

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 876 231**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/42	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)
B21B 3/00	(2006.01)	C22C 38/54	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)	C21D 7/13	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	C23C 2/02	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)	C23C 2/12	(2006.01)
C22C 38/20	(2006.01)	C23C 2/40	(2006.01)
C22C 38/28	(2006.01)		
C22C 38/32	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2014** **E 17209497 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.03.2021** **EP 3323905**

54 Título: **Producto conformado por prensado en caliente que tiene una capacidad de flexión superior y una resistencia ultra alta, y método para su fabricación**

30 Prioridad:

25.12.2013 KR 20130163384

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

12.11.2021

73 Titular/es:

**POSCO (100.0%)
(Goedong-dong) 6261, Donghaean-ro Nam-gu,
Pohang-si
Gyeongsangbuk-do 790-300, KR**

72 Inventor/es:

**CHO, YEOL-RAE;
LEE, JAE-HOON;
OH, JIN-KEUN;
MIN, SIM-KUN y
CHOI, CHANG-SIG**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 876 231 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

Producto conformado por prensado en caliente que tiene una capacidad de flexión superior y una resistencia ultra alta, y método para su fabricación

[Campo técnico]

5 La presente divulgación se refiere a una chapa de acero para la fabricación de un producto como un miembro de refuerzo de un pilar, un travesaño, un miembro lateral o un parachoques delantero o trasero mediante un proceso de conformación por prensado en caliente, un producto conformado por prensado en caliente fabricado con la chapa de acero y métodos de fabricación de la chapa de acero y el producto conformado por prensado en caliente. Más concretamente, la presente divulgación se refiere a una chapa de acero para la fabricación de un producto
10 conformado por prensado en caliente que tiene una alta capacidad de flexión y una resistencia ultra alta, un producto conformado por prensado en caliente fabricado con la chapa de acero, y métodos para la fabricación de la chapa de acero y el producto conformado por prensado en caliente.

[Técnica antecedente]

15 Recientemente se han endurecido las normas de seguridad para proteger a los pasajeros de los vehículos, así como las normas de eficiencia de combustible para proteger el medio ambiente, por lo que existe un creciente interés en las técnicas para mejorar la rigidez de los componentes de los automóviles y reducir su peso. Por ejemplo, junto con los intentos de reducir el peso de piezas como los elementos de refuerzo de los pilares o los travesaños que forman las zonas de la jaula de seguridad de los pasajeros en los automóviles, así como los elementos laterales o los parachoques delanteros y traseros que forman las zonas de choque en los automóviles, se ha incrementado el uso
20 de piezas de alta resistencia para garantizar la rigidez y la resistencia a los choques.

En las chapas de acero para automóviles, el aumento de la resistencia puede provocar inevitablemente el aumento del límite elástico, la disminución del alargamiento y la disminución significativa de la conformabilidad. Así, como método de conformación para resolver los problemas relacionados con la conformabilidad del acero de alta resistencia y proporcionar piezas de automoción de alta resistencia que tengan un grado de resistencia a la tracción
25 de 1470 MPa o superior, se ha desarrollado y utilizado ampliamente un método de conformación de prensa en caliente o un método de conformación en caliente.

El conformado por prensado en caliente garantiza varios grados de resistencia. Por ejemplo, a principios de la década de 2000, se podían fabricar productos conformados por prensado en caliente con un grado de resistencia a la tracción de 1.500 MPa utilizando acero 22MnB5, como se indica en la norma DIN. En general, antes del proceso
30 de conformación en caliente, una chapa de acero en bruto que tiene una resistencia a la tracción de 500 MPa a 800 MPa se calienta a una temperatura dentro de un intervalo de temperatura de austenita de una temperatura de transformación Ac3 o superior y se transfiere a la prensa equipada con un dispositivo de enfriamiento para formar la chapa en bruto y apagar la chapa en bruto formada en la prensa (producto) en las matrices. Por lo tanto, un producto conformado por prensado contiene en última instancia martensita o una mezcla de martensita y bainita, por lo que el
35 producto conformado por prensado puede tener una resistencia ultra alta, del nivel de 1500 MPa o superior. Además, dado que un producto conformado a presión se enfría rápidamente dentro de las matrices, el producto conformado a presión puede tener dimensiones precisas.

El concepto básico del método de conformación por prensado en caliente y el uso de acero al boro en el método de conformación por prensado en caliente fueron propuestos por primera vez en el Documento de Patente 1 (Patente del Reino Unido No 1490535) y posteriormente han sido ampliamente utilizados. Además, se ha propuesto una chapa de acero recubierta de aluminio o aleación de aluminio en el documento de patente 2 (Patente de EE.UU. nº 6296805) para suprimir la formación de la capa de óxido superficial durante el calentamiento en el proceso de conformación por prensado en caliente. Además, se han propuesto chapas de acero galvanizado o galvanizado con revestimiento de Zn para aplicaciones que requieren una protección de sacrificio, como la zona húmeda de la carrocería del automóvil.
45

Además, con el fin de mejorar la eficiencia del combustible de los automóviles, los fabricantes de automóviles se han interesado cada vez más en el grado de resistencia a la tracción más alto de las chapas de acero para el conformado en caliente. A este respecto, se ha propuesto una chapa de acero para fabricar un producto conformado por prensado en caliente que tiene un grado de resistencia a la tracción de 1800 MPa. En comparación con las chapas de acero para la fabricación de productos conformados por prensado en caliente con un grado de resistencia a la tracción de 1500 MPa, la chapa de acero propuesta tiene un contenido de carbono relativamente alto, y a la chapa de acero propuesta se le añade niobio (Nb), eficaz para el refinamiento de los granos iniciales de austenita, para mejorar la tenacidad de los productos conformados por prensado en caliente.
50

Sin embargo, los métodos descritos anteriormente para mejorar la resistencia de los productos conformados por prensado en caliente dan lugar a la formación de grietas, a un aumento de la susceptibilidad a la propagación de grietas y, en consecuencia, a una mala capacidad de flexión.
55

El documento WO 2012/128225 A1 divulga una chapa de acero y un proceso para producir la chapa de acero.

[Divulgación]

[Problema técnico]

5 Aspectos de la presente divulgación pueden proporcionar una chapa de acero para la fabricación de un producto conformado por prensado en caliente que tiene una alta capacidad de flexión y una resistencia ultra alta, y un método para la fabricación de la chapa de acero.

Aspectos de la presente divulgación también pueden proporcionar un producto conformado por prensado en caliente que tiene una alta capacidad de flexión y una resistencia ultra alta, y un método para fabricar el producto conformado por prensado en caliente.

[Solución técnica]

10 La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

[Efectos ventajosos]

15 Las realizaciones de la presente divulgación proporcionan una chapa de acero para la fabricación de un producto conformado por prensado en caliente que tiene una resistencia ultra alta y una alta capacidad de flexión, y un producto conformado por prensado en caliente fabricado con la chapa de acero. La chapa de acero y el producto conformado por prensado en caliente pueden aplicarse a carrocerías o piezas de automóviles para reducir el peso y mejorar la resistencia a los choques.

[Mejor modo]

20 Las realizaciones de la presente divulgación se refieren a una chapa de acero para fabricar un producto conformado por prensado en caliente que tiene una alta capacidad de flexión y una resistencia ultra alta, un producto conformado por prensado en caliente formado por la chapa de acero, y métodos de fabricación de la chapa de acero y el producto conformado por prensado en caliente.

25 En general, las chapas de acero para la fabricación de productos conformados en caliente de grado 1500 MPa están formadas por acero que tiene una composición química correspondiente a la del acero 22MnB5, y el contenido de carbono (C) en dichas chapas de acero puede aumentarse para obtener una mayor resistencia mediante tratamiento térmico. Por ejemplo, los aceros para rodamientos de boro como el acero 30MnB5 o el acero 34MnB5 pueden tener un grado de resistencia correspondiente al grado de resistencia de 1800 MPa o 2000 MPa, respectivamente.

30 Sin embargo, el contenido de manganeso (Mn) en dichos aceros se fija en un intervalo de 1,2 % en peso a 1,4 % en peso. Si se aumenta la resistencia de las chapas de acero para la fabricación de productos conformados en caliente o la resistencia de los productos conformados en caliente ajustando el contenido de carbono de los mismos y fijando el contenido de manganeso (Mn) dentro de este intervalo, se observa la formación de grietas y un aumento de la susceptibilidad a la propagación de grietas en un ensayo de flexión. Es decir, en este caso, la capacidad de flexión de las chapas de acero para productos conformados en caliente o la capacidad de flexión de los productos conformados en caliente disminuyen.

35 Para abordar estos problemas, se han revisado los factores metalográficos que mejoran la capacidad de flexión del acero y han encontrado que si la formación de una estructura en bandas causada por la micro-segregación se disminuye antes de un proceso de conformación por prensado en caliente y una fase secundaria se distribuye uniformemente, la capacidad de flexión puede aumentarse después de un proceso de conformación por prensado en caliente, y si se realiza un tratamiento de hornado de pintura después de un proceso de conformación por prensado en caliente, la capacidad de flexión puede mejorarse en su conjunto. Estas mejoras se ven notablemente afectadas por la adición de determinados elementos.

40 Por lo tanto, con el fin de resolver problemas tales como la baja capacidad de flexión de un producto conformado por prensado en caliente que tiene una alta resistencia, se ha inventado una nueva chapa de acero para la fabricación de un producto conformado por prensado en caliente. La falta de uniformidad metalográfica de la chapa de acero se reduce ajustando la composición de la chapa de acero y un historial térmico que la chapa de acero experimenta durante los procesos de fabricación, y la chapa de acero incluye elementos que aumentan la cantidad de austenita retenida en la martensita durante un proceso de tratamiento de hornado de pintura después de un proceso de conformación de prensa en caliente. Por lo tanto, la chapa de acero tiene un grado notablemente mejorado de capacidad de flexión en comparación con las chapas de acero del arte relacionado para la fabricación de productos conformados por prensado en caliente.

