

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 424**

51 Int. Cl.:

C23C 2/12	(2006.01)	C21D 9/46	(2006.01)
C22C 21/02	(2006.01)	C21D 1/26	(2006.01)
C23C 2/28	(2006.01)	C22C 21/00	(2006.01)
C23C 2/40	(2006.01)		
B32B 15/01	(2006.01)		
C22C 38/14	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2014 PCT/JP2014/068035**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.02.2015 WO15022821**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2014 E 14836187 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 3034647**

54 Título: **Lámina de acero recubierta con Al que tiene excelentes propiedades de reflexión total y resistencia a la corrosión, y procedimiento de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

14.08.2013 JP 2013168478

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.04.2020

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL NISSHIN CO., LTD. (100.0%)
4-1 Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8366, JP**

72 Inventor/es:

**FURUKAWA SHINYA y
HATTORI YASUNORI**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 753 424 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

Lámina de acero recubierta con Al que tiene excelentes propiedades de reflexión total y resistencia a la corrosión, y procedimiento de fabricación de la misma

5

Campo técnico

La presente invención se refiere a una lámina de acero recubierta con Al capaz de obtenerse modificando una capa chapada con una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente a través de un tratamiento térmico, y se refiere particularmente a la lámina de acero recubierta con Al que exhibe una alta reflectividad total y exhibe buena resistencia a la corrosión.

10

Técnica antecedente

Una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente se usa ampliamente para propósitos que requieren resistencia al calor. Muchas de las láminas de acero chapadas con aleación basada en Al por inmersión en caliente que han sido sometidas a un uso práctico se fabrican utilizando un baño de chapado de aleación basada en Al que contiene Si. La presencia de Si contenido puede disminuir la temperatura del baño de chapado, y también puede disminuir el espesor de la capa de aleación quebradiza (es decir, el espesor inicial de la capa de aleación) formada entre la lámina de acero base (es decir, la lámina base para chapado) y la capa chapada con aleación basada en Al en el proceso de chapado por inmersión en caliente.

15

20

25

30

La capa de aleación puede crecer en algunos casos en el uso de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente para aplicaciones que requieren resistencia al calor. En el caso de que la durabilidad a una temperatura alta se mejore particularmente, se emplea una medida tal que se realiza un tratamiento térmico después del chapado por inmersión en caliente (es decir, un tratamiento posterior al calor), para formar una capa barrera de AlN entre la lámina de acero base y la capa de aleación. En este caso, se aplica una lámina de acero base que contiene N en una cantidad tal que satisfaga la formación de la capa de barrera AlN.

35

Una composición de baño de chapado que contiene aproximadamente del 7 al 12 % en masa de Si es efectiva desde el punto de vista de la reducción de la temperatura del baño de chapado de aleación basada en Al, y muchas de las láminas de acero chapadas con aleación basada en Al por inmersión en caliente contienen 7 % en masa o más de Si en la capa chapada. Sin embargo, algunas de las referencias citadas a continuación en la presente memoria divulgan ejemplos donde se aplica un tratamiento térmico posterior con el uso de un baño de chapado que tiene un contenido de Si relativamente bajo del 6 % o menos (véanse, por ejemplo, los documentos JP 61 124 558 A, JP 3 104 848 A, JP 6 207 262 A, JP 6 330 274 A, JP 3 383 119 B, JP 8 319 549 A, JP 3 398 810 B, JP 3 485 410 B o JP 2000 290 764 A.

40

45

50

55

60

También se llama la atención sobre el documento EP 1 669 153 A1, que divulga una estructura unida de acero/aluminio. La estructura tiene una lámina de acero aluminizado por inmersión en caliente y un aluminio o una aleación de aluminio laminada sobre ella mediante soldadura por puntos, en el que una capa de chapado comprende del 3 al 12 % en masa de Si y del 0,5 al 5 % en masa de Fe, el porcentaje de área de una capa de aleación binaria Al-Fe en la interfaz de unión entre la lámina de acero aluminizada y el aluminio o la aleación de aluminio se suprime al 90 % o menos, y una región que no tiene capa de aleación aparece entre una capa de aleación ternaria Al-Fe-Si presente en una interfaz de capa de acero base/chapado y la capa de aleación binaria Al-Fe. El acero base de la lámina de acero aluminizado comprende preferiblemente de 0,002 a 0,020 % en masa de N y tiene una capa rica en N que contiene 3,0 % en átomos o más de N formado en su superficie en contacto con la capa aluminizada. El documento JP 2000 256 816 A divulga un procedimiento de producción de una lámina de acero aluminizado por inmersión en caliente excelente en facilidad de trabajo y resistencia a la corrosión. En el procedimiento, se introduce una lámina de acero mantenida a ≥ 630 °C en un baño de chapado a ≥ 640 °C, se enfría a 400 °C a una tasa de enfriamiento promedio de ≥ 10 °/s después del chapado y se calienta a 250-500 °C durante 5-50 horas. Una capa aluminizada por inmersión en caliente obtenida tiene 5-12 % en peso de contenido de Si y un peso de recubrimiento de 100-350 g/m² por ambas superficies. Además, el documento JP H06 128 713 A divulga un procedimiento de producción de una lámina de acero aluminizado por inmersión en caliente excelente en resistencia a la corrosión y facilidad de trabajo. En el procedimiento, una capa de recubrimiento de aluminio por inmersión en caliente que tiene una composición que consiste en 3-10 % de Si y el resto de Al con impurezas inevitables y que tiene un peso de recubrimiento de 100 a 400 g/m² por ambos lados se somete a un tratamiento térmico a 250-450 °C durante 10-1200 min.

Sumario de la invenciónProblema técnico

Se requiere que una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente tenga buenas características de reflexión de calor debido a los propósitos antes mencionados que requieren resistencia

65

al calor. En su aplicación a un material de construcción de una pared de túnel o similares, una placa reflectante de un equipo de iluminación, y similares, se exige que tenga buenas características de reflexión con una pequeña absorción de luz. Las capacidades de reflexión del calor y la luz dependen aproximadamente de la reflectividad total. Por consiguiente, en consideración de su aplicación a fines que requieren resistencia al calor y propósitos que utilizan la capacidad de reflexión de la luz, es ventajoso tener características de reflexión total altas. En la descripción de la presente memoria, el hecho de que un artículo tenga características de reflexión total altas se expresa que el artículo "tiene excelentes características de reflexión total".

Se requiere buena resistencia a la corrosión en los propósitos de un material de construcción y similares. Sin embargo, una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente que se fabrica con un baño de chapado que contiene Si tiene una tendencia a disminuir la resistencia a la corrosión, en comparación con una fabricada con un baño de chapado de aleación basada en Al puro. Además, se puede suponer que se usa una lámina de acero chapada con aleación basada en Al después de someterse a un tratamiento de anodización, de forma similar a un material de aleación de Al. Sin embargo, una lámina chapada con aleación basada en Al tiene un defecto de que la apariencia de la misma se vuelve negruzca después de un tratamiento de anodización, y una superficie anodizada que tiene buena calidad de diseño es difícil de lograr.

La invención es proporcionar una lámina de acero recubierta con Al que es excelente en características de reflexión total, resistencia a la corrosión y apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización, en comparación con una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente.

Solución al problema

El objeto puede lograrse mediante una lámina de acero recubierta con Al que tiene excelentes características de reflexión total y resistencia a la corrosión como se establece en la reivindicación 1 y un procedimiento de fabricación de lo mismo que se establece en la reivindicación 2. La lámina de acero contiene una lámina de acero base que tiene en una superficie de la misma una capa recubierta con Al que tiene un espesor promedio de 7 μm o más con una capa de aleación basada en Al-Fe-Si que interviene entre ellas, una porción de capa superficial de la capa recubierta con Al que se extiende desde su superficie hasta una profundidad de 3 μm que tiene una concentración promedio de Si de 1,07 % en masa o menos, y una relación de área de una fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que ocupa la superficie de la capa recubierta con Al que es 10 % o menos. La capa recubierta con Al se obtiene modificando una capa chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente que contiene Si mediante un tratamiento térmico. En este momento, se controla que el contenido de Si del baño de chapado por inmersión en caliente esté en un intervalo de 1,5 % en masa o más y menor que 3,0 % en masa.

La capa recubierta con Al en la presente memoria es una capa que tiene una fase de Al como matriz. La capa recubierta con Al puede contener una fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe y una fase de Si.

