(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 702 819**

(51) Int. CI.:

C23C 2/28 (2006.01)
C23C 26/00 (2006.01)
C23C 2/12 (2006.01)
C23C 28/00 (2006.01)
B21D 35/00 (2006.01)
C21D 8/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.04.2009 PCT/JP2009/058227**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2009 WO09131233**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2009 E 09734858 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018 EP 2270257**

(54) Título: **Lámina de acero chapado y método de estampación en caliente de una lámina de acero chapado**

(30) Prioridad:

22.04.2008 JP 2008111753

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.03.2019

(73) Titular/es:

NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP

(72) Inventor/es:

MAKI, JUN;
KUROSAKI, MASAO y
SUGIYAMA, SEIJI

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

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 chapado y método de estampación en caliente de una lámina de acero chapado

CAMPO DE LA INVENCIÓN

Esta invención hace referencia a una lámina de acero aluminizado provista de un revestimiento de aluminio compuesto principalmente de aluminio, y excelente en lubricidad durante la estampación en caliente, y a un método de estampación en caliente de dicha lámina de acero aluminizado.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

En los últimos años, se han intensificado las demandas de recortes en el consumo de combustibles químicos, para proteger el medio ambiente e impedir el calentamiento global, y estas demandas han tenido varios efectos sobre la industria manufacturera. Por ejemplo, incluso el automóvil, un medio indispensable de transporte en la vida y actividades diarias, no es una excepción y se requiere una mejora en la eficiencia del combustible y similar, a través de la reducción del peso de la carrocería y otros medios. En el caso de automóviles, sin embargo, la mera realización de una reducción del peso de la carrocería no es una opción viable desde el punto de vista de la calidad del producto, y debe asegurarse también la seguridad adecuada.

La estructura de un automóvil está formada en gran medida de acero, en particular de láminas de acero, y reducir el peso de la lámina de acero es esencial para la reducción del peso de la carrocería del vehículo. Tal como se ha señalado, sin embargo, la simple reducción del peso de la lámina de acero no es aceptable, ya que la resistencia mecánica de la lámina de acero debe quedar asegurada. Dichos requerimientos para la lámina de acero no se limitan a la industria automovilística sino también se aplican, de igual manera, a otros diversos sectores de fabricación. El I+D se ha dirigido, por lo tanto, a este respecto a una lámina de acero que, mejorando la resistencia mecánica de dicha lámina de acero, sea capaz de mantener o aumentar dicha resistencia mecánica incluso cuando se realiza con menor grosor que la lámina de acero utilizada hasta el momento.

Un material de acero que tiene una elevada resistencia mecánica generalmente tiende a debilitarse en cuanto a su capacidad de fijación de la forma durante el doblado y otros procesos de conformado, de manera que el propio trabajo del metal se vuelve difícil en el caso de su conformado en una forma complicada. Un medio disponible para superar este problema de aptitud al conformado es el denominado método de “estampación en caliente” (prensado en caliente, estampación a alta temperatura, templado en el troquel)”. En el método de estampación en caliente, el material de acero que va a ser conformado se calienta una vez a alta temperatura, después de lo cual la lámina de acero ablandada por el calor se somete a estampación y a continuación se enfría. Debido a que el método de estampación en caliente ablanda el material de acero calentándolo una vez a una alta temperatura, el material puede someterse a estampación fácilmente, mientras que, además, puede aumentarse la resistencia mecánica del material por el efecto del temple del enfriamiento después del conformado. El método de estampación en caliente, por lo tanto, posibilita obtener un artículo conformado que simultáneamente logra una buena capacidad de fijación de la forma y una elevada resistencia mecánica.

Sin embargo, cuando se aplica el método de estampación en caliente a una lámina de acero, el calentamiento a una temperatura elevada de, por ejemplo, 800ºC o más, oxida el hierro y similar en la superficie, produciendo de este modo escamas (óxido). Se requiere por tanto un proceso para eliminar las escamas (descascarillado) después de realizar la estampación en caliente, lo que baja la productividad. Además, en el caso de un componente o similar que requiera resistencia a la corrosión, es necesario que la superficie del componente sea a prueba de corrosión o metalizada después de la fabricación, lo que hace necesaria una etapa de limpieza de la superficie y una etapa de procesamiento de la superficie y también reduce la productividad.

Como ejemplo de un método para minimizar dicha pérdida de productividad puede mencionarse el de proporcionar un revestimiento sobre la lámina de acero. Se utiliza cualquiera de entre diversos materiales, incluyendo materiales orgánicos e inorgánicos, para el revestimiento de la lámina de acero. Entre ellos, se utiliza ampliamente una lámina de acero con revestimiento a base de zinc que provee a la lámina de acero de un efecto de protección a la corrosión de sacrificio para la lámina de acero para automóviles y similar, desde el punto de vista de rendimiento anti-corrosión y tecnología de producción de láminas de acero. Sin embargo, la temperatura de calentamiento en la estampación en caliente (700 a 1000° C) es más elevada que, por ejemplo, las temperaturas de descomposición de materiales orgánicos y los puntos de ebullición de los materiales a base de Zn y otros materiales metálicos, de manera que el calentamiento durante la estampación en caliente puede en ocasiones evaporar la capa de revestimiento de la superficie para causar una marcada degradación de las propiedades de la superficie.

Por lo tanto, como lámina de acero que va a ser sometida a estampación en caliente que implica calentamiento a una temperatura elevada, es preferible utilizar una lámina de acero que tenga un revestimiento de metal a base de Al, que tiene un punto de ebullición más elevado que un revestimiento con un material orgánico o un revestimiento de metal a base de Zn, es decir, utilizar lo que se denomina una lámina de acero aluminizado.

El suministro de un revestimiento de metal a base de Al evita que las escamas se adhieran a la superficie de la lámina de acero y mejora la productividad haciendo innecesario un proceso de descascarillado u otro proceso de

este tipo. Además, mejora la resistencia a la corrosión después de pintar ya que el revestimiento de metal a base de Al tiene un efecto de protección contra la corrosión. El documento de patente 1 describe un método que realiza la estampación en caliente utilizando una lámina de acero aluminizado obtenida revistiendo acero que tiene una composición de acero predeterminada con un revestimiento de metal a base de Al.

Sin embargo, cuando se aplica un revestimiento de metal a base de Al, y dependiendo de las condiciones de precalentamiento previas a la estampación en el proceso de estampación en caliente, puede ocurrir que el revestimiento de Al se funda en primer lugar y a continuación se modifique a una capa de aleación de Al-Fe mediante la difusión de Fe desde la lámina de acero, por lo que un compuesto de Al-Fe llega a extenderse hacia la superficie de la lámina de acero con el crecimiento del material compuesto de Al-Fe. Esta capa del compuesto se denomina de aquí en adelante la capa de aleación. Debido a que esta capa de aleación es extremadamente dura, se forman arañazos del procesamiento por contacto con el troquel durante la estampación.

La superficie de la capa de aleación de Al-Fe es por naturaleza relativamente resistente al deslizamiento y pobre en lubricidad. Además, la capa de aleación de Al-Fe es relativamente dura y susceptible al agrietamiento, de manera que la aptitud al conformado es susceptible de disminuir debido al agrietamiento, formación de polvo y similar de la capa de chapado. Además, la calidad del producto estampado se degrada por la adhesión del Al-Fe al troquel debido a, entre otras cosas, la adherencia en el troquel de la capa de aleación de Al-Fe exfoliada y de la superficie de Al-Fe fuertemente arañada. Esto hace necesario retirar el polvo de la aleación de Al-Fe que se adhiere al troquel durante la reparación, lo que reduce la productividad y aumenta el coste.

Además, el compuesto de Al-Fe es bajo en reactividad con un tratamiento de fosfato habitual, de manera que no se produce ninguna película (película de fosfato) por tratamiento por conversión química, el cual es un pretratamiento de recubrimiento eléctrico. La adhesión de la pintura es buena incluso sin la formación de una película por tratamiento por conversión química y la resistencia a la corrosión tras la pintura es también buena siempre que el peso del revestimiento del recubrimiento con Al sea el adecuado, pero aumentar el peso del revestimiento tiende a agravar la adherencia al troquel mencionada anteriormente. Tal como se señaló anteriormente, la adherencia se produce algunas veces debido a la unión de la capa de aleación de Al-Fe exfoliada, y algunas veces debido a la unión a causa de un fuerte arañado de la superficie de Al-Fe. Aunque este último problema es mejorado aumentando la lubricidad de la película de la superficie, el efecto beneficioso con respecto al mismo es relativamente pequeño. La reducción del peso del revestimiento es lo más efectivo para una mejora en el caso anterior. Sin embargo, la resistencia a la corrosión disminuye cuando el peso del revestimiento se reduce. El peso del revestimiento tiene también un mayor efecto en la no uniformidad local del chapado, causada por el efecto de estricción, y la irregularidad del grosor del recubrimiento es naturalmente menos probable que ocurra a un peso inferior del revestimiento. (El efecto de estricción será discutido en detalle más adelante).

En contraste, una lámina de acero destinada a prevenir los arañazos del procesamiento y similar, se describe en el Documento de Patente 2 detallado a continuación. El Documento de Patente 2 describe que una lámina de acero de una composición determinada es provista de un revestimiento de metal a base de Al, y el revestimiento de metal a base de Al se forma además sobre la misma con una película de un compuesto inorgánico que contiene al menos uno de entre Si, Zr, Ti y P, y una película de un compuesto orgánico, o una película de un compuesto complejo de estos. Con la lámina de acero formada con dicha película o películas de superficie, una película de superficie permanece también durante la estampación después del calentamiento, de manera que puede evitarse la formación de los arañazos del procesamiento durante la estampación. Más aún, la película o películas de la superficie pueden ser utilizadas como lubricante durante la estampación para permitir la mejora de la aptitud al conformado. En la actualidad, sin embargo, no puede realizarse una lubricidad adecuada, de manera que se requiere otro lubricante o un medio alternativo.

Por otro lado, el calentamiento a una temperatura elevada previamente a la estampación funde el revestimiento de metal a base de Al. Por lo tanto, en el caso en el que, por ejemplo, se utilice un horno en el que las piezas en bruto se sitúan verticalmente durante el calentamiento, el grosor del recubrimiento se vuelve irregular debido a que el aluminizado fundido se escurre por la fuerza de gravedad y similar.