50 En el presente documento, el término "chapa de acero para un producto conformado por prensado en caliente" o "chapa de acero para la fabricación de un producto conformado por prensado en caliente" puede referirse a una chapa de acero laminada en caliente, una chapa de acero laminada en frío o una chapa de acero chapada para la fabricación de un producto conformado por prensado en caliente.

En lo sucesivo, se describirá en detalle una chapa de acero para un producto conformado por prensado en caliente que tiene una alta capacidad de flexión y una resistencia ultra alta.

5 Según una realización ejemplar de la presente divulgación, una chapa de acero para un producto conformado por prensado en caliente que tiene una alta capacidad de flexión y una resistencia ultra alta incluye C: 0,28 % en peso a 0,40 % en peso, Si: 0,5 % en peso a 1,5 % en peso, Mn: 0,8 % en peso a 1,2 % en peso, Al: 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, Ti: 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, Cr: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, P: 0,01 % en peso o menos, S: 0,005 % en peso o menos, N: 0,01 % en peso o menos, B: 0,0005 % en peso a 0,005 % en peso, y al menos uno seleccionado del grupo que consiste en Mo: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, Cu: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, y Ni: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, donde el Mn y el Si satisfacen $0,05 \leq \text{Mn/Si} \leq 2$, y la chapa de acero incluye el resto de Fe y otras impurezas inevitables.

En lo sucesivo, se describirán las razones para establecer el contenido de elementos de aleación de la chapa de acero dentro de los intervalos indicados anteriormente.

Carbono (C): 0,28 % en peso a 0,40 % en peso

15 El carbono (C) aumenta la templabilidad de la chapa de acero, y después de que la chapa de acero se enfríe en matrices o se temple, la resistencia de la chapa de acero se ve notablemente afectada por el contenido de carbono (C). Si el contenido de carbono (C) en la chapa de acero es inferior al 0,28% en peso, puede ser difícil obtener una resistencia de 1800 MPa o superior. Por el contrario, si el contenido de carbono (C) en la chapa de acero es superior al 0,4% en peso, aunque se obtenga un alto grado de resistencia, aumenta la posibilidad de que se produzcan grietas debido a la concentración de tensiones en torno a una pepita de soldadura en un proceso de soldadura por puntos tras un proceso de conformación del producto. Además, la tensión puede concentrarse alrededor de la zona de soldadura que conecta las bobinas de acero en el proceso de fabricación, por lo que es probable que se produzca la rotura de la banda. Por lo tanto, el contenido de carbono (C) se ajusta para que sea inferior al 0,4% en peso.

Silicio (Si): 0,5 % en peso a 1,5 % en peso

25 El silicio (Si) contribuye notablemente a que la chapa de acero tenga una micro-estructura uniforme y una resistencia estable, en lugar de mejorar la templabilidad de la chapa de acero. Al igual que el manganeso (Mn), el silicio (Si) afecta notablemente a la capacidad de flexión de la chapa de acero. A medida que aumenta el contenido de silicio (Si), se reduce la formación de una estructura bandeada rica en manganeso (Mn) y carbono (C), y las fases secundarias, incluida la perlita, se distribuyen uniformemente en la micro-estructura de la chapa de acero antes de un proceso de conformación en caliente. Además, el silicio (Si) mejora notablemente la capacidad de flexión de la chapa de acero mediante el proceso de tratamiento de horneado de la pintura después de un proceso de conformación en caliente. Si el contenido de silicio (Si) es inferior al 0,5% en peso, la micro-estructura de la chapa de acero puede no ser uniforme antes de un proceso de conformación por prensado en caliente y, por lo tanto, la capacidad de flexión de la chapa de acero puede no mejorar después de un proceso de conformación por prensado en caliente. Por el contrario, si el contenido de silicio (Si) es superior al 1,5% en peso, puede formarse fácilmente una cascarilla roja en una chapa de acero laminada en caliente y, por lo tanto, la calidad de la superficie de un producto final puede verse afectada negativamente. Además, el punto de transformación A3 de la chapa de acero puede aumentar y, por lo tanto, la temperatura de calentamiento (temperatura de tratamiento de la solución) de un proceso de conformación por prensado en caliente puede aumentar inevitablemente. Por lo tanto, el límite superior del contenido de silicio (Si) se establece en 1,5 % en peso.

Manganeso (Mn): 0,8 % en peso a 1,2 % en peso

45 Al igual que el carbono (C), el manganeso (Mn) mejora la templabilidad de la chapa de acero, y el manganeso (Mn) tiene el efecto más decisivo, junto con el carbono (C), en la resistencia de la chapa de acero después de que ésta se enfríe en matrices o se temple. Sin embargo, a medida que aumenta el contenido de manganeso (Mn), la micro-estructura de la chapa de acero se vuelve menos uniforme antes del proceso de conformación por prensado en caliente, ya que se forma fácilmente una estructura en bandas con grandes cantidades de carbono (C) y manganeso (Mn). Como resultado, la capacidad de flexión de la chapa de acero puede ser pobre después de que la chapa de acero se enfríe en matrices o se temple. Si el contenido de manganeso (Mn) es inferior al 0,8 % en peso, aunque se mejore la uniformidad de la micro-estructura de la chapa de acero, la chapa de acero puede no tener el grado de resistencia a la tracción previsto tras un proceso de conformación en caliente. Por el contrario, si el contenido de manganeso (Mn) es superior al 1,2% en peso, aunque la resistencia de la chapa de acero mejora, la capacidad de flexión de la chapa de acero disminuye. Por lo tanto, el límite superior del contenido de manganeso (Mn) se establece en 1,2 % en peso.

Aluminio (Al): 0,01 % en peso a 0,1 % en peso

55 El aluminio (Al) es un desoxidante representativo, y este efecto puede obtenerse suficientemente si el contenido de aluminio (Al) es de 0,01% en peso o superior. Si el contenido de aluminio (Al) es inferior al 0,01% en peso, es posible que la desoxidación no sea suficiente. Sin embargo, si el contenido de aluminio (Al) es excesivamente alto,

el aluminio (Al) induce la precipitación de nitrógeno (N) durante un proceso de colada continua, lo que provoca defectos en la superficie. Por lo tanto, el límite superior del contenido de aluminio (Al) se establece en 0,1 % en peso.

Fósforo (P): 0,01 % en peso o menos

- 5 El fósforo (P) es una impureza añadida inevitablemente y no tiene prácticamente ningún efecto sobre la resistencia de la chapa de acero después de un proceso de conformación en caliente. Además, en el proceso de tratamiento de austenitización seguido de un proceso de conformación por prensado en caliente, el fósforo (P) puede segregarse a lo largo de los límites de grano de la austenita y, por tanto, puede empeorar las características de flexión o fatiga de la chapa de acero. Por lo tanto, en la realización ejemplar de la presente divulgación, el contenido de fósforo (P) se limita al 0,01% en peso o menos.

Azufre (S): 0,005 % en peso o menos

El azufre (S) es una impureza, y si el azufre (S) se combina con el manganeso (Mn) y existe en forma de inclusión de sulfuro alargado, la ductilidad de la chapa de acero puede disminuir después de que la chapa de acero se enfríe en matrices o se temple. Por lo tanto, el contenido de azufre (S) se ajusta para ser 0,005 % en peso o menos.

- 15 Titanio (Ti): 0,01 % en peso a 0,1 % en peso

Durante el calentamiento en un proceso de conformación por prensado en caliente, el precipitado de TiN, TiC o TiMoC suprime el crecimiento de los granos de austenita. Además, si la precipitación de TiN se produce de forma suficiente, la cantidad efectiva de boro (B) que mejora la templabilidad de la austenita se incrementa y, por tanto, la resistencia de la chapa de acero puede mejorarse de forma estable después de que la chapa de acero se enfríe en matrices o se temple. Si el contenido de titanio (Ti) es inferior al 0,01% en peso, el refinamiento de la microestructura o la mejora de la resistencia pueden resultar insuficientes. Por el contrario, si el contenido de titanio (Ti) es superior al 0,1% en peso, la resistencia de la chapa de acero puede no mejorar tanto como la cantidad añadida de titanio (Ti). Por lo tanto, el límite superior del contenido de titanio (Ti) se establece en 0,1 % en peso.

Cromo (Cr): 0,05 % en peso a 0,5 % en peso

- 25 Al igual que el manganeso (Mn) y el carbono (C), el cromo (Cr) mejora la templabilidad de la chapa de acero y aumenta la resistencia de la chapa de acero después de que ésta se enfríe en matrices o se temple. En un proceso de ajuste de la martensita, el cromo (Cr) tiene un efecto sobre una tasa de enfriamiento crítica, por lo que la martensita puede formarse fácilmente mediante la adición de cromo (Cr). Además, en un proceso de conformación por prensado en caliente, el cromo (Cr) disminuye el punto de transformación A3 de la chapa de acero. Estos efectos pueden obtenerse si el contenido de cromo (Cr) es del 0,05% en peso o superior. Sin embargo, si el contenido de cromo (Cr) es superior al 0,5% en peso, la calidad de la superficie de la chapa de acero revestida puede disminuir, y la soldabilidad por puntos de la chapa de acero puede empeorar cuando se sueldan productos conformados por prensado en caliente. Por lo tanto, el contenido de cromo (Cr) se ajusta para ser 0,5 % en peso o menos.

- 35 Boro (B): 0,0005 % en peso a 0,005 % en peso

El boro (B) es muy eficaz para mejorar la templabilidad de la chapa de acero. Incluso una cantidad muy pequeña de boro (B) puede provocar un aumento de la resistencia de la chapa de acero después de que ésta se enfríe en matrices o se temple. Sin embargo, a medida que aumenta el contenido de boro (B), el efecto de mejora de las características de enfriamiento de la chapa de acero no aumenta en proporción al contenido de boro (B), y pueden formarse defectos en las esquinas de la chapa durante el proceso de colada continua. Por el contrario, si el contenido de boro (B) es inferior al 0,0005% en peso, las características de temple o la resistencia de la chapa de acero pueden no mejorarse como se pretende en la realización ejemplar. Por lo tanto, los límites superior e inferior del contenido de boro (B) se fijan en 0,005 % en peso y 0,0005 % en peso, respectivamente.

