

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 572**

51 Int. Cl.:

C23C 28/00	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)
B21D 22/20	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
C21D 1/18	(2006.01)	C23C 2/06	(2006.01)
C21D 9/00	(2006.01)		
C25D 13/20	(2006.01)		
C22C 21/02	(2006.01)		
C22C 38/14	(2006.01)		
C21D 8/04	(2006.01)		
C23C 2/12	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2014 PCT/JP2014/083420**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2015 WO15098653**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2014 E 14874377 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 3070187**

54 Título: **Pieza de automóvil de gran resistencia y método para fabricar una pieza de automóvil de gran resistencia**

30 Prioridad:

25.12.2013 JP 2013267794

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.05.2020

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP**

72 Inventor/es:

**MAKI, JUN;
YAMANAKA, SHINTARO y
IRIKAWA, HIDEAKI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 762 572 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

Pieza de automóvil de gran resistencia y método para fabricar una pieza de automóvil de gran resistencia

La presente invención se refiere a una pieza de automóvil de gran resistencia y a un método para fabricar las piezas de automóvil de gran resistencia.

5 Últimamente, se ha estado exigiendo cada vez más restringir el consumo de combustibles fósiles con el fin de controlar el calentamiento global y proteger el medio ambiente, lo que ha afectado a diversas industrias de fabricación. Por ejemplo, los automóviles, que son una parte indispensable de los medios de transporte en la vida y las actividades diarias, no son ninguna excepción. Existe una demanda de mejora del ahorro de combustible, por ejemplo, reduciendo el peso de la carrocería del vehículo. Sin embargo, no está permitido reducir simplemente el peso de la carrocería del vehículo descuidando la calidad de los productos. Es necesario garantizar la seguridad apropiada.

10 Muchas de las piezas estructurales de un automóvil están hechas de material ferroso, en particular de chapa de acero. Para reducir el peso de la carrocería del vehículo, es importante reducir el peso de la chapa de acero. En lugar de reducir simplemente el peso de la chapa de acero, que no está permitido, como se menciona anteriormente, la reducción de peso debe venir acompañada de la obtención de la resistencia mecánica de la chapa de acero. Tal demanda es cada vez mayor no solo en la industria de fabricación del automóvil, sino también en otras industrias de fabricación. Los esfuerzos de investigación y desarrollo se han dirigido a una chapa de acero que pueda tener la misma o mayor resistencia mecánica en comparación con la convencional, incluso al hacer la chapa más delgada.

15 En general, un material con una gran resistencia mecánica tiende a tener menor conformabilidad y capacidad de fijación de la forma en trabajos de conformado como el plegado. Es difícil llevar a cabo el proceso para dar una forma complicada a dicho material. Una de las soluciones para el problema de la conformabilidad es lo que se denomina "un método de prensado en caliente (también denominado estampado en caliente, prensado en caliente, templado en el molde o endurecimiento por prensado)". En el método de prensado en caliente, el material que ha de conformarse se calienta temporalmente a alta temperatura (en la región de austenita) y la chapa de acero ablandado por el calentamiento se conforma por prensado. A continuación, la chapa de acero se enfría. Al usar el método de prensado en caliente, el material se ablanda primero por calentamiento a alta temperatura, de manera que dicho material sea fácil de prensar. La resistencia mecánica del material aumenta debido a un efecto de templado durante el enfriamiento después del conformado. Por consiguiente, el prensado en caliente puede proporcionar un producto que tenga a la vez buena capacidad de fijación de la forma y gran resistencia mecánica.

20 Sin embargo, cuando el método de prensado en caliente se aplica a una chapa de acero, el hierro y otras sustancias en su superficie se oxidan para generar cascarilla (óxidos) debido al calentamiento a altas temperaturas, por ejemplo, de 800 °C o más. Por consiguiente, después del prensado en caliente, es necesario un proceso de descascarillado para eliminar la cascarilla, lo que deteriora la productividad. Para los miembros y similares que requieren resistencia a la corrosión, es necesario llevar a cabo un tratamiento anticorrosión y la instalación de cubiertas metálicas sobre la superficie de los miembros después del proceso de conformado. También son necesarios un proceso de limpieza de la superficie y un proceso de tratamiento superficial, lo que deteriora aún más la productividad.

25 Como ejemplo de contención de tal deterioro de la productividad, puede instalarse una capa de cobertura sobre una chapa de acero. En general, para la capa de cobertura sobre una chapa de acero, se usan diversos materiales, incluidos materiales orgánicos e inorgánicos. Entre estos, está extendido el uso de chapas de acero galvanizado, el cual tiene un efecto de protección sacrificial sobre las chapas de acero, para chapas de acero para automóviles y otros productos, ya que las chapas de acero galvanizado proporcionan un buen efecto anticorrosión e idoneidad para la tecnología de la producción de chapas de acero. Sin embargo, esto puede causar un considerable deterioro de las propiedades superficiales, ya que las temperaturas de calentamiento usadas en el prensado en caliente (700 a 1.000 °C) son mayores que las temperaturas a las que los materiales orgánicos se descomponen o hierve el cinc, de manera que la capa de revestimiento se evapora en el momento del calentamiento en el prensado en caliente.

30 Por esta razón, es deseable usar, por ejemplo, lo que se denomina una chapa de acero revestida de Al para el prensado en caliente en el que se calienta la chapa de acero a altas temperaturas. La chapa de acero revestida de Al es una chapa de acero que tiene una cubierta metálica a base de Al, que tiene un punto de ebullición mayor que una cubierta de material orgánico o una cubierta metálica a base de Zn.

35 La cubierta metálica a base de Al puede evitar la deposición de cascarilla sobre la superficie de la chapa de acero, lo que conlleva la omisión de un proceso tal como el proceso de descascarillado y la mejora la productividad. La cubierta metálica a base de Al tiene también un efecto anticorrosión, de manera que se mejora la resistencia a la corrosión de la chapa de acero después de su recubrimiento con pintura. El documento JP 2000-38640 A describe un método para usar una chapa de acero revestida de Al en el prensado en caliente, en donde la chapa de acero revestida de Al se obtiene cubriendo una chapa de acero que tiene unos componentes de acero predeterminados con un metal a base de Al, como se explica anteriormente.

40 Sin embargo, en el caso de que se aplique la cubierta metálica a base de Al como en el documento JP 2000-38640 A, la cubierta de Al se funde y se transforma en un compuesto de Al-Fe debido a la dispersión del Fe desde la chapa

de acero, en función de las condiciones de precalentamiento antes de la etapa de prensado en el método de prensado en caliente. El compuesto de Al-Fe aumenta hasta que dicho compuesto de Al-Fe alcanza la superficie de la chapa de acero. De aquí en adelante, la capa del compuesto se denomina capa de aleación de Al-Fe. La capa de aleación de Al-Fe es muy dura. Esto es porque, intrínsecamente, la capa de aleación de Al-Fe no es lisa en la superficie y su lubricidad es comparativamente inferior. Además, dado que la capa de aleación de Al-Fe tiende a romperse, da lugar a grietas en una capa de revestimiento y se desprende en forma de polvo. Adicionalmente, los materiales descascarados de la capa de aleación de Al-Fe y los materiales que se desprenden por una intensa abrasión sobre la capa de aleación de Al-Fe se fijan a los moldes. El compuesto de Al-Fe se adhiere a los moldes y se deposita sobre estos, lo que conlleva el deterioro de la calidad de los productos prensados. Para evitar esto, es necesario eliminar el polvo de la aleación de Al-Fe adherido a los moldes durante el mantenimiento, lo que es una de las causas de disminución de la productividad y aumento de los costes.

Además la capa de aleación de Al-Fe es menos reactiva en un tratamiento con fosfato, de manera que es difícil generar un recubrimiento por conversión química (un recubrimiento de fosfato), que es un tratamiento anterior a la pintura de electrodeposición. Aunque no se forme el recubrimiento por conversión química, la capa de aleación de Al-Fe misma tiene buena capacidad de adhesión al recubrimiento con pintura, de manera que la resistencia a la corrosión después del recubrimiento con pintura mejora si la cantidad de revestimiento de Al es lo suficientemente elevada. Sin embargo, un aumento de la cantidad tiende a empeorar la adhesión a los moldes mencionada anteriormente.

Por otra parte, el documento WO 2009/131233 A1 describe una técnica en la que un compuesto de tipo wurtzita se aplica a la superficie de una chapa de acero revestida de Al. Según el documento WO 2009/131233 A1, un proceso tal mejora la lubricidad en el estado caliente y la capacidad de tratamiento por conversión química. Esta técnica es eficaz para mejorar la lubricidad y también la resistencia a la corrosión después del recubrimiento con pintura.

Además, el documento WO 2012/137687 A1 describe una técnica para controlar la longitud de sección media de los granos de cristal que están en una fase de compuesto intermetálico y contienen Al en una cantidad del 40 % o más y el 65 % o menos entre los granos de cristal de Al-Fe que son el principal ingrediente de la fase de compuesto intermetálico formada en la superficie de la chapa de acero, y también para controlar el grosor de la fase de compuesto intermetálico. La técnica incluye también la formación de un recubrimiento lubricante que contiene ZnO sobre la superficie de la capa de revestimiento de Al. En el documento WO 2012/137687 A1, pueden mejorarse la resistencia a la corrosión después del recubrimiento con pintura y la conformabilidad durante el estampado en caliente usando tales técnicas.

Masahiro Suehiro et al. "Properties of Aluminium-coated Steels for Hot-forming", Nippon Steel Technical Report n.º 88, julio de 2003, págs. 16-21, describen una aplicación de acero aluminizado a un proceso de conformado en caliente.

Como se describe en lo anterior, la chapa de acero revestida de Al que tiene un punto de fusión relativamente alto se considera un miembro prometedor para usar como una chapa de acero para automóviles, etc., que requiera resistencia a la corrosión. Se han propuesto técnicas modificadas que aplican la chapa de acero revestida de Al al proceso de prensado en caliente.