Además, si, por ejemplo, se realiza calentamiento por resistencia o calentamiento por inducción, puede lograrse una tasa de aumento de temperatura más elevada que en el calentamiento atmosférico o el calentamiento por rayos cercanos al infrarrojo (NIR, por sus siglas en inglés), por lo que la productividad puede mejorarse. Sin embargo, cuando la lámina de acero se calienta por calentamiento por resistencia o calentamiento por inducción, el aluminio fundido se distribuye de forma irregular en algunas partes debido al efecto de estricción, de manera que el grosor del recubrimiento se vuelve irregular. Dicha irregularidad del grosor del recubrimiento no es deseable desde el aspecto de calidad del producto, degrada la aptitud al conformado durante la posterior estampación, reduce la productividad, y por extensión está sujeto a una resistencia a la corrosión inferior.

En otras palabras, el hecho de la fusión del aluminizado representa un problema similar al de la lámina de acero galvanizada. El documento de patente 3 describe un método para superar la degradación de la superficie por evaporación de la capa de recubrimiento con zinc de la superficie en la estampación en caliente de la lámina de acero galvanizada. Específicamente, describe la formación de una capa de óxido de zinc (ZnO) de un punto de

fusión alto, en la superficie de la capa de recubrimiento con zinc para utilizarse como una capa de barrera para evitar la evaporación y el desprendimiento de la capa de recubrimiento de zinc subyacente. Sin embargo, la técnica descrita por el Documento de patente 3 asume una capa de recubrimiento con zinc. Aunque permite un contenido en Al de hasta el 0,4%, describe que una concentración inferior de Al es preferible y es una técnica no basada esencialmente en Al. El problema tecnológico en este caso es la evaporación de Zn y es por lo tanto, naturalmente, un problema que no puede surgir en el caso de un recubrimiento con Al de un punto de ebullición alto.

DOCUMENTOS DE LA TÉCNICA ANTERIOR

Documentos de patentes

Documento de Patente 1: Publicación de Patente Japonesa (A) No. 2000-38640
Documento de Patente 2: Publicación de Patente Japonesa (A) No. 2004-211151
Documento de Patente 3: Publicación de Patente Japonesa (A) No. 2003-129209

El documento EP 1 439 240 A1 describe un material de acero para el conformado por prensado en caliente que comprende un material base de acero, una capa metalizada con zinc o una aleación de zinc formada en la superficie del material base de acero, y en la superficie de la capa metalizada una capa de barrera que evita la vaporización del Zn durante el calentamiento.

COMPENDIO DE LA INVENCIÓN

Problemas que han de ser superados por la invención

Tal como se ha explicado anteriormente, una lámina de acero aluminizada o chapada con Al de un punto de fusión relativamente alto se examina por el potencial que tiene como lámina de acero para la industria automovilística y otros componentes que requieren resistencia a la corrosión, y se han ofrecido diversas propuestas en relación a la aplicación de láminas de acero aluminizado a la estampación en caliente. Sin embargo, los problemas de la capa de aleación de Al-Fe en la estampación en caliente no han sido superados, de manera que en la realidad sigue siendo imposible aplicar una lámina de acero aluminizado a la estampación en caliente de formas complejas debido a que, entre otras cosas, no puede realizarse una lubricidad adecuada, la aptitud al conformado por la estampa es pobre, y el grosor del recubrimiento con aluminio se vuelve irregular debido a la fusión de la capa de aluminizado de la superficie. Recientemente, además, las láminas de acero conformadas para su utilización en la automoción se están pintando cada vez más, de manera que la lámina de acero aluminizada ha pasado a requerir también un tratamiento por conversión química (aptitud a la pintura) después de la estampación en caliente y la resistencia a la corrosión tras la pintura.

Por tanto, la presente invención se llevó a cabo en vista de los anteriores problemas, y el objeto de la presente invención es proporcionar una lámina de acero aluminizado excelente en cuanto a la resistencia a la corrosión tras la pintura que tenga una excelente lubricidad, evite que el grosor del recubrimiento se vuelva irregular durante el calentamiento, mejore la aptitud al conformado y productividad en la estampación en caliente, y mejore la su capacidad de tratamiento por conversión química tras la estampación en caliente, y a un método de estampación en caliente de una lámina de acero aluminizado.

Medios para superar los problemas.

A través de un intenso estudio para superar los problemas anteriores, los presentes inventores descubrieron que la presencia de una capa de revestimiento de la superficie que contenga al menos un compuesto con una estructura cristalina de wurtzita en una capa de aluminizado formada en una cara o en ambas caras de una lámina de acero, permite que el grosor de la capa de aluminizado sea procesado de forma uniforme, incluso cuando se aplica estampación en caliente, y que la lubricidad debido al revestimiento de wurtzita en la capa o capas de aleación Al-Fe sea buena, por lo cual han logrado la presente invención. Lo esencial de la invención es tal como se expone a continuación.

(1) Una lámina de acero aluminizado para la estampación en caliente caracterizada por comprender una capa de aluminizado formada en una cara o en ambas caras de una lámina de acero, donde la capa de aluminizado consiste en de 3 a 15% en peso de Si, Al e impurezas inevitables, y una capa de revestimiento de la superficie superpuesta sobre la capa o capas de aluminizado y que contiene al menos ZnO que tiene una estructura cristalina de wurtzita, y opcionalmente un componente de resina y/o un agente de acoplamiento de silano, en donde el contenido de ZnO en la capa de revestimiento de la superficie en una cara de la lámina de acero es de 0,5 a 7 q/m^2 como Zn.

(2) La lámina de acero aluminizado expuesta en (1), caracterizada por que el tamaño de grano del ZnO es de 50 a 300 nm, y la capa de revestimiento de la superficie contiene, además de ZnO, un componente de resina y/o un agente de acoplamiento de silano en una relación en peso con respecto al ZnO de 5 a 30%.

(3) La lámina de acero aluminizado expuesta en (2), caracterizada por que la lámina de acero tiene orificios en la capa de revestimiento de la superficie debido al calentamiento de la lámina de acero de 850° C a 1100° C.

(4) Un método de estampación en caliente de una lámina de acero aluminizado tal como se expone en la reivindicación 1, caracterizado por, opcionalmente, el recocido en caja de una lámina de acero aluminizado

enrollada en una bobina, y el calentamiento de una lámina de acero aluminizado en bruto que comprende una capa de aluminizado formada en una cara o en ambas caras de la lámina de acero, y una capa de revestimiento de la superficie que contiene ZnO superpuesta sobre la capa o capas de aluminizado, donde una tasa media de aumento de la temperatura de calentamiento por calentamiento por resistencia o calentamiento por inducción, durante el calentamiento previo a la estampación, es de 50° C a 300° C/s desde una temperatura de la lámina de acero chapado de 600° C hasta una temperatura de 10° C menos que la temperatura máxima del calentamiento previo a la estampación que es mayor que 850° C y menor que 1100° C, y el conformado de la lámina de acero aluminizado calentada, por estampación.

EFECTO DE LA INVENCIÓN

Tal como se explica anteriormente, la presente invención proporciona una lámina de acero chapado para la estampación en caliente que tiene excelente lubricidad, evita que el grosor del recubrimiento se vuelva irregular incluso durante un calentamiento rápido, evita la adherencia al troquel, y es también buena en cuanto a la resistencia a la corrosión tras la pintura, y un método de estampación en caliente de la lámina de acero, y permite la mejora de la productividad en dicho proceso.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIGURA 1 es un diagrama explicativo para explicar un evaluador de la lubricidad en caliente de acuerdo con una lámina de acero aluminizado, de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIGURA 2 es un diagrama explicativo para explicar la evaluación del grosor de una película de aluminizado de acuerdo con una lámina de acero aluminizado, de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIGURA 3 es un diagrama explicativo para explicar la lubricidad en caliente de acuerdo con una lámina de acero aluminizado de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIGURA 4 es un diagrama explicativo para explicar la aparición de agrietamiento dependiendo de la presencia o ausencia de una capa de ZnO en una lámina de acero aluminizado de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIGURA 5 es un diagrama explicativo que muestra la relación entre el contenido de ZnO (peso del revestimiento de ZnO) y un revestimiento por conversión química (peso del revestimiento de P) en una lámina de acero aluminizado de acuerdo con una realización de la presente invención.

MODOS PARA LLEVAR A CABO LA INVENCIÓN

[0023] Los modos óptimos de implementación de la presente invención se explican en detalle a continuación en referencia a los dibujos adjuntos. Ha de señalarse que en la especificación y en los dibujos, a los elementos constituyentes que tienen sustancialmente la misma función y configuración se les asignan símbolos similares para evitar una explicación redundante.

<Lámina de acero chapado>

Se explicará una lámina de acero chapado de acuerdo con una realización de la presente invención.

La lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización tiene una estructura en capas de al menos dos capas en una cara o en cada una de ambas caras de la lámina de acero. En otras palabras, una capa aluminizada que contiene al menos Al, se forma en una cara o en ambas caras de la lámina de acero, y una capa de revestimiento de la superficie que contiene al menos un compuesto que tiene una estructura cristalina de wurtzita se superpone además sobre cada capa aluminizada.

(Lámina de acero)

La lámina de acero preferiblemente utilizada es, por ejemplo, una lámina de acero conformada para tener una elevada resistencia mecánica (lo que significa, por ejemplo, resistencia a la tracción, límite de elasticidad, elongación, reducción, dureza, factor de impacto, resistencia a la fatiga, resistencia a la fluencia, y otras propiedades de este tipo relacionadas con la deformación mecánica y la fractura). Un ejemplo de la composición de la lámina de acero que consigue la elevada resistencia mecánica para permitir su utilización como una realización de la presente invención es la siguiente.

La lámina de acero contiene al menos uno o más de, en % en peso, C: 0,1 a 0,4%, Si: 0,01 a 0,6%, Mn: 0,5 a 3%, Ti: 0,01 a 0,1%, y B: 0,0001 a 0,1%, y el resto consiste en Fe e impurezas inevitables.

Se explicarán los componentes individuales añadidos al Fe.

Se añade C para asegurar la resistencia mecánica deseada. Cuando el contenido en C es menor que 0,1%, no puede lograrse una mejora adecuada en la resistencia mecánica y el efecto de la adición de C es débil. Por otro lado, mientras que un contenido en C que excede el 0,4% permite que la lámina de acero se endurezca adicionalmente, aumenta la probabilidad de que ocurran fusión y agrietamiento. Por lo tanto, C se añade preferiblemente a un contenido, en % en peso de 0,1% a 0,4%.

