm ²	A/dm ²	s	C/dm ²	mg/m ²	mg/m ²	nm	nm	nm	g /dm ²								
EJ1	A	45	60	0,65	39	2	0,25	0,5	60	0,05	3	-	-	-	92	6	14,2	25	140	A	A	A				
EJ2	A	45	60	0,65	39	4	0,25	1	60	0,05	3	-	-	-	90	3	12,6	20	120	A	A	A				
EJ3	A	45	60	0,65	39	8	0,25	2	60	0,15	9	-	-	-	92	5	11,2	80	110	A	B	A				
EJ4	A	45	60	0,65	39	12	0,25	3	60	0,15	9	-	-	-	77	6	10,7	70	80	A	B	A				
EJ5	A	45	60	0,50	30	1	0,50	0,5	60	0,15	9	-	-	-	114	3	11,2	30	220	A	A	A				
EJ6	A	45	60	0,50	30	2	0,50	1	60	0,20	12	-	-	-	109	4	9,0	60	250	B	B	A				
EJ7	A	45	60	0,50	30	4	0,50	2	60	0,25	15	-	-	-	92	4	8,2	80	170	C	B	A				
EJ8	B	45	60	0,50	30	1	0,50	0,5	60	0,20	12	-	-	-	117	4	12,3	30	165	A	A	A				
EJ9	B	45	60	0,50	30	2	0,50	1	60	0,25	15	-	-	-	115	6	11,0	80	80	A	B	A				
EJ10	B	45	60	0,50	30	4	0,50	2	60	0,30	18	-	-	-	109	4	8,9	75	75	C	B	A				
EJ11	C	45	60	0,50	30	1	0,50	0,5	60	0,20	12	-	-	-	117	5	13,3	30	200	A	A	A				
EJ12	C	45	60	0,50	30	2	0,50	1	60	0,25	15	-	-	-	120	4	11,6	70	85	A	B	A				
EJ13	C	45	60	0,50	30	4	0,50	2	60	0,30	18	-	-	-	112	5	10,5	80	65	A	B	A				
EC1	D	45	60	0,50	30	2	0,50	1	60	0,25	15	-	-	-	110	8	11,0	160	30	A	E	A				
EC2	E	50	80	0,30	24	5	0,50	2,5	40	0,50	20	F	40	2	70	10	3,5	120	40	E	C-D	A				
EC3	E	50	40	0,70	28	5	0,20	1	50	0,20	10	-	-	-	61	10	4,0	1000	12	E	E	D				

Como resulta evidente a partir de los resultados mostrados en la Tabla 2, se reveló que la chapa de acero para latas de los Ejemplos 1 a 13 presentaba un excelente aspecto de su superficie.

5 Por el contrario, en el Ejemplo Comparativo 1 que hizo uso de la solución acuosa D (NaF: 0,10 mol/L), el diámetro máximo por unidad de área de las protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado fue de 160 nm, y por lo tanto grande, dando como resultado un aspecto deficiente de la superficie.

10 En el Ejemplo Comparativo 2, en el que a una serie de tratamientos de electrólisis (el tratamiento de electrólisis catódica de etapa anterior, el tratamiento de electrólisis anódica y el tratamiento de electrólisis catódica de etapa posterior) que hicieron uso de la primera solución les siguió un tratamiento de electrólisis catódica que hizo uso de la segunda solución, por ejemplo, el diámetro máximo de las protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado fue de 120 nm, y por lo tanto grande, dando como resultado un aspecto deficiente de la superficie.

15 En el Ejemplo Comparativo 3, el diámetro máximo de las protuberancias granulares de la capa granular de metal cromado fue de 1000 nm, y por lo tanto grande, dando como resultado un aspecto deficiente de la superficie.

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero para latas que comprende, sobre una superficie de una chapa de acero, una capa de metal cromado y una capa de óxido de cromo hidratado, apiladas en este orden desde un lado de chapa de acero, donde
5 la capa de metal cromado tiene un peso de revestimiento de 65 a 200 mg/m², donde la capa de óxido de cromo hidratado tiene un peso de revestimiento de 3 a 15 mg/m² en términos de cantidad de cromo, y donde la capa de metal cromado incluye:
una capa plana de metal cromado con un espesor no inferior a 7 nm; y
una capa granular de metal cromado que presenta unas protuberancias granulares formadas sobre una superficie de
10 la capa plana de metal cromado, teniendo las protuberancias granulares un diámetro máximo no superior a 100 nm y una densidad numérica por área unitaria no inferior a 10 protuberancias/μm², todo ello determinado mediante métodos de medición descritos en la descripción.
2. La chapa de acero para latas de acuerdo con la reivindicación 1, donde las protuberancias granulares tienen un
15 diámetro máximo no superior a 50 nm.
3. La chapa de acero para latas de acuerdo con la reivindicación 2, donde las protuberancias granulares tienen un diámetro máximo no superior a 30 nm.
- 20 4. La chapa de acero para latas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde las protuberancias granulares tienen una densidad numérica por área unitaria no inferior a 50 protuberancias/μm².
5. La chapa de acero para latas de acuerdo con la reivindicación 4, donde las protuberancias granulares tienen una densidad numérica por área unitaria no inferior a 100 protuberancias/μm².
- 25 6. La chapa de acero para latas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde la capa plana de metal cromado tiene un espesor no inferior a 10 nm.
7. Un método de fabricación de una chapa de acero para latas, para obtener una chapa de acero para latas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, comprendiendo el método:
30 someter una chapa de acero a un tratamiento de electrolisis catódica de etapa anterior, con una densidad de magnitud eléctrica de 20 a 50 C/dm², utilizando una solución acuosa que contiene una cantidad de Cr no inferior a 0,5 mol/L y una cantidad de F de 0,20 mol/L a 2,0 mol/L, y una cantidad de ácido sulfúrico incorporada inevitablemente inferior a 0,001 mol/L, a lo que sigue un tratamiento de electrolisis anódica con una densidad de
35 magnitud eléctrica no inferior a 0,1 C/dm² pero inferior a 5,0 C/dm², y después un tratamiento de electrolisis catódica de etapa posterior, donde la solución acuosa utilizada en el tratamiento de electrolisis catódica de etapa anterior, el tratamiento de electrolisis anódica y el tratamiento de electrolisis catódica de etapa posterior comprende solo un tipo de solución acuosa.
- 40 8. El método de fabricación de una chapa de acero para latas de acuerdo con la reivindicación 7, donde el tratamiento de electrolisis catódica de etapa posterior es un tratamiento de electrolisis final.