Sin embargo, las técnicas descritas anteriormente conocidas en la técnica presuponen que el grosor de la película de la pintura de electrodeposición es de aproximadamente 20 µm, que es relativamente elevado. No obstante, en la pintura de electrodeposición que usa un método de inmersión de una carrocería de automóvil, el grosor de la película afecta en gran medida al coste. Dado que últimamente la película de recubrimiento de la pintura de electrodeposición ha pasado a ser más delgada, es necesario mantener las propiedades en esta pintura de electrodeposición más delgada.

El documento JP 2000-38640 A explicado anteriormente no menciona la pintura de electrodeposición como se describe anteriormente. El documento WO 2009/131233 A1 explicado anteriormente indica que el grosor de la pintura de electrodeposición es de 20 µm. Adicionalmente, el documento WO 2012/137687 A1 explicado anteriormente menciona un valor de 1 a 30 µm como grosor de la pintura de electrodeposición en general. Estas técnicas conocidas resultan válidas siempre que se presupongan pinturas de electrodeposición relativamente gruesas, como se describe anteriormente. Sin embargo, la situación cambia considerablemente cuando se trata de una película de electrodeposición de un grosor inferior a 15 µm.

Más específicamente, se sabe que la rugosidad superficial de una chapa de acero revestida de Al es elevada después de su aleación y es sustancialmente de 2 µm como el parámetro Ra del estándar JIS B0601 (2001) (Ra es la media aritmética de la rugosidad, que es la media aritmética de la altura Sa, según se especifica en el estándar ISO 25178). Cuando una superficie que tiene una elevada rugosidad superficial se cubre con una película de pintura delgada, el grosor real de la película de pintura en la parte superior de los picos de la capa de aleación es pequeño. Como resultado, la corrosión bajo la película de pintura comenzará a partir de las porciones que tienen localmente una película de pintura delgada. Cuando un material tiene una rugosidad media Ra de 2 µm, la Rt (altura máxima del perfil) según el estándar JIS B0601 (2001) será de aproximadamente 20 µm para el material. Una altura máxima del perfil Rt de aproximadamente 20 µm indica que los picos de aproximadamente 10 µm pueden aparecer en la

superficie del material. Los presentes inventores encontraron que, en tal caso, cuando el grosor de la pintura de electrodeposición es de 14 μm , existen localmente porciones de un grosor de 4 μm y tales porciones pueden corroerse preferentemente.

5 Se señala que el documento WO 2012/137687 A1 explicado anteriormente solo describe un ejemplo de una única película de un grosor de aproximadamente 20 μm de la pintura de electrodeposición en la realización y no se sabe si se obtiene de manera estable el efecto descrito en el documento WO 2012/137687 A1 explicado anteriormente también en una región en donde el grosor de la pintura de electrodeposición es inferior a 15 μm . Además, el documento WO 2012/137687 A1 explicado anteriormente no describe ningún conocimiento sobre la relación entre la corrosión y la altura máxima del perfil Rt, como se describe anteriormente.

10 La presente invención se realiza a la vista de los problemas descritos anteriormente y se dirige a proporcionar piezas de automóvil que tengan una excelente resistencia a la corrosión después de su recubrimiento con una película de pintura de electrodeposición menos gruesa que hasta ahora, que mejoren la conformabilidad y la productividad en el trabajo de prensado en caliente y que mejoren la capacidad de tratamiento por conversión química después del conformado por prensado en caliente, y también se dirige a proporcionar un método para fabricar las piezas de
15 automóvil.

Como resultado de los estudios para resolver los problemas descritos anteriormente, los presentes inventores han encontrado que una chapa de acero llega a tener suficiente resistencia a la corrosión después de su recubrimiento con pintura, incluso si el grosor de la película de pintura de electrodeposición es inferior a 15 μm , cuando la chapa de acero se trata para que tenga una capa de un compuesto intermetálico formada por un compuesto intermetálico
20 de Al-Fe en la superficie de la chapa de acero y tiene una capa de recubrimiento superficial que incluye un recubrimiento que contiene ZnO y un recubrimiento que contiene principalmente fosfato de cinc sobre la superficie de la capa del compuesto intermetálico, y cuando la rugosidad superficial de la capa de recubrimiento superficial se controla para que tenga un valor umbral predeterminado o inferior. Los presentes inventores han encontrado además las condiciones del revestimiento de Al y el calentamiento para alcanzar tal rugosidad superficial y realizado
25 subsiguientemente la presente invención.

Por tanto, el objetivo anterior puede realizarse mediante las características definidas en las reivindicaciones.

La invención se describe en detalle conjuntamente con los dibujos, en los cuales:

La figura 1 es una fotografía de una sección transversal que muestra la estructura de la sección transversal de una capa de revestimiento de Al típica,

30 La figura 2 es una fotografía de una sección transversal que muestra una capa de Al-Fe típica y una capa de difusión, y

La figura 3 es una vista en perspectiva que ilustra la forma de un producto en forma de sombrero fabricado en el ejemplo 1.

35 A continuación, se describirán en detalle realizaciones preferidas de la presente invención refiriéndose a los dibujos adjuntos. Debe señalarse que en esta memoria y en los dibujos adjuntos, los elementos estructurales que tienen sustancialmente la misma función y estructura se denotan con los mismos signos de referencia y se omite la explicación repetida de los mismos.

Chapa de acero revestida

Se describirá una chapa de acero revestida según una realización de la presente invención.

40 Una chapa de acero revestida según la realización tiene una estructura en capas que incluye al menos dos capas sobre una superficie o sobre cada una de las dos superficies de la chapa de acero. En otras palabras, una capa de revestimiento de Al que contiene al menos Al se forma sobre una superficie o sobre cada una de las dos superficies de la chapa de acero y posteriormente se acumula una capa de recubrimiento superficial que contiene al menos ZnO sobre la capa de revestimiento de Al.

45 Chapa de acero

Para la chapa de acero, es deseable usar una chapa de acero formada para que tenga, por ejemplo, una alta resistencia mecánica (la cual se refiere a las propiedades relacionadas con la deformación y el fallo mecánicos, e incluye, por ejemplo, la resistencia a la tracción, el límite de elasticidad, la elongación, la contracción de área, la dureza, el valor de impacto, la resistencia a la fatiga, resistencia a la fluencia, etc.). Un ejemplo de composición de la
50 chapa de acero que alcanza una alta resistencia mecánica y que puede emplearse en una realización de la presente invención se describe como sigue.

La chapa de acero incluye, en % masa, C: 0,1 % o más y 0,4 % o menos, Si: 0,01% o más y 0,6 % o menos, Mn: 0,5 % o más y 3 % o menos, Ti: 0,01 % o más y 0,1 % o menos, B: 0,0001 % o más y 0,1 % o menos, y el resto: Fe e impurezas.

A continuación se explicará cada componente añadido al acero. Se señala que el término % representa “% en masa” a menos que se indique lo contrario.

C: 0,1 % o más y 0,4 % o menos

- 5 El C se añade para garantizar una resistencia mecánica objetivo. Un contenido de C inferior al 0,1 % no proporciona una mejora suficiente de la resistencia mecánica y hace la adición de C menos eficaz. En contraste, un contenido de C superior al 0,4 % hace que la chapa de acero se endurezca más, pero es más probable que cause grietas de fusión. Por consiguiente, es necesario añadir C para un contenido, en % en masa, del 0,1 % o más y el 0,4 % o menos. El contenido de C es preferiblemente del 0,15 % o más y el 0,35 % o menos.

Si: 0,01 % o más y 0,6 % o menos

- 10 El Si es uno de los elementos para mejorar la resistencia mecánica y se añade para garantizar una resistencia mecánica objetivo de manera similar al C. Si el contenido de Si es inferior al 0,01 %, es difícil mostrar un efecto de mejora de la resistencia y no se obtiene la suficiente resistencia mecánica. En contraste, el Si es un elemento que se oxida fácilmente. Por tanto, un contenido de Si superior al 0,6 % reduce la humectabilidad durante el revestimiento de Al por inmersión en caliente, lo que probablemente cause la generación de porciones no revestidas. Por consiguiente, es necesario añadir Si para un contenido, en % en masa” del 0,01 % o más y el 0,6 % o menos. El contenido de Si es preferiblemente del 0,01 % o más y el 0,45 % o menos.

Mn: 0,5 % o más y 3 % o menos

- 20 El Mn es uno de los elementos para reforzar el acero y también uno de los elementos para aumentar la endurecibilidad. El Mn también es eficaz para prevenir la fragilidad en caliente causada por el S que es una de las impurezas. Un contenido de Mn inferior al 0,5 % no proporciona tal efecto, el cual se muestra cuando el contenido de Mn es del 0,5 % o más. En contraste, un contenido de Mn superior al 3 % puede reducir la resistencia debido a que la fase γ residual se vuelve excesiva. Por consiguiente, es necesario añadir Mn para un contenido, en % en masa, del 0,5 % o más y el 3 % o menos. El contenido de Mn es preferiblemente del 0,8 % o más y el 3 % o menos.

Ti: 0,01 % o más y 0,1 % o menos

- 25 El Ti es uno de los elementos para mejorar la resistencia y también un elemento para mejorar la resistencia al calor de la capa de revestimiento de Al. Un contenido de Ti inferior al 0,01 % no puede proporcionar un efecto de mejora de la resistencia ni un efecto de mejora de la resistencia a la oxidación, mientras que estos efectos se consiguen con un contenido de Ti del 0,01 % o más. En contraste, el Ti es también un elemento que puede ablandar el acero al formar, por ejemplo, carburos y nitruros si se añade en exceso. En particular, si el contenido de Ti supera el 0,1 %, no es probable que se obtenga la resistencia mecánica objetivo. Por consiguiente, es necesario añadir Ti para un contenido, en % en masa, del 0,01 % o más y el 0,1 % o menos. El contenido de Ti es preferiblemente del 0,01 % o más y el 0,07 % o menos.

B: 0,0001 % o más y 0,1 % o menos

- 35 El B es un elemento para mejorar la resistencia al contribuir al templeado. Un contenido de B inferior al 0,0001% no proporciona tal efecto de mejora de la resistencia de manera suficiente, En contraste, un contenido de B superior al 0,1 % puede reducir la resistencia a la fatiga al formar inclusiones y hacer una chapa de acero frágil. Por consiguiente, es necesario añadir B para un contenido, en % en masa, del 0,0001 % o más y el 0,1 % o menos. El contenido de B es preferiblemente del 0,0001% o más y el 0,01 % o menos.

