

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 422 011**

51 Int. Cl.:

B23K 20/00 (2006.01)

B23K 15/00 (2006.01)

B23K 20/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2006 E 06797987 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2013 EP 1925390**

54 Título: **Método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable**

30 Prioridad:

15.09.2005 JP 2005268376

15.09.2005 JP 2005268712

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

06.09.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KANBE, MOTOMICHI;
USHIO, KUNIIHIKO;
YAZAWA, TAKEO;
YAMAMOTO, HIDEAKI;
TARUTANI, YOSHIO y
SEKI, AKIRA**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 422 011 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

Método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable

- 5 La presente invención se refiere un método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, según el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, el documento JP 2004/071319), un método para producir una lámina de acero para un separador de una pila de combustible del tipo polímero sólido, que usa dicha pieza bruta original para la lámina de acero revestida, y que cada método para producir una chapa y una lámina de acero de uso en un separador de una pila de combustible emplea un acero que contiene boro (B) para los componentes de revestimiento para estar en total contacto con cualquiera de las caras de un componente central (véanse las reivindicaciones 10 a 14).

Antecedentes de invención

- 15 En los últimos años, se ha centrado mucho la atención sobre una pila de combustible como una futura energía limpia, en particular, en medio de la puesta en escena del interés sobre la prevención de calentamiento global como parte de las cuestiones del medio ambiente global. La pila de combustible es una batería que genera energía eléctrica de corriente continua usando hidrógeno y oxígeno, y la pila de combustible está ilustrada por una pila de combustible del tipo electrolito sólido, una pila de combustible del tipo carbonato fundido, una pila de combustible del tipo ácido fosfórico, una pila de combustible del tipo polímero sólido, o similares.

- 20 En particular se espera que se ponga en práctica, a escala global, una pila de combustible del tipo polímero sólido como una fuente de energía dispersa para emergencias en una oficina comercial, una central de distribución telefónica o similar, una fuente de energía dispersa para uso doméstico que use gas ciudad como combustible, y una fuente de energía para un vehículo eléctrico de baja emisión que use gas hidrógeno, metanol o gasolina como combustible, debido a su fácil puesta en marcha y parada con una temperatura de funcionamiento tan baja como unos 80°C, y tiene potencial para un rendimiento energético de aproximadamente el 40%.

- 25 Tradicionalmente, se ha investigado como material separador para una pila de combustible del tipo polímero sólido la aplicación de un material en forma de placas de carbono. Sin embargo, el material en forma de placa de carbono tiene el problema de un incrementado coste de fabricación debido a la necesidad de una maquinización precisa para aplanar su superficie o formar un canal de flujo, así como el problema de una "alta susceptibilidad al agrietamiento". Cada uno de estos problemas es inherente y hace muy difícil la comercialización de la pila de combustible.

- 30 Para resolver tales problemas, se ha intentado llevar a cabo la aplicación de acero inoxidable como material separador para la pila de combustible, también con el objetivo principal de reducir el coste de fabricación, aunque esta tendencia entra en confrontación con la investigación anteriormente mencionada para la aplicación del grafito.

- 35 Sin embargo, el uso de acero inoxidable, tal y como está, como material separador es incorrecto ya que su superficie se cubre con una película pasivada. Como medidas para esto, se ha puesto en práctica, como método económico, asegurar la conductividad incluyendo boro en el acero inoxidable y formar un número de proyecciones de boruro (compuesto borado) sobre la superficie, aunque se pueda aplicar un chapado de oro sobre la superficie del acero inoxidable.

- 40 Sin embargo, la inclusión de boro hace duro el acero inoxidable, y el acero inoxidable resultante puede llegar a agrietarse durante el laminado hasta impedir el laminado o deteriorar extremadamente el rendimiento del producto.

- 45 La Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 06/246424 describe, desde un punto de vista de producción, como un método para evitar el agrietamiento del acero que contiene B en la laminación en caliente, un método de producción adaptado a evitar el agrietamiento en los bordes uniendo aceros inoxidables SUS 316 y SUS 317 a ambas superficies del acero suave que contiene un 1%, o más, de boro y que sirve como miembro de la capa central, por medio de revestimiento por colada.

- 50 La Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 04/253506 describe, como procedimiento de laminación en caliente para evitar el agrietamiento en los bordes, un método que comprende producir una pieza bruta montada, compuesta de acero inoxidable austenítico que contiene 0,3 a 2,0% en peso de B, y un acero con menor esfuerzo cortante para producir deformación plástica (resistencia a la deformación) que el acero inoxidable, soldándose el acero al acero inoxidable con el fin de cubrir las porciones de sus bordes laterales, y realizar un laminado de acabado a la pieza bruta montada, a una temperatura de $(53 \times B + 700)^\circ\text{C}$ (B: contenido de B (% en peso)), o superior.

- 60 De manera similar, la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2001/239364 propone, para evitar el agrietamiento en los bordes de una pieza que va a ser laminada, un método de trabajo en caliente que comprende proporcionar, en la laminación en caliente de un acero inoxidable austenítico que contiene 0,3 a 2,5% en masa de B,

una capa protectora con un espesor de 3 mm o más, mediante soldadura superpuesta, compuesta de un acero inoxidable que contiene Ni: 4% o menos, y B: 0,1 a 0,4%, sobre las caras de los extremos laterales del acero.

La Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2004/71319 propone unir, entre un par de productos de acero tales como láminas de un material separador resistente a la corrosión donde afloran de sus superficies inclusiones no metálicas eléctricamente conductoras expuestas al aire, un material metálico con ductilidad más alta que el producto de acero, de manera que se puede asegurar la superior propiedad mecánica de no originar agrietamiento en la estampación además de una excelente resistividad de contacto eléctrico con un montaje de electrodos, cuando se usa un separador compuesto de tal acero.

El documento US 2005/183796 describe un planchón de tipo sólido en el que se especifica la composición del metal de soldadura y en el que se sueldan protectores sobre las caras de los extremos del planchón.

El documento JP60/203373 está dirigido a una soldadura a tope de las caras de los extremos opuestos de dos componentes mediante un procedimiento de soldadura por haz de electrones.

Descripción de la invención

En la aplicación del acero inoxidable revestido anteriormente mencionado, o similar, para separador de la pila de combustible, quedan por resolver algunos problemas.

Concretamente, en el método de producción descrito por la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 06/246424, ya que la parte central y la parte de las caras están compuestas de acero suave que contiene B y de acero inoxidable, respectivamente, que usa acero de revestimiento por colada como material de partida, es muy probable que una región limítrofe entre el acero suave y el acero inoxidable esté sometida a una desunión. Además el acero revestido descrito en el Documento 3 de Patente es pobre en resistencia a la corrosión debido a que la parte central está compuesta de acero suave, y se forma además una película no conductora sobre una capa superficial, debido a que la parte de la cara está compuesta de acero inoxidable exenta de B, por lo que el acero revestido no se puede usar como separador de la pila de combustible.

En el método de laminación en caliente descrito en la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 04/253506, se necesita preparar y además soldar un bastidor que tiene una forma acanalada precisa, de manera que no se separe en el momento del trabajo en caliente. Por lo tanto, la soldadura requiere mucho tiempo de soldadura.

De forma similar, en el método de trabajo en caliente de la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2001/239364, se necesita un espesor de penetración de la soldadura suficiente para asegurarse de que se evita el agrietamiento en los bordes durante la laminación en caliente, y se necesita aumentar el número de pasadas en la soldadura para proporcionar la capa protectora mediante soldadura por superposición, dando como resultado un aumentado tiempo de soldadura. Si se produjera agrietamiento en la soldadura, el agrietamiento en los bordes puede comenzar en este punto, y por eso llega a ser difícil evitar perfectamente el agrietamiento en los bordes.

La lámina de acero para un separador, descrita en la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2004/71319 se refiere a una lámina de acero revestida, formada por tres capas, donde un metal con ductilidad más alta que la parte correspondiente a las capas de las caras, está revestido de ese modo como la parte correspondiente a una capa central, como se describió anteriormente, y la característica más importante es que incluso si se produjera agrietamiento, se puede evitar que, en la estampación, el agrietamiento se propague fácilmente, en virtud del revestimiento del metal correspondiente a la parte de la capa central, que tiene una ductilidad más alta que la parte correspondiente a las capas de las caras. Sin embargo, esta característica es solo una de las funciones generalmente añadidas como funciones del revestimiento. Además, la Publicación de Solicitud de Patente japonesa N° 2001/239364 no describe nada sobre una técnica de integración para hacer el revestimiento de acero inoxidable.

En vista de los problemas anteriormente mencionados originados en la aplicación del acero inoxidable a un separador de pilas de combustible, la presente invención proporciona de ese modo un método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, que tiene un contenido óptimo de B, como separador de una pila de combustible de tipo polímero sólido y que se puede producir en masa a bajo coste, excelente en su capacidad de conformado y de trabajo en caliente. Como se define en la reivindicación 1, la presente invención proporciona además métodos para producir una chapa y una lámina de acero para uso en el separador que usa la pieza bruta original resultante, (véanse las reivindicaciones 10 – 14).

Los presentes inventores adaptan el método de formación de boruro (compuesto borado) con excelente conductividad eléctrica para desarrollar un acero inoxidable que es muy adecuado para el separador de una pila de combustible. Concretamente, el boruro se proyecta y aflora directamente de la superficie sin que esté recubierto con una película pasivada sobre su superficie y está expuesto al aire, por lo que la conductividad eléctrica de la superficie del acero inoxidable se puede estabilizar lentamente durante un largo periodo de tiempo.

Para asegurar el número de proyecciones del boruro sobre la superficie del acero inoxidable, el contenido de B en el acero inoxidable necesita que se ajuste en el 0,3% o más. Sin embargo, cuando un acero inoxidable contiene una gran cantidad de B, por lo general el acero aumenta su resistencia y su dureza, o se deteriora en su ductilidad, originando el deterioro de su capacidad de trabajo en caliente y de conformado.

Cuando se selecciona un acero inoxidable con un contenido de B inferior al 0,3%, se mejora su capacidad de trabajo en caliente, y se minimiza el esfuerzo cortante necesario para producir deformación plástica en el conformado. La capacidad de trabajo en caliente está controlada, por lo general, por el esfuerzo cortante necesario para producir la deformación plástica del material. El esfuerzo cortante necesario para producir la deformación plástica de un acero revestido se determina aplicando una ley de mezcla al esfuerzo cortante necesario para producir la deformación plástica de los respectivos componentes del revestimiento. Por consiguiente, la capacidad de trabajo en caliente se puede mejorar significativamente aplicando un revestimiento, sobre un único cuerpo de acero con un alto contenido de B y un gran esfuerzo cortante para producir la deformación plástica, de un acero inoxidable con un bajo contenido de B y con pequeño esfuerzo cortante necesario para producir la deformación plástica.

Los presentes inventores realizaron además los estudios más serios sobre un método de producción capaz de proporcionar una parte soldada con soldadura sana, sin agrietamiento en los bordes durante la laminación en el montaje de una pieza bruta para un acero inoxidable revestido, formado por tres capas, buscado por la presente invención. Como resultado, se obtienen las siguientes conclusiones (a) a (d).

(a) Se puede obtener una parte soldada sana mientras que se evita la caída de metal de soldadura (de ahora en adelante denominada "caída del cordón de soldadura") al soldar una pieza bruta original para una lámina de acero inoxidable revestida, con una soldadura que es con alta densidad de energía, estableciendo que la anchura y/o la longitud del componente central sea mayor que la anchura y/o la longitud total, donde se combinan los componentes de revestimiento y los protectores, dentro de un plano paralelo al plano de trabajo.

La "soldadura con alta densidad de energía" significa soldar con una densidad de energía de 10^5 W/cm² o más, y los ejemplos típicos incluyen soldadura por arco de plasma, soldadura por haz de electrones y soldadura por láser.

Concretamente, la soldadura por haz de electrones tiene la ventaja de que el aire entre el componente central y los componentes de revestimiento se puede eliminar completamente ya que la soldadura del montaje se puede realizar al vacío, y se puede evitar así la separación entre ellos en el laminado en caliente o en la forja en caliente.