El Si es un elemento de mejora de la resistencia que mejora la resistencia mecánica y, al igual que el C, se añade para asegurar la resistencia mecánica deseada. Cuando el contenido en Si es menor que el 0,01%, prácticamente no se manifiesta ningún efecto de aumento de la resistencia y no puede lograrse una mejora adecuada de la resistencia mecánica. Por otro lado, el Si es un elemento fácilmente oxidable. De manera que cuando el contenido en Si excede el 0,6%, la humectabilidad disminuye durante el aluminizado por inmersión en caliente, haciendo que sea probable que aparezcan defectos de falta de chapado. Por lo tanto, se añade Si preferiblemente a un contenido, en % en peso, de 0,01% a 0,6%.

El Mn es un elemento de refuerzo que refuerza el acero y además un elemento que mejora la aptitud al templado. Además, el Mn evita de forma efectiva la fragilidad en caliente por S, que es una impureza inevitable. Cuando el contenido en Mn es menor que 0,5%, estos efectos no se obtienen, y los efectos mencionados anteriormente se muestran en un contenido de 0,5% o mayor. Por otro lado, cuando el contenido en Mn excede el 3%, la resistencia está sujeta a reducirse debido a que la fase γ residual se vuelve excesiva. Por lo tanto, el Mn se añade preferiblemente a un contenido en % en peso de 0,5% a 3%.

El Ti es un elemento de refuerzo de la resistencia y también un elemento que mejora la resistencia al calor de la capa de aluminizado. Cuando el contenido de Ti es menor que 0,01%, no se consigue ningún efecto de mejora de la resistencia o un efecto de resistencia a la oxidación, y estos efectos se muestran en un contenido del 0,01% o mayor. Por otro lado, cuando se añade demasiado Ti, el acero es susceptible de ablandarse por la formación de, por ejemplo, carburos y nitruros. La probabilidad de no poder lograr la resistencia mecánica deseada es particularmente alta cuando el contenido en Ti excede el 0,1%. Por lo tanto, es preferible que se añada Ti a un contenido, en % en peso de 0,01% a 0,1%.

El B tiene el efecto de actuar durante el templado para mejorar la resistencia. Cuando el contenido de B es menos que el 0,0001%, este efecto de mejora de la resistencia es bajo. Por otro lado, cuando el contenido en B excede el 0,1%, la resistencia a la fatiga es susceptible de disminuir debido a la formación de inclusiones y a la fragilidad. Por lo tanto, el B se añade preferiblemente a un contenido, en % en peso, de 0,0001% a 0,1%.

También es de señalar que esta lámina de acero puede contener impurezas inevitables arrastradas en otros procesos de fabricación y similar.

La lámina de acero formada de dicha composición puede endurecerse por calentamiento utilizando el método de estampación en caliente o similar para tener una resistencia mecánica de aproximadamente 1500 MPa o mayor. Aunque es de este modo una lámina de acero de una elevada resistencia mecánica, puede conformarse fácilmente si se procesa mediante el método de estampación en caliente, ya que la estampación puede realizarse en una condición ablandada debido al calentamiento. Además, la lámina de acero puede conseguir una elevada resistencia mecánica y, por extensión, puede mantener o mejorar la resistencia mecánica incluso si se realiza de poco grosor para el propósito de reducción del peso.

(Capa de aluminizado)

Tal como se establece anteriormente, la capa de aluminizado se forma en una cara o en ambas caras de la lámina de acero. Aunque la capa de aluminizado puede formarse en la superficie de la lámina de acero mediante, por ejemplo, el método de chapado por inmersión en caliente, el método de formación de la lámina de aluminizado de la presente invención no se limita a esto.

Aunque los constituyentes distintos de Al no están particularmente limitados, se añade Si con seguridad por la siguiente razón.

Cuando se añade Si, puede controlarse la capa de aleación formada durante el revestimiento de metal por chapado por inmersión en caliente. Cuando el contenido en Si es menor que el 3%, la capa de aleación de Fe-Al se vuelve más gruesa en la etapa de aplicación del aluminizado, lo que puede favorecer que el agrietamiento de la capa de recubrimiento durante el procesamiento tenga un efecto adverso sobre la resistencia a la corrosión. Por otro lado, cuando el contenido en Si excede el 15%, la aptitud al conformado y la resistencia a la corrosión de la capa de recubrimiento podrían reducirse. Por lo tanto, se añade Si a un contenido, en % en peso, del 3% al 15%.

La capa de aluminizado formada con dicha composición puede evitar la corrosión de la lámina de acero. Además, durante el procesamiento de la lámina de acero mediante el método de estampación en caliente, es posible evitar la formación de escamas (óxido de hierro) que tiene lugar debido a la oxidación de la superficie de la lámina de acero calentada a una temperatura elevada. Por lo tanto, la capa de aluminizado mejora la productividad permitiendo la omisión de un proceso de retirada de escamas, un proceso de limpieza de la superficie, un proceso de tratamiento de la superficie, y similar. Además, debido a que el punto de ebullición y similar de la capa de aluminizado es más elevado que el de un revestimiento de material orgánico u otro revestimiento de material metálico (por ejemplo, a base de Zn), es posible trabajar a una alta temperatura durante el conformado mediante el método de estampación en caliente, y se facilita el trabajo.

Tal como se ha explicado anteriormente, parte del Al contenido en la capa de aluminizado se mezcla en una aleación con Fe de la lámina de acero durante el chapado por inmersión en caliente, el calentamiento por estampación en caliente, o similar. Así que la capa de aluminizado no es necesariamente una única capa de una composición específica y puede algunas veces incluir localmente una capa en aleación (capa de aleación).

(Capa de revestimiento de la superficie)

La capa de revestimiento de la superficie se superpone sobre la superficie de la capa de aluminizado. La capa de revestimiento de la superficie contiene al menos ZnO que tiene una estructura cristalina de wurtzita. La capa de revestimiento de la superficie que contiene el compuesto que tiene una estructura cristalina de wurtzita tiene efectos tales como aumentar la lubricidad de la lámina de acero chapado y evitar la distribución irregular de la capa de aluminizado, manteniendo de este modo su grosor uniforme (estos efectos se discuten más adelante). Como compuestos que tienen una estructura cristalina de wurtzita pueden nombrarse, por ejemplo, AlN, GaN, InN, TiN, TlN, MnS, MnSe, ZnO, ZnS, CdS, CdSe y similar. El ZnO es particularmente preferible. La razón para esto es que mientras los compuestos detallados anteriormente tienen efectos similares desde el punto de vista de la lubricidad y uniformidad del grosor del recubrimiento de Al fundido, el ZnO tiene el efecto más fuerte desde el punto de vista de la mejora de la reactividad a la solución del tratamiento por conversión química. A continuación, se realizará una explicación tomando como un ejemplo el caso en el que el ZnO está contenido en la capa de revestimiento de la superficie como este compuesto. Debe señalarse, sin embargo, que también cuando se utiliza un compuesto distinto del ZnO como el compuesto que tiene una estructura cristalina de wurtzita, puede formarse una capa de revestimiento de la superficie de una constitución similar a la de aquella en el caso del ZnO para conseguir efectos similares.

La capa de revestimiento de la superficie que contiene ZnO puede formarse sobre la capa de aluminizado, por ejemplo, aplicando una composición de revestimiento que contiene partículas de ZnO y realizando el curado mediante calentamiento en horno /secado después de la aplicación. Como métodos de aplicación del ZnO pueden mencionarse, por ejemplo, el método de mezclado de un sol que contiene ZnO y un aglutinante orgánico predeterminado, y aplicación de la mezcla como revestimiento sobre la capa de aluminizado o el método de aplicación por revestimiento en polvo. Como el aglutinante orgánico prescrito pueden mencionarse, por ejemplo, resina de poliuretano, resina de poliéster, resina acrílica, un agente de acoplamiento de silano, y similar. Estos se hacen solubles al agua de manera que pueden disolverse en el sol que contiene el ZnO. La solución de revestimiento obtenida de este modo se aplica como revestimiento sobre la superficie de la lámina de acero aluminizada.

El tamaño de grano de las partículas finas de ZnO no está particularmente limitado, pero es preferiblemente de aproximadamente 50 a 300 nm. Aunque el tamaño de grano del ZnO es de dos tipos, es decir, el tamaño de grano del propio polvo y el tamaño de grano en el sol tras la gelatinización del mismo, está indicado como el tamaño en el sol en la presente invención. Debido a que el polvo fino en el sol generalmente experimenta una aglomeración secundaria, el tamaño de grano en el sol es mayor que el tamaño de grano del propio polvo. Cuando el tamaño de grano del propio polvo es más pequeño que 50 nm, no solamente resulta difícil el mezclado sino que se produce como resultado un engrosamiento debido a que la aglomeración secundaria ocurre fácilmente. Es por lo tanto difícil en la actualidad hacer el diámetro de la partícula en el sol de 50 nm o más pequeño. Además, cuando el tamaño de grano en el sol resulta mayor que 300 nm, tiene lugar la irregularidad debido a que las partículas tienden a decantarse. Cuando sea posible, se establece preferiblemente un tamaño de grano de aproximadamente 50 a 150 nm.

El contenido del componente aglutinante en el revestimiento de la superficie, que incluye el componente de resina y/o el agente de acoplamiento de silano, es preferiblemente de aproximadamente 5 a 30% en peso en relación al ZnO. Cuando sea inferior al 5%, no puede obtenerse un efecto adecuado del aglutinante, en cuyo caso el revestimiento tiende a desprenderse fácilmente y, además, tal como se explica más adelante, la lubricidad puede verse marcadamente afectada debido a que no se producen los orificios después de la evaporación con disolvente orgánico. Para obtener el efecto del aglutinante de forma consistente, el contenido de aglutinante se define más preferiblemente como el 10% o más en peso. Por otro lado, un contenido del componente aglutinante que exceda del 30% no es deseable debido a que la emisión de olores durante el calentamiento resulta pronunciada.

Además, se estableció que la lubricidad de la superficie durante la estampación en caliente mejora cuando el contenido del componente aglutinante se encuentra en este intervalo. Se cree que esto ocurre porque la evaporación del disolvente orgánico del aglutinante en la etapa de calentamiento forma orificios en el revestimiento de ZnO, por lo que el ZnO, que tiene un efecto de lubricación, hace contacto puntual con el metal del troquel. Para ser más específico, debido a que el ZnO está compuesto de finas partículas, un revestimiento realizado únicamente con el mismo tendría una superficie relativamente regular, en cuyo caso el contacto de la superficie resultante con el troquel produciría una gran fricción de deslizamiento (el coeficiente de fricción resultaría también grande). Desde este aspecto, podría pensarse que un tamaño de grano de ZnO mayor sería mejor, pero el ZnO tiene una densidad relativa grande de 5,7, de manera que las partículas de ZnO de un tamaño de grano grande se decantarían fácilmente en el sol en lugar de residir de forma estable en el mismo. En otras palabras, para asegurar la estabilidad como un sol, la presente invención requiere un ZnO de tamaño de grano pequeño y genera orificios en el

revestimiento de ZnO para establecer un contacto puntual durante el contacto con el troquel. Se descubrió que la composición y el contenido del aglutinante mencionado anteriormente son efectivos para esta formación de orificios.