La concentración promedio de Si de la porción de la capa superficial de la capa recubierta con Al que se extiende desde la superficie de la misma hasta una profundidad de 3 μm se puede obtener realizando un análisis EDX (análisis de espectrometría de rayos X con dispersión de energía) para la superficie de la sección transversal en paralelo a la dirección del espesor de la capa recubierta con Al. Específicamente, en un campo de observación SEM de la superficie de la sección transversal con un aumento de 5.000, se asume un área rectangular que tiene una dimensión de 3 μm \times 20 μm teniendo el borde una longitud de 3 μm en la dirección del espesor de la capa recubierta con Al (es decir, la dirección del espesor de la lámina de acero). El área rectangular que se superpone por completo a la capa recubierta con Al (es decir, el área rectangular no se desvía de la capa recubierta con Al) y tiene el borde que tiene una longitud de 20 μm en contacto con al menos una parte de la superficie más externa de la capa recubierta con Al se establece como un área de medición. El área de medición se mide para la concentración promedio de Si (valor de conversión en términos de porcentaje en masa) mediante análisis EDX. La operación de medición anterior se realiza para cinco o más campos que se han seleccionado al azar, y el valor promedio de los valores promedio de concentración de Si de las áreas de medición se puede designar como la "concentración promedio de Si de la porción de capa superficial de la capa recubierta con Al que se extiende desde su superficie hasta una profundidad de 3 μm ".

La relación de área de una fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que ocupa la superficie de la capa recubierta con Al indica la relación del área de la porción que tiene la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe presente en el mismo con respecto al área proyectada del área observada obtenida viendo la superficie de la capa recubierta con Al en la dirección del espesor. La fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que se expone a la superficie de la capa recubierta con Al puede identificarse como una fase que tiene un contenido de Fe en términos de porcentaje en masa que es la segunda más alta después de Al.

Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con la invención, se puede proporcionar una lámina de acero recubierta con Al que tenga una alta reflectividad total, buena resistencia a la corrosión y una excelente apariencia después de someterse a un

tratamiento de anodización, en comparación con una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente. La lámina de acero recubierta con Al es particularmente excelente en características de reflexión de calor y características de reflexión de luz debido a la alta reflectividad total de la misma, y por lo tanto es considerablemente útil para propósitos que requieren resistencia al calor y propósitos que utilizan la capacidad de reflexión de luz. La lámina de acero recubierta con Al puede obtenerse sometiendo una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente capaz de fabricarse con una línea de chapado por inmersión en caliente ordinaria, como material base, a un tratamiento térmico posterior. Por consiguiente, la invención contribuye a la mejora de los propósitos de una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una ilustración que muestra esquemáticamente la estructura de la sección transversal de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente ordinaria fabricada usando un baño de chapado de aleación basada en Al que tiene un alto contenido de Si, intacto después del chapado.

La Fig. 2 es una ilustración que muestra esquemáticamente la estructura de la sección transversal de la lámina de acero chapada de la Fig. 1, después de someterla a un tratamiento térmico posterior.

La Fig. 3 es una ilustración que muestra esquemáticamente la estructura de la sección transversal de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado de aleación basada en Al que tiene un bajo contenido de Si, intacto después del chapado.

La Fig. 4 es una ilustración que muestra esquemáticamente la estructura de la sección transversal de acuerdo con la invención de la lámina de acero chapada de la Fig. 3, después de someterla a un tratamiento térmico posterior.

La Fig. 5 es una ilustración que muestra esquemáticamente la estructura de la sección transversal de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado de Al puro.

La Fig. 6 es un gráfico que ejemplifica la relación entre la temperatura de calentamiento y el tiempo de calentamiento requerido para hacer una concentración de Si promedio de 2,0 % en masa o menos para la porción de capa superficial de la capa recubierta con Al que se extiende desde la superficie de la misma hasta una profundidad de 3 μm.

La Fig. 7 es una micrográfica que muestra la estructura de la sección transversal de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 9% en masa, intacto después del chapado.

La Fig.8 es una micrográfica que muestra la estructura de la sección transversal de la lámina de acero recubierta con Al obtenida sometiendo la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 9 % en masa a un tratamiento térmico posterior en el aire a 450 °C durante 24 horas.

La Fig. 9 es una micrográfica que muestra la estructura de la sección transversal de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 2,5% en masa, intacto después del recubrimiento.

La Fig. 10 es una micrográfica que muestra la estructura de la sección transversal de la lámina de acero recubierta con Al obtenida sometiendo la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 2,5 % en masa a un tratamiento térmico posterior en el aire a 450 °C durante 24 horas.

La Fig. 11 es una micrográfica SEM de la porción de la capa de aleación de la sección transversal de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 2,5% en masa, intacto después del chapado.

La Fig. 12 es una micrográfica SEM de la porción de la capa de aleación de la sección transversal de la lámina de acero recubierta con Al obtenida sometiendo la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión

en caliente que tiene un contenido de Si del 2,5% en masa a un tratamiento térmico posterior en el aire a 450 °C durante 24 horas.

Descripción de las realizaciones

5 La lámina de acero recubierta con Al de la invención se puede lograr modificando una capa chapada de una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al que contiene Si, a través de un tratamiento térmico posterior. Es importante en la presente memoria que el tratamiento térmico posterior mejore en gran medida la difusión de Si en la capa chapada, en comparación con un tratamiento térmico posterior que se ha realizado normalmente, y que por lo tanto reduce la concentración de Si de la porción de capa superficial de la capa chapada. Además, para reducir la concentración de Si de la porción de capa superficial de la capa chapada, es considerablemente efectivo usar un baño de chapado de aleación basada en Al por inmersión en caliente que tenga un contenido de Si relativamente bajo.

15 La Fig. 1 muestra esquemáticamente una estructura de sección transversal de una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente ordinaria fabricada usando un baño de chapado de aleación basada en Al que contiene Si en una cantidad de aproximadamente 7 a 10 % en masa, intacto después de enchapado. La capa 3 chapada con aleación basada en Al se forma en la superficie de la lámina 1 de acero base como una lámina base para chapar con la capa 2 de aleación que interviene entre ellas. La capa 2 de aleación es una "capa de aleación basada en Al-Fe-Si" que contiene principalmente un compuesto intermetálico que contiene Al, Fe y Si como componentes. La capa 3 chapada con aleación basada en Al contiene una fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe y una fase 6 de Si presente en una fase 4 de Al como matriz. La fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe está presente en una cantidad relativamente grande en el lado cercano a la capa 2 de aleación, y la fase 6 de Si está presente en una cantidad relativamente grande en el lado cerca de la superficie 10.

20 La Fig. 2 muestra esquemáticamente la estructura de la sección transversal de la lámina de acero chapada de la Fig. 1, después de someterla a un tratamiento térmico posterior a una temperatura de aproximadamente 450 °C. La capa 2 de aleación tiene un espesor ligeramente mayor. La fase 6 de Si presente en la capa 3 chapada en la Fig. 1 se forma en una forma esférica y está presente en una gran cantidad en la fase 4 de Al. La fase 5 del compuesto intermetálico basada en Al-Fe también tiende a ser ligeramente esférica. La capa recubierta con Al derivada de este modo de la capa chapada después de someterse al tratamiento térmico posterior se muestra con un número 30 en la figura.

35 Incluso en el caso donde se somete a una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada utilizando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que contiene Si en una cantidad, por ejemplo, del 7 % en masa o más, a un tratamiento térmico posterior durante un período de tiempo ciertamente largo, la fase 6 de Si permanece en una gran cantidad en la capa 30 recubierta con Al, como se muestra en la Fig. 2. Se ha confirmado que la lámina de acero recubierta con Al que tiene este estado de estructura no mejora sustancialmente en las características de reflexión total, resistencia a la corrosión y apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización. Es decir, una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente ordinaria es sustancialmente incapaz de proporcionar el efecto de mejora de las características antes mencionadas a través de un tratamiento posterior al calor.