Elementos opcionales

- 40 Como elementos opcionales distintos de los elementos descritos anteriormente, la chapa de acero contiene, en muchos casos, Cr: 0,01 % o más y 0,5 % o menos, Al: 0,01 % o más y 0,1 % o menos, N: 0,01 % o más y 0,02 % o menos, P: 0,001% o más y 0,05 % o menos, S: aproximadamente 0,001 % o más y 0,05 % o menos. El Cr muestra un efecto sobre la endurecibilidad al igual que el Mn y el Al se aplica como desoxidante. No hace falta decir que no todos los elementos opcionales tienen que añadirse a la chapa de acero.

- 45 Impurezas

Por lo demás, la chapa de acero puede tener impurezas que se incluyen inevitablemente en otros procesos de fabricación. Tales impurezas pueden incluir, por ejemplo, Ni, Cu, Mo, O y otros.

- 50 Una chapa de acero formada por estos componentes se temple después de su calentamiento, por ejemplo, en un método de prensado en caliente, de tal manera que la chapa de acero tenga una resistencia mecánica de aproximadamente 1.500 MPa o más. Aunque la chapa de acero tenga una resistencia mecánica tan elevada, puede conformarse fácilmente cuando se usa el método de prensado en caliente porque la chapa de acero se ablanda por el calentamiento y se prensa en caliente en un estado blando. Además, puede conseguirse gran resistencia mecánica para la chapa de acero y dicha chapa de acero puede mantener o mejorar su resistencia mecánica, incluso si el grosor de la chapa de acero se reduce con el fin de reducir su peso.

Capa de revestimiento de Al

La capa de revestimiento de Al se forma sobre una superficie o sobre las dos superficies de la chapa de acero como se describe anteriormente. La capa de revestimiento de Al puede formarse sobre la superficie de la chapa de acero usando, por ejemplo, un método de revestimiento por inmersión en caliente. Sin embargo, el método de formación de la capa de revestimiento de Al según la presente invención no se limita a un tal ejemplo.

La capa de revestimiento de Al contiene Al como componente del revestimiento y también contiene Si en muchos casos. El contenido de Si en la composición de revestimiento puede controlar la capa de aleación de Al-Fe que se genera cuando se forma una cubierta metálica por revestimiento por inmersión en caliente. Si el contenido de Si es inferior al 3 %, la capa de aleación de Al-Fe crece en grosor durante el revestimiento de Al, lo que puede agravar la aparición de grietas durante el trabajo y puede afectar negativamente a la resistencia a la corrosión. En contraste, un contenido de Si superior al 15 % puede dificultar la trabajabilidad y la resistencia a la corrosión de la capa de revestimiento. Por consiguiente, es preferible añadir Si para un contenido, en % en masa, del 3 % o más y el 15 % o menos.

Además de Si, los elementos presentes en el baño de revestimiento de Al incluyen Fe en una cantidad del 2 al 4 %, que se eluye del equipo o las bandas de acero en el baño de revestimiento. Además de Si y Fe, pueden incluirse en el baño de revestimiento elementos tales como Mg, Ca, Sr, Li, etc., en una cantidad de aproximadamente el 0,01 al 1 %.

La capa de revestimiento formada con estos componentes puede prevenir la corrosión de la chapa de acero. La capa de revestimiento de Al puede prevenir también la generación de cascarilla (óxidos de hierro) en la chapa de acero, que se genera por la oxidación de las superficies de la chapa de acero que se calientan a alta temperatura cuando se conforma la chapa de acero por el método de prensado en caliente. Por consiguiente, con la formación de tal capa de revestimiento de Al pueden omitirse procesos tales como la eliminación de cascarilla, la limpieza superficial y el tratamiento superficial y de este modo puede mejorarse la productividad. La capa de revestimiento de Al tiene un punto de ebullición mayor que el de una cubierta de revestimiento formada con materiales de base orgánica o materiales de base metálica (por ejemplo, un material a base de Zn). Esto permite conformar la chapa de acero a alta temperatura en el trabajo de conformado mediante el método de prensado en caliente, lo que da lugar a una mejora adicional en la conformabilidad durante el prensado en caliente y también se traduce en facilidad de conformado.

Se señala que el diámetro medio de los cristales primarios en la capa de revestimiento de Al es de 4 μm o más y 40 μm o menos. Por lo demás, el diámetro medio de los cristales primarios en la capa de revestimiento de Al puede medirse observando una sección transversal pulida mediante un microscopio óptico. En el revestimiento de Al, los cristales primarios son frecuentemente de Al y los cristales eutécticos de Al-Si (cristales eutécticos de Al-Si) solidifican en un estado final de solidificación. En consecuencia, primeramente se identifican las porciones de cristal eutéctico hechas de cristales eutécticos de Al-Si y después puede determinarse una estructura presente entre porciones de cristal eutéctico adyacentes como la porción de cristal primario hecha de los cristales primarios de Al. Con el diámetro medio de los cristales primarios en la capa de revestimiento de Al en este intervalo, se alcanza una rugosidad superficial deseada en la capa de recubrimiento superficial, que se describirá más adelante.

La figura 1 muestra la estructura de una sección transversal de una capa de revestimiento de Al típica. Mediante la observación de la estructura de la sección transversal, puede determinarse la localización de las porciones de cristal primario. En la figura 1, las regiones rodeadas de líneas discontinuas son las porciones de cristal primario hechas de los cristales primarios de Al y la región presente entre porciones de cristal primario adyacentes es la porción de cristal eutéctico. En este caso, convirtiendo una elipse que representa la porción de cristal primario en un círculo con un área equivalente a la de la elipse, puede obtenerse el diámetro de la porción de cristal primario (diámetro del círculo). Para calcular la media de los diámetros de porciones de cristal primario obtenidos como se describe anteriormente, se han de promediar diez diámetros de porciones de cristal primario en dos campos de visión arbitrarios, en los que se miden cinco diámetros por cada campo de visión.

El diámetro medio de los cristales primarios depende de la situación en la que se genera la aleación (en otras palabras, la porción de cristal eutéctico) y también depende de la velocidad de enfriamiento después del revestimiento. En realidad, es difícil obtener un diámetro inferior a 4 μm . En consecuencia, el límite inferior para el diámetro medio de los cristales primarios se establece como 4 μm o más. Por otro lado, cuando el diámetro medio de los cristales primarios es demasiado grande, lo que significa que la estructura del revestimiento en parte no es uniforme, dicha estructura del revestimiento en parte no uniforme tiende a hacer que las irregularidades superficiales se agranden después del calentamiento. En consecuencia, el límite superior del diámetro medio de los cristales primarios se establece como 40 μm . El diámetro medio de los cristales primarios es más preferiblemente de 4 μm o más y 30 μm o menos.

La cantidad del revestimiento de Al es (1) de 30 g/m^2 o más y 110 g/m^2 o menos por superficie, preferiblemente (2) de 30 g/m^2 o más y menos de 60 g/m^2 por superficie o (3) de 60 g/m^2 o más y 110 g/m^2 o menos por superficie. En el método de prensado en caliente según la realización de la presente invención, la velocidad de aumento de la temperatura, la temperatura máxima que ha de alcanzar la chapa de acero y similares, en el proceso de

calentamiento del método de prensado en caliente, se controlan en función de la cantidad del revestimiento de Al, lo que se describirá más adelante.

En este caso, la cantidad indicada en (1) anteriormente es más preferiblemente de 50 g/m² o más y 80 g/m² o menos. La cantidad indicada en (2) anteriormente es más preferiblemente de 35 g/m² o más y 55 g/m² o menos y la cantidad indicada en (3) anteriormente es más preferiblemente de 60 g/m² o más y 90 g/m² o menos.

Por lo demás, la cantidad del revestimiento de Al puede medirse mediante un método conocido como, por ejemplo, el análisis de rayos X fluorescentes. Por ejemplo, se determina por adelantado una curva de calibración que muestra la relación entre la intensidad de los rayos X fluorescentes y la cantidad usando especímenes de los que se conoce la cantidad de Al y, después, la cantidad de revestimiento de Al puede determinarse a partir de los resultados de las mediciones de la intensidad de los rayos X fluorescentes mediante la curva de calibración.

En la realización de la presente invención, a la chapa de acero revestida de Al descrita anteriormente se conforma para obtener una pieza por conformado en caliente. De este modo, los componentes del revestimiento de Al y de la chapa de acero se hacen reaccionar durante el conformado en caliente y se transforman en un compuesto intermetálico a base de Al-Fe. Como tipo de Al-Fe o tipo en el que el tipo de Al-Fe contiene Si se conocen muchos compuestos y, por tanto, la capa de revestimiento aleada tiene una estructura complicada. Como ejemplo típico, la capa de revestimiento aleada tiene una estructura que es similar al apilamiento de cinco capas. Una capa de revestimiento tal que incluye una pluralidad de capas aleadas se denomina en adelante "capa de compuesto intermetálico".

En la realización de la presente invención, el grosor de una capa de difusión que se localiza en inmediata proximidad de la chapa de acero en la capa de Al-Fe (capa de compuesto intermetálico) se especifica como de 10 μm o menos. La figura 2 muestra una capa de Al-Fe típica y una capa de difusión típica. Una sección transversal pulida se somete a un grabado con nital para obtener una tal estructura de la sección transversal. En este caso, una capa de compuesto intermetálico según la realización de la presente invención tiene una estructura que es similar a cinco capas a a e apiladas, como se muestra en la figura 2 a modo de ejemplo, y las capas d a e se definen conjuntamente como una "capa de difusión". Se señala que el número de capas en el compuesto intermetálico en la realización de la presente invención no está limitado a las cinco que se muestran en la figura 2 a modo de ejemplo. Incluso si la capa de compuesto intermetálico tiene un número de capas distinto de cinco, la primera y la segunda capas en la capa de compuesto intermetálico, que se localizan en inmediata proximidad de la chapa de acero, pueden considerarse como la capa de difusión.