Nitrógeno (N): 0,01 % en peso o menos

- 45 El nitrógeno (N) es una impureza inevitablemente añadida que conduce a la precipitación de AlN durante el proceso de colada continua y a la aparición de grietas en las esquinas de la losa de colada continua. Además, los precipitados como el TiN son conocidos como lugares de absorción de hidrógeno difusional. Por lo tanto, si se controla adecuadamente la precipitación de nitrógeno (N), se puede mejorar la resistencia a la fractura retardada por hidrógeno. Así, el límite superior del contenido de nitrógeno (N) se fija en 0,01 % en peso.
- 50 Además de los elementos de aleación descritos anteriormente, la chapa de acero incluye además al menos uno seleccionado del grupo que consiste en molibdeno (Mo), cobre (Cu) y níquel (Ni).

Molibdeno (Mo): 0,05 % en peso a 0,5 % en peso

Al igual que el cromo (Cr), el molibdeno (Mo) mejora la templabilidad de la chapa de acero y estabiliza la resistencia de la chapa de acero después del enfriamiento. Además, el molibdeno (Mo) añadido al acero amplía el intervalo de temperatura de la austenita hacia una temperatura más baja y, por tanto, amplía una ventana de proceso cuando el acero se recuece en el proceso de laminación en caliente y en el proceso de laminación en frío y el acero se calienta durante el proceso de conformación en caliente. Si el contenido de molibdeno (Mo) es inferior al 0,05% en peso, es posible que no se obtenga el efecto de mejorar la templabilidad o ampliar el intervalo de temperatura de la austenita. Por el contrario, si el contenido de molibdeno (Mo) es superior al 0,5 % en peso, aunque la resistencia aumenta, el efecto de aumento de la resistencia no es elevado en comparación con la cantidad de molibdeno (Mo). Es decir, no es económico. Así, el límite superior del contenido de molibdeno (Mo) se fija en 0,5 % en peso.

Cobre (Cu): 0,05 % en peso a 0,5 % en peso

El cobre (Cu) mejora la resistencia a la corrosión de la chapa de acero. Además, cuando se realiza un proceso de templado para mejorar la ductilidad después de un proceso de conformación por prensado en caliente, el cobre (Cu) sobresaturado puede provocar la precipitación de ϵ -carburo y, por tanto, el endurecimiento por envejecimiento. Si el contenido de cobre (Cu) es inferior al 0,05% en peso, es posible que no se obtengan estos efectos. Así, el límite inferior del contenido de cobre (Cu) puede establecerse en 0,05 % en peso. Por el contrario, si se añade cobre (Cu) en exceso, pueden formarse defectos en la superficie durante el proceso de fabricación de la chapa de acero, y la resistencia a la corrosión de la chapa de acero puede no aumentar mucho en comparación con la cantidad de cobre (Cu). Es decir, puede ser antieconómico. Así, el límite superior del contenido de cobre (Cu) se fija en 0,5 % en peso.

Níquel (Ni): 0,05 % en peso a 0,5 % en peso

El níquel (Ni) es eficaz para mejorar la resistencia, la ductilidad y las características de enfriamiento de la chapa de acero. Si sólo se añade cobre (Cu) a la chapa de acero, ésta puede ser susceptible de acortarse en caliente. Sin embargo, el níquel (Ni) disminuye la susceptibilidad de la chapa de acero al acortamiento en caliente. Además, el níquel (Ni) añadido al acero amplía un intervalo de temperatura de la austenita hacia una temperatura más baja y, por tanto, amplía una ventana de proceso cuando el acero se recuece en un proceso de laminación en caliente y en un proceso de laminación en frío y el acero se calienta en un proceso de conformación en caliente. Si el contenido de níquel (Ni) es inferior al 0,05% en peso, es posible que no se obtengan los efectos mencionados. Por el contrario, si el contenido de níquel (Ni) es superior al 0,5% en peso, aunque se mejoren las características de temple y la resistencia de la chapa de acero, el efecto de la mejora de las características de temple no es elevado en comparación con la cantidad de níquel (Ni). Es decir, no es económico. Así, el límite superior del contenido de níquel (Ni) se fija en 0,5 % en peso.

El contenido de manganeso (Mn) y silicio (Si) satisface $0,05 \leq \text{Mn/Si} \leq 2,0$.

En cuanto a la relación entre los contenidos de Mn y Si (Mn/Si), a medida que aumenta el contenido de manganeso (Mn), se forma fácilmente una estructura en bandas en la micro-estructura de la chapa de acero antes de un proceso de conformación en caliente, y por lo tanto la capacidad de flexión de la chapa de acero puede empeorar después de que la chapa de acero se enfríe en matrices o se temple. Además, a medida que aumenta el contenido de silicio (Si), se reduce la formación de una estructura bandeada rica en manganeso (Mn) y carbono (C), y se distribuye uniformemente una estructura de fase secundaria que incluye perlita en la micro-estructura de la chapa de acero antes de un proceso de conformación por prensado en caliente. Además, el silicio (Si) mejora notablemente la capacidad de flexión de la chapa de acero en un proceso de tratamiento de horneado de pintura después de un proceso de conformación en prensa caliente. Estos efectos están determinados por la relación Mn/Si. Si el silicio (Si) se añade en exceso y, por tanto, la relación Mn/Si es inferior a 0,05, la calidad del revestimiento empeora. Por el contrario, si el manganeso (Mn) se añade en exceso y, por tanto, la relación Mn/Si es superior a 2, puede formarse una estructura en bandas y, por tanto, puede disminuir la capacidad de flexión de la chapa de acero. Por lo tanto, los límites superior e inferior de la relación Mn/Si se fijan en 2,0 y 0,05, respectivamente.

En la realización ejemplar de la presente divulgación, el otro componente de la chapa de acero es el hierro (Fe). Sin embargo, las impurezas de las materias primas o de los entornos de fabricación pueden incluirse inevitablemente en la chapa de acero, y es posible que dichas impurezas no puedan eliminarse de la chapa de acero. Dichas impurezas son bien conocidas por los expertos en la materia a la que se refiere la presente divulgación, por lo que no se describirán en la presente divulgación.

La chapa de acero puede ser una seleccionada del grupo que consiste en una chapa de acero laminada en caliente, una chapa de acero laminada en frío y una chapa de acero revestida.

La chapa de acero de la realización ejemplar que tiene la composición química descrita anteriormente puede utilizarse en forma de una chapa de acero laminada en caliente, una chapa de acero decapada y aceitada, o una chapa de acero laminada en frío, o una chapa de acero revestida. En este caso de acero revestido, se puede evitar la oxidación de la superficie de la chapa de acero, y se puede mejorar la resistencia a la corrosión de la chapa de acero.

La chapa de acero revestida puede ser una chapa de acero revestida de aleación de aluminio obtenida mediante la formación de una capa de revestimiento de aleación de aluminio sobre una chapa de acero laminada en caliente, una chapa de acero decapada y aceitada, o una chapa de acero laminada en frío. La chapa de acero de revestimiento de aleación de aluminio puede incluir una capa de revestimiento de aleación que contenga al menos uno seleccionado del grupo que consiste en silicio (Si): 8 % en peso a 10 % en peso y magnesio (Mg): 4 % en peso a 10 % en peso, y el resto de aluminio (Al), hierro (Fe) y otras impurezas. Entre la capa de revestimiento de aleación y la chapa de acero (chapa de acero base) puede disponerse una capa de inhibición.

La chapa de acero puede tener una micro-estructura que incluya ferrita y perlita o una micro-estructura que incluya ferrita, perlita y bainita. Preferiblemente, la micro-estructura de la chapa de acero puede incluir ferrita y menos del 40% de perlita, o la micro-estructura de la chapa de acero puede incluir ferrita y menos del 40% de perlita y bainita.

Preferiblemente, la resistencia de la chapa de acero puede estar dentro del intervalo de 800 MPa o menos en resistencia a la tracción. El motivo es el siguiente. Antes de realizar un proceso de conformación en caliente de la chapa de acero preparada como chapa de acero decapada laminada en caliente, chapa de acero laminada en frío o chapa de acero revestida, tal y como se ha descrito anteriormente, se preparan piezas en bruto de la chapa de acero correspondientes a las formas de los productos que se van a fabricar. En este momento, si la resistencia de la chapa de acero es excesivamente alta, las matrices de corte pueden desgastarse y romperse fácilmente, y el ruido de un proceso de corte puede aumentar en proporción a la resistencia de la chapa de acero.

Por lo tanto, preferiblemente, la chapa de acero puede tener una resistencia a la tracción dentro del intervalo de 800 MPa o menos, y puede incluir ferrita y menos del 40% de fases secundarias como perlita y bainita.

En lo sucesivo, se describirá en detalle un producto conformado por prensado en caliente según una realización ejemplar de la presente divulgación.

El producto conformado por prensado en caliente de la realización ejemplar se fabrica realizando un proceso de conformado por prensado en caliente sobre la chapa de acero descrita anteriormente. El producto conformado por prensado en caliente puede tener una alta capacidad de flexión y una resistencia ultra alta. La chapa de acero puede ser una seleccionada del grupo que consiste en una chapa de acero laminada en caliente, una chapa de acero laminada en frío y una chapa de acero revestida. La chapa de acero revestida puede ser una chapa de acero revestida de aleación de aluminio obtenida mediante la formación de una capa revestida de aleación de aluminio sobre una chapa de acero laminada en caliente, una chapa de acero decapada o una chapa de acero laminada en frío.