40 La Fig. 3 muestra esquemáticamente una estructura de la sección transversal de una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada mediante el uso de un baño de chapado con aleación basada en Al que tiene un contenido bajo de Si de aproximadamente 1,5 a 6,0 % en masa, intacto después de chapado. La capa 2 de aleación presente en la superficie de la lámina 1 de acero base tiende a ser ligeramente más gruesa que la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente ordinaria fabricada utilizando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un alto contenido de Si (Fig. 1), pero el deterioro de las características, como la facilidad de trabajo, causado por ello no constituye un problema en el uso normal. La capa 2 de aleación contiene principalmente un compuesto intermetálico basado en Al-Fe y un compuesto intermetálico basado en Al-Fe-Si como se describe más adelante. En la capa 3 chapada, se observa una fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe y una pequeña cantidad de una fase 6 de Si en una fase 4 de Al. La cantidad de la fase 6 de Si presente varía dependiendo del contenido de Si en el baño de chapado. La fase 5 del compuesto intermetálico basada en Al-Fe está presente en una gran cantidad en el lado cercano a la capa 2 de aleación y en una pequeña cantidad en el lado cerca de la superficie 10. La fase 6 de Si está presente principalmente en el lado cerca de la superficie 10.

50 La lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente obtenida usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si relativamente pequeño es diferente en el estado de estructura de la capa 3 chapada con la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente ordinaria (Fig. 1) en un punto tal que la cantidad de fase 6 de Si presente es pequeña. Sin embargo, de acuerdo con la investigación de los presentes inventores, solo el uso de este estado de estructura no puede proporcionar un efecto de mejora suficiente para las características de

reflexión total, resistencia a la corrosión y apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización.

La Fig. 4 muestra esquemáticamente la estructura de la sección transversal que se obtiene sometiendo la lámina de acero chapada que se muestra en la Fig. 3 a un tratamiento térmico posterior a una temperatura de aproximadamente 450 °C durante un período de tiempo relativamente largo de aproximadamente 24 horas. No hay un crecimiento notable de la capa 2 de aleación. No se observa sustancialmente presencia de una fase Si en la capa 30 recubierta con Al derivada de la capa 3 chapada en la Fig. 3. Por otro lado, la fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe no se modifica en gran medida en forma. El espesor promedio de la capa 30 recubierta con Al por una superficie de la lámina de acero es necesariamente de 7 µm o más con el fin que la resistencia al calor y la resistencia a la corrosión inherentes a la capa chapada con aleación basada en Al se exhiban suficientemente, y es más preferiblemente 20 µm o más. El límite superior del espesor promedio no está particularmente determinado, y el espesor promedio puede estar generalmente en un intervalo de 50 µm o menos, y puede controlarse a 40 µm o menos.

De acuerdo con las investigaciones detalladas por los inventores, se ha encontrado que en el caso de que la lámina de acero chapada fabricada utilizando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un pequeño contenido de Si como en la Fig. 3 se somete a un tratamiento térmico posterior, el Si en la capa 3 chapada se difunde a la región que tiene una concentración de Si relativamente baja cerca de la capa 2 de aleación y se incorpora en la capa 2 de aleación, y en otras palabras, el Si presente en la capa 3 chapada se usa para la reacción que cambia la capa 2 de aleación a una capa de aleación basada en Al-Fe-Si que contiene principalmente un compuesto intermetálico que tiene un mayor contenido de Si. La concentración de Si de la porción de la capa superficial de la capa 30 recubierta con Al cerca de la superficie 10 de la misma puede reducirse utilizando este fenómeno. En la lámina de acero chapada con aleación basada en Al que se muestra en la Fig. 1 fabricada usando un baño de chapado que tiene un alto contenido de Si, la capa 2 de aleación es originalmente una capa de aleación que contiene principalmente un compuesto intermetálico que tiene un mayor contenido de Si. Por lo tanto, el fenómeno de que Si en la capa 3 chapada se incorpora en la capa 2 de aleación a través del tratamiento térmico posterior puede no ocurrir en gran medida.

En la capa 30 recubierta con Al que no tiene fase de Si observada en la misma o tiene un contenido extremadamente pequeño de la fase de Si restante, como se muestra en la Fig. 4, se ha encontrado que la reflectividad total y la resistencia a la corrosión debido a la capa recubierta con Al pueden mejorarse particularmente en el caso donde la concentración de Si de la porción de capa superficial de la misma cerca de la superficie 10 se reduce suficientemente. La reducción de la concentración de Si de la porción de la capa superficial también es importante para mejorar la apariencia después de un tratamiento de anodización. Específicamente, las características de reflexión total y la resistencia a la corrosión pueden mejorarse considerablemente en el caso donde la concentración promedio de Si de la porción de capa superficial que se extiende desde la superficie de la misma hasta una profundidad de 3 µm es del 2,0 % en masa o menos. En la presente invención, las características de reflexión total y la resistencia a la corrosión se mejoran además considerablemente de forma estable en el caso donde la concentración promedio de Si de la porción de capa superficial es del 1,3 % en masa o menos. El límite inferior de la concentración promedio de Si de la porción de la capa superficial de la capa recubierta con Al que se extiende desde la superficie de la misma hasta una profundidad de 3 µm no se determina necesariamente y puede reducirse al 0 % en masa, pero teniendo en cuenta la carga en el proceso de tratamiento térmico posterior, el límite inferior de la misma puede estar en un intervalo de 0,5 % en masa o más.

Se considera que las características de reflexión total se mejoran reduciendo la concentración de Si de la porción de capa superficial ya que aumenta la pureza de Al de la porción de capa superficial de la capa chapada, y las características de reflexión más cercanas a Al puro pueden ser impartidas a las mismas.

En la superficie 10 de la capa 30 recubierta con Al, se forma una porción donde se expone la fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe. Se ha encontrado que la fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe presente en la superficie puede deteriorar la apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización. La fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe expuesta también puede ser un factor de deterioro de las características de reflexión total y la resistencia a la corrosión. Sin embargo, en el caso donde se usa un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que contenga Si en una cantidad de 1,5 % en masa o más, la fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe es susceptible a formarse en el lado cercano a la capa 2 de aleación, y la cantidad de la fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe formado en el lado cerca de la superficie 10 es pequeña. Como resultado de varias investigaciones, en el caso donde la relación de área de la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que ocupa la superficie 10 de la capa 30 recubierta con Al se suprime al 10 % o menos, junto con la reducción de la concentración de Si en la porción de la capa superficial descrita anteriormente, la apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización puede mejorarse considerablemente. Las características de reflexión térmica y la resistencia a la corrosión también pueden mejorarse. La condición de que la relación de área de la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe se suprime al 10 % o menos puede controlarse mediante el uso de un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 1,5 % en masa o más.

La Fig. 5 muestra esquemáticamente la estructura de la sección transversal de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado de Al puro. La capa 2 de aleación formada entre la lámina 1 de acero base y la capa 3 chapada aumenta de espesor en comparación con la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente que usa un baño de chapado que contiene Si como se muestra en las Figs. 1 y 3, suponiendo que las láminas 1 de acero base (es decir, las láminas base para el chapado) tienen la misma composición de acero. La fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe formada en la fase 4 de Al como una matriz de la capa 3 chapada se forma en una gran cantidad en el lado cerca de la superficie 10, que es diferente de los casos de las Figs. 1 y 3. Incluso después de someterse a un tratamiento térmico posterior, la estructura de la sección transversal no sufre grandes cambios aparentes. En consecuencia, un número 30, que corresponde a la capa recubierta con Al después de someterla a un tratamiento térmico posterior, también se muestra en la Fig. 5.

En la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene la estructura de la sección transversal que se muestra en la Fig. 5 fabricada usando un baño de chapado de Al puro, una gran cantidad de la fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe está expuesta a la superficie de la capa 3 chapada. Este estado de estructura se mantiene de manera similar incluso después de someterse a un tratamiento térmico posterior. La fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que está presente en la superficie puede ser un factor de deterioro de la apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización y la resistencia a la corrosión, como se describió anteriormente. Para mejorar la apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización y la resistencia a la corrosión, es considerablemente efectivo usar un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si de 1,5 % en masa o más.

La Fig. 6 ejemplifica la relación entre la temperatura de calentamiento y el tiempo de calentamiento requerido para hacer una concentración promedio de Si de 2,0 % en masa o menos para la porción de capa superficial de la capa recubierta con Al que se extiende desde su superficie hasta una profundidad de 3 μm en el caso donde se somete una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 2,5 % en masa a un tratamiento térmico posterior. Un tratamiento térmico posterior de una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente se conoce comúnmente, como se describió anteriormente. Sin embargo, es difícil que el tratamiento térmico posterior normal reduzca suficientemente la concentración de Si de la porción de la capa superficial de la capa recubierta con Al, como se describió anteriormente. Para mejorar las características de reflexión total, es necesario difundir Si más a fondo, como se describe, por ejemplo, en la Fig. 6.