(b) La caída del cordón de soldadura y la prolongación de una región de estado no estacionario del cordón de soldadura en el cuerpo principal, se puede evitar con posibilidades de asegurar una forma estable del cordón y la mejora del rendimiento, disponiendo de protectores de unión en las caras de los extremos laterales de los componentes de revestimiento, teniendo cada uno de los protectores una longitud superior a la longitud de la cara del extremo lateral del componente de revestimiento sobre las caras de los extremos laterales de los componentes de revestimiento, y disponiendo de lengüetas, como se describe más adelante, que están cada una de ellas en una relación de contacto total con una prolongación de la cara del protector para estar en contacto total con la cara del extremo lateral del componente de revestimiento, donde la prolongación es una porción de longitud extra que sobrepasa la longitud de la cara del extremo lateral del componente de revestimiento, partiendo la unión desde la región limítrofe que hay entre la lengüeta y el protector.

(c) Además, el agrietamiento en los bordes durante el laminado se puede evitar disponiendo los protectores sobre las caras de los extremos laterales de un bloque apilado, obtenido apilando los componentes de revestimiento sobre el componente central en forma de sándwich, cada uno de los protectores con un espesor que cubre el espesor completo del bloque apilado y siendo la longitud anteriormente mencionada superior a la longitud de las caras de los extremos laterales, disponiendo de lengüetas que cada una de ellas esté en una relación de contacto total con una prolongación de la cara del protector para estar en total contacto con la cara del extremo lateral del bloque apilado, donde la prolongación es una porción de longitud extra que sobrepasa la longitud de la cara del extremo lateral del bloque apilado, e integrando el bloque y otros componentes mediante unión para obtener por ello una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable.

(d) Se puede obtener una lámina de acero de excelente capacidad de conformado por estampación para hacer una lámina de acero revestida de uso como pieza bruta original para la lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, producida de manera que el valor de la elongación ϵ_M calculado mediante la siguiente ecuación (2) es del 40% o más:

$$\epsilon_M = \epsilon_0 \times t_0 / (t_0 + t_1) + \epsilon_1 \times t_1 / (t_0 + t_1) \quad (2)$$

donde t_0 (mm) es el espesor del componente central, t_1 (mm) es el espesor total de los dos componentes de revestimiento, y ϵ_0 (%) y ϵ_1 (%) son elongaciones como características del material del componente central y de los componentes de revestimiento, respectivamente.

La presente invención se ha completado basándose en los hallazgos anteriormente mencionados, y proporciona un método para producir una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, estando compuesta la pieza bruta original de un componente central, componentes de revestimiento y protectores; componente central que está hecho de un acero inoxidable que tiene un contenido de B de 0 a 0,3% en masa; componentes de revestimiento que están hechos, cada uno de ellos, de un acero inoxidable que tiene un contenido de B de 0,3 a 2,5% en masa y que están combinados sobre cada cara principal del componente central; protectores que tienen, cada uno de ellos, una longitud superior a la longitud de la superficie del extremo lateral del componente de revestimiento y que están dispuestos sobre cada superficie del extremo lateral, diferente del plano de trabajo que es un plano que va a ser sometido a un proceso de trabajo, de los componentes de revestimiento, comprendiendo el método: disponer de lengüetas en cada región limítrofe formada donde los componentes de revestimiento y los protectores se reúnen, formando la unión de los componentes de revestimiento y los protectores; y comenzando la unión en las lengüetas.

Según la presente invención, el "plano de trabajo" significa un plano que va a ser sometido a un proceso de trabajo, tal como laminación o forja, y las "caras de los extremos laterales, diferentes al plano de trabajo" significa al menos dos caras de los extremos laterales, opuestas una a la otra, donde no hay plano de trabajo. En la laminación, por ejemplo, significa dos caras de los extremos laterales que no están en contacto con el rodillo laminador, o pueden incluirse en ellas las caras finales, la frontal y la posterior. En la forja, significa dos caras de los extremos laterales, opuesta una a la otra, que no están en contacto con el martinete, o puede significar de tres a cuatro caras que las incluyen.

La expresión "mayor o más pequeño dentro del intervalo de menos de 7 mm por cada extremo lateral" significa mayor o más pequeño dentro del intervalo de menos de 7 mm por cada extremo lateral entre dos extremos laterales, opuestos uno al otro, para el componente central, lo que significa "mayor o más pequeño que el otro componente en ambos extremos laterales suyos, excluyendo el caso en que sea mayor en un lado y más pequeño en el otro, sino que son todos mayores que el otro componente, y viceversa...."

El "espesor del componente central y del componente de revestimiento" significa las respectivas dimensiones verticales respecto al plano de trabajo, y el "espesor del protector" significa una dimensión del protector en la dirección del espesor del bloque apilado del componente central y los componentes de revestimiento, cuando los protectores están dispuestos sobre cada cara de los extremos laterales del bloque apilado. La "anchura del protector" significa la dimensión del protector en la dirección ortogonal a una línea de soldadura de los protectores y de los componentes de revestimiento dentro de un plano paralelo al plano de trabajo.

En las siguientes descripciones, "%" en las composiciones químicas significa "% en masa".

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1 son vistas que muestran pasos del método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, donde (a) muestra un método para disponer los protectores y las lengüetas para un componente de revestimiento; (b) muestra cómo se posicionan el componente de revestimiento, los protectores y las lengüetas; (c) muestra la unión del componente de revestimiento con los protectores y con las lengüetas en las respectivas regiones limítrofes, (d) un material compuesto unido, constituido por el componente de revestimiento y los protectores, el cual se obtiene al retirar las lengüetas y las porciones prolongadas de los protectores unidas con las lengüetas, y (e) muestra una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, obtenida apilando los materiales compuestos unidos, constituidos por el componente de revestimiento y los protectores, sobre las caras superior e inferior de un componente central en forma de sándwich, y uniendo cada región limítrofe sobre las caras de los extremos laterales del bloque apilado;

las Figuras 2 son vistas que muestran pasos del método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por capas de acero inoxidable, donde (a) muestra un bloque apilado obtenido apilando componentes de revestimiento sobre las caras principales de un componente central, en forma de sándwich; (b) muestra un método para disponer los protectores y las lengüetas alrededor del bloque apilado; (c) muestra cómo se posicionan los componentes de revestimiento, los protectores y las lengüetas; y (d) muestra la unión de los componentes de revestimiento con los protectores y con las lengüetas en las respectivas regiones limítrofes;

las Figuras 3 son vistas adicionales que muestran pasos del método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, del método de la Figura 2, donde (a) muestra un material compuesto unido, constituido por el componente central, los componentes de revestimiento y los protectores, el cual se obtiene al retirar las lengüetas y las porciones prolongadas de los protectores unidos con las lengüetas de la Figura 2(d), (b) muestra la unión en cada región limítrofe en las caras de los extremos laterales, que no tienen protectores sobre ellas, para el material compuesto unido, constituido por el componente central, los componentes de revestimiento y los protectores, después de fijar las lengüetas al material compuesto unido, y (c) muestra una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, obtenida al retirar las lengüetas;

las Figuras 4 son vistas que muestran pasos del método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, del método de la Figura 1, donde (a) muestra, con detalle, un método para unir el componente de revestimiento con los protectores y con las lengüetas en las respectivas regiones limítrofes, y (b) muestra, con detalle, un método para unir el componente central con los componentes de

revestimiento y con los protectores en las correspondientes regiones limítrofes en un bloque combinado; las Figuras 5 son vistas que muestran pasos del método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, del método de las Figuras 2 y 3, donde (a) muestra, con detalle, un método para unir los componentes de revestimiento con los protectores y con las lengüetas en las respectivas regiones limítrofes, y (b) muestra, con detalle, un método para unir cada región limítrofe sobre una cara del extremo lateral que no tiene protector sobre ella, para el material compuesto unido, constituido por el componente central, los componentes de revestimiento y los protectores, después de fijar las lengüetas al material compuesto unido;

Las Figuras 6 muestran esquemáticamente la depresión del cordón de soldadura y la caída del cordón de soldadura, donde (a) es una vista en corte transversal del cordón en una soldadura en dirección vertical, y (b) es una vista en corte transversal del cordón en una soldadura en una dirección horizontal;

Las Figuras 7 muestran una estructura de una pila de combustible del tipo polímero sólido, donde (a) es una vista en despiece ordenado de una pila para la pila de combustible (pila unidad), y (b) es una vista en perspectiva de la pila de combustible; y

Las Figuras 8 son vistas que muestran estructuras de piezas brutas original para láminas revestidas, formadas por tres capas de acero inoxidable, usadas en los ejemplos, donde (a) muestra la estructura de un ejemplo de la invención según las figuras 1 y 4, y (b) muestra la estructura de un ejemplo de la invención según las Figuras 2 y 5.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

Como se describió anteriormente, la presente invención se refiere a un método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, y a métodos para producir una chapa y una lámina de acero inoxidable para un separador de una pila de combustible del tipo polímero sólido, que usa dicha pieza bruta original para la lámina de acero. La presente invención describirá además con detalle.

1. Componentes de una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable

La lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, comprende un acero inoxidable que tiene un contenido de B de 0 a 0,3% como componente que forma una capa central, y un acero inoxidable que tiene un contenido de B de 0,3 a 2,5%, como componente que forman capas de revestimiento que se van a combinar cada una de ellas con cada una de las caras principales del componente que forma la capa central, en forma de sándwich. El acero inoxidable del revestimiento y el acero inoxidable del centro tienen las siguientes estructuras.

1-1. Acero inoxidable de revestimiento

El acero inoxidable de revestimiento se combina con cada cara principal del acero inoxidable del centro para formar una lámina de acero revestida. Cuando su contenido de B es inferior al 0,3%, el número de proyecciones de boruro que afloran de la superficie cubierta con una película pasivada y que quedan expuestas al aire se reduce, dando como resultado una incrementada resistencia eléctrica en el contacto (de ahora en adelante denominada también "resistencia de contacto").

Cuando el contenido de B excede el 2,5%, no se puede asegurar la capacidad de conformado necesaria para trabajarla y transformarla en un separador. Por lo tanto, el contenido de B del acero inoxidable de revestimiento se establece que sea del 0,3 al 2,5%. El contenido de B es, por conveniencia, del 0,8 al 2%.

1-2. Acero inoxidable del centro

En el acero inoxidable del centro es más preferible un contenido más pequeño de B y, por eso, se establece que el contenido sea del 0 al 0,3%. Cuando el contenido de B excede el 0,3%, se puede producir agrietamiento durante la laminación en caliente. Por lo tanto, aunque el acero inoxidable del centro puede estar exento de B, el contenido de B, se controla al 0,3% o menos. El acero inoxidable del centro tiene, por conveniencia, una composición química similar a la del acero inoxidable de revestimiento, aunque puede ser o bien un acero inoxidable ferrítico o una acero inoxidable austenítico.

Cuando los metales que van a contactar unos con otros tiene composiciones químicas muy diferenciadas, aumenta la diferencia de potencial entre ellos, dando como resultado que se promueva la corrosión. En la presente invención, el diseño de un componente se realiza, por conveniencia, de manera que se minimice la diferencia de potencial

entre los aceros inoxidables usados como componentes de revestimiento y como componente central, con el fin de asegurar la resistencia a la corrosión de la lámina revestida de acero inoxidable.

En el método de producción de la pieza bruta original para la lámina de acero especificada en el método de la Figura 1, se establece que el tamaño del componente central sea más grande o más pequeño que la dimensión total de los componentes del revestimiento y los protectores como se especifica en la quinta invención. La razón es evitar la formación de gotas del metal de soldadura cuando se suelda con haz de alta energía dirigido paralelo a un plano de trabajo de la superficie del componente central o de la superficie del componente de revestimiento (o soldadura horizontal).

Cuando se establece que la anchura y/o la longitud del componente central sean mayores que la anchura y/o la longitud total del componente de revestimiento y los protectores (material compuesto unido) al preparar un bloque combinado, las regiones limítrofes entre el material compuesto unido (constituido por el componente de revestimiento superior y los protectores) y el componente central se van a soldar en primer lugar, y la soldadura de las regiones limítrofes entre el material compuesto unido inferior (compuesto por el componente de revestimiento inferior y los protectores) y el componente central se realiza después de dar la vuelta al bloque combinado de estos componentes. Cuando la anchura y/o la longitud del componente central es más pequeña que la anchura y/o la longitud total del componente de revestimiento y los protectores (material compuesto unido), por el contrario, las regiones limítrofes entre el material compuesto unido inferior (constituido por el componente de revestimiento inferior y los protectores) y el componente central se va a soldar en primer lugar, y la soldadura de las regiones limítrofes entre el material compuesto unido superior (constituido por el componente de revestimiento superior y los protectores) y el componente central se realiza después de dar la vuelta al bloque combinado de estos componentes.