El producto conformado por prensado en caliente puede fabricarse realizando un proceso de conformación por prensado en caliente sobre la chapa de acero revestida de aleación de aluminio. El producto conformado por prensado en caliente puede incluir una capa de película de Fe-Al que contenga al menos uno seleccionado del grupo que consiste en silicio (Si): 4 % en peso a 10 % en peso y magnesio (Mg): 2 % en peso a 10 % en peso, y otras impurezas. La capa de película de Fe-Al puede formarse a medida que la capa de revestimiento de la chapa de acero revestida de aleación de aluminio se somete a la aleación en el proceso de conformación en caliente. La capa de película de Fe-Al puede incluir una capa de Fe₃Al+FeAl (capa de interdifusión), una capa de Fe₂Al₅ y una capa de Fe-Al que se forman secuencialmente sobre una chapa de acero base (es decir, sobre una superficie de hierro de la chapa de acero recubierta de aleación de aluminio). Además, dado que la aleación se produce entre la capa de aleación y la chapa de acero base durante el proceso de conformación por prensado en caliente, la capa de película de Fe-Al puede tener un contenido de hierro relativamente alto y, por tanto, un contenido de silicio relativamente bajo y/o un contenido de manganeso relativamente bajo en comparación con la capa de revestimiento antes del proceso de conformación por prensado en caliente.

La micro-estructura del producto conformado por prensado en caliente incluye martensita en una cantidad del 90 % de área o superior y el resto de al menos una de bainita y ferrita.

Preferiblemente, el producto conformado por prensado en caliente puede tener una resistencia a la tracción de 1700 MPa o superior.

Si el producto conformado por prensado en caliente se fabrica utilizando una chapa de acero laminada en caliente o una chapa de acero laminada en frío, el producto conformado por prensado en caliente puede tener preferentemente una resistencia a la tracción de 1800 MPa o superior y un equilibrio de resistencia a la tracción x flexión de 115.000 MPa•° o superior.

Si el producto conformado por prensado en caliente se fabrica utilizando una chapa de acero revestida de aleación de aluminio, el producto conformado por prensado en caliente puede tener preferentemente una resistencia a la tracción de 1800 MPa o superior y un equilibrio de resistencia a la tracción x capacidad de flexión de 100.000 MPa•° o superior.

Si el producto conformado por prensado en caliente se fabrica utilizando una chapa de acero laminada en caliente o una chapa de acero laminada en frío, el producto conformado por prensado en caliente puede tener preferentemente

una resistencia a la tracción de 2000 MPa o superior y un equilibrio de resistencia a la tracción x flexión de 95.000 MPa•° o superior.

5 Si el producto conformado por prensado en caliente se fabrica utilizando una chapa de acero con aleación de aluminio, el producto conformado por prensado en caliente puede tener preferentemente una resistencia a la tracción de 2000 MPa o superior y un equilibrio de resistencia a la tracción x capacidad de flexión de 85.000 MPa•° o superior.

En lo sucesivo, se describirá en detalle un método de fabricación de una chapa de acero para un producto conformado por prensado en caliente según una realización ejemplar de la presente divulgación.

10 De acuerdo con la realización ejemplar de la presente divulgación, se fabrica una chapa de acero que tiene una alta capacidad de flexión y una resistencia ultra alta y que es adecuada para un proceso de conformación con prensa caliente. El método incluye: preparar un planchón que tenga la composición de la chapa de acero de la realización anterior; recalentar el planchón a una temperatura comprendida entre 1150°C y 1250°C; laminar en caliente el planchón recalentado a una temperatura comprendida entre una temperatura de laminación final de una temperatura de transformación de Ar3 y 950°C para formar una chapa de acero laminada en caliente; y enrollar la chapa de
15 acero laminada en caliente a una temperatura comprendida entre 500°C y 730°C.

Dado que el planchón se recalienta a una temperatura comprendida entre 1150°C y 1250°C, la micro-estructura del planchón puede volverse uniforme, y los precipitados de carbonitruro, como los precipitados de titanio (Ti), pueden re-disolverse suficientemente, evitando así que los granos del planchón crezcan excesivamente.

20 El proceso de laminación en caliente se realiza a una temperatura de laminación de acabado de una temperatura de transformación Ar3 a 950°C. Si la temperatura de laminación final es inferior a una temperatura de transformación Ar3, la austenita puede transformarse parcialmente en ferrita, y puede formarse una región de dos fases (en la que la ferrita y la austenita existen juntas). En este estado, si se realiza un proceso de laminación en caliente, la resistencia a la deformación puede no ser uniforme y, por tanto, el flujo de masa de la banda puede verse afectado negativamente. Además, la tensión puede concentrarse en las fases de ferrita y puede producirse una fractura. Por
25 el contrario, si la temperatura de laminación de acabado es superior a 950°C, pueden formarse detecciones superficiales como escamas de tipo arenoso. Por lo tanto, la temperatura de laminación de acabado puede establecerse dentro del intervalo de una temperatura de transformación de Ar3 a 950°C.

A continuación, cuando la chapa de acero laminada en caliente se enfría y se enrolla, la temperatura de enrollado puede ajustarse adecuadamente para reducir la desviación de las propiedades mecánicas a lo ancho de la chapa de
30 acero laminada en caliente y evitar la formación de una fase de baja temperatura, como la martensita, que influye negativamente en el flujo de masa de la chapa de acero en un proceso posterior de laminación en frío. Es decir, preferiblemente, la temperatura de enrollado puede estar dentro del intervalo de 500°C a 730°C.

35 Si la temperatura de bobinado es inferior a 500°C, puede formarse una micro-estructura de baja temperatura, como la martensita, y por tanto la resistencia de la chapa de acero laminada en caliente puede aumentar excesivamente. En particular, si la chapa de acero laminada en caliente se enfría demasiado en los huecos de la bobina, las propiedades del material de la chapa de acero enrollada pueden variar en la dirección de la anchura, y el flujo de masa de la chapa de acero puede verse afectado negativamente en un proceso posterior de laminación en frío, lo que dificulta el control del espesor de la chapa de acero.

40 Por el contrario, si la temperatura de bobinado es superior a 730°C, pueden formarse óxidos en la región superficial de la chapa de acero, y pueden formarse grietas en la región superficial de la chapa de acero después de que dichos óxidos internos se eliminen mediante un proceso de decapado. En este estado, si la chapa de acero está recubierta, la interfaz entre la chapa de acero (chapa de acero base) y una capa de recubrimiento puede ser irregular. Esto puede empeorar la capacidad de flexión de la chapa de acero junto con los óxidos internos en un
45 posterior proceso de conformación en caliente. Por lo tanto, el límite superior de la temperatura de enrollado puede establecerse en 730°C.

Según la realización ejemplar, la chapa de acero laminada en caliente puede ser decapada y laminada en frío. A continuación, se puede realizar un proceso de recocido continuo en la chapa de acero a una temperatura comprendida entre 750° y 850°C, y un proceso de tratamiento térmico de sobre-envejecimiento en la chapa de acero
50 a una temperatura comprendida entre 400°C y 600°C. De este modo, puede fabricarse una chapa de acero laminada en frío.

El decapado y el laminado en frío no se limitan a métodos particulares. Por ejemplo, el decapado y el laminado en frío pueden realizarse mediante métodos generalmente utilizados. La proporción de reducción de la laminación en frío no está limitada. Por ejemplo, puede ser preferible que la proporción de reducción esté dentro del intervalo de 40% a 70%.

55 El proceso de recocido continuo puede realizarse a una temperatura comprendida entre 750°C y 850°C. Si la temperatura de recocido continuo es inferior a 750°C, es posible que no se produzca una re-cristalización suficiente.

Si la temperatura de recocido continuo es superior a 850°C, pueden formarse granos gruesos, y puede ser necesario un gran coste de calentamiento.

5 A continuación, el proceso de tratamiento térmico de sobre-envejecimiento puede realizarse a una temperatura comprendida entre 400°C y 600°C para obtener una micro-estructura final en la que la perlita o la bainita están parcialmente incluidas en una matriz de ferrita. En este caso, la chapa de acero laminada en frío puede tener una resistencia de 800 MPa o menos, como la chapa de acero laminada en caliente.

10 De acuerdo con la realización ejemplar de la presente divulgación, después de que la chapa de acero laminada en caliente sea decapada y laminada en frío, la chapa de acero puede ser recocida a una temperatura igual o superior a 700°C, e inferior a una temperatura de transformación Ac3 y puede ser recubierta con una capa de recubrimiento de aleación de aluminio para fabricar una chapa de acero recubierta de aleación de aluminio.

15 Preferiblemente, el proceso de recocido puede realizarse a una temperatura igual o superior a 700°C, e inferior a la temperatura de transformación del Ac3. La temperatura de recocido puede determinarse teniendo en cuenta el ablandamiento final de la chapa de acero y la temperatura a la que la chapa de acero se sumerge en una ruta de recubrimiento en un proceso de recubrimiento posterior. Si la temperatura de recocido es demasiado baja, la recristalización puede ser insuficiente y la temperatura de la chapa de acero puede ser baja cuando se sumerge en un baño de recubrimiento, lo que provoca una adhesión inestable de la capa de recubrimiento y una mala calidad del mismo. Por lo tanto, el límite inferior de la temperatura de recocido puede establecerse en 700°C. Si la temperatura de recocido es demasiado alta, pueden formarse granos gruesos, y la resistencia de una chapa de acero recubierta puede aumentar excesivamente por la formación de una fase de transformación a baja temperatura a partir de la austenita durante los procesos de recocido, recubrimiento y enfriamiento. Por lo tanto, el límite superior de la temperatura de recocido puede fijarse para que sea inferior a la temperatura de transformación del Ac3.

20 Un baño de revestimiento de aleación utilizado en el proceso de formación de la chapa de acero revestida de aleación de aluminio puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consiste en silicio (Si): 8 % en peso a 10 % en peso y magnesio (Mg): 4 % en peso a 10 % en peso, y el resto de aluminio (Al), hierro (Fe) y otras impurezas.