Las Figs. 7 a 10 ejemplifican micrográficas de las estructuras de la sección transversal después de un tratamiento térmico posterior.

La Fig. 7 es una micrográfica que muestra la estructura de la sección transversal de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si de 9 % en masa, intacto después del chapado. En la capa chapada, la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que se ve gris claro y la fase de Si que se ve negra se dispersan en la fase de Al que se ve blanca.

La Fig. 8 es una micrográfica que muestra la estructura de la sección transversal de la lámina de acero recubierta con Al obtenida sometiendo la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si de 9 % en masa a un tratamiento térmico posterior en el aire a 450 °C durante 24 horas. En la capa recubierta con Al derivada de la capa chapada, la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que se ve gris claro y la fase de Si que se ve negra se dispersan en la fase de Al que se ve blanca. Las fases se forman en forma esférica debido a la aplicación de calor.

La Fig. 9 es una micrográfica que muestra la estructura de la sección transversal de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 2,5 % en masa, intacto después del chapado. En la capa chapada, la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que se ve gris claro se dispersa en la fase de Al que se ve blanca. La fase de Si que se ve negra también está presente. La cantidad de la fase de Si disminuye considerablemente, en comparación con el caso que se muestra en la Fig. 7.

La Fig. 10 es una micrográfica que muestra la estructura de la sección transversal de la lámina de acero recubierta con Al obtenida sometiendo la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 2,5 % en masa a un tratamiento térmico posterior en el aire a 450 °C durante 24 horas. En la capa recubierta con Al derivada de la capa chapada, la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que se ve gris claro se dispersa en la fase de Al que se ve blanca. La presencia de una fase de Si no se puede

confirmar a partir de la micrográfica.

La Fig. 11 ejemplifica una micrográfica de SEM de la porción de capa de aleación en la sección transversal de la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 2,5 % en masa, intacto después del chapado. La capa de aleación muestra una estructura de dos capas constituida por una capa superior mostrada por un numeral 21 y una capa inferior mostrada por un numeral 22. Lo que se encuentra debajo de la capa inferior es la lámina de acero base. En la micrográfica, cuatro posiciones de análisis se muestran con los símbolos a hasta d. Los resultados de la medición del análisis cuantitativo EDX de las cuatro posiciones se muestran en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1

	Posición de análisis		Valor de análisis (% en masa)			Fase principal compuesta intermetálica estimada
	Capa	Símbolo	Al	Si	Fe	
Intacto después del chapado por inmersión en caliente (véase la Fig. 11)	Capa superior	a	62,2	2,2	35,6	Al ₁₃ Fe ₄ (θ)
		b	63,4	2,5	34,1	
	Capa inferior	c	52,4	2,5	45,1	Al ₅ Fe ₂ (η)
		d	55,3	2,4	42,3	

Tanto la capa superior como la capa inferior tienen una concentración de Si menor que 3,0 % en masa intacto después del chapado, y el compuesto intermetálico principal que constituye las fases se estima como un compuesto intermetálico basada en Al-Fe, como se muestra en la Tabla 1.

La Fig. 12 muestra una micrográfica de SEM de la porción de capa de aleación de la sección transversal de la lámina de acero recubierta con Al obtenida sometiendo la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 2,5 % en masa a un tratamiento térmico posterior en el aire a 450 °C durante 24 horas. En la micrográfica, se muestran cuatro posiciones de análisis con los símbolos e a h. Los resultados de la medición del análisis cuantitativo EDX de las cuatro posiciones se muestran en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2

	Análisis de posición		Valor de análisis (% en masa)			Fase principal compuesta intermetálica estimada
	Capa	Símbolo	Al	Si	Fe	
Después del calentamiento a 450°C durante 24 horas (véase la Fig. 12)	Capa superior	e	62,1	8,6	29,3	Al ₈ Fe ₂ Si(τ 5)
		f	60,0	8,3	31,7	
	Capa inferior	g	61,4	2,0	36,5	Al ₁₃ Fe ₄ (θ)
		h	60,3	2,3	37,3	

Se entiende que el contenido de Si de la capa superior aumenta considerablemente mediante el tratamiento térmico posterior. En tal fenómeno puede observarse que el Si presente en la capa chapada se incorpora en la capa superior, y la capa superior se cambia a la estructura que contiene principalmente un compuesto intermetálico basado en Al-Fe-Si.

Lámina de acero base

La lámina de acero base tal como la lámina base para el chapado aplicado a la invención pueden ser de varias especies de acero que se han aplicado a la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente. Para propósitos que requieren resistencia al calor, un acero que tiene un contenido de N de 0,004 a 0,015 % en masa se usa preferiblemente para evitar que crezca la capa de aleación. Ejemplos específicos de los contenidos de los componentes de acero comprenden de 0,001 a 0,06 % de C, 0,5 % o menos de Si, 1,0 % o menos de Mn, 0,016 % o menos de P, 0,007 % o menos de S, 0,012 % o menos de Al, 0,015 % o menos de N, y de 0 a 0,03 % de Ti (todo en términos de porcentaje en masa), con el resto de Fe e impurezas inevitables. El espesor de la lámina base para el chapado puede estar en un intervalo de 0,1 a 3,5 mm, y puede controlarse a un intervalo de 0,2 a 1,6 mm.

Chapado de Al

5 La lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente que se aplica a la invención puede fabricarse con una línea de chapado por inmersión en caliente ordinaria. La composición de baño de chapado es un baño de chapado con aleación basada en Al que tiene un contenido de Si de 1,5 % en masa o más y 3,0 % en masa o menos. Cuando el contenido de Si del baño es demasiado grande, puede ser difícil reducir suficientemente la concentración de Si de la porción de la capa superficial a través del tratamiento térmico posterior como la etapa posterior del procedimiento. Cuando el contenido de Si es demasiado pequeño, la estructura de la capa chapada se vuelve cercana al chapado de Al puro para mejorar la tendencia de que la fase 5 de compuesto intermetálico basada en Al-Fe se forme en el lado cerca de la superficie 10 como se muestra en la Fig. 5, por lo que puede ser difícil reducir suficientemente la relación de área de la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe. El contenido de Si del baño es, por lo tanto, del 1,5 % en masa o más y del 3,0 % en masa o menos. El límite superior del contenido de Si del baño puede controlarse estrictamente a menos del 3,0 % en masa.

El Fe se incorpora generalmente en el baño. El contenido de Fe se controla 3,0 % en masa o menos, y preferiblemente 2,5 % en masa o menos. Como otros elementos en el baño, el baño contiene al menos uno de 1,0 % en masa o menos de Ti, 1,0 % en masa o menos de B, 1,0 % en masa o menos de Zr, 1,0 % en masa o menos de Sr, y 5,0 % en masa o menos de Mg. Ti, B y Zr son efectivos para mejorar la apariencia de la superficie a través de la miniaturización del tamaño de la lentejuela, Sr es efectivo para miniaturizar la fase de Si y Mg es efectivo para mejorar la resistencia a la corrosión. El resto de los elementos antes mencionados es Al e impurezas inevitables.

25 La cantidad de deposición de chapado es de 7 μm o más, y preferiblemente 20 μm o más, en términos del espesor de la capa chapada por una superficie (excluyendo la capa de aleación). El límite superior de la misma no está particularmente determinado y, en general, el espesor promedio puede estar en un intervalo de 50 μm o menos, y puede controlarse a 40 μm o menos.

30 Tratamiento térmico posterior

La lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente se somete a un tratamiento térmico para proporcionar la capa recubierta con Al que tiene una baja concentración de Si mediante la modificación de la capa chapada con aleación basada en Al. El tratamiento térmico se realiza después del baño por inmersión en caliente, y por lo tanto se denomina "tratamiento térmico posterior" en la descripción de la presente memoria. Para mejorar las características de reflexión total y similares, la capa chapada con aleación basada en Al se modifica a la capa recubierta con Al que tiene una concentración promedio de Si de la porción de capa superficial que se extiende desde la superficie de la misma hasta una profundidad de 3 μm de 1,3 % en masa o menos.

40 Como resultado de diversas investigaciones, en el caso donde una capa recubierta con Al que tiene una concentración promedio de Si de la porción de capa superficial que se extiende desde la superficie de la misma hasta una profundidad de 3 μm de 1,3% en masa o menos se obtiene a través de la modificación, es efectivo usar una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si del 1,5 % en masa o más y 3,0 % en masa o menos. Se puede controlar el uso de una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si de 1,5 % en masa o más y menor que 3,0 % en masa.