2. Pasos globales en la producción de una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable.

Los pasos para producir una pieza bruta para una lámina de acero revestida se describirán luego. El método de producción (método de montaje) de la pieza bruta original para una lámina de acero revestida incluye dos clases de métodos de montaje, el método denominado "Método A de montaje" o el método denominado "Método B de montaje".

2-1. Método A de montaje

Las Figuras 1 son vistas que muestran los pasos en el método para producir una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable de la cuarta invención, donde (a) muestra un método para disponer los protectores y las lengüetas sobre un componente de revestimiento, (b) muestra cómo se posicionan el componente de revestimiento, los protectores y las lengüetas, (c) muestra la unión del componente de revestimiento con los protectores y con las lengüetas en las respectivas regiones limítrofes, (d) muestra un material compuesto unido constituido por el componente de revestimiento y los protectores, obtenido al retirar las lengüetas y las porciones prolongadas de los protectores unidos con las lengüetas, y (e) muestra una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, obtenida apilando los materiales compuestos unidos, constituidos por el componente de revestimiento y los protectores sobre ambas caras principales de un componente central, y la unión en cada región limítrofe de todas las caras de los extremos laterales del bloque apilado. Luego se describirá cada paso.

1) Paso 1

En el Paso 1, se dispone de protectores 3, según la presente invención, con una longitud superior a la longitud de las caras 22 de los extremos laterales de un componente 2 de revestimiento, sobre las caras 22 de los extremos laterales, diferentes a un plano 21 de trabajo, del componente 2 de revestimiento, y las lengüetas 4 se disponen para que estén en una relación de contacto total con una prolongación 32 de la superficie 31 del protector para estar en máximo contacto con la cara 22 del extremo lateral del componente de revestimiento, donde la prolongación 32 es una porción de longitud extra que excede la longitud de la cara 22 del extremo lateral del componente 2 de revestimiento.

Para evitar el agrietamiento en la soldadura durante la unión en las regiones limítrofes 6 entre el componente 2 de revestimiento y los protectores 3, y en las regiones limítrofes 5 entre las lengüetas 4 y los protectores 3, los protectores 3 y las lengüetas 4 de soldadura se disponen convenientemente sobre el componente 2 de revestimiento mientras que se interponen insertos 12 que contienen B en las respectivas regiones limítrofes. Cada cara del componente central 1 que se va a revestir con los componentes 2 de revestimiento está convenientemente sometida a un maquinizado preliminar abrasivo. Como método de maquinización de la cara apropiada para hacer el revestimiento se puede adaptar, por ejemplo, el laminado.

2) Paso 2

En el Paso 2, se realiza la unión entre las lengüetas 4 y los protectores 3 dispuestos en el Paso 1 y entre el componente 2 de revestimiento y los protectores 3 en las respectivas regiones 5 y 6, empezando en las regiones limítrofes 5 entre las lengüetas 4 y los protectores 3. La razón para comenzar la unión en las regiones limítrofes 5 entre las lengüetas 4 y los protectores 3 es evitar la caída del cordón de soldadura al unir mediante soldadura con alta densidad de energía, como se describe más adelante. Aquí, la referencia numérica 10 en los dibujos muestra un cordón de soldadura.

10 3) Paso 3

En el Paso 3, se obtiene un material compuesto unido 7, constituido por el componente 2 de revestimiento y los protectores 3, al retirar las lengüetas 4 y las porciones prolongadas de los protectores unidas con las lengüetas 4.

15 4) Paso 4

En el paso 4, los materiales compuestos unidos de los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3, producidos en el Paso 3, se apilan sobre el componente central 1 de manera que cada cara del componente central 1 que se va a revestir esté en contacto con cada superficie principal de los componentes 2 de revestimiento para estar con ellos en una relación de revestimiento y obtener por ello un bloque combinado.

Cada cara apropiada de los componentes 2 de revestimiento que va a estar en una relación de revestimiento con el componente central 1 es sometida, de forma conveniente, a un maquinizado preliminar abrasivo. Como método de maquinización de la cara apropiada para hacer el revestimiento se puede adaptar, por ejemplo, el laminado.

25 5) Paso 5

En el Paso 5, los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3 se unen al componente central 1 en las respectivas regiones limítrofes 13 y 14 en el bloque combinado obtenido en el Paso 4, para obtener por ello una pieza bruta original para una lámina revestida 8, formada por tres capas de acero inoxidable.

La pieza bruta original para la lámina revestida 8, producida mediante los anteriores pasos, se calienta, luego se lamina o se forja para dar una lámina revestida de acero inoxidable, y se produce además un separador de una pila de combustible del tipo polímero sólido o una pila de combustible del tipo polímeros sólido usando la lámina.

35 2-2. Método B de montaje

Las Figuras 2 son vistas que muestran los pasos del método para producir una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, donde (a) muestra un bloque apilado obtenido apilando los componentes de revestimiento sobre las caras de un componente central en forma de sándwich, (b) muestra un método de disponer los protectores y las lengüetas sobre el bloque apilado, (c) muestra cómo se posicionan los componentes de revestimiento, los protectores y las lengüetas, y (d) muestra la unión de los componentes de revestimiento con los protectores y con las lengüetas en las respectivas regiones limítrofes.

Las Figuras 3 son vistas que muestran más pasos del método para producir una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, donde (a) muestra un material compuesto unido, constituido por el componente central, los componentes de revestimiento y los protectores, obtenido retirando las lengüetas y las porciones prolongadas de los protectores unidos con las lengüetas de la Figura 2(d). (b) muestra la unión en cada región limítrofe sobre las caras de los extremos laterales que no tienen protector sobre ellas para formar el material compuesto unido (formado por el componente central, los componentes de revestimiento y los protectores) después de disponer las lengüetas sobre el material compuesto, y (c) muestra una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, obtenido al retirar las lengüetas. Luego se describirá cada paso.

55 1) Paso 1

En el Paso 1, los componentes 2 de revestimiento se apilan sobre el componente central 1 de manera que cada cara apropiada del componente central 1 que se va a revestir esté en contacto con la cara apropiada de los componentes 2 de revestimiento, que van a estar en una relación de revestimiento, para obtener por ello un bloque apilado. Las respectivas caras para el revestimiento, en los que se refiere al componente central 1 y a los componentes 2 de revestimiento, son sometidas, de forma conveniente, a un maquinizado preliminar abrasivo. Como método de maquinización de la cara apropiada para hacer el revestimiento se puede adaptar, por ejemplo, el laminado.

65

2) Paso 2

5 En el Paso 2, los protectores 3, con un espesor que cubre el espesor total ($t_0 + t_1$) del bloque apilado obtenido en el Paso 1, según la presente invención, y una longitud superior a la longitud de las caras 22 de los extremos laterales del bloque apilado, se disponen sobre las caras 22 de los extremos finales diferentes de su plano 21 de trabajo, y las lengüetas 4 se disponen en una relación de máximo contacto con una prolongación 32 de la superficie 31 de los protectores con el fin de estar en total contacto con la superficie 22 del extremo lateral del componente 2 de revestimiento, donde la prolongación 32 es una porción extra de longitud que excede la longitud de la cara del extremo lateral del bloque apilado. Para evitar el agrietamiento en la soldadura al realizar la unión en las regiones
10 limítrofes 6 entre los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3, y en las regiones limítrofes 5 entre las lengüetas 4 y los protectores 3, los protectores 3 y las lengüetas 4 se disponen de forma conveniente sobre los componentes 2 de revestimiento mientras que se interponen insertos 12 que contienen B en las respectivas regiones limítrofes.

15 3) Paso 3

En el Paso 3, se realiza la unión entre las lengüetas 4 y los protectores 3, dispuestos en el Paso 2 y entre los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3 en las respectivas regiones limítrofes 5 y 6, empezando en las regiones limítrofes 5 entre las lengüetas 4 y los protectores 3 como punto de partida. La razón para comenzar la
20 unión en las regiones limítrofes 5 entre las lengüetas 4 y los protectores 3 es evitar la caída de metal de soldadura (de ahora en adelante denominada "caída del cordón de soldadura") al unir mediante soldadura con alta densidad de energía, como se describe más adelante.

25 4) Paso 4

En el paso 4, se obtiene un material compuesto primario 7, constituido por el componente central 1, los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3, al retirar las lengüetas 4 y las porciones prolongadas de los protectores unidos con las lengüetas 4.

30 5) Paso 5

En el paso 5, se disponen nuevas lengüetas 41 en las porciones extremas de las regiones limítrofes 6 entre los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3 sobre el plano 21 de trabajo para el material compuesto unido primario 7, constituido por el componente central 1, los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3, formado
35 en el Paso 4, de manera que una de las caras 42 de cada lengüeta forme el mismo plano con la cara 23 del extremo lateral del bloque combinado, sobre la que no se dispone de protector 3 en el Paso 2.

6) Paso 6

40 En el Paso 6, la unión en las regiones limítrofes 13 entre los componentes 2 de revestimiento y el componente central 1 sobre cada cara 23 de los extremos laterales que no tienen protector 3 sobre ellas en el material compuesto unido primario 7, constituido por el componente central 1, los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3, que tienen las lengüetas 41 sobre ellos en el Paso 5, se forma con los protectores 3 como punto de partida, y la unión en las regiones limítrofes 113 entre los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3 y las
45 regiones limítrofes 114 entre el componente central 1 y los protectores 3 sobre la cara 23 del extremo lateral comienza a partir de las lengüetas 41 como punto de partida.

7) Paso 7

50 En el Paso 7, se retiran las lengüetas 41 para obtener por ello una pieza bruta original para una lámina revestida 8, formada por tres capas de acero inoxidable, en la que el componente central 1, los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3 están mutuamente unidos.

55 La pieza bruta original para la lámina revestida 8, producida mediante los pasos anteriores, se calienta y luego se lamina o se forja para dar una lámina revestida de acero inoxidable, y usando la lámina así hecha se produce además un separador de una pila de combustible del tipo polímero sólido o una pila de combustible del tipo polímeros sólido.

3. Integración mediante soldadura por haz de electrones

60 3-1. Soldadura por haz de electrones

Como se describió anteriormente, los ejemplos de soldadura con alta densidad de energía incluyen soldadura por plasma, soldadura por haz de electrones y soldadura por láser. Para evitar problemas tales como la desunión entre
65 los componentes de revestimiento y el componente central, o la desunión de los protectores durante la laminación

en caliente o la laminación en frío, es necesario adoptar un método de soldadura que asegure una elevada fuerza de unión, y desde este punto de vista se usa la soldadura con alta densidad de energía.

5 La aplicación de la soldadura por haz de electrones como soldadura con alta densidad de energía se describirá luego.

10 Se pueden adaptar diversos métodos para unir los planchones usados para producir una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, y por lo general se usa, por ejemplo, soldadura por explosión, soldadura ordinaria, colada, y similares. Concretamente, se ha adaptado de manera considerable el procedimiento de soldadura ya que se puede poner en práctica fácilmente mediante el uso de un aparato sencillo, sin que se requiera ninguna instalación especial.

15 Sin embargo, el procedimiento de soldadura convencional requiere la soldadura de múltiples capas con el fin de evitar la desunión entre los componentes 2 de revestimiento y el componente central 1 durante el trabajo en caliente, y para ello se necesita mucho tiempo de soldadura. Es difícil retirar perfectamente el aire que hay entre el componente central y los componentes de revestimiento en el tiempo de soldadura y, mediante ensayos de ultrasonidos, se puede detectar una serie de defectos resultantes del aire que quedan después del trabajo en caliente.