La cantidad de la capa revestida puede ser preferiblemente de 120 g/m² a 180 g/m² sobre la base de ambas caras.

La capa de recubrimiento puede formarse mediante un método de inmersión en caliente.

30 En el método de inmersión en caliente, cuando la chapa de acero se enfría después del recubrimiento de la chapa de acero mediante la inmersión de la chapa de acero en el baño de recubrimiento, la tasa de enfriamiento y la velocidad de una línea de enfriamiento no están limitadas.

35 Esto se permite debido a que la temperatura de recocido es inferior a la temperatura de transformación del Ac3 y a una de las características del método de fabricación de la realización ejemplar. Es decir, si la chapa de acero se calienta hasta la temperatura de transformación Ac3 o superior en el proceso de recocido y se sumerge en el baño de recubrimiento, y luego la chapa de acero recubierta se enfría a una velocidad de enfriamiento crítica o más rápida, la resistencia de la chapa de acero recubierta puede aumentar excesivamente debido a la formación de martensita. Sin embargo, según la realización ejemplar, dado que el proceso de recocido se realiza a una temperatura inferior a la temperatura de transformación Ac3, los factores que conducen a las variaciones de las propiedades del material inducidas por la transformación de fase pueden disminuir notablemente y, por lo tanto, los problemas mencionados pueden no producirse.

40 Así, la tasa de enfriamiento y la velocidad de la línea de enfriamiento pueden determinarse teniendo en cuenta la productividad de una línea de recubrimiento y los aspectos económicos. En vista de que la micro-estructura de la chapa de acero depende de la velocidad de enfriamiento, la velocidad de enfriamiento puede ajustarse para permitir la formación de una micro-estructura de ferrita-perlita o una micro-estructura en la que existe cementita esferoidizada en una matriz de ferrita.

45 En lo sucesivo, se describirá en detalle un método de fabricación de un producto conformado por prensado en caliente según una realización ejemplar de la presente divulgación.

50 El método de la realización ejemplar incluye: preparar una pieza en bruto de la chapa de acero descrita anteriormente; calentar la pieza en bruto a una temperatura comprendida entre 850°C y 950°C; y realizar un proceso de conformación por prensado en caliente en la pieza en bruto calentada para fabricar un producto conformado por prensado en caliente.

55 La pieza en bruto se calienta a una temperatura comprendida entre 850°C y 950°C. Si la temperatura de calentamiento es inferior a 850°C, puede producirse la transformación de la ferrita de la superficie de la pieza en bruto porque ésta se enfría durante la transferencia de la pieza en bruto del horno a la matriz. En este caso, incluso después de un tratamiento térmico posterior, es posible que no se forme suficiente martensita en todo el espesor de la pieza en bruto, y que no se obtenga el grado de resistencia previsto. Por el contrario, si la temperatura de calentamiento es superior a 950°C, los granos de austenita pueden volverse gruesos y se puede consumir más

potencia de calentamiento, lo que aumenta los costes de fabricación. Además, si la chapa de acero a partir de la cual se prepara la pieza en bruto es una chapa de acero laminada en frío, puede facilitarse la descarbonización y, por tanto, después de un proceso de tratamiento térmico final, la resistencia de los productos conformados en caliente puede ser baja. Así, el límite superior de la temperatura de calentamiento se fija en 950°C.

- 5 Después de calentar la pieza en bruto a la temperatura dentro de un intervalo de 850°C a 950°C, la pieza en bruto se mantiene dentro del intervalo de temperatura durante 60 segundos a 600 segundos. El intervalo de temperatura se establece básicamente para calentar la pieza en bruto hasta una región de austenita. Según otro aspecto, si el intervalo de temperatura es inferior a 850°C, la ferrita puede no disolverse completamente, y si el intervalo de temperatura es superior a 950°C, puede producirse una oxidación superficial a lo largo de los límites de grano de la austenita, disminuyendo así la resistencia interfacial y empeorando la capacidad de flexión. Por lo tanto, el límite superior del intervalo de temperatura se establece en 950°C. Si la pieza en bruto calentada se mantiene dentro del intervalo de temperatura durante un período de tiempo inferior a 60 segundos, es probable que la ferrita permanezca de forma involuntaria. Si la pieza en bruto calentada se mantiene con el intervalo de temperatura durante un periodo de tiempo superior a 600 segundos, puede formarse una capa gruesa de óxido que contiene aluminio en la superficie, lo que provoca una mala soldabilidad por puntos. Por lo tanto, la pieza en bruto calentada se mantiene dentro del intervalo de temperatura de 850°C a 950°C durante 60 segundos a 600 segundos.

- La pieza en bruto calentada como se ha descrito anteriormente puede ser conformada en caliente y enfriada simultáneamente en matrices en un plazo de 12 segundos después de que la pieza en bruto sea retirada del horno de calentamiento. Como se ha descrito anteriormente, la pieza en bruto que tiene la composición química propuesta en la realización ejemplar de la presente divulgación se enfría a una velocidad de enfriamiento crítica o más rápida para obtener una microestructura que tenga una matriz de martensita. Aunque la velocidad de enfriamiento de la pieza en bruto se incrementa hasta ser superior a la velocidad de enfriamiento crítica para obtener la matriz de martensita en la que se produce la transformación en martensita, la resistencia de la pieza en bruto no se incrementa en gran medida en comparación con el aumento de la velocidad de enfriamiento, sino que pueden ser necesarias piezas adicionales del equipo de enfriamiento. Es decir, no es económico. Por lo tanto, la velocidad de enfriamiento de la pieza en bruto se establece en 300°C/s o menos.

Después de la conformación en caliente de la pieza en bruto (conformación en caliente), el producto conformado en caliente se enfría en las matrices a una temperatura inferior a 200°C para terminar la transformación en martensita.

- Además, se puede realizar un proceso de recorte en el producto conformado por prensado en caliente, y se pueden acoplar otras piezas al producto conformado por prensado en caliente para formar un conjunto. A continuación, se puede llevar a cabo un proceso de tratamiento de horneado de pintura en el conjunto, preferiblemente a una temperatura comprendida entre 150°C y 200°C durante 10 minutos a 30 minutos. El intervalo de temperatura y el tiempo de proceso del tratamiento de horneado de la pintura se establecen como se ha descrito anteriormente en consideración a las condiciones óptimas de secado después de la pintura. Es decir, si el intervalo de temperatura es inferior a 150°C, el tiempo de secado puede ser excesivamente largo, y si el intervalo de temperatura es superior a 200°C, la resistencia puede disminuir. Además, si el tiempo de proceso (período de mantenimiento) es inferior a 10 minutos, el endurecimiento por horneado puede ser insuficiente, y si el tiempo de proceso es excesivamente largo, el endurecimiento por horneado puede ser excesivo y la resistencia puede disminuir.

- Por ejemplo, el producto conformado por prensado en caliente puede fabricarse utilizando una chapa de acero recubierta de aleación de aluminio mediante el método descrito anteriormente. En este caso, el producto conformado por prensado en caliente fabricado con una chapa de acero revestida de aleación de aluminio puede incluir una capa de película de Fe-Al que contenga al menos uno seleccionado del grupo formado por el silicio (Si): 4 % en peso a 10 % en peso y magnesio (Mg): 2 % en peso a 10 % en peso, y otras impurezas.

- Preferiblemente, el producto conformado por prensado en caliente tiene una micro-estructura que incluye martensita en una cantidad del 90 % de área o superior, austenita retenida en una cantidad inferior al 5 % de área, y el resto de al menos uno seleccionado entre bainita y ferrita retenidas.

Preferiblemente, el producto conformado por prensado en caliente puede tener una resistencia a la tracción de 1700 MPa o superior.

- Si el producto conformado por prensado en caliente se fabrica utilizando una chapa de acero laminada en caliente o una chapa de acero laminada en frío, el producto conformado por prensado en caliente puede tener preferentemente una resistencia a la tracción de 1800 MPa o superior y un equilibrio de resistencia a la tracción x flexión de 115.000 MPa•° o superior.

- Si el producto conformado por prensado en caliente se fabrica utilizando una chapa de acero con aleación de aluminio, el producto conformado por prensado en caliente puede tener preferentemente una resistencia a la tracción de 1800 MPa o superior y un equilibrio de resistencia a la tracción x capacidad de flexión de 100.000 MPa•° o superior.

Si el producto conformado por prensado en caliente se fabrica utilizando una chapa de acero laminada en caliente o una chapa de acero laminada en frío, el producto conformado por prensado en caliente puede tener preferentemente una resistencia a la tracción de 2000 MPa o superior y un equilibrio de resistencia a la tracción x flexión de 95.000 MPa° o superior.

- 5 Si el producto conformado por prensado en caliente se fabrica utilizando una chapa de acero con aleación de aluminio, el producto conformado por prensado en caliente puede tener preferentemente una resistencia a la tracción de 2000 MPa o superior y un equilibrio de resistencia a la tracción x capacidad de flexión de 85.000 MPa° o superior.

10 En lo anterior, "°" denota un ángulo complementario a un ángulo de flexión en una carga máxima en una prueba de flexión de tres puntos, y la capacidad de flexión es alta, ya que el ángulo de flexión (ángulo complementario) es grande en una prueba de flexión.