50 La temperatura de calentamiento del tratamiento posterior térmico está en un intervalo de 380 a 460 °C. Cuando la temperatura de calentamiento es demasiado baja, la concentración de Si de la porción de la capa superficial de la capa chapada puede ser difícil de reducir. Cuando la temperatura de calentamiento es demasiado alta, la capa de aleación puede crecer excesivamente. La atmósfera del tratamiento térmico posterior puede estar en el aire.

55 La fase de Si formada en la capa chapada tiende a distribuirse en el lado cercano a la superficie. En el tratamiento térmico posterior, la fase de Si se consume para la reacción de aumentar el contenido de Si de la capa de aleación, y de ese modo se reduce la concentración de Si de la porción de capa superficial de la capa chapada. Es importante determinar el tiempo de calentamiento para hacer avanzar suficientemente la difusión de Si en la capa chapada y la reacción de aumentar el contenido de Si de la capa de aleación. El tiempo de calentamiento adecuado puede determinarse comprendiendo de antemano la relación entre la temperatura de calentamiento y el tiempo de calentamiento que son suficientes para reducir la concentración de Si de la porción de capa superficial de la capa chapada (véase la Fig. 6). Incluso en el caso donde el contenido de Si del baño de chapado es, por ejemplo, aproximadamente 2,0 % en masa, la concentración promedio de Si de la porción de la capa superficial de la capa recubierta con Al que se extiende desde la superficie del mismo hasta una profundidad de 3 μm , intacta después del chapado (es decir, antes de someterse al tratamiento térmico posterior)

es generalmente tan grande como aproximadamente 2,5 % en masa. Por consiguiente, es insuficiente reducir solo el contenido de Si del baño de chapado, y la lámina de acero recubierta con Al objetivo que tiene una porción de capa superficial con una concentración reducida de Si puede obtenerse realizando el tratamiento térmico posterior a fondo.

5

Ejemplo

Como una lámina de acero base, se preparó una lámina de acero recocida laminada en frío que tiene la siguiente composición química que tiene un espesor de 0,8 mm.

10

Composición química de la lámina de acero base

El 0,0033 % de C, menor que 0,01 % de Si, el 0,23 % de Mn, menor que 0,01 % de P, el 0,013 % de S, el 0,01 % de Al, el 0,0027 % de O y el 0,0025 % de N, con el resto de Fe e impurezas inevitables

15

Mediante el uso de la lámina de acero base como una lámina de base para el chapado, se fabricaron las láminas de acero chapadas con aleación basada en Al por inmersión en caliente teniendo un espesor promedio de la capa chapada (excluyendo la capa de aleación) en un intervalo aproximadamente de 30 a 50 μm .

20

Condición de chapado

Contenido de Si en baño de Al: se muestra en las Tablas 3 y 4

Contenido de Fe en baño de Al: aproximadamente 2 % en masa

25

Contenido de elementos adicionales que no sean Si y Fe en baño de Al: se muestra en las Tablas 3 y 4

Componentes en baño distintos a los anteriores: Al e impurezas inevitables

Temperatura del baño de chapado: 660 °C

Tiempo de inmersión en baño de chapado: 2 segundos

Tasa de enfriamiento promedio hasta la solidificación completa de la capa chapada: 13 °C por segundo

30

La lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente resultante se sometió a un tratamiento térmico posterior a la temperatura de calentamiento durante el tiempo de calentamiento mostrado en las Tablas 3 y 4 para preparar una muestra, que luego se investigó como sigue. La atmósfera del tratamiento térmico posterior estaba en el aire. A modo de comparación, se preparó un espécimen que no se sometió a un tratamiento térmico posterior.

35

Medición de la concentración promedio de Si de la capa superficial que se extiende hasta una profundidad de 3 μm de capa recubierta con Al

40

El análisis EDX se realizó para la superficie de la sección transversal en paralelo a la dirección del espesor del espécimen. En un campo de observación de SEM con un aumento de 5.000, se supuso un área rectangular que tenía una dimensión de 3 μm \times 20 μm con el borde que tenía una longitud de 3 μm en la dirección del espesor de la capa recubierta con Al. El área rectangular que solapaba completamente la capa recubierta con Al y tenía el borde que tenía una longitud de 20 μm en contacto con al menos una parte de la superficie más externa de la capa recubierta con Al se estableció como un área de medición. El área de medición se midió para la concentración promedio de Si (valor de conversión en términos de porcentaje en masa) mediante análisis EDX. La operación de medición anterior se realizó para cinco campos que se seleccionaron al azar, y el valor promedio de los valores promedio de concentración de Si de las áreas de medición se designó como la concentración promedio de Si de la porción de la capa superficial de la capa recubierta con Al que se extiende desde la superficie del mismo a una profundidad de 3 μm .

50

Medición de la relación de área de la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que ocupa la superficie

La superficie de la capa recubierta con Al de la muestra se observó con SEM en la dirección del espesor de la misma, y se obtuvo la relación de área de la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que ocupa el área proyectada del área observada obtenida viendo la superficie de la capa recubierta con Al en la dirección del espesor. La fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe expuesta a la superficie puede identificarse mediante análisis EDX. La relación de área se midió para cinco campos seleccionados aleatoriamente, y el valor promedio de los mismos se designó como la relación de área (%) de la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que ocupa la superficie.

60

Medición del espesor promedio de la capa de aleación

El espesor promedio de la capa de aleación se midió observando la sección transversal del espécimen en paralelo a la dirección del espesor con SEM. La capa de aleación exhibió una estructura multifásica que incluía una capa superior y una capa inferior, excepto en algunos casos que usaban un baño de chapado con un alto

65

contenido de Si.

Medición de la concentración promedio de Si de la capa superior de la capa de aleación

- 5 En la superficie de la sección transversal en paralelo a la dirección del espesor del espécimen, se seleccionaron aleatoriamente diez puntos de medición en las proximidades del centro en la dirección del espesor de la capa superior, de forma similar a los puntos de medición e y f mostrados en la Fig. 12, se midió la concentración de Si por análisis EDX, y el valor promedio de la misma se designó como la concentración promedio de Si de la capa superior de la capa de aleación. Para el espécimen que tiene una capa de aleación que tiene una estructura de
10 capa única, la concentración promedio de Si en la vecindad del centro en la dirección del espesor de la misma se obtuvo como un valor de referencia.

Evaluación de las características de reflexión total

- 15 La superficie de la capa recubierta con Al de la muestra se midió para la reflectividad total. La medición se realizó con MCP 3100, producido por Shimadzu Corporation, bajo condiciones de un ángulo de reflexión de 8° y una longitud de onda de medición de 550 nm, y las características de reflexión total se evaluaron mediante el siguiente estándar. La evaluación de ○ o mejor se juzgó como aprobada.

- 20 ○: reflectividad total del 75 % o más
○: reflectividad total del 70 % o más y menor que 75 %
△: reflectividad total del 65 % o más y menor que 70 %
×: reflectividad total menor que 65 %

- 25 Evaluación de resistencia a la corrosión

- El espécimen se sometió a una prueba de humedad para retenerlo en un ambiente de una temperatura de 90 °C y una humedad relativa del 95 % durante 500 horas, y la relación de formación de óxido se midió desde el área donde se formó óxido en la superficie, y se evaluó para la resistencia a la corrosión por el siguiente estándar. La
30 evaluación de ○ o mejor se juzgó como aprobada.

- : relación de formación de óxido menor que 10 %
○: relación de formación de óxido del 10 % o más y menor que 20 %
△: relación de formación de óxido del 20 % o más y menor que 50 %
35 ×: relación de formación de óxido del 50 % o más

Evaluación de la apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización.

- El espécimen se sometió a un tratamiento de anodización, y la superficie anodizada resultante se midió para el
40 valor L (luminosidad). Las condiciones de tratamiento de anodización fueron una solución de tratamiento que contenía 150 g/l de ácido sulfúrico y 5 g/l de sulfato de aluminio, una temperatura de tratamiento de 25 °C, una densidad de corriente eléctrica de 5 A/dm² y un tiempo de tratamiento de 10 minutos. Se evaluó la apariencia después de someterse al tratamiento de anodización, y la evaluación de ○ o mejor se juzgó como aprobada.