20 Mediante la soldadura por haz de electrones, se puede eliminar el riesgo de defectos originados por el aire remanente ya que la soldadura se realiza a vacío, con una presión de aire de 0,133 Pa (1×10^{-3} Torr) o menos, y se puede asegurar una resistencia suficiente en una pasada de soldadura. Por lo tanto, la soldadura por haz de electrones puede conseguir una significativa reducción del tiempo de soldadura, comparado con el procedimiento de soldadura convencional, con pocos defectos detectados mediante un ensayo con ultrasonidos y, por eso, tiene características notablemente excelentes tanto de calidad como de rendimiento.

3-2. Planicidad de la cara que se va a apilar

30 Cada cara del componente central y de los componentes de revestimiento destinados a ser apilados, es sometida a maquinización o similar para tener una planicidad de 3 mm o menos. Esto es para asegurar una suficiente función de revestimiento entre las caras apiladas en la laminación en caliente descrita más adelante.

35 Cuando la planicidad excede de 3 mm, tiende a producirse un revestimiento inferior en la laminación en caliente, que es apropiado para dar lugar, en los siguientes pasos, a problemas tales como la desunión de los componentes o a defectos tales como la formación de bultos, y no se puede formar el adecuado cordón de soldadura al soldar la región limítrofe entre el componente central y los componentes de revestimiento. La planicidad se controla, por conveniencia, a 1 mm o menos, desde el punto de vista de la prevención de un revestimiento inferior y de un cordón de soldadura defectuoso en la soldadura limítrofe entre el componente central y los componentes de revestimiento.

40 Para asegurar una relación de revestimiento uniforme en el producto final (relación del espesor de los componentes de revestimiento respecto al espesor total de la lámina de acero revestida), las respectivas distribuciones de los espesores del componente central y de los componentes de revestimiento se minimizan, preferiblemente, tanto como sea posible, además de controlar la planicidad de las superficies que se van a revestir.

45 La planicidad se representa por lo general por la forma ondulada, el pandeo, alabeo, o similares. En la presente invención se adopta la forma ondulada como representación de la planicidad, y la planicidad se especifica por la altura de la onda obtenida poniendo en contacto con las superficies buscadas del componente central y de los componentes de revestimiento, una regla recta de 2 m de longitud.

50 4. Unión del protector

4-1. Condiciones de la unión

55 En la pieza bruta original para una lámina revestida 8, formada por tres capas de acero inoxidable, se puede producir agrietamiento durante el trabajo en caliente ya que los componentes 2 de revestimiento están compuestos de un acero inoxidable que contiene B. Por lo tanto, los protectores 3 se unen a las superficies 22 de los extremos laterales, diferentes al plano 21 de trabajo en caliente del componente 2 de revestimiento. El contenido de B del material para los protectores 3 se controla, de forma conveniente, en el 0,3% o menos. Como se describió anteriormente, los protectores 3 que tienen un contenido de B tan bajo como el 0,3% o menos, se unen a las superficies 22 de los extremos laterales diferentes al plano 21 de trabajo del componente 2 de revestimiento, por lo que se puede evitar el agrietamiento en los bordes durante el laminado.

Ya que los protectores 3 se cortan y se retiran después de la conclusión del laminado, su composición química no se especifica en particular excepto para el B. Los protectores 3 se podrían desunir debido al pandeo durante el trabajo

en caliente. Para evitar esto, la anchura de los protectores 3 (dimensión mostrada por L3 en la Figura 1(a) o en la Figura 2(b)) se establece, por conveniencia, en 10 mm o más.

El acero inoxidable como metal base para los componentes 2 de revestimiento al que se unen los protectores 3, es un acero inoxidable que contiene B, como se describió anteriormente, y la soldadura en combinación con los protectores 3 exentos de B pueden originar agrietamiento debido a la aumentada susceptibilidad al agrietamiento del metal de soldadura. Concretamente, esto es porque el boruro (compuesto bordo) es difícil de generar a partir de la fase líquida en el metal de soldadura diluido con tales protectores 3, y la aniquilación de la fase de bajo punto de fusión se retrasa en virtud del efecto del B.

Por lo tanto, es preferible que se ajuste el contenido de B en los protectores 3 y en el acero inoxidable para los componentes 2 de revestimiento como metal base, y la unión de los protectores 3 se realiza mientras que se sitúa el inserto 12, que contiene B, en forma de una lámina, de una hoja delgada o de polvo, en las regiones limítrofes entre los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3 para evitar el agrietamiento de la soldadura. Cuando se usa el inserto 12 en forma de polvo o similar, se facilita preferiblemente, por ejemplo, una ranura en forma de V en el extremo de la soldadura, en cada región limítrofe de los protectores 3 con los componentes de revestimiento y con las lengüetas 4.

4-2. Condiciones de la soldadura por haz de electrones

1) Dirección de la soldadura, profundidad de la concavidad del cordón, y profundidad de la penetración del cordón, etc.

Las Figuras 4 son vistas que muestran pasos del método para producir una pieza bruta original para un lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable del Método A de montaje, donde (a) muestra, con detalle, un método para unir el componente de revestimiento con los protectores y con las lengüetas en las respectivas regiones limítrofes, y (b) muestra, con detalle, un método para unir el componente central con los componentes de revestimiento y con los protectores en las respectivas regiones limítrofes del bloque combinado.

Las Figuras 5 son vistas que muestran pasos del método para producir una pieza bruta original para un lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable del Método B de montaje, donde (a) muestra, con detalle, un método para unir los componentes de revestimiento con los protectores y con las lengüetas en las respectivas regiones limítrofes, y (b) muestra, con detalle, un método para unir cada región limítrofe de las superficies de los extremos laterales que no tienen protector sobre ellas para formar el material compuesto unido, constituido por el componente central, los componentes de revestimiento y los protectores después de disponer las lengüetas sobre el material compuesto unido.

Como se muestra en la Figura 4(a) y la Figura 5(a), al unir los protectores con los componentes de revestimiento y con las lengüetas en las respectivas regiones limítrofes, la soldadura se lleva a cabo, como se muestra mediante un símbolo V en las figuras, mientras que el soplete de haz de electrones se mueve horizontalmente, orientándose el haz de electrones en una dirección vertical (hacia abajo) hacia el plano 21 de trabajo del componente 2 de revestimiento. La soldadura en semejantes condiciones se denominará en la siguiente descripción "soldadura vertical (hacia abajo)".

Como se muestra en la Figura 4(b), al unir el componente central 1 con los componentes 2 de revestimiento y con los protectores 3, en sus respectivas regiones limítrofes 13 y 14, la soldadura se realiza mientras que se mueve el haz de electrones en una dirección que establece que sea paralela al plano 21 de trabajo del componente 2 de revestimiento. De modo similar, como se muestra en la Figura 5(b), en el material compuesto unido 7, constituido por el componente central 1, los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3 que tienen las lengüetas 41 dispuestas sobre ellos, la soldadura se lleva a cabo mientras que el haz de electrones está orientado hacia la dirección (horizontal) paralela al plano 21 de trabajo del componente 2 de revestimiento, como se muestra mediante H en la figura, en la unión de las regiones limítrofes 13 entre los componentes 2 de revestimiento y el componente central 1 sobre la cara 23 del extremo lateral que no tiene protector sobre ella, así como en la unión entre los componentes 2 de revestimiento y los protectores 3, y entre el componente central 1 y los protectores 3 en las respectivas regiones limítrofes 113 y 114 sobre la cara 23 del extremo lateral. La soldadura en tales condiciones se denomina "soldadura horizontal" en la siguiente descripción.

2) Soldadura vertical

En la soldadura vertical, se puede producir la caída del metal de soldadura en la porción del comienzo de la soldadura si no se dispone de lengüeta, dando como resultado el agrietamiento en la solidificación comenzada a partir de esta porción. Por lo tanto, la soldadura comienza en la parte de las lengüetas, y la corriente de soldadura se controla para aumentar de forma gradual al comienzo de la soldadura y para disminuir de forma gradual al final de la soldadura. Según esto, se puede estabilizar la formación del cordón de soldadura entre los componentes de revestimiento y los protectores del cuerpo principal, mientras que se evita la caída del cordón de soldadura. Además,

incluyendo un cátodo, también se puede esperar una contribución a la protección del equipo, aumentando y disminuyendo la corriente de forma gradual.

5 Las Figuras 6 muestran esquemáticamente la depresión del cordón 10 de soldadura y la caída del cordón de soldadura, donde (a) es una vista en corte transversal de un cordón en una soldadura vertical, y (b) muestra una vista en corte transversal de un cordón en una soldadura horizontal.

10 Cuando se aumenta la profundidad del cordón de soldadura estableciendo un gran corriente de soldadura en la soldadura vertical (dirección V), como se muestra en la misma figura (a), se produce una concavidad del cordón (depresión) en una porción central del cordón en una sección vertical respecto a la dirección del cordón de soldadura, y se produce una convexidad del cordón (proyección) a ambos lados del cordón. No es conveniente dejar semejante cordón como tal y como está, ya que el cordón con ambos lados proyectados queda sobre la superficie como defecto superficial en el siguiente proceso de laminación.

15 Cuando la profundidad de la concavidad del cordón, desde la superficie de una pieza de trabajo que se va a soldar, viene dada por el símbolo A, es conveniente controlar un valor de A de 5 mm o menos, para evitar tales defectos superficiales procedentes de la convexidad del cordón y en el proceso de laminación.

20 Cuando el valor de A excede de 5 mm después de la soldadura vertical, es preferible que se realice una soldadura cosmética para rellenar la porción deprimida, transfiriendo el metal de las porciones proyectadas situadas a ambos lados de la porción deprimida con el fin de controlar que el valor de A sea de 5 mm o menos. Cuando se deja parcialmente la porción proyectada incluso después de la soldadura cosmética, la porción proyectada que queda se retira haciendo uso de una rectificadora o de una muela abrasiva. Ya que la porción deprimida (porción cóncava) es pequeña, y las porciones proyectadas localizadas situadas a ambos lados de la porción deprimida son también pequeñas en el caso de una baja corriente de soldadura, únicamente se retiran las porciones proyectadas haciendo uso de una rectificadora o de una muela abrasiva.

25 Además, para evitar la desunión entre los protectores y los componentes de revestimiento durante la laminación y para asegurar un efecto suficiente que evite el agrietamiento de los bordes, el valor de la profundidad B del cordón se establece, por conveniencia, en 15 mm o más, con el fin de asegurar una suficiente resistencia de la estructura soldada.

3) Soldadura horizontal

35 En la soldadura horizontal (dirección H), se puede producir la caída del cordón de soldadura 11, como se muestra en la Figura 6(b). No es conveniente la aparición de la caída del cordón de soldadura 11 ya que esta porción se puede desprender durante la laminación, originando defectos en la superficie laminada.

40 Para evitar esto, es eficaz facilitar un paso entre el componente central y los componentes de revestimiento, estableciendo una anchura y/o una longitud del componente central mayor o más pequeña que la anchura y/o la longitud total de los componentes de revestimiento y los protectores, como se describirá más adelante.

45 En la soldadura horizontal, aunque se puede evitar una caída del cordón de soldadura en las posiciones del comienzo y del final de la soldadura, disponiendo las lengüetas de manera similar a como están en la soldadura vertical, este método no conviene, ya que se reduce la eficacia de la operación. La caída del cordón de soldadura en las posiciones del comienzo y del final de la soldadura se evita de manera conveniente, como se describió anteriormente, aumentando y disminuyendo la corriente de soldadura de una manera gradual al comienzo y al final de la soldadura.

50 Si se produce la caída del cordón de soldadura, mostrada en la Figura 6(b), a pesar de la operación anteriormente descrita, se vuelve a rellenar una porción deprimida formada por la caída del cordón mediante soldadura cosmética, y se retira una porción de la caída del cordón de soldadura haciendo uso de una rectificadora o de una muela abrasiva.

55 5. Tamaños del componente central, de los componentes de revestimiento y de los protectores

60 En el método de producción de una pieza bruta original para la lámina de acero según el método de la Figura 1, en particular, para evitar la caída del cordón en la soldadura horizontal, es conveniente establecer la anchura y/o la longitud del componente central mayor que, o más pequeña que, la anchura y/o la longitud total de los componentes de revestimiento y los protectores en el material compuesto unido, constituido por los componentes de revestimiento y los protectores, dentro del intervalo de menos de 7 mm por un extremo lateral, dentro de un plano paralelo al plano de trabajo, mediante laminación o forja, como se especifica en las reivindicaciones.