[Modo de invención]

15 En lo sucesivo, la presente divulgación se describirá más específicamente según los ejemplos. Sin embargo, los siguientes ejemplos deben considerarse sólo en sentido descriptivo y no con fines de limitación. El alcance de la presente invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

[Ejemplo 1]

20 Los productos conformados por prensado en caliente que tienen una resistencia de 1700 MPa o más después de un proceso de formación por prensado en caliente, específicamente, los productos conformados por prensado en caliente de grado 1800 MPa, fueron fabricados como sigue. En primer lugar, los planchones con las composiciones ilustradas en la Tabla 1 se calentaron a 1200°C para homogeneizar la microestructura de los planchones. A continuación, los desbastes se laminan en bruto, se laminan en acabado y se enrollan a 650°C para fabricar chapas de acero laminadas en caliente de 3,0 mm de espesor. A continuación, las chapas de acero laminadas en caliente se decapan y se laminan en frío con una proporción de reducción del 50% para fabricar chapas de acero totalmente duras laminadas en frío con un grosor de 1,5 mm. A continuación, algunas de las chapas de acero duro laminadas en frío se recoció a 800°C, y se realizó un proceso de sobre-envejecimiento manteniendo una temperatura de entrada de 500°C y una temperatura de salida de 450°C, para fabricar chapas de acero laminadas en frío. Las otras chapas de acero laminadas en frío y totalmente duras se recoció a 780°C y se sumergieron en un baño de revestimiento que incluía 90%Al-9%Si y un resto de hierro (Fe) y otras impurezas, para fabricar chapas de acero revestidas de aluminio (revestidas de Al-Si) con un peso de revestimiento de 150 g/m² a 160 g/m² basado en ambas caras.

35 Refiriéndose a la Tabla 1, dado que los aceros inventivos incluían silicio (Si) en una cantidad de 0,5 % en peso o superior, los aceros inventivos se distinguían claramente de los aceros de la técnica relacionada para la conformación por prensado en caliente en términos de la relación Mn/Si. Los Aceros Inventivos 5 a 9 tenían una relación Mn/Si dentro del intervalo de 0,5 a 2, y los aceros a los que se añadía silicio (Si) y manganeso (Mn) según la técnica relacionada tenían una relación Mn/Si dentro del intervalo de 3,6 a 5,0. Los aceros de la técnica relacionada se denotaron como Aceros de Comparación 1 a 12 en la Tabla 1. El Acero Inventivo 5 tenía una cantidad excesiva de silicio (Si) aunque la relación Mn/Si del Acero Inventivo 5 estaba dentro del intervalo propuesto en las realizaciones de la presente divulgación. Por lo tanto, el Acero Inventivo 5 presentaba fallos en el revestimiento de aluminio y una mala calidad del mismo. En la tabla 1 a continuación, si el contenido de un elemento está en ppm, se adjunta un * al símbolo del elemento.

[Tabla 1]

No.	Composición (% en peso)													Mn/ Si
	C	Si	Mn	P*	S*	s-Al	Ti	Cr	B*	Mo	Cu	Ni	N*	
CS 1	0,29	0,26	1,25	110	24	0,029	0,029	0,16	26	-	-	-	40	4,8
CS 2	0,28	0,25	0,92	58	12	0,030	0,030	0,40	28	0,10	-	-	40	3,7
CS9	0,27	0,7	0,9	55	15	0,031	0,029	0,40	26	0,11	-	-	40	1,3
CS10	0,27	1,2	0,91	67	11	0,029	0,032	0,38	25	0,09	-	-	40	0,8
CS11	0,33	1,1	0,50	55	14	0,031	0,029	0,40	25	0,10	-	-	40	0,5

ES 2 876 231 T3

No.	Composición (% en peso)													Mn/ Si
	C	Si	Mn	P*	S*	s-Al	Ti	Cr	B*	Mo	Cu	Ni	N*	
CS 3	0,32	0,25	0,91	79	3	0,034	0,030	0,21	26	0,10	-	-	27	3,6
CS 4	0,32	0,26	0,89	65	8	0,040	0,028	0,21	20	0,08	-	-	46	3,4
CS 5	0,32	0,25	0,89	120	25	0,034	0,034	0,15	17	0,17	-	-	35	3,6
CS 6	0,32	0,26	0,88	120	24	0,027	0,029	0,15	17	-	-	-	38	3,4
CS12	0,32	0,6	0,90	82		0,025	0,023	0,17	24	0,15	-	-	45	1,5
IS 5	0,30	1,5	0,90	77	16	0,030	0,027	0,20	27	-	-	-	40	0,6
CS 7	0,32	0,26	0,89	65	8	0,040	0,028	0,21	20	0,08	-	-	46	3,4
IS 6	0,32	0,6	0,95	73		0,033	0,030	0,15	33	0,15	-	-	27	1,6
IS 7	0,32	0,7	1,10	55		0,031	0,025	0,15	26	0,15	0,1	-	40	1,6
IS 8	0,32	0,6	0,94	68		0,023	0,027	0,20	23	0,15	-	0,15	35	1,6
IS 9	0,31	0,8	0,90	47		0,025	0,025	0,15	27	0,20	0,33	0,20	55	1,1
CS 8	0,32	0,26	1,25	109		0,030	0,029	0,20	30	-	-	-	52	5,0

CS: Acero comparativo, IS: Acero inventivo

5 Las chapas de acero laminadas en frío y las chapas de acero recubiertas de aluminio fabricadas como se ha descrito anteriormente se calentaron a 930°C durante 5 minutos a 7 minutos y se transfirieron de un horno de calentamiento a una máquina de prensado equipada con matrices planas en la que se enfriaron las chapas de acero. En ese momento, el período de tiempo que transcurre desde que se retiran las chapas de acero del horno de calentamiento hasta que se cierran las matrices planas es de 8 a 12 segundos, y las chapas de acero se enfrían en las matrices planas a una velocidad de enfriamiento de 50°C/s a 100°C/s. A continuación, para el proceso de tratamiento de horneado de la pintura, las chapas de acero se mantuvieron a una temperatura de 170°C a 180°C durante 20 minutos y se enfriaron al aire, y se evaluaron las características de tracción y la capacidad de flexión de las chapas de acero. Las incrustaciones de óxido formadas en las superficies de las chapas de acero laminadas en frío durante los procesos descritos anteriormente se eliminaron mediante un proceso de granallado después del proceso de tratamiento térmico.

15 Se tomaron muestras de tracción de las chapas de acero en la dirección paralela a la dirección de laminación de las chapas de acero según la norma ASTM370A. Se realizó un ensayo de flexión doblando cada una de las muestras de 60 mm x 20 mm con un punzón 1R en la dirección perpendicular a la dirección de laminación (una línea de flexión era paralela a la dirección de laminación), y midiendo un ángulo de flexión en la carga máxima.

20 La Tabla 2 que se muestra a continuación ilustra los resultados de la evaluación de las características de tracción y la capacidad de flexión de los Aceros Inventivos 5 a 9 y de los Aceros Comparativos 1 a 12 después de un proceso de conformación por prensado en caliente y un proceso de tratamiento de horneado por pintura. En la tabla 2, YS, TS y El se refieren al límite elástico, la resistencia a la tracción y el alargamiento, respectivamente. En la tabla 2, los aceros comparativos 9 a 12 y los aceros comparativos 1 a 6 son los utilizados para formar las chapas de acero laminadas en frío, y los aceros inventivos 5 a 9 y los aceros comparativos 7 y 8 son los utilizados para formar las chapas de acero recubiertas de aluminio.

ES 2 876 231 T3

[Tabla 2]

No.	Mn/ Si	Propiedades tras el tratamiento térmico de conformación en caliente (HPF)						Propiedades tras el tratamiento térmico HPF y el tratamiento de horneado de la pintura				
		YS	TS	El	Ángulo de flexión	TS x Ángulo de curvatura	Referencia	YS	TS	El	Ángulo de flexión	TS x Ángulo de curvatura
CS 1	4,8	1264	1827	6,8	57,2	104.453	>110.000	1361	1701	6,3	60,1	102.230
CS 2	3,7	1194	1728	7,6	57,5	99.374	>110.000	1372	1694	7,3	64,4	109.085
CS9	1,3	1234	1760	7,5	65,5	115.311	>110.000	1315	1650	6,2	75,2	124.009
CS10	0,8	1156	1730	7,8	74,8	129.380	>110.000	1281	1632	7,3	79,3	129.453
CS 11	0,5	1069	1629	8,7	78,2	127.352	>110.000	1316	1611	7,6	88,3	142.165
CS 3	3,6	1270	1890	7,3	57,4	108.486	>110.000		1804		63,4	114.374
CS 4	3,4	1281	1880	6,5	56,7	106.596	>110.000	1451	1799	6,5	63,6	114.416
CS 5	3,6	1252	1810	6,4	52,0	94.120	>110.000	1299	1720	6,0	57,0	98.040
CS 6	3,4	1264	1844	6,2	48,2	88.881	>110.000	1286	1740	5,9	49,1	85.434
CS 12	1,5	1264	1832	6,8	67,1	122.744	>110.000	1399	1736	6,5	73,2	127.075
IS 5	0,6	0,6 -	-	-	-	-	>100.000	-	-	-	-	-
CS 7	3,4	1324	1934	5,8	47,0	90.898	>100.000	1460	1825	6,3	53,0	96.725
IS 6	1,6	1254	1844	6,5	55,2	101.420	>100.000	1407	1754	6,3	64,3	112.782
IS 7	1,6	1246	1860	6,7	56,2	104.160	>100.000	1414	1768	6,2	61,4	108.555
IS 8	1,6	1295	1850	6,5	56,3	103.600	>100.000	1432	1768	6,3	62,2	109.970
IS 9	1,1	1328	1870	6,3	55,1	102.850	>100.000	1430	1785	6,1	64	114.240
CS 8	5,0	1377	1940	5,8	43,4	84.196	>100.000	1425	1800	6,0	53	95.400

CS: Acero comparativo, IS: Acero inventivo

En primer lugar, se compararon las propiedades del material tras un proceso de tratamiento térmico de conformación en caliente (HPF) para evaluar los resultados de las pruebas sobre la capacidad de flexión de las chapas de acero laminadas en frío (aceros de comparación 9 a 12 y aceros de comparación 1 a 6).