- 45 ○: valor L de 90 o más
○: valor L de 88 o más y menor que 90
△: valor L de 85 o más y menor que 88
×: valor L menor que 85

- 50 Evaluación de facilidad de trabajo

- El espécimen se sometió a un proceso de estirado cilíndrico, y la porción de pared vertical del artículo procesado se evaluó para determinar el estado de desprendimiento de la capa recubierta con Al. Las condiciones de estirado del cilindro fueron una relación de estirado de 2,0, un diámetro de pieza bruta de 80 mm, un diámetro de
55 troquel de 42 mm, un radio de esquina de troquel de 5 mm, un diámetro de punzón de 40 mm y un radio de esquina de punzón de 5 mm. La facilidad de trabajo se evaluó mediante el siguiente estándar, y la evaluación de ○ o mejor se juzgó como aprobada.

- : no se encontró desprendimiento de la capa recubierta con Al
60 ×: se encontró desprendimiento de la capa recubierta con Al

Evaluación de la apariencia de la superficie

- La superficie de la capa recubierta con Al del espécimen se evaluó para el refinamiento de la lentejuela en
65 términos de la densidad de la lentejuela. La evaluación de ○ o mejor se juzgó como aprobada.

○: densidad de lentejuela de 200 por cm² o más

- : densidad de lentejuela de 50 por cm^2 o más y menor que 200 por cm^2
- ×: densidad de lentejuela menor que 50 por cm^2

El resultado se muestra en las Figs. 3 y 4.

5

Tabla 3

Clase	Baño de chapisco de Al		Tratamiento térmico posterior		Capa recubierta de Al		Capa de aleación		Evaluación de características				
	No.	Si (% añadidos (% en masa)	Temperatura de calentamiento (°C)	Tiempo de calentamiento (min)	Concentración promedio de Si superficial a profundidad de 3 µm (% en masa)	Relación de área de la superficie ocupada por la fase intermetálica Al-Fe (%)	Espesor (µm)	Concentración promedio de Si de la capa superior (% en masa)	Características de reflexión total	Resistencia a la corrosión	Aclaración después de someterse a un tratamiento de anodización	Capacidad de trabajo	Apariencia superficial
Inventación	1	1,5	450	24	1,02	8,4	6	8,0	○	○	○	○	○
	2*	6,0	450	24	1,90	5,0	5	8,5	○	○	○	○	○
	3*	2,5	300	100	1,51	6,2	5	8,1	○	○	○	○	○
	4	2,5	450	24	1,00	6,0	5	8,5	○	○	○	○	○
	5	2,0	400	72	0,98	6,8	6	8,8	○	○	○	○	○
	6	2,0	450	24	0,95	6,7	6	8,3	○	○	○	○	○
	7	2,8	400	72	1,07	5,5	5	12,8	○	○	○	○	○
	8	2,8	450	24	1,03	5,8	5	12,3	○	○	○	○	○
	9*	4,0	400	100	1,52	5,0	5	12,4	○	○	○	○	○
	10*	4,0	450	100	1,49	4,8	5	12,5	○	○	○	○	○
	11	2,5	Ti: 0,20	450	24	1,03	5,7	5	8,7	○	○	○	○
	12	2,5	B: 0,05	450	24	0,98	6,1	5	8,6	○	○	○	○
	13	2,5	Zr 0,30	450	24	1,00	6,0	5	8,6	○	○	○	○
	14	2,5	Sr 0,20	450	24	0,95	5,6	5	8,7	○	○	○	○
	15	2,5	Mg: 0,20	450	24	1,01	6,2	5	8,7	○	○	○	○
	16	2,5	-	450	5	1,23	6,3	5	8,7	○	○	○	○

* Las láminas de acero No. 2, 3, 9 y 10 no constituyen la invención

Tabla 4

Clase	No.	Baño de chapado con aleación en base a Al		Tratamiento térmico posterior		Capa recubierta de Al		Capa de aleación		Evaluation of characteristics				
		Si (% en masa)	Elementos añadidos (% en masa)	Temperatura de calentamiento (°C)	Tiempo de calentamiento (h)	Concentración de Si promedio de la capa superficial a una profundidad de 3 µm (% en masa)	Relación de área de la superficie ocupante de la fase compuesta intermetálica basada en Al-Fe (%)	Espesor (µm)	Concentración promedio de Si de la capa superior (% en masa)	Características de reflexión total	Resistencia a la corrosión	Apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización	Capacidad de Trabajo	Apariencia superficial
Comparación	31	0	-	(sin calentamiento)		0	45	10	0,0	Δ	Δ	X	X	○
	32	0	-	450	48	0	45	10	0,0	Δ	Δ	X	X	○
	32 33	1,0	-	(sin calentamiento)		1,31	30	9	0,8	Δ	Δ	X	X	○
	34	2,0	-	(sin calentamiento)		2,60	6,8	8	1,8	X	Δ	X	○	○
	35	7,0	-	(sin calentamiento)		8,12	5,0	4	4,7	X	X	X	○	○
	36	7,0	-	450	48	3,48	4,9	4	12,8	X	Δ	X	○	○
	37	2,5	-	(sin calentamiento)		3,30	6,6	7	2,2	X	Δ	X	○	○
	38	2,0	-	200	48	2,52	6,0	6	2,1	X	Δ	X	○	○
	39	9,0	-	(sin calentamiento)		11,3	4,9	4	Capa única 10,9	X	X	X	○	○
	40	9,0	-	450	48	7,0	4,7	4	Capa única 11,1	X	X	X	○	○
	41	2,5	-	400	5	2,51	6,5	4	2,1	X	Δ	Δ	○	○

Los especímenes de acuerdo con la invención se mejoraron en las características de reflexión total, resistencia a la corrosión y apariencia después de someterlos a un tratamiento de anodización, y también fueron buenos en la facilidad de trabajo y apariencia superficial. En particular, los especímenes que tenían una concentración promedio de Si de la capa superficial que se extendía a una profundidad de 3 µm de la capa recubierta con Al de 1,3 % en masa o menos fueron considerablemente excelentes en características de reflexión total, resistencia a la corrosión y apariencia después de someterse a un tratamiento anodizante.

Por otro lado, los Nos. 31 y 32 como ejemplos comparativos se fabricaron usando un baño de chapado de Al puro, en el que se formó una gran cantidad de una fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe en las proximidades de la superficie de la capa chapada. La fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe permaneció sustancialmente sin cambios después de someterse al tratamiento posterior al calor (No. 32). Estos especímenes no tenían Si presente en la porción de la capa superficial de la capa recubierta con Al, pero no mejoraron en las características de reflexión total y resistencia a la corrosión y fueron inferiores en apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización, debido a la relación de área grande de la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que ocupa la superficie. Los especímenes también eran inferiores en facilidad de trabajo debido a la capa de aleación formada para tener un gran espesor.

El No. 33 mantuvo la tendencia a que se formara una gran cantidad de una fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe en las proximidades de la superficie de la capa chapada, debido al contenido demasiado pequeño de Si en el baño de chapado. En consecuencia, el espécimen fue inferior en varias características, similar a los especímenes que usan un baño de Al puro. Este espécimen no fue sometido a un tratamiento térmico posterior. Sin embargo, es difícil reducir la relación de área de la fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que ocupa la superficie a través de un tratamiento térmico posterior.

Los Nos. 34, 37, 38 y 41 tenían una alta concentración promedio de Si de la porción de la capa superficial de la capa recubierta con Al, ya que no se realizó un tratamiento térmico posterior, y las condiciones de calentamiento no eran adecuadas, aunque el baño de recubrimiento tenía el contenido apropiado de Si. Como resultado, los especímenes fueron inferiores en características de reflexión total y apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización y fueron insuficientes en la mejora de la resistencia a la corrosión.

Los Nos. 35 y 39 eran láminas de acero chapadas con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricadas usando un baño de chapado con un alto contenido de Si, y fueron inferiores en características de reflexión total, resistencia a la corrosión y apariencia después de someterse a un tratamiento de anodización debido a la gran concentración promedio de Si en la porción de la capa superficial de la capa recubierta con Al (las capas recubiertas de Al en estos especímenes eran las capas chapadas con aleación basada en Al intactas después del chapado).

Los Nos. 36 y 40 se obtuvieron sometiendo una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente fabricada usando un baño de chapado que tiene un alto contenido de Si a un tratamiento térmico posterior, pero la concentración promedio de Si de la porción de capa superficial de la capa recubierta con Al no se redujo suficientemente, y por lo tanto los especímenes no mejoraron en las características de reflexión total, resistencia a la corrosión y apariencia después de someterlas a un tratamiento de anodización.