65 La caída del metal de soldadura en la soldadura por haz de electrones se puede evitar convenientemente, estableciendo la anchura y/o la longitud del componente central mayor que, o más pequeña que, la anchura y/o la

longitud total de los componentes de revestimiento y los protectores en el material compuesto unido, constituido por los componentes de revestimiento y los protectores. En este caso, cuando la anchura y/o la longitud del componente central es L1, y la anchura y/o la longitud total de los componentes de revestimiento y los protectores en el material compuesto unido, constituido por los componentes de revestimiento y los protectores, es L2, como se muestra en la Figura 1(a), el efecto anteriormente mencionado no se puede exhibir suficientemente incluso si la relación representada por $L1 > L2$, o $L1 < L2$ se satisface simplemente, y es conveniente establecer que el tamaño del componente central sea mayor o más pequeño en cada extremo lateral dentro del intervalo de menos de 7 mm por un extremo lateral.

La cantidad de tamaño del componente central que hay que aumentar o disminuir, a la anchura y/o a la longitud total de los componentes de revestimiento y los protectores es además, por conveniencia, de 0,5 a 7 mm por un extremo lateral, desde el punto de vista de evitar la caída de metal de soldadura. Sin embargo, ya que el agrietamiento en los borde puede ser originado por la tracción en la laminación si la cantidad a aumentar o a disminuir el tamaño del componente central excede de 5 mm por un extremo lateral, el tamaño del componente central se establece además, por conveniencia, que sea mayor, o más pequeño, dentro del intervalo de 0,5 mm o más, y menos de 5 mm por un extremo lateral.

El componente central está además, por conveniencia, sometido a biselado, desde el punto de vista de evitar la caída del metal de soldadura y el agrietamiento.

6. Espesor del componente de revestimiento y del componente central y propiedades de elongación del material

Las propiedades de elongación (ductilidad) de los aceros revestidos influyen significativamente sobre la capacidad de estampación de la lámina de acero revestida, compuesta de tres capas. La elongación de la lámina de acero revestida está representada por la siguiente Ecuación (3),

$$\varepsilon_0 \times t_{s0}/(t_{s0} + t_{s1}) + \varepsilon_1 \times t_{s1}/(t_{s0} + t_{s1}) \quad (3)$$

donde t_{s0} (mm) es el espesor de pared del componente central en forma de chapa de acero, t_{s1} (mm) es el espesor de pared total de los dos componentes de revestimiento en forma de chapa de acero, y ε_0 (%) y ε_1 (%) son las elongaciones del componente central y de los componentes de revestimiento, respectivamente, como características del material de una lámina producto, justamente antes de la estampación.

Ya que los componentes de revestimiento y el componente central que constituyen la pieza bruta original para la lámina de acero revestida reducen su espesor en un estado en el que se unen mutuamente mediante laminación o forja, y se transforman en una lámina de acero revestida, los valores de la relación $t_{s0}/(t_{s0} + t_{s1})$ y los de la relación $t_{s1}/(t_{s0} + t_{s1})$ de la Ecuación (3) son iguales a los de la relación $t_0/(t_0 + t_1)$ y los de la relación $t_1/(t_0 + t_1)$ de la Ecuación (2) en la situación de la pieza bruta original para una lámina de acero revestida, respectivamente. Por consiguiente, ajustando el espesor de los componentes de revestimiento y el componente central en la pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, se puede ajustar la relación de los espesores de pared de los componentes de revestimiento y del componente central en el acero revestido que forma tres capas de acero inoxidable, por lo que se pueden controlar las propiedades de elongación de una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable.

Cuanto más excelente es la elongación de la lámina de acero revestida, mejor es la capacidad de conformado. A partir de exámenes teóricos de los presentes inventores, se descubrió que se puede producir agrietamiento en el proceso de estampación de la lámina de acero revestida para darle una forma de separador de una pila de combustible, cuando la elongación calculada mediante la Ecuación (3), es decir, el valor de la elongación ε_M calculado mediante la Ecuación (2), es inferior al 40%, como se describe más adelante. Por lo tanto, el espesor de los componentes de revestimiento y del componente central, y las elongaciones que son características del material de los componentes de revestimiento y de los componentes centrales, se ajustan o se seleccionan convenientemente, de manera que el valor obtenido mediante la Ecuación (2) sea el 40% o más.

Con el fin de exhibir un comportamiento de la batería por igual en cada componente de revestimiento, los componentes de revestimiento que se van a unir totalmente sobre las superficies principales del componente central, por conveniencia, tienen el mismo espesor. Con respecto a las elongaciones ε_0 (%) y ε_1 (%), que son características del material del componente central y de los componentes de revestimiento, cada uno de los componentes que se va a usar es sometido, convenientemente, a un ensayo de tracción antes de la producción de la pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, y con ello se adapta cada valor medido obtenido (valor medio en el caso de múltiples ensayos).

65

7. Producción de una lámina de acero revestida usando una pieza bruta original para la lámina de acero revestida

5 Cuando la temperatura de calentamiento de un material que contiene B para la lámina de acero revestida es inferior a 1000°C, se puede producir la desunión durante la laminación ya que aumenta la deformación plástica durante la laminación debido a la baja temperatura. Cuando la temperatura de calentamiento excede los 1200°C, se puede producir agrietamiento debido a la fusión del boruro. Por estas razones, la temperatura de calentamiento de la pieza bruta original para la lámina de acero revestida se establece, por conveniencia entre 1000 y 1200°C y, más convenientemente, entre 1050 y 1200°C.

10 Desde el punto de vista de evitar el agrietamiento de los bordes, en el trabajo en caliente se prefiere más una temperatura de acabado más alta. Cuando la temperatura después del trabajo en caliente es inferior a 600°C, se deteriora la tenacidad. Por lo tanto, en la laminación de chapas, la laminación de bandas en caliente para productos en forma de lámina, y similares, se establece, por conveniencia, que la temperatura final de laminación sea de 600°C o más alta.

15 Ya que la laminación de bandas en caliente implica una alta reducción de tamaño, aplicar directamente la laminación de bandas en caliente a un planchón (pieza bruta original) unido mediante soldadura por haz de electrones tal y como está, puede inducir a problemas de laminación tales como la desunión, cosa que no se desea. Por lo tanto, las superficies de la interfase para revestir, en lo que respecta al componente central y a los componentes de revestimiento, se unen juntas, preferiblemente, por presión, en virtud de la unión por difusión debida a la laminación de chapas o a la forja, antes de la laminación de bandas en caliente.

20 Las Figuras 7 muestran una estructura de una pila de combustible del tipo polímero sólido, donde (a) es una vista en despiece ordenado de una pila para la pila de combustible (pila unidad), y (b) es una vista en perspectiva de una pila de combustible. Como se muestra en las mismas figuras, una pila 15 de combustible es un montaje de pilas unidad. La pila unidad comprende un electrolito 16 de polímero sólido, una membrana del electrodo del lado del combustible (ánodo) 17, laminada sobre una de sus superficies, una membrana del electrodo catódico (cátodo) 18 laminada sobre su otra superficie, y separadores 19a y 19b laminados sobre ambos lados exteriores de las membranas, como se muestra en la misma figura (a).

25 El gas combustible G1 (hidrógeno o gas que contiene hidrógeno) se distribuye a través de los canales 20a de flujo, provistos en el separador 19a, para suministrar hidrógeno a la membrana 17 de electrodo del lado del combustible. El gas oxidante G2, como por ejemplo el aire, se distribuye a través de los canales 20b de flujo, provistos en el separador 19b, para suministrar oxígeno. Se genera una energía eléctrica de corriente continua mediante una reacción electroquímica originada por estos gases suministrados.

30 Cuando se usa la lámina revestida, de la presente invención, formada por tres capas de acero inoxidable, como material separador, como se describió anteriormente, la lámina es trabajada en caliente y luego es sometida a una laminación de bandas en frío, como forma de trabajo en frío para una lámina laminada en frío, seguido de una laminación de acabado, y como resultado se forma mediante estampación una lámina delgada con una forma predeterminada de la sección en corte.

35 Ejemplo 1

40 Para confirmar el efecto de la presente invención, se llevó a cabo el siguiente ensayo usando un material que contenía 0,6% de B, siendo el resto el equivalente al SUS 316L, como componentes de revestimiento, un material equivalente al SUS 316L, exento de B, como componente central, y un material equivalente al SUS 304L, exento de B, como protectores y lengüetas. En la Tabla 1 se muestran las composiciones químicas de cada acero inoxidable usado.

45 Tabla 1

Tabla 1

Componente	Composiciones químicas (% en masa, el resto Fe e impurezas)									Tipo de acero
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	B	
Componente de revestimiento	0,02	0,55	0,95	0,028	0,001	17,5	2,05	12,1	0,60	Contiene B, siendo el resto equivalente al SUS 316L
Componente central	0,02	0,55	0,95	0,028	0,001	17,5	2,05	12,1	-	Equivalente al SUS 316L, exento de B
Protector, lengüeta	0,02	0,35	1,23	0,031	0,002	18,25	0,01	8,12	-	Equivalente al SUS 316L, exento de B

50 En la Tabla 2 se muestran las dimensiones de cada planchón hecho del acero inoxidable anterior que se va a usar para construir la pieza bruta original.

Tabla 2

Tabla 2

Caso Nº	Clase	Componente	Dimensiones del planchón (espesor x anchura x longitud)
Caso 1	Ejemplo de la invención	Componente de revestimiento	60 mm x 1020 mm x 4660 mm
		Componente central	140 mm x 1085 mm x 4665 mm
		Protector	60 mm x 30 mm x 4860 mm
Caso 2	Ejemplo de la invención	Componente de revestimiento	60 mm x 1020 mm x 3550 mm
		Componente central	140 mm x 1090 mm x 3560 mm
		Protector	60 mm x 30 mm x 3750 mm
Caso 3	Ejemplo de la invención	Componente de revestimiento	60 mm x 1020 mm x 4700 mm
		Componente central	140 mm x 1020 mm x 4705 mm
		Protector	255 mm x 30 mm x 4905 mm
Caso 4	Ejemplo comparativo	Componente de revestimiento	60 mm x 1020 mm x 4700 mm
		Componente central	140 mm x 1020 mm x 4705 mm
		Protector	-
Caso 5	Ejemplo comparativo	Componente de revestimiento	140 mm x 1020 mm x 4705 mm
		Componente central	-
		Protector	140 mm x 30 mm x 4905 mm

Nota: El espesor del componente de revestimiento muestra el espesor para cada uno de los dos.

- 5 Las Figuras 8 son vistas que muestran estructuras de las piezas brutas originales para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, usadas en los Ejemplos, donde (a) muestra la estructura de un ejemplo de la invención según el Método A de montaje y (b) muestra la estructura de un ejemplo de la invención del Método B de montaje.
- 10 En el Caso 1 y en el Caso 2, que son ensayos para los ejemplos de la invención mostrados en la misma figura (a), los protectores 3, con un espesor que cubre únicamente el espesor del componente 2 de revestimiento mostrado en la Tabla 2, están unidos a las superficies de los extremos laterales de cada componente 2 de revestimiento, respectivamente, mediante soldadura por haz de electrones.
- 15 Como se muestra en la Tabla 2, la anchura y la longitud del componente central son mayores que la anchura total de la de los componentes de revestimiento y la de los protectores y que la longitud de los componentes de revestimiento en 2,5 mm por cada uno de los cuatro extremos laterales diferentes a los planos de trabajo en el Caso 1, y en 5 mm por cada de los cuatro extremos laterales diferentes a los planos de trabajo en el Caso 2.
- 20 En el Caso 3, que es el ensayo para el ejemplo de la invención mostrado en la misma figura (b), dos componentes 2 de revestimiento con un espesor de 60 mm se apilan sobre ambas superficies, superior e inferior, del componente central 1 con un espesor de 140 mm, respectivamente, y los protectores 3, con un espesor que cubre sustancialmente el espesor completo del bloque apilado, se unen mediante soldadura por haz de electrones a las superficie de los extremos laterales del bloque apilado, diferentes a los planos de trabajo. Una diferencia admisible en el espesor entre el bloque apilado y los protectores 3 es aproximadamente de ± 10 mm, y el espesor de los protectores es inferior en 5 mm en el ejemplo de la Tabla 2.
- 25 En el Caso 4, que es el ensayo para un ejemplo comparativo, una pieza bruta original para la lámina de acero revestida, se produjo usando planchones de la misma anchura y longitud para cada uno de los componentes de revestimiento y para el componente central, respectivamente, sin protectores.
- 30 En el Caso 5, que es el ensayo para otro ejemplo comparativo, no se produjo una pieza bruta original para la lámina de acero revestida, sino una pieza bruta original para una lámina de acero, uniendo protectores a las superficies de los extremos laterales opuestos de un planchón de un material equivalente al SUS 316L que contenía B.
- 35 En el Caso 1 y en el Caso 2, las piezas brutas originales para la lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, se produjeron mediante los pasos mostrados en los Pasos 1 a 5 del Método A de montaje, usando cada componente mostrado en la Tabla 1 y en la Tabla 2. La unión de cada componente se realizó mediante soldadura por haz de electrones.
- 40 En el Paso 1, cada una de las superficies del componente de revestimiento que se va a unir totalmente con los protectores fue maquinizada de forma abrasiva mediante una fresadora para tener una planicidad de ± 1 mm o menos.
- 45 En el Paso 2, los protectores se unieron con las lengüetas y con el componente de revestimiento en las respectivas regiones limítrofes, comenzando en las regiones limítrofes entre las lengüetas y los protectores, mediante soldadura principal y soldadura cosmética, siendo ambas soldaduras verticales, bajo las condiciones mostradas en la Tabla 3.