Se determinó que la lubricidad es alta incluso en comparación con el revestimiento del compuesto inorgánico que contiene al menos uno de Si, Zr, Ti o P, el revestimiento del compuesto orgánico o el revestimiento del compuesto complejo del mismo expuesto en el documento de Patente 2. Como resultado, puede anticiparse una mejora adicional de la aptitud al conformado y la productividad.

El peso del revestimiento de ZnO de la capa de revestimiento de la superficie en cada cara de la lámina de acero contiene de 0,5 a 7 g/m^2 calculado como Zn. Cuando el contenido de ZnO calculado como Zn es 0,5 g/m^2 o mayor, es posible conseguir efectos tales como el efecto de mejora de la lubricidad (ver la FIGURA 3) y el efecto de prevención de una distribución irregular (efecto de hacer el grosor de la capa de aluminizado uniforme). Por otro lado, cuando el contenido de ZnO como Zn excede de 7 g/m^2, la capa de aluminizado y la capa de revestimiento de la superficie se vuelven demasiado gruesas, degradando de ese modo la soldabilidad y la adhesión del revestimiento. Por lo tanto, el ZnO se superpone sobre la superficie de la capa de aluminizado en un contenido como Zn de 0,5 g/m^2 a 7 g/m^2 en la capa de revestimiento de la superficie en cada cara de la lámina de acero. Dentro de este intervalo, un contenido de aproximadamente 1 a 4 g/m^2 es particularmente preferible debido a que permite que se asegure la lubricidad durante la estampación en caliente y además mejora la soldabilidad y la adhesión del revestimiento.

Como método de calentamiento en horno/secado después de la aplicación, son adecuados, por ejemplo, los métodos de horno de aire caliente, horno de inducción, horno próximo a los infrarrojos y similares. Y un método que combine estos es también aceptable. En este momento, en lugar de un calentamiento en horno/secado posterior al revestimiento, es posible, dependiendo del tipo de aglutinante utilizado en la aplicación del revestimiento, realizar un tratamiento de curado utilizando, por ejemplo, rayos ultravioletas, un haz de electrones o similar. Como aglutinantes orgánicos designados pueden nombrarse, por ejemplo, el poliuretano, poliéster, resina acrílica, un agente de acoplamiento de silano y similar. Sin embargo, el método para formar la capa de revestimiento de la superficie de ZnO no se limita a estos ejemplos, y es posible la formación por cualquiera de entre diversos métodos.

Cuando no se utiliza ningún aglutinante, la adherencia después del revestimiento en el aluminizado es en cierto modo baja y existe un riesgo de descamación local por fricción con una gran fuerza. Sin embargo, después de que haya sido calentado una vez con su paso a través del proceso de estampación en caliente, se muestra una fuerte adherencia.

Dicha capa de revestimiento de la superficie que contiene ZnO puede aumentar la lubricidad de la lámina de acero chapado. Es de destacar en particular que esta capa del revestimiento de la superficie que contiene ZnO hace posible adicionalmente aumentar aún más la lubricidad más allá de la del revestimiento del compuesto inorgánico que contiene al menos uno de Si, Zr, Ti o P, el revestimiento del compuesto orgánico o el revestimiento del compuesto complejo del mismo expuesto en el Documento de Patente 2, y también mejorar adicionalmente la aptitud al conformado y la productividad.

Además, el punto de fusión del ZnO es de aproximadamente 1975° C y mayor que el de la capa de aluminizado y similar (donde el punto de fusión del aluminio es de aproximadamente 660° C). Por lo tanto, cuando la lámina de acero chapado es procesada por el método de estampación en caliente, por ejemplo, la capa de revestimiento de la superficie que contiene ZnO no se funde incluso si la lámina de acero se calienta a, por ejemplo, 800° C o más. Por lo tanto, incluso si la capa de aluminizado se fundiera por el calentamiento, puede evitarse que el grosor de la capa de aluminizado fundida se distribuya de forma irregular debido a que la capa de aluminizado se mantiene en una condición cubierta por la capa de revestimiento de la superficie. También es de destacar que tiende a ocurrir una distribución irregular del grosor de la capa de aluminizado, por ejemplo, en casos tales como cuando el calentamiento se realiza en un horno que alinea las piezas en bruto verticalmente o cuando el calentamiento se realiza por calentamiento por resistencia o calentamiento por inducción. Sin embargo, la capa de revestimiento de la superficie puede también evitar la distribución irregular del grosor de la capa de aluminizado cuando dichos tipos de calentamiento se llevan a cabo , y, como tal, permiten de forma más eficiente la uniformidad del grosor de la capa de aluminizado que en el revestimiento del compuesto inorgánico que contiene al menos uno de Si, Zr, Ti o P, el revestimiento del compuesto orgánico o el revestimiento del compuesto complejo de los mismos expuesto en el Documento de patente 2. Además, debido a que la capa de revestimiento de la superficie puede evitar la distribución irregular del grosor de la capa de aluminizado, la capa de aluminizado puede formarse a un grosor mayor.

Por tanto, ofreciendo dichos efectos tales como una mejora de la lubricidad y la regularidad del grosor de la capa de aluminizado, la capa de revestimiento de la superficie mejora la aptitud al conformado durante la estampación y la resistencia a la corrosión después de la estampación. Además, el hecho de que el grosor de la capa de aluminizado pueda hacerse uniforme permite el calentamiento de la lámina de acero chapado por calentamiento por resistencia o calentamiento por inducción, lo que permite el calentamiento a una tasa más elevada del aumento de temperatura. Como resultado, el tiempo requerido en la etapa de calentamiento del método de estampación en caliente puede acortarse para mejorar la productividad del propio método de estampación en caliente.

Además, tal como se ha señalado anteriormente, la capa del revestimiento de la superficie es excelente en lubricidad y minimiza la adherencia al troquel. Incluso si la capa de aluminizado se volviera pulverulenta, el revestimiento de ZnO en la superficie puede evitar que el polvo (polvo de Al-Fe y similar) se adhiera al troquel utilizado en el proceso de estampación aguas abajo. La productividad puede por lo tanto ser mejorada porque no existe necesidad de implementar un proceso para retirar el polvo de Al-Fe adherido al troquel. Y la capa de revestimiento de la superficie puede tener la función de capa protectora para evitar arañazos y similares que pudieran ocurrir durante la estampación de la lámina de acero y la capa de aluminizado, y la aptitud al conformado puede ser también aumentada. Además, la capa de revestimiento de la superficie no perjudica factores de usabilidad tales como la soldabilidad por puntos, la adhesión del revestimiento y similares. Debido a la unión del revestimiento por tratamiento por conversión química, la resistencia a la corrosión posterior a la pintura se ve ampliamente mejorada y el peso del revestimiento de chapado puede reducirse por debajo del existente hasta el momento. Como resultado, puede aumentarse la productividad debido a la uniformidad del grosor del chapado y además reducirse la adherencia con el calentamiento rápido.

<Procesamiento por el método de estampación en caliente>
La lámina de acero chapado de esta realización se explicó anteriormente. Mientras que la lámina de acero chapado formada de esta manera puede ser procesada y formada mediante diversos métodos, es particularmente útil en el caso de realizar un procesamiento por el método de estampación en caliente, por ejemplo. Por lo tanto, una explicación se realizará ahora con respecto al caso en el que la lámina de acero chapado que tiene la anterior constitución se procesa mediante el método de estampación en caliente.

En el método de estampación en caliente de esta realización, la lámina de acero chapado se calienta en primer lugar a una alta temperatura para ablandar la lámina de acero. La lámina de acero chapado ablandada es conformada a continuación por estampación, después de lo cual la lámina de acero chapado conformada se enfría. Por tanto, la lámina de acero se ablanda una vez para permitir que la siguiente estampación se realice fácilmente. Más aún, la lámina de acero que tiene la anterior composición se endurece por el calentamiento y el enfriamiento para conseguir una resistencia mecánica elevada de aproximadamente 1500 MPa o mayor.

Mientras que la lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización se calienta en los procesos de estampación en caliente, cualquiera de los diversos métodos de calentamiento pueden adoptarse en este momento, incluyendo métodos habituales de calentamiento que utilizan un horno eléctrico o un horno de tubo radiante, u otros métodos tales como NIR, calentamiento por resistencia, calentamiento por inducción de alta frecuencia o similar. La lámina de acero chapado puede estar en bruto y calentarse utilizando estos métodos de calentamiento, y en particular en el caso de utilización del calentamiento por resistencia o calentamiento de alta frecuencia, surge un problema de grosor irregular del chapado debido al efecto de estricción, de manera que especialmente cuando se desea un grado de grosor, puede realizarse un proceso de aleación anterior calentando la bobina en un horno de recocido en caja, permitiendo de este modo la total prevención de la irregularidad del grosor del chapado. A medida que se aumenta el punto de fusión a aproximadamente 1150° C por la aleación, el problema del efecto de estricción que actúa sobre el acero fundido se elimina. En este caso, la bobina recocida en caja se deja en bruto para suministrarla a la estampación en caliente.

Cuando la lámina de acero aluminizada se calienta a su punto de fusión mencionado anteriormente, se funde y simultáneamente cambia a una capa de aleación de Al-Fe, Al-Fe-Si debido a la inter-difusión con Fe. El punto de fusión la capa de aleación de Al-Fe, Al-Fe-Si es elevado y si la aleación se extiende a la superficie, el efecto de estricción deja de actuar. Existen múltiples aleaciones de Al-Fe, Al-Fe-Si que cambian a aleaciones de alta concentración en Fe durante calentamiento a alta temperatura o calentamiento prolongado. En la condición preferida de la superficie del producto final, la condición es una en la que la aleación ha alcanzado la superficie y en el que la concentración de Fe de la capa de aleación no es alta. Si permanece el Al sin alear, únicamente esta región se corroe fácilmente, lo que no es deseable para la resistencia a la corrosión posterior a la pintura ya que la vulnerabilidad a la formación de ampollas de la pintura se vuelve muy alta. Si, por el contrario, la concentración en Fe de la capa de aleación se vuelve demasiado alta, la resistencia a la corrosión de la propia capa de aleación se reduce, de manera que la resistencia a la corrosión posterior a la pintura queda marcada por la fácil aparición de ampollas de la pintura. Esto es porque la resistencia a la corrosión de la capa de aleación depende de la concentración de Al en la capa de aleación. Existe, por lo tanto, una condición de formación de aleación que es preferible para la resistencia a la corrosión posterior a la pintura, y la condición de formación de aleación está determinada por el peso del revestimiento de la condición del recubrimiento y el calentamiento.