- 5 Como se ilustra en la Tabla 2, cuando los valores de resistencia x ángulo de curvatura de los Aceros Comparativos 1 a 6 que tienen una relación Mn/Si relativamente alta se compararon con los valores de resistencia x ángulo de curvatura de los Aceros Comparativos 9 a 12 que tienen una relación Mn/Si dentro del intervalo propuesto en las realizaciones de la presente divulgación, aunque los Aceros Comparativos 9 a 12 tenían una relación Mn/Si relativamente baja, los valores de resistencia x ángulo de curvatura de los Aceros Comparativos a 12 eran
- 10 relativamente altos. Es decir, antes del proceso de conformación por prensado en caliente, se redujeron las microestructuras no uniformes, como la estructura en bandas, debido a la reducción del contenido de Mn y al aumento del contenido de Si, y por lo tanto la capacidad de flexión de los aceros inventivos mejoró notablemente después del proceso de conformación por prensado en caliente. En general, cuando se realiza el proceso de tratamiento de horneado de pintura en las chapas de acero después de que éstas se enfrían en las matrices, el límite elástico y la capacidad de flexión aumentan, y la resistencia a la tracción disminuye ligeramente. Después de un proceso de
- 15

tratamiento de horneado de pintura, la capacidad de flexión de los aceros inventivos que tienen una relación Mn/Si dentro del intervalo de 2 o menos mejoró mucho más que los aceros comparativos, como se muestra en los valores de equilibrio de resistencia a la tracción x capacidad de flexión.

5 Las chapas de acero recubiertas de aluminio (aceros inventivos 5 a 9 y aceros comparativos 7 y 8) tenían propiedades similares. Sin embargo, cuando se compararon las chapas de acero laminadas en frío y las chapas de acero revestidas de aluminio con la misma composición, la capacidad de flexión de las chapas de acero revestidas de aluminio era inferior a la de las chapas de acero laminadas en frío en unos 5° a 10°. Las razones son la supresión de la descarbonización de la superficie por las capas recubiertas y la concentración de tensiones causadas por las grietas en las capas recubiertas. Por lo tanto, debido a estas características, se estableció un intervalo de referencia para el equilibrio de resistencia a la tracción x flexión de las chapas de acero laminadas en frío de 110,00 MPa° o superior, y un intervalo de referencia para el equilibrio de resistencia a la tracción x flexión de las chapas de acero recubiertas de aluminio de 100.000 MPa° o superior. Las chapas de acero laminadas en frío formadas por los aceros inventivos tenían valores de equilibrio de resistencia a la tracción x flexión dentro del intervalo de 115.000 MPa° a 129.000 MPa°, y las chapas de acero recubiertas de aluminio de los aceros inventivos tenían valores de equilibrio de resistencia a la tracción x flexión dentro del intervalo de 101.000 MPa° a 104.000 MPa°. Es decir, tanto las chapas de acero laminado en frío como las chapas de acero con revestimiento de aluminio cumplían los intervalos de referencia.

[Ejemplo 2]

20 Los productos conformados por prensado en caliente que tienen una resistencia de 1900 MPa o más después de un proceso de formación por prensado en caliente, específicamente, los productos conformados por prensado en caliente de grado 2000 MPa, fueron fabricados como sigue. En primer lugar, los planchones con las composiciones ilustradas en la Tabla 3 se calentaron a 1200°C para homogeneizar la microestructura de los planchones. A continuación, los desbastes se laminan en bruto, se laminan en acabado y se enrollan a 650°C para fabricar chapas de acero laminadas en caliente de 3,0 mm de espesor. A continuación, las chapas de acero laminadas en caliente se decapan y se laminan en frío con una proporción de reducción del 50% para fabricar chapas de acero totalmente duras laminadas en frío con un grosor de 1,5 mm. A continuación, algunas de las chapas de acero duro laminadas en frío se recoció a 780°C, y se realizó un proceso de sobre-envejecimiento manteniendo una temperatura de entrada de 500°C y una temperatura de salida de 450°C, para fabricar chapas de acero laminadas en frío. Las otras chapas de acero laminadas en frío y totalmente duras se recoció a 760°C y se sumergieron en un baño de revestimiento que incluía 90%Al-9%Si y un resto de hierro (Fe) y otras impurezas, para fabricar chapas de acero revestidas de aluminio (revestidas de AlSi) con un peso de revestimiento de 150 g/m² a 160 g/m² basado en ambas caras.

35 Refiriéndose a la Tabla 3, dado que los aceros inventivos incluían silicio (Si) en una cantidad de 0,5 % en peso o superior, los aceros inventivos se distinguían claramente de los aceros de la técnica relacionada para la conformación por prensado en caliente en términos de la relación Mn/Si. Los aceros inventivos tenían una relación Mn/Si dentro del intervalo de 0,5 a 2, y los aceros a los que se añadió silicio (Si) y manganeso (Mn) según la técnica relacionada tenían una relación Mn/Si dentro del intervalo de 3,6 a 4,5. Los aceros del arte relacionado fueron mencionados como aceros comparativos. Aunque el Acero Inventivo 5 tenía una relación Mn/Si dentro del intervalo propuesto en las realizaciones de la presente divulgación, el contenido de silicio (Si) en el Acero Inventivo 5 era excesivo, por lo que se formó una marcada cascarilla roja en la superficie de la chapa de acero laminada en caliente del Acero Inventivo 5. La cascarilla roja quedó en forma de bandas con diferente rugosidad superficial tras el proceso de laminación en frío, por lo que no se pudo obtener el grado de calidad superficial previsto.

[Tabla 3]

No.	Composición (% en peso)													Mn/ Si
	C	Si	Mn	P*	S*	s-Al	Ti	Cr	B*	Mo	Cu	Ni	N*	
CS 1	0,36	0,26	1,1	110	27	0,033	0,030	0,195	18	0,08	-	-	44	4,2
CS 2	0,36	0,25	1,1	110	27	0,027	0,029	0,196	18	-	-	-	43	4,4
CS 3	0,35	0,28	1,1	57	6	0,042	0,031	0,20	20	0,08	-	-	40	3,9
IS 1	0,37	0,55	0,89	73	16	0,032	0,025	0,20	30	0,11	-	-	53	1,6
IS 2	0,36	0,7	0,90	67	26	0,026	0,031	0,20	26	0,12	-	-	45	1,3

ES 2 876 231 T3

No.	Composición (% en peso)													Mn/ Si
	C	Si	Mn	P*	S*	s-Al	Ti	Cr	B*	Mo	Cu	Ni	N*	
IS 3	0,37	1,07	0,89	57	14	0,03	0,024	0,48	27	0,09	-	-	49	0,8
IS 4	0,36	1,00	1,30	80	18	0,022	0,025	0,48	32	0,09	-	-	51	1,3
IS 5 (escala roja)	0,35	1,60	0,90	82	22	0,025	0,03	0,20	25	0,12	-	-	33	0,6
CS 4	0,35	0,25	0,90	54	11	0,030	0,030	0,20	25	-	-	-	40	3,6
CS 5	0,35	0,28	1,1	57	6	0,042	0,031	0,20	20	0,08	-	-	40	3,9
CS 7	0,35	0,6	1,10	67	8	0,025	0,031	0,20	22	0,10	-	-	33	1,8
CS 8	0,35	0,65	0,90	72	18	0,029	0,025	0,20	26	0,11	-	-	25	1,4
CS 9	0,35	0,70	0,90	57	8	0,024	0,028	0,20	30	0,15	0,10	-	22	1,3
CS 10	0,34	0,60	1,00	45	12	0,03	0,032	0,20	19	0,10	-	0,20	28	1,7
CS 11	0,34	0,55	1,00	87	18	0,025	0,03	0,20	22	0,07	0,30	0,16	30	1,8
CS 6	0,35	0,20	0,90	112	20	0,036	0,035	0,20	25	0,10	-	-	23	4,5

CS: Acero comparativo, IS: Acero inventivo

5 Las chapas de acero laminadas en frío y las chapas de acero recubiertas de aluminio fabricadas como se ha descrito anteriormente se calentaron a 930°C durante 5 minutos a 7 minutos y se transfirieron de un horno de calentamiento a una máquina de prensado equipada con matrices planas en la que se enfriaron las chapas de acero. En ese momento, el período de tiempo que transcurre desde que se retiran las chapas de acero del horno de calentamiento hasta que se cierran las matrices planas es de 8 a 12 segundos, y las chapas de acero se enfrían en las matrices planas a una velocidad de enfriamiento de 50°C/s a 100°C/s. A continuación, para el proceso de tratamiento de horneado de la pintura, las chapas de acero se mantuvieron a una temperatura de 170°C a 180°C durante 20 minutos y se enfriaron al aire, y se evaluaron las características de tracción y la capacidad de flexión de las chapas de acero. La cascarilla de óxido formada en las superficies de las chapas de acero laminadas en frío durante los procesos descritos anteriormente se eliminó mediante un proceso de granallado después de un proceso de tratamiento térmico.

15 Se tomaron muestras de tracción de las chapas de acero en la dirección paralela a la dirección de laminación de las chapas de acero según la norma ASTM370A. Se realizó un ensayo de flexión doblando cada una de las muestras de 60 mm x 20 mm con un punzón 1R en la dirección perpendicular a la dirección de laminación (una línea de flexión era paralela a la dirección de laminación), y midiendo un ángulo de flexión en la carga máxima.