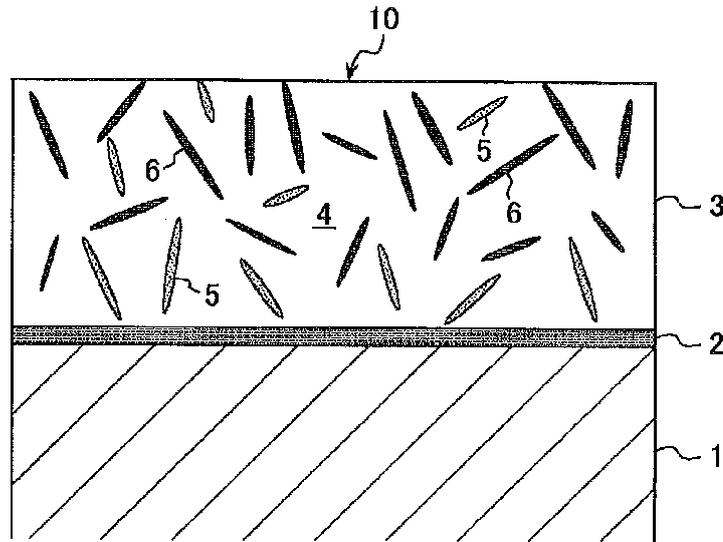
Lista de signos de referencia

- 1 lámina de acero base
- 2 capa de aleación
- 3 Capa chapada con aleación basada en Al
- 4 Fase de Al
- 5 Fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe
- 6 Fase de Si
- 10 superficie
- 30 Capa recubierta con Al

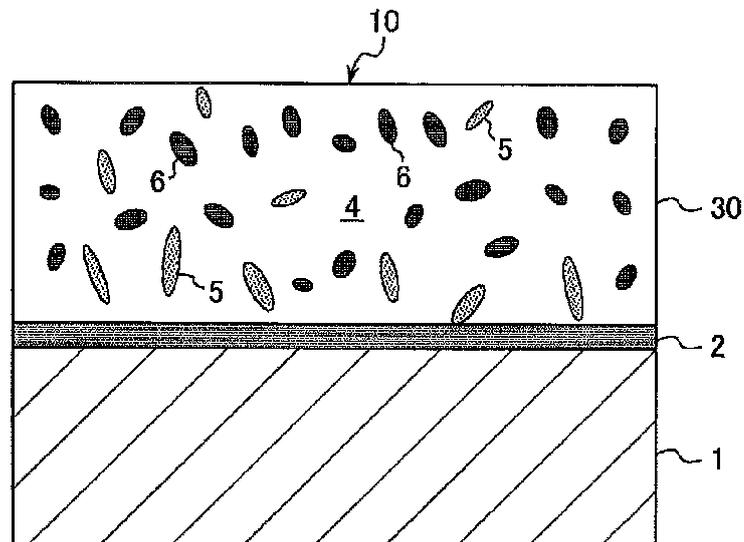
REIVINDICACIONES

- 5 1. Una lámina de acero recubierta con Al que tiene excelentes características de reflexión total y resistencia a la corrosión, que comprende una lámina de acero base que comprende de 0,001 a 0,06 % de C, 0,5 % o menos de Si, 1,0 % o menos de Mn, 0,016 % o menos de P, 0,007 % o menos de S, 0,012 % o menos de Al, 0,015% o menos de N, y de 0 a 0,03 % de Ti, todo en términos de porcentaje en masa, con el resto de Fe e impurezas inevitables, y que tiene en una superficie de la misma una capa recubierta con Al, que contiene una fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe y una fase de Si, que tiene un espesor promedio de 7 μm o más con una capa de aleación basada en Al-Fe-Si que interviene entre ellas , una porción de capa superficial de la capa recubierta con Al que se extiende desde su superficie hasta una profundidad de 3 μm que tiene una concentración promedio de Si de 1,3 % en masa o menos, que se obtiene mediante análisis de espectrometría de rayos X de dispersión de energía para el área rectangular que tiene una dimensión de 3 μm \times 20 μm con el borde que tiene una longitud de 3 μm en la dirección de espesor de la capa recubierta con Al en la superficie de la sección transversal en paralelo a la dirección del espesor de la capa recubierta con Al, y siendo una relación de área de una fase de compuesto intermetálico basada en Al-Fe que ocupa la superficie de la capa recubierta con Al del 1 % o menos.
- 10
- 15
- 20 2. Un procedimiento de fabricación de una lámina de acero recubierta con Al que tiene excelentes características de reflexión total y resistencia a la corrosión de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:
- 25 una etapa de fabricación de una lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene una capa chapada que tiene un espesor promedio de 7 μm o más, mediante el uso de un baño de chapado con aleación basada en Al por inmersión en caliente que tiene un contenido de Si de 1,5 % o más y menos del 3,0 % en masa, contenido de Fe de 3% o menos y opcionalmente uno o más de Ti de 1,0 % o menos, B de 1,0 % o menos, Zr de 1,0 % o menos, Sr de 1,0 % o menos y Mg de 5,0 % o menos, todo en términos de porcentaje en masa, con el resto de Al e impurezas inevitables; y
- 30 una etapa de modificar la capa chapada en una capa recubierta con Al que tiene una porción de capa superficial que se extiende desde la superficie de la misma hasta una profundidad de 3 μm que tiene una concentración promedio de Si de 1,3 % en masa o menos, calentando y reteniendo la lámina de acero chapada con aleación basada en Al por inmersión en caliente a una temperatura de 380 a 460°C para progresar la difusión del Si y reducir la fase de Si en la capa chapada.

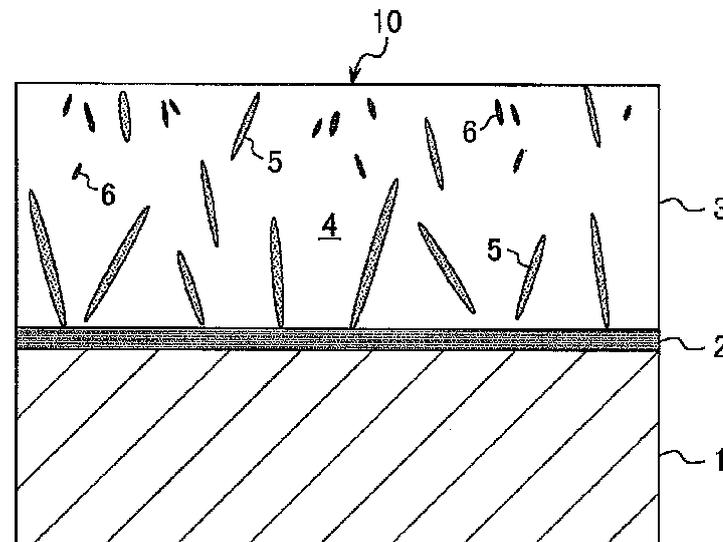
[Fig.1]



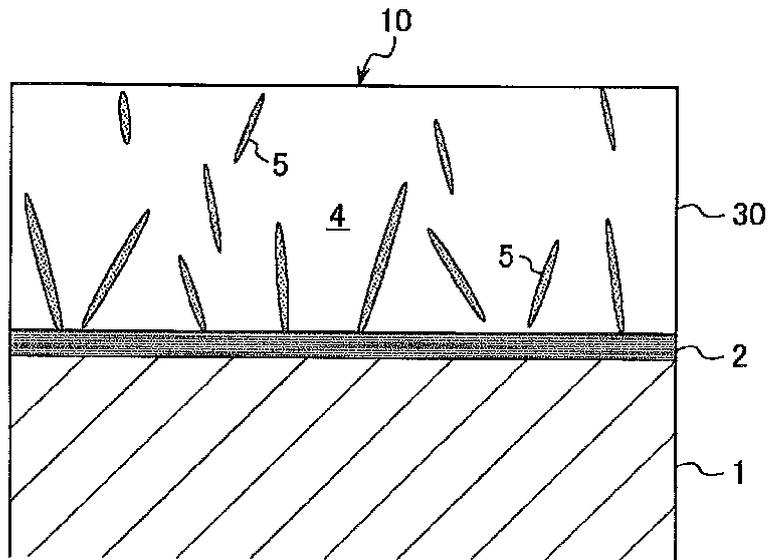
[Fig.2]