Cuando se utiliza el calentamiento por resistencia o el calentamiento de alta frecuencia, la tasa media de aumento de temperatura en el calentamiento a alta temperatura desde 600° C a una temperatura 10° C menor que la temperatura de pico de la lámina (temperatura máxima del calentamiento previo a la estampación) puede establecerse a una de entre 50° C a 300° C/s.

La lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización permite una productividad mejorada porque, tal como se ha explicado anteriormente, puede conseguirse una elevada tasa de aumento de la temperatura media. Además, la tasa del aumento de temperatura media por ejemplo afecta a la constitución y el grosor de la capa de aleación y, como tal, es un factor importante que controla la calidad de la lámina de acero chapado. En el caso de la lámina de

acero chapado de acuerdo con esta realización, la tasa de aumento de la temperatura puede elevarse a 300° C/s, haciendo posible de este modo controlar la calidad del producto en un amplio intervalo. Como la temperatura de pico, generalmente se adopta de forma habitual una de aproximadamente 900 a 950° C en vista del hecho de que el principio de estampación en caliente requiere el calentamiento en la región austenítica. En lo que se refiere a la temperatura de pico en la presente realización, una de 850° C o inferior no es deseable ya que puede resultar imposible obtener una adecuada dureza tras el enfriamiento rápido. Además, la capa de aluminizado necesita cambiar a una capa de aleación de Al-Fe, de manera que 850° C o menos tampoco es deseable desde este aspecto. Si la formación de la aleación avanzara demasiado rápida a una temperatura que exceda 1000° C, la concentración de Fe de la capa de aleación de Al-Fe podría aumentar para causar degradación de la resistencia a la corrosión posterior a la pintura. Aunque no puede decirse nada absoluto en este aspecto, ya que la tasa de aumento de la temperatura y el peso del revestimiento del aluminizado son también factores, el calentamiento a 1100° C o superior no es deseable desde el punto de vista económico.

Más aún, en lo que se refiere a la lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización, es posible, por ejemplo, utilizar un método de calentamiento por calentamiento por resistencia o calentamiento por inducción, como el método de calentamiento para lograr la alta tasa de aumento de la temperatura mencionada anteriormente. Generalmente, cuando la lámina de acero aluminizada se calienta a una alta temperatura de, por ejemplo, 800° C o más, la capa de aluminizado se funde y el calentamiento por resistencia o el calentamiento por inducción, hace pasar corriente eléctrica a través no solo de la lámina de acero, sino también de la capa aluminizada. La corriente que pasa a través de la capa aluminizada a alta temperatura fundida puede producir el llamado “efecto de estricción”. Tal como queda claro a partir de la ley de Biot-Savart, la regla de Fleming de la mano izquierda y otras leyes electromagnéticas, una fuerza de atracción actúa entre los conductores que hacen pasar corriente eléctrica en la misma dirección. El fenómeno de las trayectorias de conducción de corriente que son restringidas por esta fuerza se denomina “efecto de estricción”. Cuando el conductor que deja pasar la corriente es un fluido como la capa de aluminizado fundida, la fuerza de atracción restringe el fluido al sitio de la restricción de la trayectoria de conducción. Como resultado, el grosor de la capa aluminizada aumenta en el sitio de restricción y se vuelve más delgado en otras regiones, perdiendo de este modo su uniformidad. El uso del calentamiento por resistencia, calentamiento por inducción u otros métodos de calentamiento que implican el paso de corriente eléctrica para el calentamiento a alta temperatura de la lámina de acero chapado, ha sido por tanto difícil desde el punto de vista de mantenimiento de la calidad del producto. Sin embargo, en el caso de la lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización, la presencia de la capa de revestimiento de la superficie que contiene ZnO posibilita mantener uniforme el grosor de la capa de aluminizado. Por lo tanto, la lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización reduce el efecto en el grosor de la capa de aluminizado, atribuible al efecto de estricción y similar, permitiendo de este modo el calentamiento por calentamiento por resistencia o calentamiento por inducción, y posibilita aumentar la tasa de aumento de la temperatura.

Tal como se explica anteriormente, la lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización se calienta a una alta temperatura de 800° C o más por calentamiento por resistencia o calentamiento por inducción y a continuación se conforma mediante estampación utilizando un troquel o similar. En este momento, la capa de revestimiento de la superficie que contiene ZnO, que no se ha fundido, cumple la función de un tampón y la acción lubricante poseída por el propio ZnO caliente protege la capa de aluminizado y la lámina de acero del troquel, evitando de este modo los arañazos por el troquel. A la inversa, es posible, por ejemplo, evitar la adherencia del polvo (polvo de Al y similar) al troquel debido a la aparición de grietas o por la capa de aluminizado pulverizada, lo que permite de este modo una aptitud al conformado y productividad mejoradas.

<Ejemplo de los efectos de la lámina de acero chapado y método de estampación en caliente>
La lámina de acero chapado y el método de estampación en caliente de la lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización se explicaron anteriormente. La lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización tiene una capa de revestimiento de la superficie que contiene al menos un compuesto que tiene una estructura cristalina de wurtzita, específicamente ZnO, por lo que, tal como se ha expuesto anteriormente, es posible, por ejemplo, conseguir una alta lubricidad y hacer uniforme el grosor de la capa de aluminizado.

Como resultado, la lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización puede ser utilizada en el método de estampación en caliente, utilizando calentamiento por inducción o calentamiento por resistencia, y puede permitir la realización del calentamiento a una alta tasa de aumento de la temperatura, posibilitando de este modo mejorar la productividad y la aptitud al conformado. Además, la presente realización explota las propiedades del compuesto de wurtzita, de manera que las cantidades del dispersante y otros constituyentes para dispersar el aglutinante y el ZnO fino deberían determinarse de forma adecuada.

Incidentalmente, una razón concebible por la que la capa de revestimiento de la superficie que contiene el compuesto con dicha estructura cristalina de wurtzita, específicamente ZnO, permite una alta lubricidad podría ser, por ejemplo, que el compuesto con la estructura cristalina de wurtzita está compuesto de granos que están más cercanos a ser esféricos que los de las otras sustancias y tienen una pequeña resistencia a la fricción con respecto al troquel utilizado en el proceso de estampación. Además, una razón concebible por la que permite que el grosor del recubrimiento se haga uniforme, tal como se ha mencionado anteriormente, podría ser, por ejemplo, que el compuesto con la estructura cristalina de wurtzita tiene un punto de fusión más elevado (aproximadamente 1975° C

para el ZnO, por ejemplo) que los otros compuestos, tal como los compuestos orgánicos, y no se funde incluso bajo altas temperaturas durante la estampación en caliente (aproximadamente 800° C o más).

En otras palabras, tal como se expone anteriormente, la capa de revestimiento de la superficie de acuerdo con esta realización tiene un punto de fusión más elevado que la capa aluminizada, y no se funde, incluso a la temperatura de pico, por el calentamiento. Por lo tanto, la capa aluminizada se mantiene entre la capa de la superficie sin fundir y la lámina de acero. Como resultado, se cree que incluso si la capa aluminizada se funde, se evitará una distribución irregular de la capa aluminizada por la resistencia y la tensión de la capa de revestimiento de la superficie. Además, la capa de revestimiento de la superficie que contienen al menos un compuesto con una estructura cristalina de wurtzita es extremadamente efectiva para la uniformidad del grosor del recubrimiento, en comparación con las capas de revestimiento de la superficie compuestas de compuestos inorgánicos con un punto de fusión alto, con una estructura cristalina distinta a la de la wurtzita. Por lo tanto, aparte del punto de fusión mencionado anteriormente, pueden existir de forma concebible otros factores, tal como la resistencia, la tensión y similar, que sean exclusivas para la estructura cristalina de wurtzita y permitan la uniformización del grosor del recubrimiento.

Debe señalarse que se presupone que las razones y los factores mencionados aquí son únicamente algunas de las causas para la manifestación de los resultados y, huelga decir, que la presente invención no está limitada por ello y la existencia de otros factores es concebible.

No está claro en este punto por qué el ZnO permite la adherencia de la película de tratamiento por conversión química, pero se supone que ya que la reacción del tratamiento por conversión química progresa con una reacción de ataque al ácido hacia el sustrato que actúa como un desencadenante, la reacción con la superficie de Al-Fe no tiene lugar fácilmente debido a que la superficie es muy inerte al ácido. Impartiendo el revestimiento que contiene ZnO y calentándolo a 800° C o más, la constitución del revestimiento de óxido cambia, es decir, el óxido de Al se convierte en óxido de Al-Fe, y se cree que esto cambia la reactividad con el ácido de la superficie.

Además, la capa de revestimiento de la superficie muestra su efecto de evitar la no uniformidad del grosor de la capa de aluminizado fundida, no solamente durante el calentamiento mencionado anteriormente por calentamiento por resistencia o calentamiento por inducción, sino que además es funcional, por ejemplo, cuando la lámina de acero chapado se calienta, se procesa o similar en una condición inclinada en un horno. En otras palabras, habitualmente cuando una lámina de acero chapado se calienta mientras permanece inclinada, la capa aluminizada fundida desliza hacia abajo bajo la fuerza de la gravedad y similar para causar una distribución irregular, pero esta distribución irregular puede ser evitada por la lámina de acero chapado de acuerdo con esta realización.

<Ejemplo 1>
La presente invención será explicada a continuación en más detalle por los ejemplos. Una lámina de acero laminada en frío de la composición que se muestra en la Tabla 1 (1,4 mm de grosor) se chapó con Al por el método Sendzimir. La temperatura de recocido en este momento era de aproximadamente 800° C, y el baño de recubrimiento con Al contenía Si: 9% y contenía adicionalmente Fe eluido de la tira de acero. El peso del revestimiento después del chapado se ajustó a 160 g/m^2 en ambas caras por el método de barrido con gas, y después del enfriamiento, se aplicó una solución que se muestra en la Tabla 2 con una máquina de recubrimiento con rodillos y se calentó en un horno a aproximadamente 80° C. Las soluciones químicas que se muestran en la Tabla 2 utilizaron una pasta nanotek de C.I. Kasei Co., Ltd. El tamaño de grano de los compuestos en las soluciones fue de aproximadamente 70 nm.