El grosor de la capa de difusión se especifica como de 10 μm o menos. Esto es porque la soldabilidad por puntos depende de este grosor. Un grosor de la capa de difusión superior a 10 μm tiende a generar polvo de soldadura y reduce el intervalo apropiado de la corriente de soldadura. Aunque el límite inferior del grosor de la capa de difusión no se especifica en este caso, normalmente hay presente una capa de difusión de un grosor de 1 μm o más y, por tanto 1 μm se convierte prácticamente en el límite inferior.

Capa de recubrimiento superficial

La capa de recubrimiento superficial se coloca sobre la superficie de una capa de revestimiento de Al, como se describe anteriormente. La capa de recubrimiento superficial contiene al menos ZnO. La capa de recubrimiento superficial puede formarse mediante un líquido en el que se suspenden partículas de ZnO en una disolución acuosa y aplicando la suspensión sobre el revestimiento de Al con un rodillo de recubrimiento, etc. La capa de recubrimiento superficial proporciona un efecto de mejora de la lubricidad en el prensado en caliente y de la reactividad en la reacción con un líquido de conversión química.

Además de ZnO, el recubrimiento superficial puede contener, por ejemplo, un componente aglutinante orgánico. Como componente aglutinante orgánico pueden usarse una resina soluble en agua tal como, por ejemplo, una resina de poliuretano, una resina de poliéster, una resina acrílica y un agente de acoplamiento de silano. Como óxidos además de ZnO, la capa de recubrimiento superficial puede contener, por ejemplo, SiO₂, TiO₂ y Al₂O₃, etc.

Los métodos para aplicar la suspensión pueden incluir, por ejemplo, un método en el que la suspensión que contiene ZnO descrita anteriormente se mezcla con un aglutinante orgánico predeterminado y se aplica sobre la superficie del revestimiento de Al y un método de aplicación mediante recubrimiento en polvo.

Aunque en este caso el tamaño de grano (tamaño de grano medio) del ZnO no está específicamente limitado, es preferible un tamaño de grano, por ejemplo, de aproximadamente 50 nm o más y 1.000 nm o menos de diámetro y más preferiblemente de 50 nm o más y 400 nm o menos. Se señala que el tamaño de grano del ZnO se define como el tamaño de grano después del prensado en caliente. Típicamente, el tamaño de grano ha de determinarse por observación con un microscopio electrónico de barrido (MEB) o un dispositivo equivalente después de haberse sometido al proceso en el que una muestra se retiene en un horno a 900 °C de temperatura de la chapa durante 5 a 6 minutos y se enfría rápidamente con moldes. El contenido orgánico en el aglutinante se descompone durante el prensado en caliente y en el recubrimiento superficial solo permanecen los óxidos.

Aunque la cantidad del recubrimiento superficial que incluye ZnO no está específicamente limitada, es preferible que

5 sea de 0,3 g/m² o más y 3 g/m² o menos en equivalente de Zn metálico para una superficie de la chapa de acero. Una cantidad de ZnO de 0,3 g/m² o más en equivalente de Zn metálico puede proporcionar eficazmente efectos tales como la mejora de la lubricidad, etc. En contraste, si la cantidad de ZnO supera los 3 g/m² en equivalente de Zn metálico, el grosor del revestimiento de Al descrito anteriormente y la capa de recubrimiento superficial resulta
10 excesivo, lo que deteriora la soldabilidad. Por tanto, es preferible que la capa de recubrimiento superficial sobre una superficie tenga un contenido de ZnO de 0,3 g/m² o más y 3 g/m² o menos en equivalente de Zn metálico. Una cantidad de ZnO de 0,5 g/m² o más y 1,5 g/m² o menos es especialmente preferible. Al mantener la cantidad de ZnO en un intervalo de 0,5 g/m² o más y 1,5 g/m² o menos, se asegura la lubricidad en el prensado en caliente y la soldabilidad y la adhesión de la pintura también mejoran. Además de ZnO y el aglutinante, la capa de recubrimiento superficial puede contener componentes tales como, por ejemplo, Mg, Ca, Ba, Zr, P, B, V y Si.

15 Los métodos para la cocción y el secado después de la aplicación del recubrimiento, los cuales usan, por ejemplo, un horno de calentamiento por aire, un horno de calentamiento por inducción, un horno de rayos infrarrojos cercanos y similares, pueden utilizarse separadamente o en combinación. Dependiendo del tipo de aglutinante usado en la aplicación del recubrimiento, el tratamiento de endurecimiento puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante rayos ultravioleta, un haz de electrones o similares, en lugar de la cocción y el secado después de la aplicación del recubrimiento. La temperatura de cocción después de la aplicación del recubrimiento está aproximadamente en un intervalo de 60 a 200 °C en muchos casos. Los métodos de formación de la capa de recubrimiento superficial no se limitan a tales ejemplos, sino que pueden incluir diversos otros métodos.

20 Cuando no se usa aglutinante, la adhesión del recubrimiento después de su aplicación sobre la capa de revestimiento de Al y antes del calentamiento es ligeramente baja y el recubrimiento puede desprenderse si se frota intensamente.

A continuación se describirá un recubrimiento de fosfato de cinc.

25 En un proceso de pintura para automóviles típico, se lleva a cabo una conversión química del tipo de inmersión, antes de la pintura de electrodeposición. La conversión química se lleva a cabo con un líquido de conversión química conocido que contiene fosfatos. La conversión química hace que el cinc del recubrimiento, incluido el ZnO, reaccione con los fosfatos contenidos en el líquido de conversión química para formar un recubrimiento de fosfato de cinc sobre la superficie de la chapa de acero sobre la que se han formado el revestimiento de Al y la capa de recubrimiento superficial. El recubrimiento de fosfato de cinc mejora la adhesión a una película de pintura y también contribuye a la resistencia a la corrosión después del recubrimiento con pintura. Por ejemplo, en el caso de una
30 chapa de acero revestida de Al conocida como se describe en el documento JP 2000-38640 A explicado anteriormente, la superficie aleada de Al-Fe, que está cubierta con un recubrimiento rígido de óxido de Al, muestra baja reactividad con el líquido de conversión química. El documento WO 2009/131233 A1 explicado anteriormente describe una técnica para mejorar la reactividad con el líquido de conversión química. El recubrimiento de fosfato de cinc (recubrimiento por conversión química) similar al descrito en el documento WO 2009/131233 A1 explicado
35 anteriormente también se usa en la realización de la presente invención. La deposición del recubrimiento que contiene ZnO mejora la reactividad entre la chapa de acero recubierta de Al y el líquido de conversión química, lo que permite la formación del recubrimiento de fosfato de cinc.

40 La cantidad del recubrimiento de fosfato de cinc está regida prácticamente por el contenido de ZnO. Cuando el recubrimiento que contiene ZnO tiene una cantidad de ZnO de 0,3 g/m² o más y 3 g/m² o menos para una superficie en equivalente de Zn metálico, la cantidad de recubrimiento de fosfato de cinc es de aproximadamente 0,6 g/m² o más y 3 g/m² o menos para una superficie. Aunque el recubrimiento de fosfato de cinc se forma sobre la superficie de la capa de recubrimiento superficial, es difícil de distinguir el recubrimiento de fosfato de cinc de la capa de recubrimiento superficial en una pieza producida. En consecuencia, el grosor se considera como el grosor total de la capa de recubrimiento superficial y el recubrimiento de fosfato de cinc en la pieza producida. El grosor total de la
45 capa de recubrimiento superficial y el recubrimiento de fosfato de cinc es de aproximadamente 0,5 µm o más y 3 µm o menos cuando la cantidad de ZnO para una superficie es de 0,3 g/m² o más y 3 g/m² o menos en equivalente de Zn metálico.

50 Por lo demás, la cantidad de ZnO de la capa de recubrimiento superficial y la cantidad de recubrimiento de fosfato de cinc pueden medirse usando un método de análisis conocido tal como el análisis de rayos X fluorescentes. Por ejemplo, se determinan por adelantado curvas de calibración que muestran la relación entre la intensidad de los rayos X fluorescentes y las cantidades usando especímenes de los que se conoce la cantidad de Zn y la cantidad de fósforo y después la cantidad de ZnO y la cantidad de recubrimiento de fosfato de cinc pueden determinarse a partir de los resultados de las mediciones de la intensidad de los rayos X fluorescentes mediante las curvas de calibración.

Procesamiento mediante el método de prensado en caliente

55 Hasta ahora se ha descrito la chapa de acero revestida según la realización, que puede usarse preferiblemente como materia prima para una pieza de automóvil según la realización de la presente invención. La chapa de acero revestida que se forma de la manera descrita anteriormente es especialmente útil cuando dicha chapa de acero revestida se somete a un procesamiento en el que se usa el método de prensado en caliente. Por tanto, a continuación se describirá el caso en el que la chapa de acero revestida con la configuración descrita anteriormente

se procesa mediante el método de prensado en caliente.

5 En el método de prensado en caliente según la realización, la chapa de acero revestida se calienta primeramente a alta temperatura para ablandar dicha chapa de acero revestida. La chapa de acero revestida ablandada se prensa y se conforma y después, la chapa de acero revestida conformada se enfría. La chapa de acero revestida temporalmente ablandada puede hacer más fácil el trabajo de prensado posterior. La chapa de acero revestida que tiene los componentes mencionados anteriormente se temple, sometiéndola a calentamiento y enfriamiento, para obtener una alta resistencia mecánica de aproximadamente 1.500 MPa o más.

10 La chapa de acero revestida según la realización se calienta en el método de prensado en caliente. Como método de calentamiento en el método de prensado en caliente puede utilizarse un método de calentamiento que usa como horno eléctrico típico, un horno de tubo radiante, o calentamiento por infrarrojos.