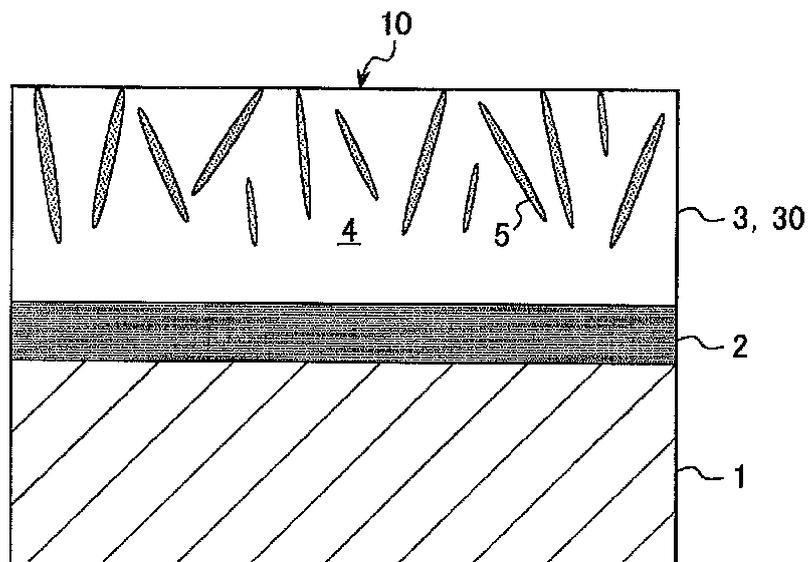
[Fig.3]



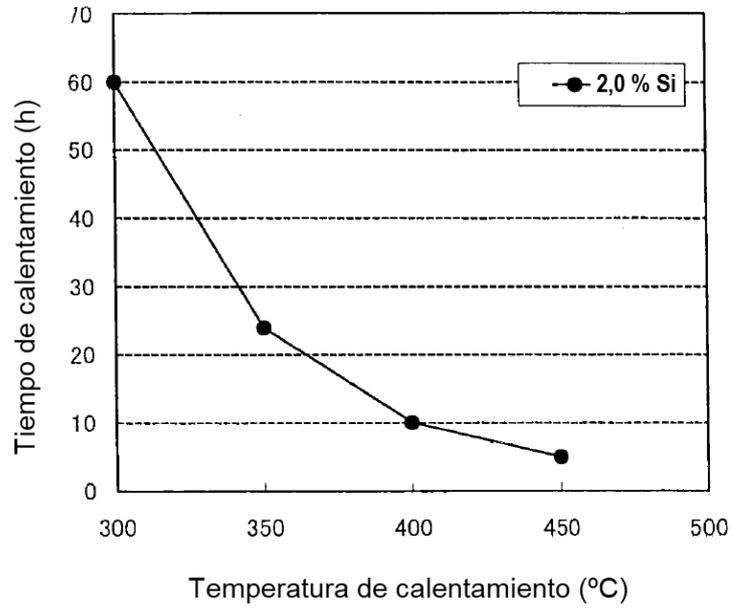
[Fig.4]



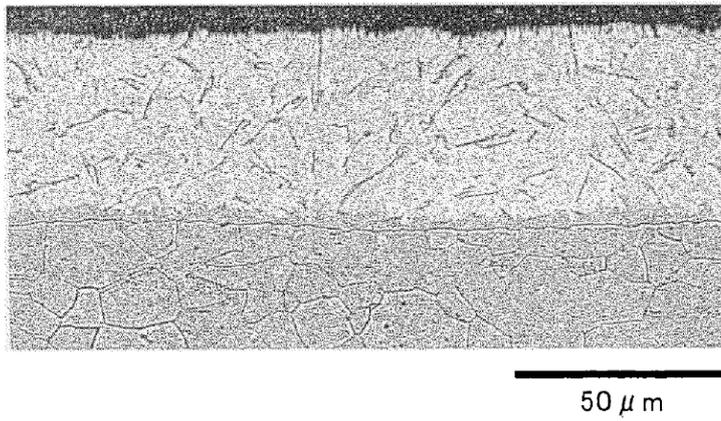
[Fig.5]



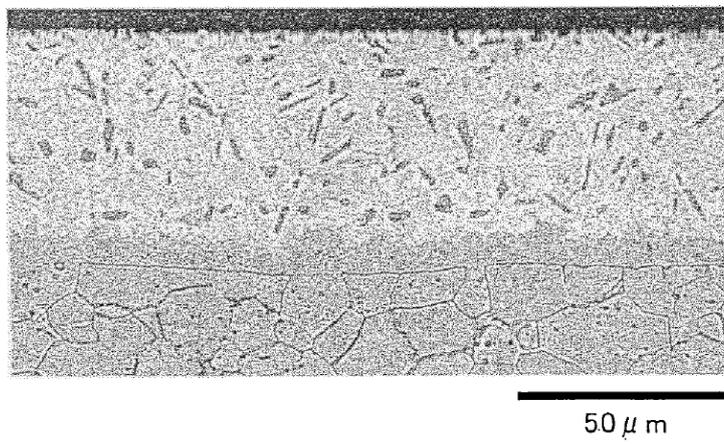
[Fig.6]



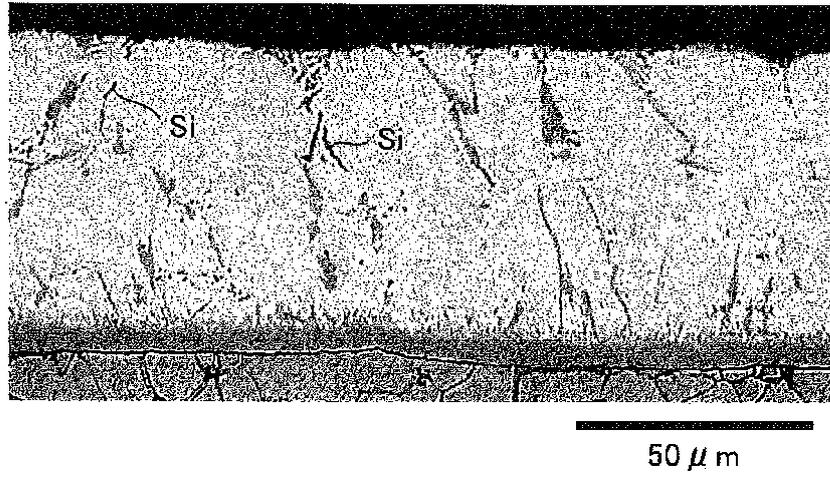
[Fig.7]



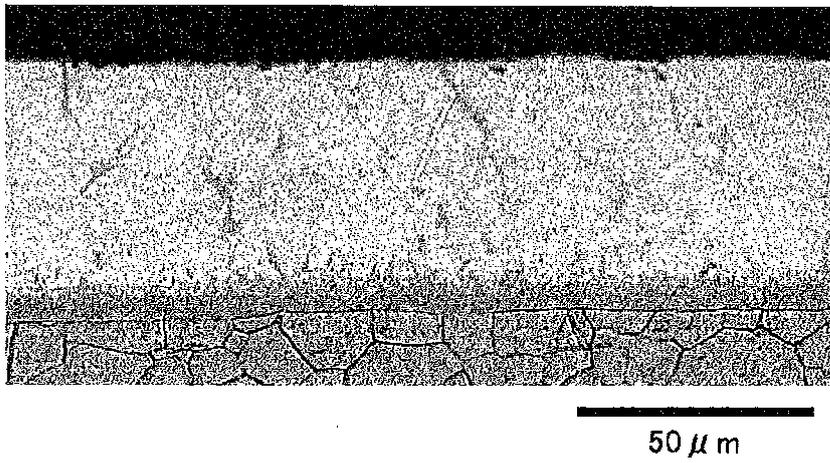
[Fig.8]



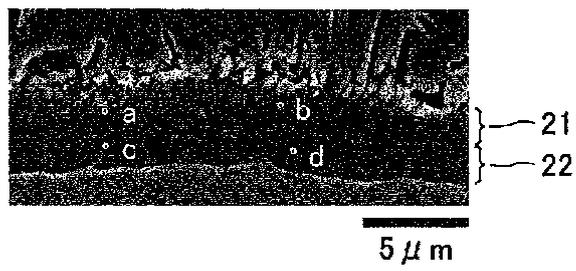
[Fig.9]



[Fig.10]



[Fig.11]



[Fig.12]