Debe señalarse que aunque el contenido en metal difiere entre los compuestos de la Tabla 2, los contenidos en materia no volátil en las soluciones químicas son los mismos, y las cantidades de las soluciones aplicadas fueron sustancialmente las mismas. La razón para los diferentes contenidos es que la relación del peso molecular del compuesto con respecto al contenido de metal es diferente para cada compuesto. Las características de las muestras de ensayo preparadas de esta manera fueron evaluadas mediante los siguientes métodos.

Lubricidad en caliente
Se evaluó la lubricidad en caliente utilizando el aparato que se muestra en la FIGURA 1. Se calentó una lámina de acero de 150 x 200 mm a 900° C, las esferas de acero se prensaron a continuación sobre la misma desde por encima de 700° C, se midieron la carga de prensado y la carga de estirado, y se definió el coeficiente de fricción dinámica como carga de estirado / carga de prensado.

Uniformidad del grosor de la película de chapado con Al
Se utilizaron dos métodos. (Condición 1) se colocaron piezas de ensayo de 70 x 150 mm en un horno con sus lados de 70 mm alineados verticalmente, tal como se muestra en la FIGURA 2, y se calentaron a 900° C. Se midió la diferencia de grosor de los lados inferiores de la lámina entre antes y después del calentamiento.

(Condición 2) En el otro método, una pieza de ensayo de 80 x 400 mm se sujetó mediante electrodos en sus extremos longitudinales opuestos y se calentó por resistencia, después de lo cual se midió la diferencia de grosor en el centro entre antes y después del calentamiento.

Soldabilidad por puntos
Se colocó una pieza de ensayo en un horno, se calentó durante 6 min en el horno a 900° C, y al retirarla se sujetó inmediatamente por un troquel y se enfrió rápidamente. La tasa de enfriamiento en este momento fue de aproximadamente 150° C/s. A continuación se cortó a 30 x 50 mm y se midió el intervalo de corriente de soldadura por puntos (corriente de límite superior – corriente de límite inferior). Las condiciones de medición fueron como se expone a continuación. La corriente de límite inferior se definió como el valor de la corriente cuando el diámetro del botón de soldadura pasó a ser $4\sqrt{t}$ (4,4 mm) y la corriente del límite superior se definió como la corriente productora de salpicaduras.

Electrodo: cromo-cobre, DR (6 mm φ punta de 40 R)
Presión aplicada: 400 kgf
Tiempo de soldadura: 12 ciclos (60 Hz)

Resistencia a la corrosión posterior a la pintura
Una pieza de ensayo se situó en un horno, se calentó durante 6 min en el horno a 900° C, y tras retirarla se sujetó inmediatamente por un troquel de acero inoxidable y se enfrió rápidamente. La tasa de enfriamiento en este momento era de aproximadamente 150° C/s. A continuación se cortó a 70 x 150 mm, se sometió a tratamiento por conversión química utilizando una solución para tratamiento por conversión química (PB-SX35T) de Nihon Parkerizing Co., Ltd., se pintó con un revestimiento por electrodeposición (Powernics 110) de Nippon Paint Co., Ltd. hasta un objetivo de 20 µm, y se calentó en un horno a 170° C.

La evaluación de la resistencia a la corrosión posterior a la pintura se realizó por el método prescrito por JASO M609 establecido por la Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automovilísticos) de Japón. Se utilizó un cortador para realizar un corte transversal en la película de pintura, y se midió el ancho (valor máximo en un lado) de la ampolla de la película de pintura del corte transversal después de 180 ciclos (60 días) de ensayo la corrosión.

Tabla 1 Composición del acero de la muestra de ensayo (% en peso)

C	Si	Mn	P	S	Ti	B	Al
0,21	0,12	1,21	0,02	0,012	0,02	0,003	0,04

Tabla 2 soluciones de tratamiento del revestimiento

Símbolo	A	B	C	D	E	F
Compuesto	Al_2O_3	ZnO	TiO_2	SiO_2	SnO_2	CoO
Peso del revestimiento (*1)	$2g/m^2$	$3g/m^2$	$2g/m^2$	$2g/m^2$	$3g/m^2$	$3g/m^2$
Estructura Cristalina	Corindón	Wurtzita	Rutilo	Amorfo	Rutilo	NaCl
*1: Todo expresado en contenido de metal (Al para Al_2O_3, Zn para ZnO)						

Contenido de materias no volátiles en su totalidad 15% en peso

Tabla 3 Resultados de la evaluación para los materiales individuales

Símbolo		A	B	C	D	E	F	G
Compuesto		Al_2O_3	ZnO	TiO_2	SiO_2	SnO_2	CoO	Ninguno
Lubricidad en caliente		0,92	0,61	0,88	0,96	1,01	0,94	0,95
Uniformidad del grosor de la capa de chapado	Condición 1	0,25mm	0mm	0,15mm	0,23mm	0,25mm	0,22mm	0,35mm
	Condición 2	0,5mm	0mm	0,42mm	0,65mm	0,53mm	0,5mm	0,77mm
Soldabilidad por puntos		1,9kA	2kA	2kA	2,1kA	2kA	2kA	2,1kA
Resistencia a la corrosión posterior a la pintura		8mm	2mm	7mm	9mm	12mm	10mm	6mm

Los resultados de la evaluación se resumen en la Tabla 3. La lubricidad en caliente se indica como el coeficiente de fricción dinámica, la uniformidad del grosor de la capa de recubrimiento como la diferencia en el grosor de la lámina entre antes y después del calentamiento, la soldabilidad por puntos como el intervalo de corriente adecuado, y la resistencia a la corrosión posterior a la pintura como el valor del ancho de la ampolla. Se muestran los valores en el caso de ningún tratamiento en la columna de la derecha. Puede verse que la formación de un revestimiento que contiene el compuesto de wurtzita ZnO mejoró la lubricidad en caliente, la uniformidad del grosor del recubrimiento y la resistencia a la corrosión posterior a la pintura, mientras que la soldabilidad por puntos resultó aproximadamente la misma. Los compuestos que tienen otras estructuras cristalinas no mostraron un efecto de mejora marcado para ninguna de las características.

Un ensayo de estampación en caliente real se realizó para verificar el efecto de lubricidad en caliente de ZnO. Cuando una pieza de ensayo revestida con ZnO a 3 g/m^2 y una pieza de ensayo no revestida con ZnO se conformaron en la forma de vigas de impacto para puertas, la pieza de ensayo a la que no se proporcionó un revestimiento de ZnO experimentó agrietamiento mientras que la pieza de ensayo revestida con ZnO no experimentó agrietamiento, confirmando de este modo el efecto de mejora de la lubricidad. El estado del agrietamiento en este momento se muestra en la FIGURA 4.

A continuación, para determinar la cantidad requerida del revestimiento de ZnO, se evaluó la lubricidad en caliente en pesos del revestimiento variados. Las soluciones químicas fueron las expuestas anteriormente. Los resultados se muestran en la FIGURA 3. La lubricidad en caliente mejoró en la región con contenido en Zn de aproximadamente 0,5 g/m^2 hacia arriba, más preferiblemente 1 g/m^2 hacia arriba.

Por otro lado, se realizó también la medición con respecto al peso del revestimiento de la película de tratamiento por conversión química. Los resultados se muestran en la FIGURA 5. El peso del revestimiento de P aumentó con el aumento del peso del revestimiento de Zn. El peso del revestimiento de P presentó la tendencia a saturar a partir de Zn de 3 g/m^2 hacia arriba. La resistencia a la corrosión posterior a la pintura en este momento también se evaluó, y se observó que la resistencia a la corrosión posterior a la pintura mejoró sustancialmente en proporción al peso del revestimiento de la película de tratamiento por conversión química.

Desde este hecho, se considera que la capacidad de tratamiento por conversión química de la lámina de acero aluminizado fue mejorada probablemente por la aplicación del revestimiento de ZnO. Aunque las particularidades del mecanismo se desconocen, se cree que algún tipo de reacción ocurre posiblemente entre el ZnO y el Al en el recubrimiento bajo un entorno de alta temperatura de la estampación en caliente, formando por lo tanto un revestimiento complejo a base de Al-Zn que inhibe la generación de un revestimiento de Al_2O_3.

Además, para determinar el efecto de la estructura cristalina del compuesto, se realizaron también ensayos con respecto a otros compuestos de wurtzita. Una pequeña cantidad de resina de uretano se mezcló con polvos finos de AlN y Tin (tamaño de grano de aproximadamente 0,2 µm) y se mezclaron cuidadosamente para preparar soluciones de revestimiento. Las soluciones de revestimiento obtenidas, se aplicaron sobre láminas de acero aluminizado cada una a un objetivo de 2 g/m^2 en términos de Al y Ti, y se calentó en un horno 80° C. Tras la evaluación, se observó que las lubricidades en caliente de las muestras fueron de 0,65 y 0,68, respectivamente. A partir de una comparación con los ejemplos que utilizan Al_2O_3 y TiO_2 en la Tabla 3, se considera que los compuestos de estructura cristalina de wurtzita son superiores.

<Ejemplo 2>

A una suspensión de partículas finas de ZnO (pasta nanotek de C.I. Kasei Co., Ltd.) se añadió resina acrílica soluble en agua a una relación en peso de 5 a 20% en relación al Zn y un agente de acoplamiento de silano a una relación en peso de 10 a 20%, tras lo cual la solución obtenida se aplicó y se evaluó de la misma manera que se ha expuesto en lo mencionado anteriormente. Además, se realizó un ensayo de recubrimiento para evaluar la propiedad de desconchado del revestimiento. Las condiciones en este momento fueron una carga de 1500 g y número de repeticiones 10, los pesos del revestimiento se midieron antes y después del ensayo, y se calculó la relación de la cantidad exfoliada con respecto a la inicial. Los resultados de la evaluación en este momento se resumen en la Tabla 4.