En el Paso 3, se obtuvo un material compuesto unido 7, constituido por el componente de revestimiento y los protectores, cortando y retirando las lengüetas y las porciones prolongadas de los protectores unidos con las lengüetas.

5 En el Paso 4, cada una de las superficies del componente central que se va a revestir con los componentes de revestimiento fue maquinizada de forma abrasiva con una fresadora para tener una planicidad de ± 1 mm o menos.

10 En el Paso 5, la unión de las regiones limítrofes entre los componentes de revestimiento y el componente central y las regiones limítrofes entre los protectores y el componente central del bloque combinado obtenido en el Paso 4 se realizó mediante soldadura principal y soldadura cosmética, siendo realizadas ambas soldaduras horizontales, bajo las condiciones mostradas en la Tabla 3.

15 En el ensayo del Caso 3, una pieza bruta original para la lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, se produjeron mediante los pasos mostrados en los Pasos 1 a 7 del Método B de montaje. La unión de cada componente se realizó mediante soldadura por haz de electrones. Además, cada superficie de los componentes de revestimiento que se van a revestir con el componente central fue maquinizada de forma abrasiva mediante una fresadora para tener una planicidad de ± 1 mm o menos.

20 En el Paso 3, la unión se llevó a cabo mediante soldadura principal y soldadura cosmética en dirección vertical y en las condiciones mostradas en la Tabla 3, comenzando en las regiones limítrofes entre las lengüetas y los protectores. En el Paso 6, la unión se llevó a cabo mediante soldadura principal horizontal sobre las superficies de los extremos laterales que no tienen protectores dispuestos sobre ellas en el material compuesto unido, constituido por el componente central y los componentes de revestimiento que tienen las lengüetas dispuestas sobre ellos y que se obtuvo en el Paso 5.

30 La Tabla 3 muestra las condiciones de la soldadura por haz de electrones, como por ejemplo el valor de la corriente de soldadura y la velocidad de soldadura para la soldadura principal y la soldadura cosmética, siendo ambas soldaduras verticales, y para la soldadura principal y la soldadura cosmética, siendo ambas soldaduras horizontales, respectivamente.

Tabla 3

Tabla 3

Alineamiento de la soldadura Soldadura principal/Soldadura cosmética	Valor de la corriente de soldadura (mA)	Velocidad de soldadura (mm/minuto)
Soldadura principal, soldadura vertical	350	100
Soldadura cosmética, soldadura vertical	250	200
Soldadura principal, soldadura horizontal	300	500
Soldadura cosmética, soldadura horizontal	150	400

35 La Tabla 4 muestra la profundidad de la concavidad (A) del cordón y la profundidad de la penetración del cordón (B), en un corte transversal del cordón de soldadura.

Tabla 4

Tabla 4

Caso N°	Cada dimensión de la sección de soldadura (mm)	Después de la soldadura principal	Después de la soldadura cosmética
Caso 1	A	7	2
	B	62	62
Caso 2	A	7	2
	B	60	60
Caso 3	A	7	2
	B	62	62
Caso 4	A	-	-
	B	-	-

40 Nota: En el Caso 4 no se da valor para A ni para B, ya que no se usan los protectores y no se necesita soldadura vertical.
Irrelevante para el Caso 5, ya que no es un ensayo de lámina revestida.

45 En cada uno de los Casos 1, 2 y 3, se satisfacen los intervalos deseables especificados, es decir, $A \leq 5$ mm, y $B \geq 15$ mm, con el valor de A de 7 mm después de la soldadura principal, o de 2 mm después de la soldadura cosmética, y el valor de B de 60 a 62 mm, como se muestra en la misma Tabla.

En el Caso 4, no se necesita soldadura vertical ya que la pieza bruta original para la lámina de acero revestida se produjo sin protectores y, por lo tanto, los valores de A y B son inexistentes.

5 La Tabla 5 muestra los resultados de la evaluación de la soldadura horizontal de las piezas brutas originales para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, producidas como se describió anteriormente.

Tabla 5

Tabla 5

Caso N°	Aspecto del cordón de soldadura	Evaluación
Caso 1	Apenas se observa caída de metal de soldadura	O
Caso 2	Se observa una caída menor de metal de soldadura	Δ
Caso 3	Apenas se observa caída de metal de soldadura (evaluación para las superficies de los extremos frontal y posterior)	O
Caso 4	Se produce casi continuamente la caída de metal de soldadura	X

10 Nota: O: Buen aspecto del cordón de soldadura, casi sin caída de metal de soldadura
 Δ: Se produce caída de metal de soldadura pero no de manera continua, con pocos puntos de incidencia.
 X: Se produce caída de metal de soldadura de una manera casi continua.

15 En la columna de evaluación de la misma Tabla, O muestra que se observó un buen aspecto del de soldadura, casi sin caída de metal de soldadura al soldar con haz de electrones, Δ muestra que se produce la caída de metal de soldadura pero no de una manera continua, con pocos puntos de incidencia, y X muestra que la caída del metal de soldadura se produce de una manera casi continua.

20 Los ensayos de los Casos 1 y 2 están relacionados con ejemplos de la invención que satisfacen las condiciones preferidas de la invención. El ensayo del Caso 3 está relacionado con un ejemplo de la invención que satisface perfectamente las condiciones preferidas de la invención. El ensayo del Caso 4 está relacionado con un ejemplo comparativo que no cumple los requisitos tales como la disposición de los protectores, la unión de los protectores con los componentes de revestimiento, la retirada parcial de los protectores, la unión de los protectores con el componente central, y similares, en los Pasos 1 a 5 especificados por el Método A de montaje, ya que no se usan protectores.

25 En los Casos 1 y 3, las piezas brutas originales para la lámina de acero revestida, que tiene cordón de soldadura con buen aspecto, se pudieron obtener ocasionando apenas caída de metal de soldadura en las superficies de los extremos, frontal y posterior, en lugares tan escasos como uno, o menos, por cada superficie de los extremos.

30 En el Caso 2, se produjo caída de metal de soldadura, pero los lugares de caída son tan escasos como 3 a 5 puntos por cada superficie de los extremos, y se pudo obtener de ese modo una pieza bruta original para la lámina de acero revestida mediante algunos arreglos, tales como una soldadura cosmética parcial y rectificado, únicamente en los lugares de la caída del metal de soldadura.

35 En el Caso 4, ya que la caída del metal de soldadura se produjo casi de manera continua en las estructuras soldadas, se llevaron a cabo arreglos para volver a rellenar las porciones deprimidas, formadas por la caída del metal de soldadura, mediante soldadura cosmética y retirada de las porciones de caída de metal de soldadura haciendo uso de una rectificadora sobre la totalidad del perímetro de la estructura soldada de la pieza bruta original para la lámina de acero.

40 Las piezas brutas originales resultantes, para la lámina revestida formada por tres capas de acero inoxidable, se calentaron a 1180°C y se llevó a cabo una laminación de desbaste hasta obtener un espesor de 147 mm para producir, por ello, planchones para la laminación en caliente. Entonces, en el Caso 4, donde no se usó protector, ya que se produjo agrietamiento en las porciones de los bordes, y era probable que esto diera lugar a problemas tales como la ruptura en la posterior laminación en caliente de las piezas de trabajo que se están tratando, el ensayo se detuvo en esta etapa.

45 En los Casos 1, 2 y 3, las piezas brutas originales fueron luego sometidas a tratamiento de los planchones y a laminación en caliente, y a acabado en bobinas laminadas en caliente con un espesor final de pared de 6 mm, finalizando la laminación a 1000°C.

50 Como resultado, en el Caso 1, que es el ensayo para el ejemplo de la invención que satisface las condiciones preferidas, la lámina de acero resultante tenía propiedades satisfactorias a pesar del ligero agrietamiento fino en la porción más exterior de los bordes.

55 En el Caso 2, donde el tamaño del componente central era mayor que la anchura y/o la longitud total de los componentes de revestimiento y los protectores en 5 mm, comparado con el Caso 1, donde el tamaño es mayor en 2,5 mm, se observaron grietas finas en las porciones de los bordes después de la conclusión de la laminación en

caliente. Ya que, en esas condiciones, la laminación en frío puede inducir a problemas tales como la rotura de la pieza de trabajo que se está tratando, que se originan a partir de tales grietas, se quitaron las grietas finas mediante desbarbado en caliente, seguido luego de una laminación en frío.

5 En el Caso 3, además, se obtuvo un resultado satisfactorio sin agrietamiento en los bordes del acero de la lámina, después de la laminación en caliente.

10 Las bobinas calientes fueron sometidas a tratamientos tales como recocido y lavado con ácido, después de un ligero tratamiento para el agrietamiento fino en el Caso1, después del desbarbado en caliente en el Caso 2, y sin tratamiento en el Caso 3, y a un laminado en frío adicional para dar un espesor acabado de pared de 0,15 mm. Como resultado, se pudieron obtener láminas de acero laminadas en frío, con un espesor de 0,15 mm, que son los materiales separadores, sin agrietamiento en los bordes durante la laminación en frío.

15 En los ensayos de los Casos 1, 2 y 3, nunca se produjeron problemas tales como la desunión de la superficie revestida y defectos tales como la formación de bultos en estos pasos, ya que se controló la planicidad de la interfase de revestimiento entre el componente central y los componentes de revestimiento a 1 mm o menos, mediante maquinización.

20 En el Caso 4, que es el ensayo para el ejemplo comparativo, por el contrario no se pudo obtener la lámina de acero para el separador ya que la ejecución de las siguientes laminaciones en caliente y en frío, se hicieron difíciles debido al agrietamiento de los bordes durante la laminación de desbaste, como se describió anteriormente.

25 Como se ha descrito hasta ahora, según el método para producir una pieza bruta original para una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, la pieza bruta original para la lámina de acero, y el método para producir la lámina de acero de la presente invención, se puede producir un separador formado por una lámina de acero inoxidable ultra-delgada que en el pasado ha sido difícil de producir. Concretamente, en el Caso 1, donde el tamaño del componente central es mayor que la anchura y/o la longitud total de los componentes de revestimiento y los protectores, dentro del intervalo de 0,5 mm o más, y menos de 5 mm, por cada extremo lateral, se pudo obtener una lámina de acero ultra-delgada, laminada en frío, con alta eficacia de producción. Se puede obtener el mismo efecto incluso cuando la anchura y/o la longitud del componente central se establece que sea menor que la anchura y/o la longitud total de los componentes de revestimiento y los protectores.

35 En el ensayo del Caso 3 que está relacionado con el ejemplo de la invención de la sexta invención, se puede obtener una lámina de acero ultra-delgada laminada en frío con alta eficacia de producción y alto rendimiento, ya que no sólo se puede omitir el paso de desbarbado de los bordes, sino también el tratamiento para el agrietamiento fino debido a la ausencia de agrietamiento en los bordes.