15 En el calentamiento, la chapa de acero revestida de Al se funde al punto de fusión o a una temperatura superior al punto de fusión y, al mismo tiempo, se transforma en una capa de aleación de Al-Fe a base de Al-Fe (en otras palabras, una capa de compuesto intermetálico), debido a la contradifusión con el Fe. La capa de aleación de Al-Fe tiene un alto punto de fusión, es decir, de aproximadamente 1.150 °C. Existe una pluralidad de especies de tales compuestos de Al-Fe y compuestos de Al-Fe-Si, que incluyen Si adicionalmente, que se transforman en compuestos que tienen mayor concentración de Fe por calentamiento a alta temperatura o por calentamiento durante largo tiempo. El estado superficial deseable para un producto final es que la aleación avance hasta la superficie y que, al mismo tiempo, la concentración de Fe en la capa de aleación no sea elevada. Si sigue existiendo Al sin alear, la porción en la que permanece el Al sin alear se corroe rápidamente, lo que conlleva una alta vulnerabilidad a la aparición de ampollas en el recubrimiento de pintura, en relación con la resistencia a la corrosión después del recubrimiento con pintura, lo que no es deseable. Por otro lado, si la concentración de Fe en la capa de aleación de Al-Fe llega a ser demasiado alta, la resistencia a la corrosión de la capa de aleación de Al-Fe misma disminuye, lo que también conlleva una alta vulnerabilidad a la aparición de ampollas en el recubrimiento de pintura, en relación con la resistencia a la corrosión después del recubrimiento con pintura. Esto es porque la resistencia a la corrosión de la capa de aleación de Al-Fe depende de la concentración de Al en la capa de aleación. En consecuencia, existe un estado de aleación deseable en relación con la resistencia a la corrosión después del recubrimiento con pintura y el estado de aleación se determina sobre la base de la cantidad de Al del revestimiento y las condiciones de calentamiento.

30 Además, en la realización de la presente invención, la chapa de acero revestida de Al que tiene un recubrimiento que contiene ZnO (en otras palabras, una capa de recubrimiento superficial) se conforma mediante prensado en caliente, en donde la rugosidad superficial después del conformado es importante. En relación con el control de la rugosidad superficial después de la formación de la capa de aleación de Al-Fe, es importante controlar tres factores que son la cantidad de revestimiento de Al, la velocidad de aumento de la temperatura y la temperatura por alcanzar por la chapa de acero.

35 Un factor de especial influencia es la velocidad de aumento de la temperatura. La rugosidad superficial puede reducirse aumentando la temperatura a una velocidad de aumento de la temperatura de 12 °C/segundo o más, con independencia de la cantidad de revestimiento de Al y de la temperatura que ha de alcanzar la chapa de acero. En este caso, la velocidad de aumento de la temperatura es la velocidad media del aumento de la temperatura desde 50 °C hasta "la temperatura por alcanzar por la chapa de acero-30 °C". Con este patrón de aumento de la temperatura, la cantidad de revestimiento de Al se establece como 30 g/m² o más y 110 g/m² o menos. La razón es que una cantidad de revestimiento de Al inferior a 30 g/m² hace que la resistencia a la corrosión proporcionada por el revestimiento de Al no sea suficiente, mientras que una cantidad de revestimiento superior a 110 g/m² produce un revestimiento demasiado grueso, que tiende a desprenderse y adherirse a los moldes durante el conformado. La cantidad de revestimiento de Al es más preferiblemente de 50 g/m² o más y 80 g/m² o menos. El límite superior de la velocidad de aumento de la temperatura no se especifica en este caso, pero es difícil de obtener una velocidad de aumento de la temperatura superior a 300 °C/segundo o más, incluso mediante un método tal como calentamiento eléctrico, etc. Con este patrón de aumento de la temperatura, la velocidad de aumento de la temperatura es preferiblemente de 12 °C/segundo o más y 150 °C/segundo o menos. Además, con este patrón de aumento de la temperatura, la temperatura por alcanzar por la chapa de acero se establece como 870 °C o más y 1.100 °C o menos, aunque no afecta a la rugosidad superficial. Cuando la temperatura por alcanzar por la chapa de acero es inferior a 870 °C, puede no completarse la aleación. Por otro lado, cuando la temperatura por alcanzar por la chapa de acero es superior a 1.100 °C, la aleación avanza excesivamente, lo que puede causar una deficiencia en la resistencia a la corrosión.

55 En contraste, si la velocidad de aumento de la temperatura es inferior a 12 °C/segundo, la rugosidad superficial varía, dependiendo de la cantidad de revestimiento de Al y de la temperatura por alcanzar por la chapa de acero. Existe una tendencia en la que la rugosidad superficial disminuye cuando la cantidad de revestimiento de Al es menor. En consecuencia, con este patrón de aumento de la temperatura, la cantidad de revestimiento de Al se establece como 30 g/m² o más y menos de 60 g/m² para una superficie. Adicionalmente, cuando la chapa de acero revestida con esta cantidad de revestimiento de Al se calienta con una velocidad de aumento de a temperatura inferior a 12 °C, la temperatura por alcanzar por la chapa de acero se establece como 850 °C o más y 950 °C o menos. En este caso, es difícil obtener la resistencia a la corrosión si la cantidad de revestimiento de Al es inferior a 30 g/m². Además, una

temperatura por alcanzar por la chapa de acero inferior a 850 °C puede causar insuficiente dureza después del templado, mientras que una temperatura por alcanzar por la chapa de acero superior a 950 °C causa la difusión excesiva de Al-Fe, lo que deteriora la resistencia a la corrosión. Con este patrón de aumento de la temperatura, el límite inferior de la velocidad de aumento de la temperatura no se especifica, pero una velocidad de aumento de la temperatura inferior a 1 °C/segundo reduce drásticamente la racionalidad económica, con independencia de la cantidad de revestimiento. Además, con este patrón de aumento de la temperatura, la cantidad de revestimiento de Al es preferiblemente de 35 g/m² o más y 55 g/m² o menos, la temperatura por alcanzar por la chapa de acero es preferiblemente de 850 °C o más y 900 °C o menos y la velocidad de aumento de la temperatura es preferiblemente de 4 °C/segundo o más y 12 °C/segundo o menos.

En contraste, si la velocidad de aumento de la temperatura es inferior a 12 °C/segundo y la cantidad de revestimiento de Al es elevada, la rugosidad superficial tiende a ser mayor y, por tanto, es importante controlar estrictamente la temperatura por alcanzar por la chapa de acero. Cuando la temperatura por alcanzar por la chapa de acero es alta, la rugosidad superficial tiende a ser pequeña. Por tanto, cuando la cantidad de revestimiento de Al es de 60 g/m² o más y 110 g/m² o menos para una superficie, es importante controlar que la temperatura por alcanzar por la chapa de acero sea de 920 °C o más y 970 °C o menos con este patrón de aumento de la temperatura. Cuando la cantidad de revestimiento de Al es superior a 110 g/m² para una superficie, el revestimiento de Al excesivamente grueso tiende a desprenderse y puede adherirse a los moldes durante el conformado. Por otro lado, cuando la temperatura por alcanzar por la chapa de acero es inferior a 920 °C, la rugosidad superficial tiende a ser elevada y es difícil mantener la resistencia a la corrosión cuando la película de pintura de electrodeposición es delgada. La cantidad de revestimiento de Al es más preferiblemente de 60 g/m² o más y 90 g/m² o menos. El límite inferior de la velocidad de aumento de la temperatura no se especifica en este caso, pero una velocidad de aumento de la temperatura inferior a 1 °C/segundo reduce drásticamente la racionalidad económica, con independencia de la cantidad de revestimiento. Además, con este patrón de aumento de la temperatura, la temperatura por alcanzar por la chapa de acero es preferiblemente de 940 °C o más y 970 °C o menos y la velocidad de aumento de la temperatura es preferiblemente de 4 °C/segundo o más y 12 °C/segundo o menos.

Cuando la cantidad de revestimiento de Al se establece como 30 g/m² o más y 110 g/m² o menos, el grosor de la capa de aleación de Al-Fe (en otras palabras, el grosor de la capa de compuesto intermetálico) en una pieza producida por prensado en caliente es aproximadamente de 10 µm o más y 50 µm o menos. Por consiguiente, es preferible que el grosor de la capa de aleación de Al-Fe se encuentre en este intervalo.

A continuación, se describirá la razón para limitar la rugosidad superficial después del prensado en caliente. La realización de la presente invención proporciona piezas con mejor resistencia a la corrosión después de su recubrimiento con pintura mediante el control de la rugosidad superficial para que tenga un valor especificado o inferior, como se describe anteriormente, cuando el grosor de la película de pintura de electrodeposición es inferior a 15 µm. Como índice de la rugosidad superficial se usa la altura máxima del perfil (Rt) según el estándar JIS B0601 (2001) (JIS B0601 (2001) es un estándar que corresponde al estándar ISO 4287). La altura máxima del perfil (Rt) se define como la suma de la altura máxima de pico y la profundidad máxima de valle en una longitud de evaluación de una curva de rugosidad. Este valor corresponde aproximadamente a la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo en la curva de rugosidad. En las piezas de automóvil de gran resistencia según la realización de la presente invención, la altura máxima del perfil Rt de la capa de recubrimiento superficial se establece como 3 µm o más y 20 µm o menos. Prácticamente, no es posible hacer la altura máxima del perfil Rt menor de 3 µm y, por tanto, el límite inferior se establece como este valor. Si la altura máxima del perfil Rt es superior a 20 µm, la corrosión empieza a producirse a partir de una porción delgada de la película de pintura de electrodeposición que se genera debido a irregularidades superficiales y, por tanto, el límite superior se establece como 20 µm. La altura máxima del perfil Rt de la capa de recubrimiento superficial es más preferiblemente de 7 µm o más y 14 µm o menos.

Ejemplo de efecto por la chapa de acero revestida y el método de prensado en caliente

Hasta ahora se han descrito la chapa de acero revestida para usar para las piezas de automóvil según la realización de la presente invención y el método de prensado en caliente para la chapa de acero revestida. La pieza de automóvil conformada usando la chapa de acero revestida según la realización tiene una capa de recubrimiento superficial que contiene ZnO, fosfato de cinc, etc., de manera que, por ejemplo, se alcanza un alto grado de lubricidad y se mejora la capacidad de tratamiento por conversión química, como se describe anteriormente.

La razón por la que el ZnO contribuye a la adhesión del recubrimiento por conversión química es que la reacción de conversión química se desencadena y se hace avanzar por la reacción de grabado en la que un ácido reacciona con un material. Por otro lado, el ZnO mismo es un compuesto anfótero y se disuelve en ácido, de manera que el ZnO reacciona con el líquido de conversión química.