Tabla 4 Resultados de la evaluación para materiales individuales

Símbolo		H	I	J	K	L	M	N
Contenido en ZnO (g/m^2)		1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	2,0	2,0
Tipo de aglutinante (*)		Ninguno	A	A	A	A	B	B
Contenido de aglutinante (%)		--	5	10	20	10	10	20
Desconchado del revestimiento (%)		25	2	1	≤1	1	2	1
Lubricidad en caliente		0,6	0,55	0,53	0,55	0,50	0,52	0,53
Uniformidad del grosor de la capa de recubrimiento	Condición 1	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
	Condición 2	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm	0mm
Soldabilidad por puntos		2kA	2kA	2,1kA	2kA	2kA	2,1kA	2kA
Resistencia a la corrosión posterior a la pintura		2,5mm	2,5mm	2,5mm	2mm	2mm	2mm	2mm
(*) Aglutinante A: Resina acrílica (ácido poliacrílico) B: Agente de acoplamiento de silano (25% de Si calculado como SiO_2, Silicona Shin-Etsu								

Cuando el componente de aglutinante estaba ausente, el revestimiento se despegó cuando sufrió una fuerte fricción. Sin embargo, el despegado cesó una vez que se impartió un historial de calor equivalente a la estampación en caliente. Aunque no se conoce si el despegado de este grado sería un problema en la aplicación práctica, es preferible por supuesto que no haya ningún despegado. La adición de un componente de aglutinante inhibió el

despegado y mejoró adicionalmente la lubricidad en caliente. Y se determinó que otras características no fueron afectadas.

<Ejemplo 3>

Para determinar el efecto del tamaño de grano del ZnO, se utilizaron soles de ZnO disponibles comercialmente de diversos tamaños de grano, con 5% de aglutinante A del segundo ejemplo añadido al mismo. La solución se mezcló cuidadosamente y a continuación se dejó reposar a 40° C durante 24 horas, y se juzgó visualmente si había tenido lugar o no la sedimentación de ZnO. Los criterios de juicio fueron los siguientes.

Tabla 5 Resultados de la evaluación de propiedades de sedimentación de ZnO

Símbolo	O	P	Q	R	S	T	U
Tamaño de grano (μm)	0,05	0,1	0,3	0,5	1	3	5
Propiedad de sedimentación	O	O	O	Δ	X	X	X
O: Sin sedimentación Δ: Ligera sedimentación X: Sedimentación							

Se observó sedimentación de ZnO cuando el tamaño de grano del ZnO era grande. (Se observó algo de sedimentación incluso a un tamaño de grano del ZnO de 0,5 μm.) También se sometió a ensayo polvo de tamaño de grano de 0,01 μm, pero se produjo una aglomeración secundaria en el sol, de manera que el tamaño de grano en el sol se volvió de aproximadamente 0,05 μm. Fue imposible por lo tanto obtener una solución cuyo tamaño de grano en el sol fuera de 0,05 μm o menor.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

En la estampación en caliente de la lámina de acero aluminizado, la presente invención permite el procesamiento mientras asegura una buena lubricidad y uniformidad del chapado, permitiendo de ese modo una estampación más compleja que en el pasado. Además, puede ahorrarse trabajo en el mantenimiento y reparación de la estampación en caliente, y también se mejora la productividad. Ya que la aptitud al tratamiento de la conversión química del producto procesado tras la estampación en caliente es buena, se observa además una mejora del acabado de la pintura y resistencia a la corrosión del producto final. Debido a estos factores, se cree que la presente invención expandirá el intervalo de aplicación de la estampación en caliente al acero aluminizado y aumentará la aplicabilidad de las láminas aluminizadas a los automóviles y al equipo industrial que son las aplicaciones finales.

EXPLICACIÓN DE LOS SÍMBOLOS

10 Horno
11 Elemento calentador
21 Carga
22 Esfera de acero
31 Unidad de accionamiento del cuerpo del horno
32 Vía de bolas
33 Celda de carga
TP Pieza de ensayo

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero aluminizado para la estampación en caliente, **caracterizada por que** comprende una capa aluminizada formada en una cara o en ambas caras de una lámina de acero, donde la capa aluminizada consiste del 3 al 15 % en peso de Si, aluminio e impurezas inevitables y una capa de revestimiento de la superficie superpuesta en la capa o capas aluminizadas, y que contiene al menos ZnO que tiene una estructura cristalina de wurtzita a y opcionalmente un componente de resina y/o un agente de acoplamiento de silano, en donde el contenido de ZnO en la capa de revestimiento de la superficie en cada cara de la lámina de acero es de 0,5 a 7 g/m^2 como Zn.

2. La lámina de acero aluminizado expuesto en la reivindicación 1, **caracterizada por que** el tamaño de grano del ZnO es de 50 a 300 nm, y la capa de revestimiento de la superficie contiene además de ZnO un componente de resina y/o un agente de acoplamiento de silano, a una relación en peso con respecto al ZnO de 5 a 30%.

3. La lámina de acero aluminizado expuesta en la reivindicación 1, **caracterizada por que** la lámina de acero tiene orificios en la capa de revestimiento de superficie.

4. Un método de estampación en caliente de una lámina de acero aluminizado según la reivindicación 1, **caracterizado por**, opcionalmente el recocido en caja de una lámina de acero aluminizado enrollada en bobina, y el calentamiento de la lámina de acero aluminizado en bruto que comprende una capa aluminizada formada en una cara o en ambas caras de la lámina de acero, y una capa de revestimiento de la superficie que contiene ZnO superpuesto sobre una capa o capas aluminizadas, donde una tasa media de aumento de la temperatura de calentamiento por calentamiento por resistencia o calentamiento por inducción, durante el calentamiento previo a la estampación, es de 50° C a 300° C/s, desde una temperatura de la lámina de acero chapado de 600° C hasta una temperatura 10 ºC menor que la temperatura máxima del calentamiento previo a la estampación que es mayor que 850° C y menor que 1100° C, y el conformado de la lámina de acero aluminizado calentada por estampación.