40 En el Caso 4, donde se unieron los protectores a ambas superficies de los extremos laterales de un único cuerpo de un planchón que contiene B, se produjo una lámina de acero laminada en frío, con un espesor de 0,15 mm, aplicando los pasos de realizar un tratamiento del planchón después de la colada, seguido de la soldadura de los protectores por haz de electrones, y de reducir el espesor a 85 mm mediante forja en caliente, seguido además de laminación en caliente y laminación en frío. Ya que esta lámina de acero no es una lámina de acero revestida, su producción no necesita tener en consideración la caída del cordón relacionada con el trabajo de montaje de la pieza bruta original para la lámina de acero o similar, y no tiene agrietamiento en los bordes en la etapa de arrollado en caliente, los problemas en la producción fueron pocos, comparado con la producción de la lámina de acero revestida.

Ejemplo 2

50 Además, el ensayo de evaluación de la capacidad de estampación se llevó a cabo usando láminas de acero laminadas en frío, obtenidas mediante los ensayos del Ejemplo 1, como un bloque de ensayo.

Los valores de la elongación calculados mediante el miembro izquierdo de la Ecuación (1) y los resultados del ensayo de evaluación de la capacidad de estampación se resumen en la Tabla 6.

55 Tabla 6

Tabla 6

Caso Nº	Clase	Valor del miembro de la izquierda de la Ecuación (1) (%)	Espaciado de la ranuras	
			3 mm	2 mm
Caso 1	Ejemplo de la invención	44,9	O	O
Caso 2	Ejemplo de la invención	44,9	O	O
Caso 3	Ejemplo de la invención	44,9	O	O
Caso 4	Ejemplo comparativo	44,9	-	-
Caso 5	Ejemplo comparativo	32,0	X	X

En los Casos 1 y 2, que son ejemplos de la invención del Método A de montaje, y el Caso 3, que es un ejemplo de la invención del Método B de montaje, el espesor de pared del componente central es 2,3 veces el de un componente de revestimiento, y los valores medidos de la elongación de las láminas revestidas resultantes, formadas por tres capas de acero inoxidable, fueron también satisfactorios con el 46%. El valor de la elongación de la chapa revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, calculado por el miembro de la izquierda de la Ecuación (1) o la Ecuación (2) es del 45%, como se muestra en la Tabla 6, con un valor (ϵ_1) de la elongación del componente de revestimiento del 32%, y un valor (ϵ_0) de la elongación del componente central del 56%. Por lo tanto, en los Casos 1, 2 y 3 de los ejemplos de la invención, el valor medido de la elongación se corresponde sustancialmente con el valor de la elongación calculado.

En el ensayo de evaluación, cada bloque de ensayo se sometió a presión mediante una prensa de $4,9 \times 10^5$ N (50 toneladas-fuerza) que usó una matriz para la producción del separador que tiene una parte de canales de flujo de 50 mm x 50 mm, La matriz tenía una anchura de ranura para conformar un canal de flujo del gas de 2 mm, con una profundidad de la ranura de 0,8 mm, y un espaciado entre las ranuras de 2 mm o 3 mm.

En el resultado del ensayo de evaluación mostrado en la misma Tabla, la ausencia y la presencia de grietas penetradas en un espaciado entre ranuras en cada bloque de ensayo se refleja mediante O y X, respectivamente.

A partir de los resultados del ensayo de evaluación se halló que los Casos 1, 2 y 3, los cuales son ensayos para ejemplos de la invención, y satisfacen que el valor del miembro de la izquierda de la Ecuación (1) es del 40%, o la condición especificada por la undécima invención, muestran una satisfactoria capacidad de estampación, comparada con el Caso 5 que es un ensayo para un ejemplo comparativo. El ensayo de evaluación no se pudo llevar a cabo para el Caso 4 ya que, como se describió anteriormente, se produjo agrietamiento en la laminación de desbaste, antes de proseguir a la laminación en frío.

Se produjo una pila para una pila de combustible (pila unidad) de tipo polímero sólido, mostrada en la Figura 4, usando un separador obtenido mediante estampación de cada lámina de acero resultante, laminada en frío, y evaluada para funcionar en una batería. El resultado se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Tabla 7

Caso N°	Clase	Tasa de reducción del voltaje de la pila unidad
Caso 1	Ejemplo de la invención	<0,02
Caso 2	Ejemplo de la invención	<0,02
Caso 3	Ejemplo de la invención	<0,02
Caso 4	Ejemplo comparativo	-
Caso 5	Ejemplo comparativo	-

Nota: El ensayo de evaluación no se pudo llevar a cabo para el Caso 4, ya que se produjo agrietamiento en la laminación de desbaste antes de proseguir a la laminación en frío.
El ensayo de evaluación no se pudo llevar a cabo para el Caso 5 ya que se produjo agrietamiento en el ensayo de capacidad de conformado.

Se usó gas hidrógeno que tenía una pureza del 99,9999% como gas combustible del lado del electrodo ánodo, y el aire se usó como gas del lado del electrodo cátodo. La presión interna de la pila se controló a $1,013 \times 10^5$ Pa, controlando la humedad, dentro de la pila, en el lado de la entrada de la pila, mientras que conservaba el cuerpo de la pila a $(78 \pm 2)^\circ\text{C}$.

La evaluación de las condiciones de generación de energía eléctrica se realizó de manera continua desde las condiciones de $0,5 \text{ A/cm}^2$ y $0,62 \text{ V}$ por pila unidad. El funcionamiento de la pila se evaluó comparativamente mediante el valor de $[1 - (\text{voltaje de la pila después de 50 horas} / \text{voltaje inicial de la pila})]$ como tasa de reducción del voltaje de la pila unidad, después de un periodo de 50 horas.

A partir de resultado de la evaluación mostrado en la Tabla 7, se ha hallado que las láminas de acero revestidas, formadas por tres capas, de los Casos 1, 2 y 3 tienen una tasa de reducción de voltaje pequeña. Esta tasa de reducción del voltaje es un valor casi igual a la tasa de reducción del voltaje de la lámina de acero compuesta de una única capa del componente de revestimiento.

Aplicabilidad industrial

Según el método de producción de una lámina revestida de la presente invención, formada por tres capas de acero inoxidable, se puede producir una lámina revestida, de acero inoxidable que contiene B, que se puede producir masivamente a bajo coste, con excelente capacidad de trabajo en caliente y capacidad de conformado, y muy

adecuada como separador en una pila de combustible del tipo polímero sólido. Se puede producir un separador y una pila de combustible del tipo polímero sólido con excelentes prestaciones usando la lámina revestida, de acero inoxidable, producida por el método de la presente invención. Por tanto, la presente invención se puede aplicar ampliamente como técnicas para producir una lámina de acero de un separador, un separador y, además, una pila en el campo de la producción de pilas de combustible.

5

REIVINDICACIONES

1. Un método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida (8), formada por tres capas de acero inoxidable, que está compuesta de un componente central (1) y componentes (2) de revestimiento, estando hecho el componente central (1) de un acero inoxidable que tiene un contenido de B de 0 a 0,3% en masa, estando hechos cada uno de los componentes (2) de revestimiento de un acero inoxidable que tiene un contenido de B de 0,3 a 2,5% en masa, y combinados sobre cada cara principal del componente central (1), caracterizado por estar compuesta además la pieza bruta original de protectores (3), cada uno de los protectores (3) con una longitud mayor que la longitud de la superficie del extremo lateral del componente (2) de revestimiento, estando dispuestos sobre cada superficie (22) de los extremos laterales, diferentes al plano de trabajo, el cual es un plano que va a ser sometido a un proceso de trabajo tal como laminación o forja de los componentes de revestimiento, en el que el plano de trabajo es un plano que va a ser sometido a proceso de trabajo, y las caras de los extremos laterales son al menos dos caras de los extremos laterales, opuestas una de otra, excluyendo el plano de trabajo, caracterizado además el método por:
- 15 disponer de lengüetas (4) en cada región limítrofe (5) formada donde se encuentran los componentes (2) de revestimiento y los protectores (3), en la unión de los componentes (2) de revestimiento y los protectores (3); y comenzar la unión en las lengüetas (4).
2. El método de la reivindicación 1, en el que la región limítrofe se forma donde los componentes (2) de revestimiento y los protectores (3) y el componente central (1) se encuentran ellos mismos, y las lengüetas están dispuestas en la unión de los componentes (2) de revestimiento, el componente central (1), y los protectores (3).
3. El método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida (8), formada por tres capas de acero inoxidable, estando combinado cada uno de los componentes de revestimiento con cada una de las caras principales del componente central a través de los pasos mostrados en los siguientes Pasos 1 a 5:
- 25 Paso 1: disponer, sobre las superficies (22) de los extremos laterales diferentes a un plano de trabajo, del componente central (1), los protectores (3), y disponer de lengüetas (4) cada una en una relación de total contacto con una prolongación (32) de la cara del protector para contactar sobre la cara (22) del extremo lateral del componente central (1), donde la prolongación (32) es una porción de longitud extra que excede la longitud de la cara (2) del extremo lateral del componente (2) de revestimiento;
- 30 Paso 2: realizar la unión en las regiones limítrofes (5) entre las lengüetas (4) y los protectores (3) dispuestos en el Paso 1, y entre el componente (2) de revestimiento y los protectores (3), de tal manera que la región limítrofe (5) entre la lengüeta (4) y el protector llegue a ser un punto de partida de la unión;
- 35 Paso 3: retirar las lengüetas (4) y las porciones prolongadas (32) de los protectores (3) unidos con las lengüetas (4) para obtener así un material compuesto unido, constituido por el componente (2) de revestimiento y los protectores (3);
- 40 Paso 4: apilar los materiales compuestos unidos, constituidos por el componente (2) de revestimiento y los protectores (3), producidos en el Paso 3, sobre el componente central (1) de manera que cada cara apropiada del componente central (1), que va a ser revestido, esté en contacto con la cara apropiada de los componentes (2) de revestimiento en una relación de revestimiento con el fin de obtener por ello un bloque combinado; y
- 45 Paso 5: realizar, en el bloque combinado obtenido en el Paso 4, la unión en las regiones limítrofes (13, 14) entre los componentes (2) de revestimiento y el componente central (1), y entre los protectores (3) y el componente central (1), en las respectivas regiones limítrofes para obtener así la pieza bruta original para una lámina revestida (8), formada por tres capas de acero inoxidable.
4. Un método de producción de la pieza bruta original para la lámina revestida (8), formada por tres capas de acero inoxidable, según la reivindicación 1 ó 3, caracterizada porque la anchura y/o la longitud del componente central (1) es, dentro de un plano paralelo al plano de trabajo, mayor o más pequeño que la anchura y/o la longitud total de los componentes (2) de revestimiento y los protectores (3), para el material compuesto unido, dentro del intervalo de menos de 7 mm por cada extremo lateral, y por cada extremo frontal/posterior.
5. El método de producción de una pieza bruta original para una lámina revestida (8), formada por tres capas de acero inoxidable, según la reivindicación 1, estando cada uno de los componentes (2) de revestimiento combinado con cada una de las caras principales del componente central (1) a través de los pasos mostrados por los siguientes Pasos 1 a 7:
- 55 Paso 1: apilar los componentes (2) de revestimiento sobre el componente central (1), de manera que cada cara apropiada del componente central (1) que va a ser revestido, esté en contacto con la cara apropiada de los componentes (2) de revestimiento con el fin de obtener por ello un bloque apilado;
- 60 Paso 2: disponer, sobre las caras de los extremos laterales, diferentes al plano de trabajo, del bloque apilado obtenido en el Paso 1, los protectores (3) con un espesor que cubra el espesor total del bloque apilado, y disponer cada una de las lengüetas en una relación de total contacto con una prolongación (32) de la cara (3) del protector para estar en total contacto con la cara (22) del extremo lateral del bloque apilado, donde la prolongación (32) es una porción de longitud extra que excede a la longitud de la cara (22) del extremo lateral del bloque apilado;

Paso 3: realizar la unión en las regiones limítrofes (5, 6) entre las lengüetas (4) y los protectores (3) dispuestos en el Paso 2, y entre los componentes (2) de revestimiento y los protectores (3), de tal manera que las regiones limítrofes (5, 6) entre la lengüeta (4) y el protector (3) llegue a ser el punto de partida de la unión;

5 Paso 4: retirar las lengüetas (4) y las porciones prolongadas (32) de los protectores (3) unidos con las lengüetas (4) para obtener así un material compuesto unido, constituido por el componente central (1), los componentes (2) de revestimiento y los protectores (3);

10 Paso 5: disponer las lengüetas (41) en las porciones de las regiones limítrofes (6) entre los componentes (2) de revestimiento y los protectores (3) sobre el plano de trabajo del material compuesto unido, constituido por el componente central (1), los componentes (2) de revestimiento y los protectores (3), producido en el Paso 4, de manera que una de las caras de cada lengüeta (4) forme el mismo plano con la cara (23) del extremo lateral sobre la que no se dispone un protector (3) en el Paso 2;

15 Paso 6: realizar, en el material compuesto unido, constituido por el componente central (1), los componentes (2) de revestimiento y los protectores (3), después de haber dispuestas las lengüetas (41) sobre ellos en el Paso 5, la unión de las regiones limítrofes (13) entre los componentes (2) de revestimiento y el componente central (1) sobre las caras (23) de los extremos laterales sobre las que no se dispone de protector (3), de tal manera que el protector (3) llegue a ser un punto de partida de la unión, y además la unión en las regiones limítrofes (113) entre los componentes (2) de revestimiento y los protectores (3) y en las regiones limítrofes (114) entre el componente central (1) y los protectores (3) sobre las caras (23) de los extremos laterales de tal manera que la lengüeta (41) llegue a ser un punto de partida de la unión; y

20 Paso 7: retirar las lengüetas (41) para obtener por ello la pieza bruta original para la lamina formada por tres capas de acero inoxidable.