Piezas de automóvil

La chapa de acero revestida de Al descrita anteriormente se somete al trabajo de prensado en caliente descrito anteriormente para fabricar las piezas de automóvil según la realización de la presente invención. La pieza de automóvil tiene la capa de compuesto intermetálico formada por el compuesto intermetálico de Al-Fe de 10 µm o más y 50 µm o menos de grosor sobre la superficie de la chapa de acero conformada (chapa de acero como metal

de base), y el grosor de la capa de difusión localizada en inmediata proximidad de la chapa de acero en la capa de compuesto intermetálico es de 10 μm o menos. Además, la capa de recubrimiento superficial que incluye el recubrimiento que contiene ZnO y el recubrimiento de fosfato de cinc se proporciona sobre la superficie de la capa de compuesto intermetálico, y la rugosidad superficial de la capa de recubrimiento superficial es de 3 μm o más y 20 μm o menos como altura máxima del perfil Rt según el estándar JIS B0601 (2001). Adicionalmente, la película de pintura de electrodeposición con un grosor de 6 μm o más y menos de 15 μm se proporciona sobre la capa de recubrimiento superficial descrita anteriormente. Esta pieza de automóvil muestra gran resistencia mecánica, tal como, por ejemplo, de 1.500 MPa o más.

Por lo demás, la película de pintura de electrodeposición que ha de formarse sobre la superficie de la capa de recubrimiento superficial no está específicamente limitada, sino que puede formarse una película de pintura de electrodeposición conocida mediante un método conocido. El grosor de la película de pintura de electrodeposición es deseablemente de 8 μm o más y 14 μm o menos. La capa de recubrimiento superficial de la pieza de automóvil según la realización de la invención tiene una superficie muy plana, cuya rugosidad superficial es de 3 μm o más y 20 μm o menos como altura máxima del perfil Rt. De este modo, la pieza de automóvil puede proporcionar de manera estable excelentes efectos, tales como una excelente resistencia a la corrosión después de su recubrimiento con pintura, excelente conformabilidad y productividad en el trabajo de prensado en caliente y excelente capacidad de tratamiento por conversión química después del prensado en caliente, incluso si la película de pintura de electrodeposición se hace muy delgada como se describe anteriormente.

Ejemplos

Ahora se describirá más específicamente la pieza de automóvil según la realización de la presente invención con referencia a los ejemplos. Se señala que los ejemplos como se describen a continuación son meramente ejemplos de la pieza de automóvil según la realización de la presente invención y la pieza de automóvil según la presente invención no está limitada a estos ejemplos descritos a continuación.

Ejemplo 1

En el ejemplo 1, se usó una chapa de acero laminada en frío (grosor de la chapa 1,2 mm) con una composición del acero como se muestra en la tabla 1, y la chapa de acero laminada en frío se revistió con Al. La temperatura de recocido usada fue de aproximadamente 800 °C. El baño de revestimiento de Al contenía Si: 9 % y aproximadamente una cantidad del 2 % de Fe que se había eluido de las bandas de acero. La cantidad después del revestimiento se ajustó, mediante un método de barrido con gas, a 20 g/m² o más y 120 g/m² o menos para una superficie. Después de que la chapa de acero revestida se hubo enfriado, se aplicó con un rodillo de recubrimiento la suspensión que contenía ZnO con un diámetro de partícula de aproximadamente 50 nm y un aglutinante acrílico en una cantidad del 20 % con respecto a la cantidad de ZnO, y la chapa de acero revestida se coció a aproximadamente 80 °C. La cantidad se estableció en el intervalo de 0,1 g/m² o más y 4 g/m² o menos como cantidad de Zn metálico. El diámetro medio de los cristales primarios se ajustó modificando la cantidad de revestimiento y la velocidad de enfriamiento. El diámetro medio de los cristales primarios se calculó por el método descrito anteriormente observando una sección transversal de la estructura con un microscopio óptico.

Tabla 1. Componentes del acero de los especímenes (unidades: % en masa)

C	Si	Mn	P	S	Ti	B	Al
0,22	0,13	1,20	0,005	0,002	0,02	0,004	0,03

La chapa de acero revestida se sometió a estampado en caliente en las condiciones que se describen a continuación. Se emplearon dos métodos de calentamiento: un método en el que la chapa de acero revestida se introdujo en un horno atmosférico ajustado a temperatura constante y un método con un horno de rayos infrarrojos lejanos de dos zonas. En el segundo método, una zona se mantuvo a 1.150 °C y la otra zona se mantuvo a 900 °C. Las chapas de acero revestidas se calentaron a 800 °C en el horno de 1.150 °C y después se transfirieron al horno de 900 °C. Se soldaron termopares a cada una de las chapas de acero revestidas para medir la temperatura real de la chapa y se midió la velocidad media de aumento de la temperatura desde 50 °C hasta "una temperatura por alcanzar por la chapa de acero -30" °C.

Después de ajustar la temperatura por alcanzar por la chapa de acero y el tiempo de permanencia de la muestra a la temperatura por alcanzar por la chapa de acero, la chapa de acero revestida se prensó para darle forma de sombrero y se templó por enfriamiento durante 10 segundos en el punto muerto inferior. Seguidamente, se cortó una muestra del producto con forma de sombrero para evaluar la resistencia a la corrosión. La figura 3 ilustra la forma del producto usado en ese momento y una porción cortada. La porción cortada se sometió a un tratamiento de conversión química con un líquido de conversión química (PB-SX35) que contenía fosfatos, disponible de Nihon Parkerizing Co., Ltd. La muestra se recubrió después con una pintura de electrodeposición (Powernics 110) disponible de Nippon Paint Co., Ltd. para conseguir un grosor de película de 5 μm o más y 20 μm o menos, y la muestra se coció a 170 °C.

5 La resistencia a la corrosión después del recubrimiento con pintura se evaluó según el estándar JASO M609 establecido por la Sociedad de Ingenieros Automotrices del Japón. La muestra se sometió a una prueba de corrosión de 180 ciclos (60 días) con los bordes de la muestra sellados y sin proporcionar ningún arañazo en la película de pintura. El estado de corrosión después de la prueba se observó y se evaluó según los criterios expuestos a continuación. Como muestra comparativa, una chapa de acero aleado y galvanizado por inmersión en caliente de 45 g/m² en un lado se conformó en frío para darle forma de sombrero y se evaluó de manera similar. El resultado fue "B".

A: con óxido rojo, sin formación de ampollas

B: con óxido rojo, un área con ampollas del 3 % o inferior

10 C: con óxido rojo, un área con ampollas del 5 % o inferior

D: con óxido rojo, un área con ampollas superior al 5 %

15 Además, se midió la rugosidad superficial (Rt) para las muestras que habían experimentado una conversión química según el estándar JIS B0601 (2001). El grosor de la capa de difusión se determinó entonces observando con un microscopio óptico una sección transversal de la muestra que había sido tratada por grabado con el 3 % de nital después de observar con el microscopio la sección antes del tratamiento.

Después de la conformación del sombrero, se observó el desprendimiento de Al-Fe de la superficie interna de una porción R (porción de estrés de compresión). El grado de desprendimiento se evaluó entonces por observación visual. Tal desprendimiento no es deseable, ya que el Al-Fe desprendido de la porción de estrés de compresión se adhiere al molde y causa arañazos en los productos prensados.

20 A: prácticamente sin desprendimiento

B: pequeño desprendimiento

C: gran desprendimiento

25 Para la soldabilidad por puntos, se calentó una chapa plana de 1,4 mm de grosor y se sometió a templado en molde en las mismas condiciones de calentamiento que las de la prueba de conformado como sombrero. Para esta muestra se evaluó el intervalo apropiado de corriente de soldadura en 12 ciclos con una fuente de CA monofásica (60 Hz) y una presión de 400 kgf (1 kgf es aproximadamente igual y 9,8 N). La evaluación se llevó a cabo usando los criterios expuestos a continuación, con el límite inferior establecido como $4 \times (t)^{0.5}$ (t es el grosor) y el límite superior establecido como la generación de polvo.

A: el intervalo apropiado es de 1,5 kA o más

30 B: el intervalo apropiado es de menos de 1,5 kA

Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 2. En esta tabla, la cantidad de revestimiento y la cantidad de ZnO se indican en ambos casos para una superficie, y la cantidad de ZnO se expresa como cantidad de Zn metálico. Como capa de recubrimiento superficial, se ha confirmado que se forman el recubrimiento que contiene ZnO y el recubrimiento que contiene fosfato de cinc en todas las muestras correspondientes a la presente invención.