Fig.1

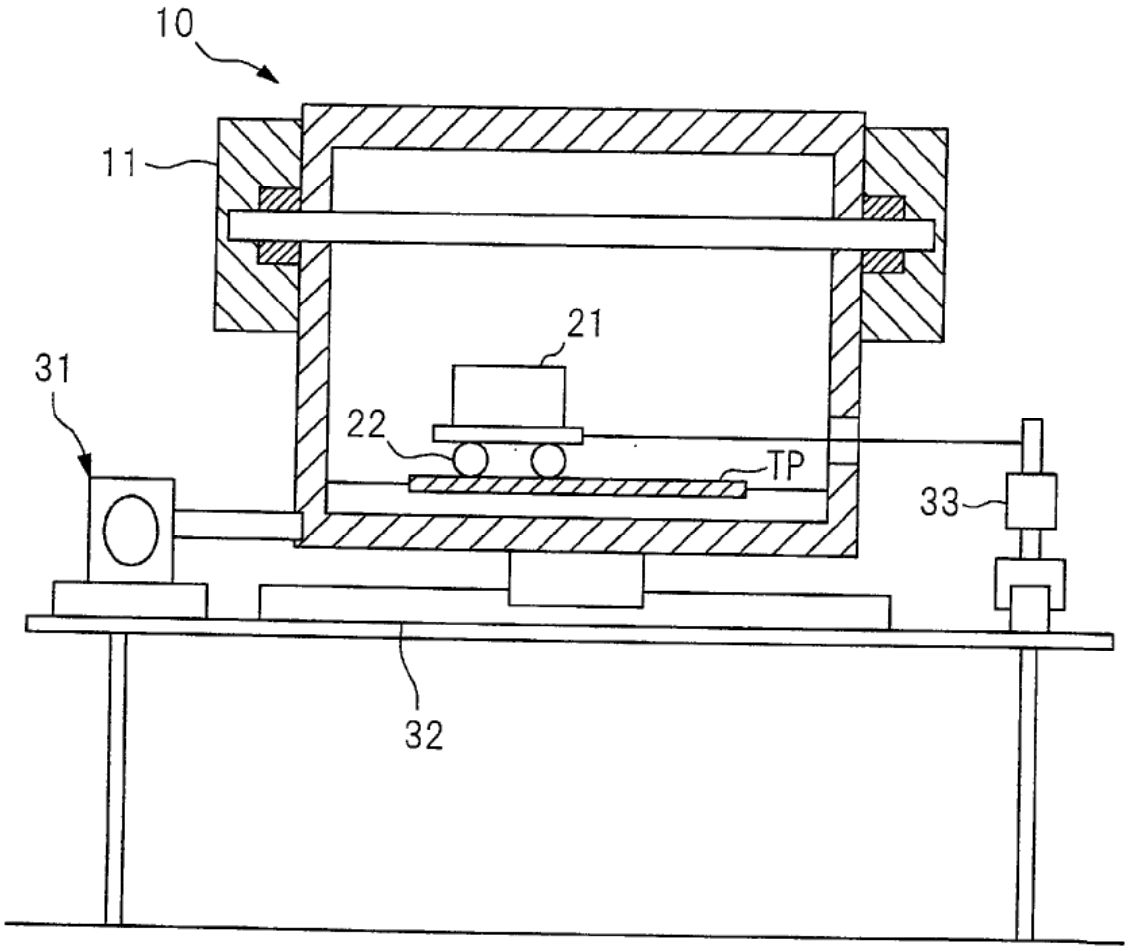


Fig.2

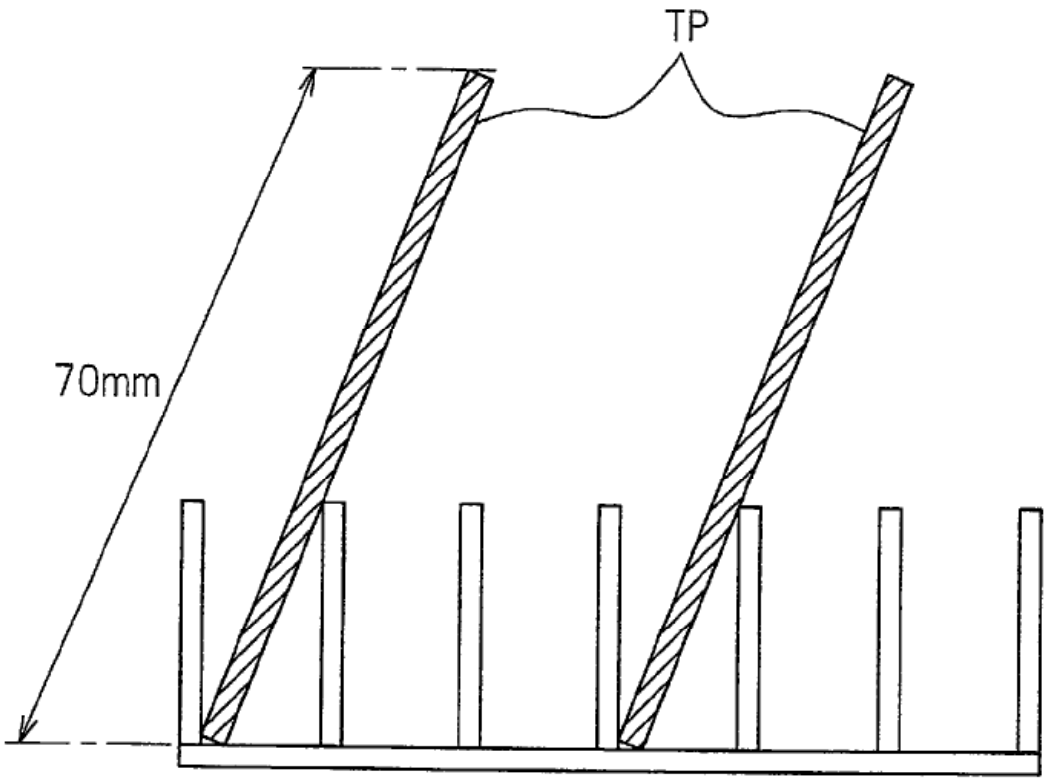


Fig.3

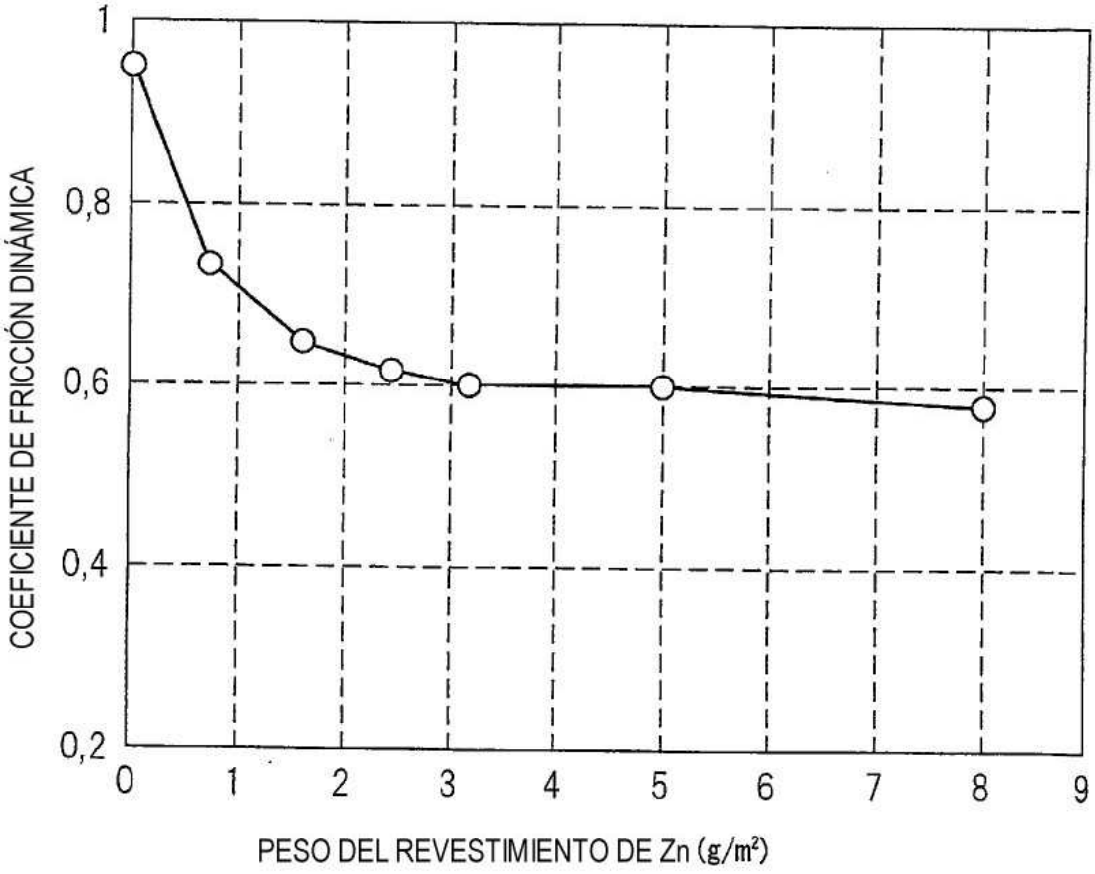
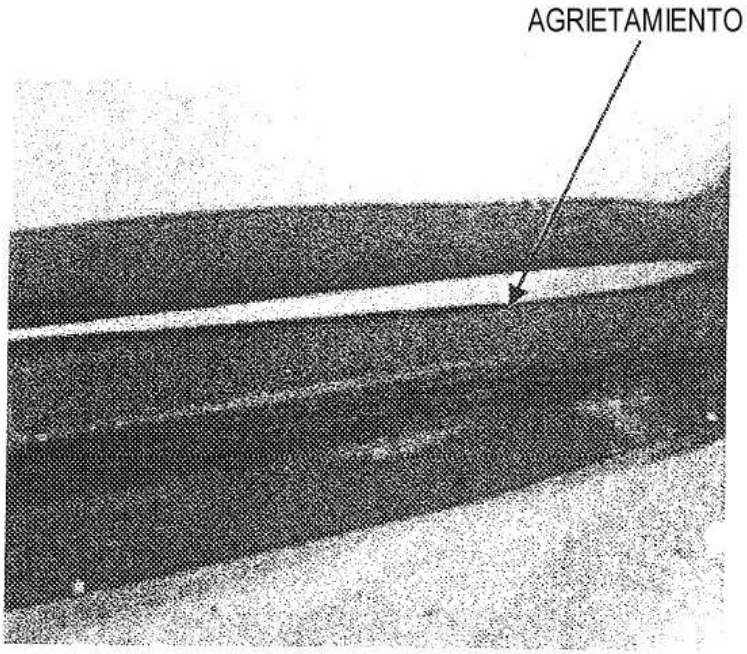
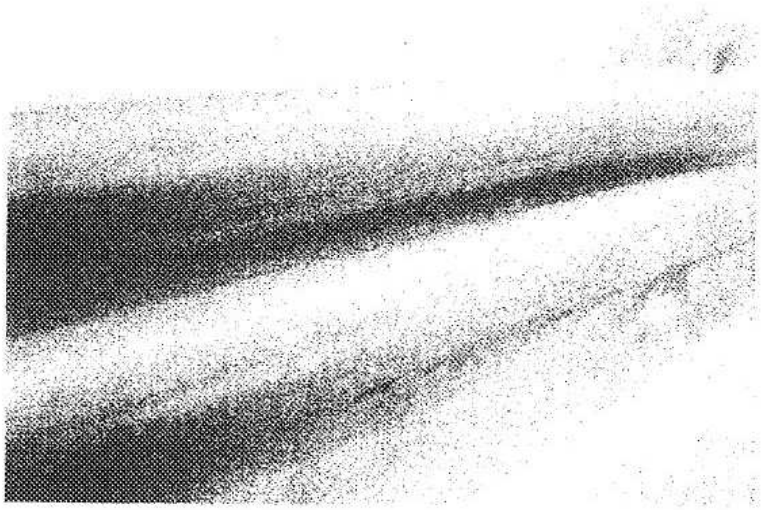

1
0,8
0,6
0,4
0,2
COEFICIENTE DE FRICCIÓN DINÁMICA
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
PESO DEL REVESTIMIENTO DE Zn (g/m²)

Fig. 4

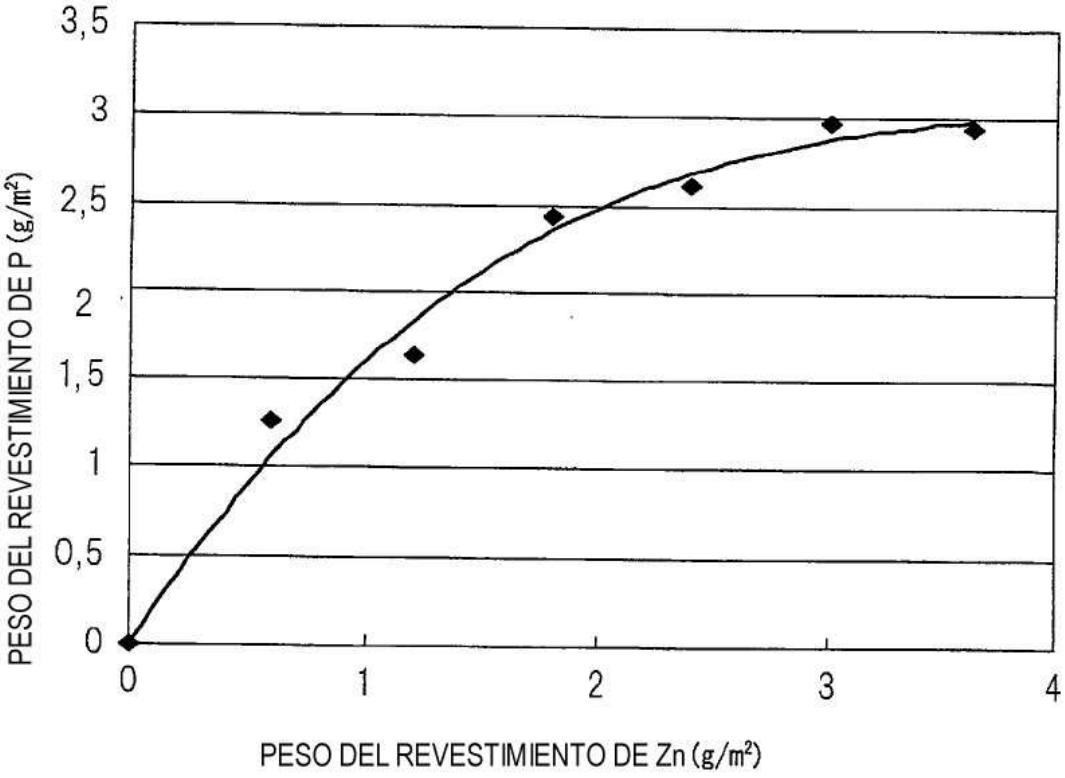


(A) MATERIAL SIN TRATAR



(B) MATERIAL REVESTIDO CON ZnO

Fig.5


3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
PESO DEL REVESTIMIENTO DE P (g/m²)
0
1
2
3
4
PESO DEL REVESTIMIENTO DE Zn (g/m²)