[Tabla 4]

No.	Mn/ Si	Propiedades tras el tratamiento térmico HPF						Propiedades tras el tratamiento térmico HPF y el tratamiento de horneado de la pintura				
		YS	TS	EI	Ángulo de flexión	TS x Ángulo de curvatura	Referencia	YS	TS	EI	Ángulo de flexión	TS x Ángulo de curvatura
CS 1	4,2	1439	2094	5,9	43,1	90.251	>100.000	1590	1966	5,9	47,0	92.402
CS 2	4,4	1361	2059	4,9	44,6	91.831	>100.000	1555	1920	6,3	49,0	94.080

No.	Mn/ Si	Propiedades tras el tratamiento térmico HPF						Propiedades tras el tratamiento térmico HPF y el tratamiento de horneado de la pintura				
		YS	TS	El	Ángulo de flexión	TS x Ángulo de curvatura	Referencia	YS	TS	El	Ángulo de flexión	TS x Ángulo de curvatura
CS 3	3,9	1345	2023	5,6	45,3	91.642	>100.000	1502	1914	6,1	53,1	101.633
IS 1	1,6	1320	2040	6,3	49,5	100.980	>100.000	1525	1925	6,0	50,6	97.405
IS 2	1,3	1377	2034	5,7	53	107.802	>100.000	1544	1920	6	55	105.600
IS 3	0,8	1375	2125	6,0	49,6	105.400	>100.000	1560	2015	5,9	60,1	121.102
IS 4	1,3	1420	2170	5,6	44,4	96.348	>100.000	1566	2035	5,8	54,4	110.704
IS 5 (escala roja)	0,6	1344	2001	6,2	54	108.054	>100.000	1480	1890	6,5	61	115.290
CS 4	3,6	1306	1977	6,5	51,7	102.186	>100.000	1506	1877	5,5	55,9	105.033
CS 5	3,9	1395	2047	5,2	35,5	72.669	>90.000	1514	1924	6	43,4	83.502
CS 7	1,8	1356	2040	5,8	45,6	93.024	>90.000	1535	1933	6	50,1	96.843
CS 8	1,4	1355	2033	6	46,2	93.925	>90.000	1539	1920	5,5	49,3	94.656
CS 9	1,3	1366	2030	5,4	45	91.350	>90.000	1544	1924	5,4	53,1	102.164
CS 10	1,7	1320	2015	6,1	46	92.690	>90.000	1512	1905	5,6	50,2	95.631
CS 11	1,8	1333	2032	6,2	45,5	92.456	>90.000	1533	1932	5,6	51,2	98.918
CS 6	4,5	1356	2043	5,8	40	81.720	>90.000	1557	1945	5,3	44,4	86.358
CS: Acero comparativo, IS: Acero inventivo												

5 La tabla 4 anterior ilustra los resultados de la evaluación de las características de tracción y de la capacidad de flexión de los aceros inventivos 1 a 5 y de los aceros comparativos 1 a 11 después de un proceso de conformación por prensado en caliente y de un proceso de tratamiento de horneado con pintura. En la tabla 4, YS, TS y El se refieren al límite elástico, la resistencia a la tracción y el alargamiento, respectivamente. En la tabla 4, los aceros inventivos 1 a 5 y los aceros de comparación 1 a 4 son los utilizados para formar las chapas de acero laminadas en frío, y los aceros de comparación 7 a 11 y los aceros de comparación 5 y 6 son los utilizados para formar las chapas de acero recubiertas de aluminio.

10 En primer lugar, se compararon las propiedades del material tras el proceso de conformación en caliente (HPF) para evaluar los resultados de las pruebas sobre la capacidad de flexión de las chapas de acero laminadas en frío (Aceros Inventivos 1 a 5 y Aceros Comparativos 1 a 4). Cuando se compararon los valores de resistencia x flexión de los Aceros Comparativos 1 a 4 que tenían una relación Mn/Si relativamente alta con los valores de resistencia x flexión de los Aceros Inventivos 1 a 5 que tenían una relación Mn/Si dentro del intervalo propuesto en las realizaciones de la presente divulgación, aunque los Aceros Inventivos 1 a 5 tenían una relación Mn/Si relativamente baja, los valores de resistencia x flexión de los Aceros Inventivos 1 a 5 eran relativamente altos. Es decir, antes del proceso de conformación en caliente, se redujeron las micro-estructuras no uniformes, como la estructura en bandas, debido a la reducción del contenido de Mn y al aumento del contenido de Si, y por lo tanto la capacidad de flexión de los aceros inventivos mejoró notablemente después del proceso de conformación en caliente. En general, cuando se realiza un proceso de tratamiento de horneado de pintura en las chapas de acero después de que éstas se enfríen en las matrices, el límite elástico y la capacidad de flexión aumentan, y la resistencia a la tracción

disminuye ligeramente. Después del proceso de tratamiento de horneado de pintura, la capacidad de flexión de los aceros inventivos que tienen una relación Mn/Si dentro del intervalo de 2 o menos se mejoró mucho más que los aceros comparativos, como se muestra en los valores de equilibrio de resistencia a la tracción x capacidad de flexión.

- 5 Las chapas de acero recubiertas de aluminio (aceros comparativos 7 a 11 y aceros comparativos 5 a 6) tenían propiedades similares. Sin embargo, cuando se compararon las chapas de acero laminadas en frío y las chapas de acero revestidas de aluminio con la misma composición, la capacidad de flexión de las chapas de acero revestidas de aluminio era inferior a la de las chapas de acero laminadas en frío en unos 5° a 10°. Las razones son la supresión de la descarbonización de la superficie por las capas de revestimiento y la concentración de tensiones causadas por las grietas en las capas de revestimiento. Por lo tanto, debido a estas características, se estableció un intervalo de referencia para el equilibrio de resistencia a la tracción x flexión de las chapas de acero laminadas en frío de 95.000 MPa° o superior, y un intervalo de referencia para el equilibrio de resistencia a la tracción x flexión de las chapas de acero recubiertas de aluminio de 85.000 MPa° o superior. Las chapas de acero laminadas en frío formadas por los aceros inventivos tenían valores de equilibrio de resistencia a la tracción x flexión dentro del intervalo de 96.000 MPa° a 108.000 MPa°, y las chapas de acero recubiertas de aluminio formadas por los aceros inventivos tenían valores de equilibrio de resistencia a la tracción x flexión dentro del intervalo de 91.000 MPa° a 93.000 MPa°. Es decir, tanto las chapas de acero laminado en frío como las chapas de acero con revestimiento de aluminio cumplían los intervalos de referencia.

- 20 Aunque se han mostrado y descrito anteriormente realizaciones ejemplares, será evidente para los expertos en la materia que se podrían hacer modificaciones y otras realizaciones a partir de las mismas. Es decir, tales modificaciones y otras realizaciones podrían hacerse sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un producto conformado que tiene una alta capacidad de flexión y una resistencia ultra alta y fabricado realizando un proceso de conformación en por prensado en caliente sobre una chapa de acero, la chapa de acero que consiste en C: 0,28 % en peso a 0,40 % en peso, Si: 0,5 % en peso a 1,5 % en peso, Mn: 0,8 % en peso a 1,2 % en peso, Al: 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, Ti: 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, Cr: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, P: 0,01 % en peso o menos, S: 0,005 % en peso o menos, N: 0,01 % en peso o menos, B: 0,0005 % en peso a 0,005 % en peso, y al menos uno seleccionado del grupo que consiste en Mo: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, Cu: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, y Ni: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, en la que el Mn y el Si satisfacen $0,05 \leq \text{Mn/Si} \leq 2,0$, y la chapa de acero tiene un resto de Fe y otras impurezas inevitables, en el que el producto conformado comprende una microestructura que comprende martensita en una cantidad de 90 % de área o mayor, austenita retenida en una cantidad de menos de 5 % de área, y un resto de al menos uno seleccionado entre bainita y ferrita retenidas, y en el que el producto conformado tiene una resistencia a la tracción de 1.800 MPa o superior y un equilibrio de resistencia a la tracción x capacidad de flexión de 100.000 MPa° o superior, y en el que la resistencia a la tracción y la capacidad de flexión se miden de acuerdo con la norma ASTM370A, tal como se define en la descripción.
2. El producto conformado de la reivindicación 1, en el que la chapa de acero es una chapa de acero recubierta de aleación de aluminio, y el producto conformado comprende una capa de película de Fe-Al, en el que la capa de película de Fe-Al comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en Si: 4 % en peso a 10 % en peso y Mg: 2 % en peso a 10 % en peso, y otras impurezas.
3. Un método de fabricación de un producto conformado que tiene una alta capacidad de flexión y una resistencia ultra alta, el método comprende:
- preparar una pieza en bruto de una chapa de acero, la chapa de acero consiste en C: 0,28 % en peso a 0,40 % en peso, Si: 0,5 % en peso a 1,5 % en peso, Mn: 0,8 % en peso a 1,2 % en peso, Al: 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, Ti: 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, Cr: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, P: 0,01 % en peso o menos, S: 0,005 % en peso o menos, N: 0,01 % en peso o menos, B: 0,0005 % en peso a 0,005 % en peso, y al menos uno seleccionado del grupo que consiste en Mo: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, Cu: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, y Ni: 0,05 % en peso a 0,5 % en peso, en la que el Mn y el Si satisfacen $0,05 \leq \text{Mn/Si} \leq 2,0$, y la chapa de acero que tiene un resto de Fe y otras impurezas inevitables;
- calentar la pieza en bruto hasta una temperatura comprendida entre 850°C y 950°C; y fabricar un producto conformado realizando un proceso de conformación por prensado en caliente sobre la pieza en bruto para formar un producto conformado y enfriar el producto conformado en matrices hasta una temperatura de 200°C o inferior y en el que el calentamiento de la pieza en bruto comprende mantener la pieza en bruto a una temperatura comprendida entre 850°C y 950°C durante 60 segundos y 600 segundos, y en el que el enfriamiento del producto conformado en las matrices se realiza enfriando el producto conformado a 200°C o menos a una velocidad de enfriamiento que oscila entre una velocidad de enfriamiento crítica de transformación de la martensita y 300°C/s.
4. El método de la reivindicación 3, comprende además realizar un proceso de tratamiento de horneado de pintura sobre el producto conformado a una temperatura dentro de un intervalo de 150°C a 200°C durante 10 minutos a 30 minutos después de que el producto conformado se enfríe en las matrices.
5. El método de la reivindicación 3, en el que la chapa de acero es una chapa de acero recubierta de aleación de aluminio, y el producto conformado comprende una capa de película de Fe-Al, en el que la capa de película de Fe-Al comprende al menos uno seleccionado del grupo que consiste en Si: 4 % en peso a 10 % en peso y Mg: 2 % en peso a 10 % en peso, y otras impurezas.