35 Tabla 2

Tabla 2. Resultados de la evaluación

N.º	Cantidad de revestimiento (g/m ²)	Cantidad de ZnO (g/m ²)	Diámetro de cristales primarios de Al (µm)	Velocidad de aumento de la temperatura (°C/s)	Temperatura por alcanzar por la chapa de acero (°C)	Grosor de la capa de compuesto intermetálico (µm)	Grosor de la capa de difusión (µm)	Rt (µm)	Grosor de la película de pintura de electro-deposición (µm)	Resistencia a la corrosión después del recubrimiento con pintura	Desprendimiento de la porción R	Soldabilidad	Comentarios
1	<u>25</u>	2	6	15	880	<u>8</u>	3	5	11	D	A	A	Ejemplo comparativo
2	35	2	7	15	880	12	3	6	11	B	A	A	Presente ejemplo
3	45	1,5	8	15	900	16	4	10	10	A	A	A	Presente ejemplo
4	55	1,2	9	15	900	21	4	13	11	A	A	A	Presente ejemplo
5	65	0,9	10	15	950	26	5	14	10	A	B	A	Presente ejemplo
6	80	0,7	11	15	980	33	6	15	11	A	B	A	Presente ejemplo
7	95	0,5	12	15	1.000	40	7	15	11	A	B	A	Presente ejemplo
8	105	0,4	13	15	1.030	45	8	14	10	A	B	A	Presente ejemplo
9	<u>115</u>	0,3	15	15	1.060	<u>52</u>	9	13	11	A	C	A	Ejemplo comparativo
10	80	0,5	13	15	<u>850</u>	28	2	*	11	D	A	A	Ejemplo comparativo
11	65	0,5	12	15	<u>1.160</u>	33	<u>15</u>	<u>28</u>	11	D	B	B	Ejemplo comparativo
12	45	1,5	10	15	910	16	4	10	9	B	B	A	Presente ejemplo
13	45	0,9	10	15	910	16	4	11	14	A	B	A	Presente ejemplo
14	45	0,6	10	18	900	16	4	9	12	A	A	A	Presente ejemplo
15	45	0,8	10	10	900	16	4	12	12	A	A	A	Presente ejemplo

ES 2 762 572 T3

16	45	1,1	10	5	900	16	5	13	12	A	A	A	Presente ejemplo
17	35	2,5	9	5	860	12	4	12	11	B	A	A	Presente ejemplo
18	45	1,3	11	5	900	16	5	13	11	A	A	A	Presente ejemplo
19	55	1	13	5	930	21	6	14	11	A	A	A	Presente ejemplo
20	65	0,8	15	5	930	26	6	15	11	A	B	A	Presente ejemplo
21	80	0,7	17	5	940	33	7	17	11	A	B	A	Presente ejemplo
22	95	0,6	19	5	950	40	7	16	10	A	B	A	Presente ejemplo
23	105	0,4	21	5	970	45	9	14	11	A	B	A	Presente ejemplo
24	<u>115</u>	0,4	23	5	970	<u>52</u>	9	14	10	A	C	A	Ejemplo comparativo
25	45	0,7	10	5	<u>980</u>	20	<u>11</u>	13	11	B	A	B	Ejemplo comparativo
26	55	0,4	11	5	<u>830</u>	21	3	*	11	D	A	A	Ejemplo comparativo
27	65	1,1	12	5	<u>990</u>	31	<u>12</u>	12	11	B	A	B	Ejemplo comparativo
28	95	1,6	15	5	<u>890</u>	40	5	*	11	D	A	A	Ejemplo comparativo
29	80	0,8	13	5	<u>900</u>	33	5	<u>23</u>	11	D	B	A	Ejemplo comparativo
30	45	<u>0</u>	10	5	900	18	5	14	11	D	A	A	Ejemplo comparativo
31	45	0,7	10	5	900	18	5	14	<u>5</u>	D	A	A	Ejemplo comparativo
32	65	0,7	<u>45</u>	15	900	26	5	<u>24</u>	<u>11</u>	D	A	A	Ejemplo comparativo

*: En un estado en el que la aleación no avanza hasta la capa más superior en la que todavía queda Al

5 En la tabla 2 se muestra que se exhibe una excelente resistencia a la corrosión después del recubrimiento con
 pintura cuando la cantidad de revestimiento de Al, la cantidad de ZnO, el diámetro medio de los cristales primarios,
 la velocidad de aumento de la temperatura, la temperatura por alcanzar por la chapa de acero y el grosor de la
 película de pintura de electrodeposición son apropiados. Sin embargo, no se obtiene una resistencia a la corrosión
 suficiente en los casos en los que, por ejemplo, la cantidad de revestimiento de Al es pequeña (n.º 1), la cantidad de
 ZnO es pequeña (n.º 30), la película de pintura de electrodeposición es excesivamente delgada (n.º 31) o el
 diámetro medio de los cristales primarios es excesivamente grande (n.º 32). Además, la resistencia a la corrosión se
 reduce en el caso en el que la temperatura por alcanzar por la chapa de acero es excesivamente baja (n.º 10) o
 10 excesivamente alta (n.º 11). En el n.º 11, la temperatura por alcanzar por la chapa de acero es demasiado alta, lo
 que causa la fusión del Al-Fe mismo, de manera que la rugosidad superficial aumenta. Cuando la velocidad de
 aumento de la temperatura es baja, el intervalo apropiado de la temperatura por alcanzar por la chapa de acero
 varía dependiendo de la cantidad de revestimiento de Al. Especialmente cuando la cantidad de revestimiento es
 elevada y la temperatura por alcanzar por la chapa de acero se establece como aproximadamente 900 °C (n.º 29), la
 15 rugosidad superficial aumenta y por tanto no puede obtenerse suficiente resistencia a la corrosión. Ha resultado
 evidente que, en un caso tal, es por tanto necesario establecer una temperatura por alcanzar por la chapa de acero
 superior (n.º 21 y n.º 22).

Hasta ahora se han descrito en detalle realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos
 adjuntos, pero la presente invención no se limita a las mismas.

20 Como se describe en lo anterior, debido a la presente invención, la lubricidad y la trabajabilidad han mejorado al
 llevar a cabo el prensado en caliente de la chapa de acero revestida de Al, lo que hace posible un prensado más
 complicado. También se hace posible un ahorro de mano de obra en el trabajo de mantenimiento del equipo de
 prensado en caliente y un aumento de la productividad. Se confirma que el recubrimiento con pintura y la resistencia
 a la corrosión de los productos acabados mejoran porque la capacidad de tratamiento por conversión química de los
 25 productos procesados es mejor. A la vista de lo anterior, la presente invención expandirá con seguridad el campo de
 aplicación del prensado en caliente de acero revestido de Al y potenciará la capacidad de aplicación de materiales
 de acero revestidos de Al a productos finales tales como automóviles y máquinas industriales.

REIVINDICACIONES

1. Una pieza de automóvil de gran resistencia que comprende:

5 una chapa de acero conformada por prensado en caliente que tiene una capa de compuesto intermetálico formada sobre una superficie de la chapa de acero, en donde la capa de compuesto intermetálico está formada por un compuesto intermetálico de Al-Fe con un grosor de 10 μm o más y 50 μm o menos, la capa de compuesto intermetálico incluye una capa de difusión situada en inmediata proximidad de la chapa de acero y la capa de difusión tiene un grosor de 10 μm o menos;

10 una capa de recubrimiento superficial proporcionada sobre una superficie de la capa de compuesto intermetálico, en donde la capa de recubrimiento superficial incluye un recubrimiento que contiene ZnO y un recubrimiento de fosfato de cinc y tiene una rugosidad superficial de 3 μm o más y 20 μm o menos como altura máxima del perfil Rt según el estándar JIS B0601 (2001); y

una película de pintura de electrodeposición proporcionada sobre una superficie de la capa de recubrimiento superficial con un grosor de 6 μm o más y menos de 15 μm ;

en donde

15 la chapa de acero conformada por prensado en caliente tiene una resistencia mecánica de aproximadamente 1.500 MPa o más y

20 la chapa de acero conformada por prensado en caliente y la capa de compuesto intermetálico están formadas usando una chapa de acero revestida de Al como materia prima, en donde la chapa de acero revestida de Al tiene una capa de revestimiento de Al formada sobre una superficie de la chapa de acero que sirve como metal de base, en donde la cantidad de la capa de revestimiento de Al es de 30 g/m^2 o más y 110 g/m^2 o menos para una superficie,

en donde

la chapa de acero que sirve como metal de base contiene, en % en masa,

C: 0,1 a 0,4 %,

Si: 0,01 a 0,6 %,

25 Mn: 0,5 a 3 %,

Ti: 0,01 a 0,1 %,

B: 0,0001 a 0,1 %, y opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que consiste en

Cr: 0,001 a 0,5 %

Al: 0,01 a 0,1 %,

30 N: 0,001 a 0,02 %,

P: 0,001 a 0,05 % y

S: 0,001 a 0,05 %, y

el resto: Fe e impurezas; y

la capa de revestimiento de Al contiene, en % en masa,

35 Si: 3 a 15 %,

Fe: 2 a 4 %, y opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que consiste en

Mg: 0,01 a 1 %

Ca: 0,01 a 1 %,

Sr: 0,01 a 1 %, y

40 Li: 0,01 a 1 %, y

el resto: Al e impurezas; y

tiene un diámetro medio de los cristales primarios de 4 μm o más y 40 μm o menos.

ES 2 762 572 T3

2. La pieza de automóvil de gran resistencia según la reivindicación 1, en donde la altura máxima del perfil Rt es de 7 μm o más y 14 μm o menos.
3. La pieza de automóvil de gran resistencia según la reivindicación 1 o 2, en donde el ZnO tiene un tamaño medio de grano de 50 nm o más y 1.000 o menos de diámetro.
- 5 4. La pieza de automóvil de gran resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el contenido de ZnO es de 0,3 g/m² o más y 3 g/m² o menos en equivalente de Zn metálico para una superficie.
5. La pieza de automóvil de gran resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el contenido de ZnO es de 0,5 g/m² o más y 1,5 g/m² o menos en equivalente de Zn metálico para una superficie.
- 10 6. La pieza de automóvil de gran resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la capa de revestimiento de Al tiene un diámetro medio de los cristales primarios de 4 μm o más y 30 μm o menos.
7. La pieza de automóvil de gran resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la cantidad de la capa de revestimiento de Al es de 30 g/m² o más y menos de 60 g/m² para una superficie.
8. La pieza de automóvil de gran resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde en donde la cantidad de la capa de revestimiento de Al es de 60 g/m² o más y 110 g/m² o menos para una superficie.
- 15 9. Un método para fabricar una pieza de automóvil de gran resistencia según la reivindicación 1, con el uso de una chapa de acero revestida de Al que tiene una capa de revestimiento de Al formada sobre una superficie de la chapa de acero que sirve como metal de base y un recubrimiento que contiene ZnO sobre una superficie de la capa de revestimiento de Al, en donde el método comprende:
- 20 formar una capa de revestimiento de Al con un diámetro medio de los cristales primarios de 4 μm o más y 40 μm o menos que tenga una cantidad de revestimiento de 30 g/m² o más y 110 g/m² o menos para una superficie;
- hacer que la cantidad de ZnO del recubrimiento que contiene ZnO sea de 0,3 g/m² o más y 3 g/m² o menos en equivalente de Zn metálico para una superficie;
- usar un método de prensado en caliente,
- establecer una velocidad de aumento de la temperatura durante el proceso de calentamiento en el prensado en caliente que sea de 12 °C/segundo o más y 300 °C/segundo o menos;
- 25 establecer una temperatura por alcanzar por la chapa de acero que sea de 870 °C o más y 1.100 °C o menos; y
- formar una película de pintura de electrodeposición que tenga un grosor de 6 μm o más y menos de 15 μm ,
- en donde
- la chapa de acero que sirve como metal de base contiene, en % en masa,
- 30 C: 0,1 a 0,4 %,
- Si: 0,01 a 0,6 %,
- Mn: 0,5 a 3 %,
- Ti: 0,01 a 0,1 %,
- B: 0,0001 a 0,1 %, y opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que consiste en
- 35 Cr: 0,001 a 0,5 %
- Al: 0,01 a 0,1 %,
- N: 0,001 a 0,02 %,
- P: 0,001 a 0,05 % y
- S: 0,001 a 0,05 %, y
- 40 el resto: Fe e impurezas; y
- la capa de revestimiento de Al contiene, en % en masa,
- Si: 3 a 15 %,

- Fe: 2 a 4 %, y opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que consiste en
- Mg: 0,01 a 1 %
- Ca: 0,01 a 1 %,
- Sr: 0,01 a 1 %, y
- 5 Li: 0,01 a 1 %, y
- el resto: Al e impurezas.
10. El método para fabricar una pieza de automóvil según la reivindicación 9, en donde la cantidad de la capa de revestimiento de Al es de 50 g/m² o más y 80 g/m² o menos para una superficie.
- 10 11. Un método para fabricar una pieza de automóvil de gran resistencia según la reivindicación 1, con el uso de una chapa de acero revestida de Al que tiene una capa de revestimiento de Al formada sobre una superficie de la chapa de acero que sirve como metal de base y un recubrimiento que contiene ZnO sobre una superficie de la capa de revestimiento de Al, en donde el método comprende:
- formar una capa de revestimiento de Al con un diámetro medio de los cristales primarios de 4 μm o más y 40 μm o menos que tenga una cantidad de revestimiento de 30 g/m² o más y menos de 60 g/m² para una superficie;
- 15 hacer que la cantidad de ZnO del recubrimiento que contiene ZnO sea de 0,3 g/m² o más y 3 g/m² o menos en equivalente de Zn metálico para una superficie;
- usar un método de prensado en caliente,
- establecer una velocidad de aumento de la temperatura durante el proceso de calentamiento en el prensado en caliente que sea de 1 °C/segundo o más y menos de 12 °C/segundo;
- 20 establecer una temperatura por alcanzar por la chapa de acero que sea de 850 °C o más y 950 °C o menos; y
- formar una película de pintura de electrodeposición que tenga un grosor de 6 μm o más y menos de 15 μm,
- en donde
- la chapa de acero que sirve como metal de base contiene, en % en masa,
- C: 0,1 a 0,4 %,
- 25 Si: 0,01 a 0,6 %,
- Mn: 0,5 a 3 %,
- Ti: 0,01 a 0,1 %,
- B: 0,0001 a 0,1 %, y opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que consiste en
- Cr: 0,001 a 0,5 %
- 30 Al: 0,01 a 0,1 %,
- N: 0,001 a 0,02 %,
- P: 0,001 a 0,05 % y
- S: 0,001 a 0,05 %, y
- el resto: Fe e impurezas; y
- 35 la capa de revestimiento de Al contiene, en % en masa,
- Si: 3 a 15 %,
- Fe: 2 a 4 %, y opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que consiste en
- Mg: 0,01 a 1 %
- Ca: 0,01 a 1 %,
- 40 Sr: 0,01 a 1 %, y

Li: 0,01 a 1 %, y

el resto: Al e impurezas.

12. El método para fabricar una pieza de automóvil según la reivindicación 11, en donde la cantidad de la capa de revestimiento de Al es de 35 g/m² o más y 55 g/m² o menos para una superficie.

5 13. Un método para fabricar una pieza de automóvil según la reivindicación 1, con el uso de una chapa de acero revestida de Al que tiene una capa de revestimiento de Al formada sobre una superficie de la chapa de acero que sirve como metal de base y un recubrimiento que contiene ZnO sobre una superficie de la capa de revestimiento de Al, en donde el método comprende:

10 formar una capa de revestimiento de Al con un diámetro medio de los cristales primarios de 4 μm o más y 40 μm o menos que tenga una cantidad de revestimiento de 60 g/m² o más y 110 g/m² o menos para una superficie;

hacer que la cantidad de ZnO del recubrimiento que contiene ZnO sea de 0,3 g/m² o más y 3 g/m² o menos en equivalente de Zn metálico para una superficie;

usar un método de prensado en caliente,

15 establecer una velocidad de aumento de la temperatura durante el proceso de calentamiento en el prensado en caliente que sea de 1 °C/segundo o más y menos de 12 °C/segundo;

establecer una temperatura por alcanzar por la chapa de acero que sea de 920 °C o más y 970 °C o menos; y

formar una película de pintura de electrodeposición que tenga un grosor de 6 μm o más y menos de 15 μm,

en donde

la chapa de acero que sirve como metal de base contiene, en % en masa,

20 C: 0,1 a 0,4 %,

Si: 0,01 a 0,6 %,

Mn: 0,5 a 3 %,

Ti: 0,01 a 0,1 %,

B: 0,0001 a 0,1 %, y opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que consiste en

25 Cr: 0,001 a 0,5 %

Al: 0,01 a 0,1 %,

N: 0,001 a 0,02 %,

P: 0,001 a 0,05 % y

S: 0,001 a 0,05 %, y

30 el resto: Fe e impurezas; y

la capa de revestimiento de Al contiene, en % en masa,

Si: 3 a 15 %,

Fe: 2 a 4 %, y opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que consiste en

Mg: 0,01 a 1 %

35 Ca: 0,01 a 1 %,

Sr: 0,01 a 1 %, y

Li: 0,01 a 1 %, y

el resto: Al e impurezas.

40 14. El método para fabricar una pieza de automóvil de gran resistencia según la reivindicación 13, en donde la cantidad de la capa de revestimiento de Al es de 60 g/m² o más y 90 g/m² o menos para una superficie.

15. El método para fabricar una pieza de automóvil de gran resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, en donde el contenido de ZnO es de 0,5 g/m² o más y 1,5 g/m² o menos en equivalente de Zn metálico para una superficie.
- 5 16. El método para fabricar una pieza de automóvil de gran resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, en donde la capa de revestimiento de Al tiene un diámetro medio de los cristales primarios de 4 μm o más y 30 μm o menos.
17. El método para fabricar una pieza de automóvil de gran resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 16, que comprende además:
- 10 tratar la chapa de acero revestida de Al mediante conversión química con un líquido de conversión química que contiene fosfatos, antes del prensado en caliente.

FIGURA 1

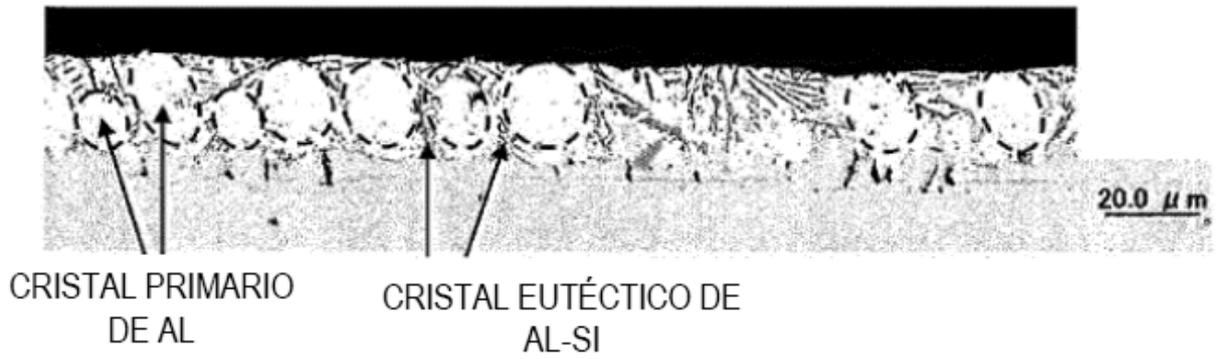


FIGURA 2

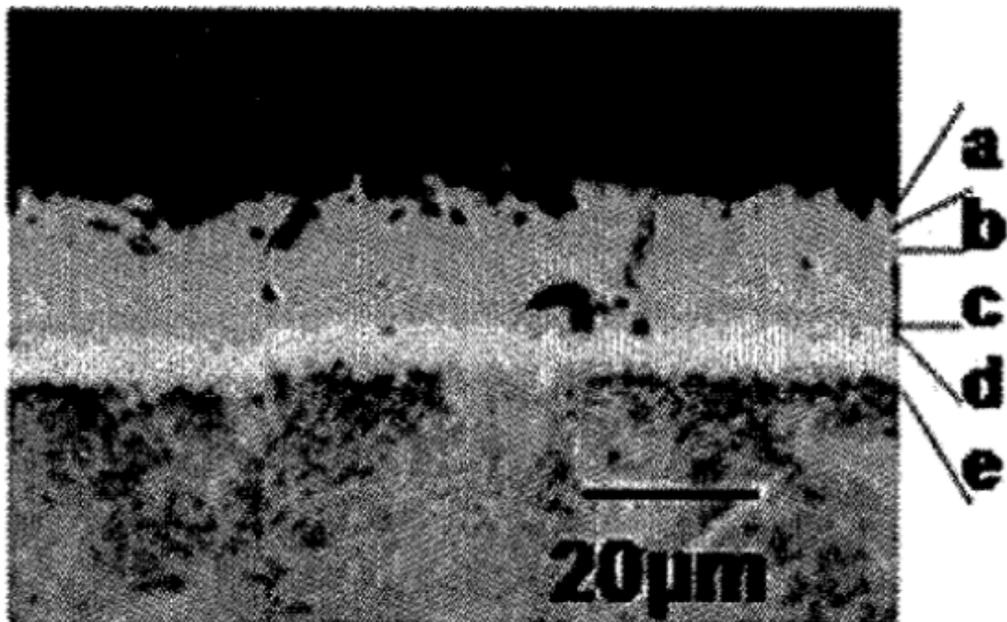


FIGURA 3