25 6. El método de producción de la pieza bruta original para la lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la unión se realiza mediante soldadura con alta densidad de energía.

30 7. El método de producción de la pieza bruta original para la lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque cada una de las caras apropiadas del componente central (1) y de los componentes (2) de revestimiento que se van a apilar unas con otras tiene una planicidad de 3 mm o menos.

35 8. El método de producción de la pieza bruta original para la lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, según las reivindicaciones 6 ó 7, caracterizado porque cuando la profundidad de la depresión procedente de una superficie de una pieza de trabajo que se va a soldar viene dada por un símbolo A, y la profundidad del cordón procedente de la superficie de la pieza de trabajo que se va a soldar viene dada por el símbolo B en un corte transversal de una parte soldada mediante soldadura con haz de alta densidad de energía dirigido verticalmente al plano de trabajo, A es 5 mm o menos, y B es 15 mm o más.

40 9. El método de producción de la pieza bruta original para la lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, según la reivindicación 2, en el que la pieza bruta original satisface una relación representada por las siguiente Ecuación (1):

$$\varepsilon_0 \times t_0 / (t_0 + t_1) + \varepsilon_1 \times t_1 / (t_0 + t_1) \geq 40\% \quad (1)$$

45 donde t_0 (mm) es el espesor del componente central, t_1 (mm) es el espesor total de los dos componentes de revestimiento, y ε_0 (%) y ε_1 (%) son elongaciones, como características del material del componente central y los componentes de revestimiento, respectivamente.

50 10. Un método de producción de una chapa revestida, formada por tres capas de acero inoxidable para un separador de una pila de combustible del tipo polímero sólido, caracterizado porque comprende:

calentar la pieza bruta original para la lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, producida mediante el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, a una temperatura de 1000 a 1200°C; y

55 realizar luego un trabajo previo en caliente, con una temperatura de acabado del trabajo de 600°C o superior.

11. Un método de producción de una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable para un separador de una pila de combustible del tipo polímero sólido, caracterizado porque comprende:

60 calentar la pieza bruta original para la lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, producida mediante el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, a una temperatura de 1000 a 1200°C; y

realizar luego una laminación en bruto, una laminación en caliente con una temperatura de acabado de la laminación de 600°C o superior, y una laminación en frío.

12. Un método de producción de una lámina revestida, formada por tres capas de acero inoxidable para un separador de una pila de combustible del tipo polímero sólido, caracterizado porque comprende:
calentar además la chapa revestida, formada por tres capas de acero inoxidable, producida por el método de la reivindicación 10 a una temperatura de 1000 a 1200°C; y
- 5 realizar luego una laminación en bruto, una laminación en caliente con una temperatura de acabado de la laminación de 600°C o superior, y una laminación en frío.
13. Un método de fabricación de un separador de una pila de combustible del tipo polímero sólido, caracterizado por usar el método según la reivindicación 11.
- 10
14. Un método de fabricación de una pila de combustible del tipo polímero sólido, caracterizado por usar el método según la reivindicación 12.

FIG. 1

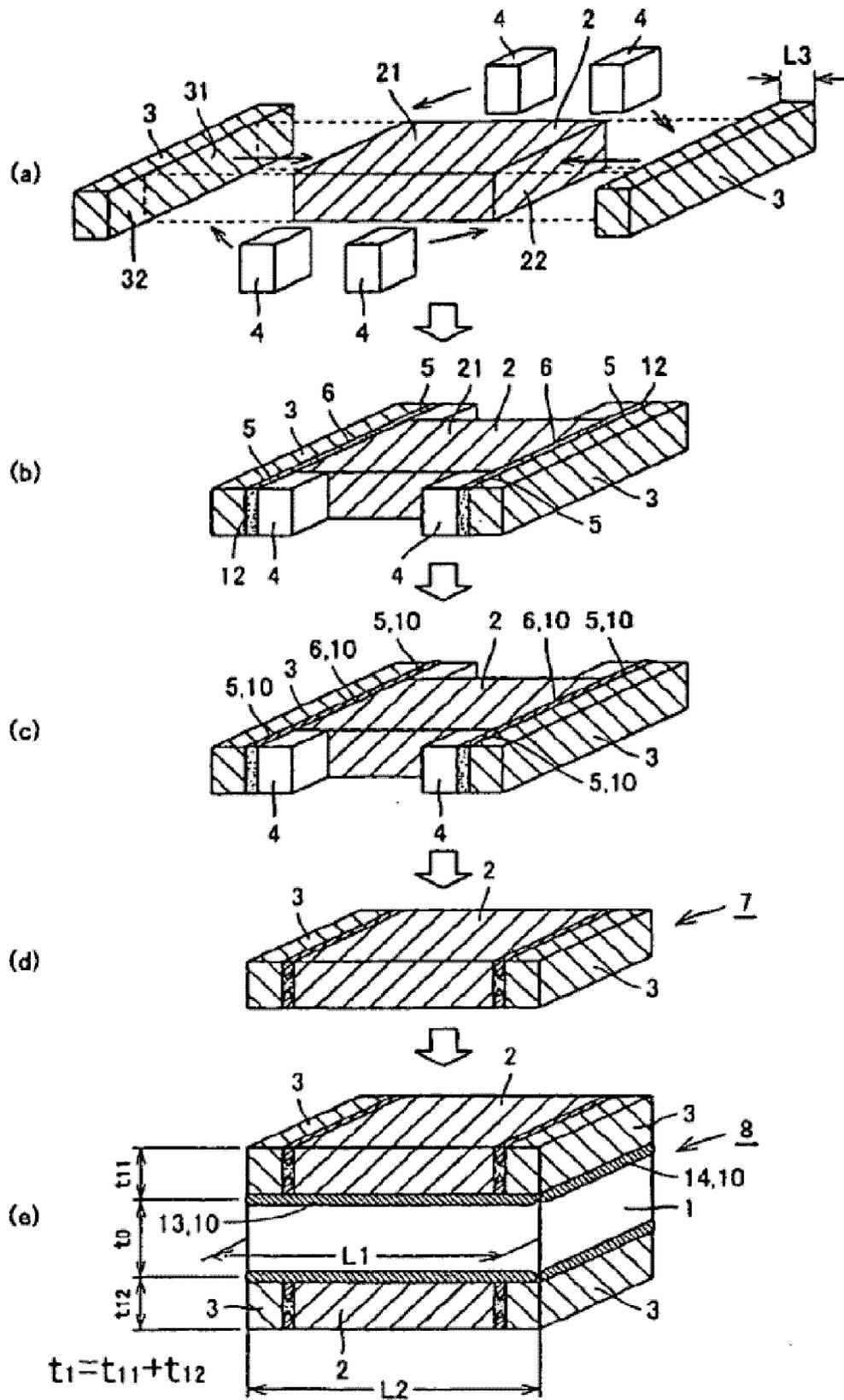


FIG. 2

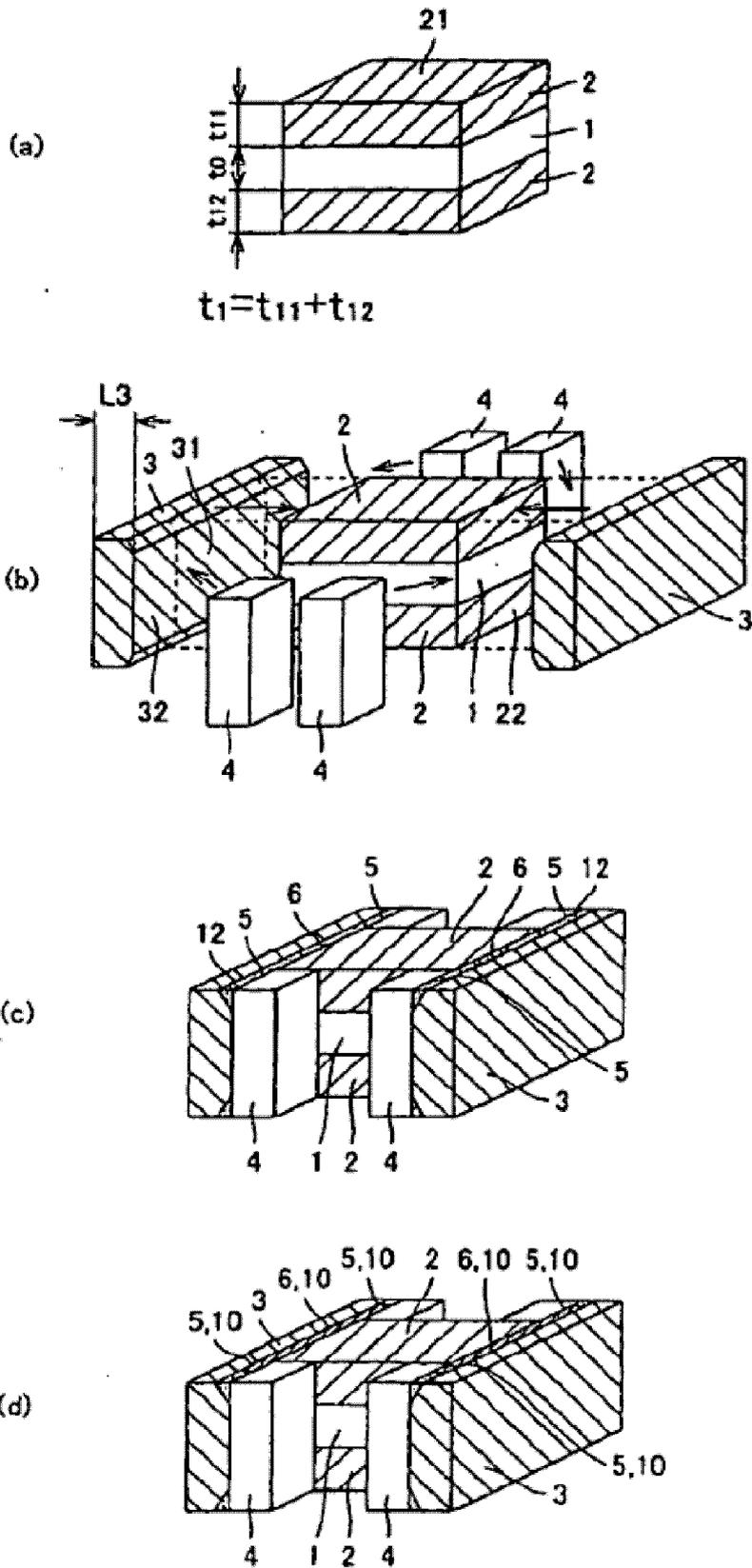


FIG. 3

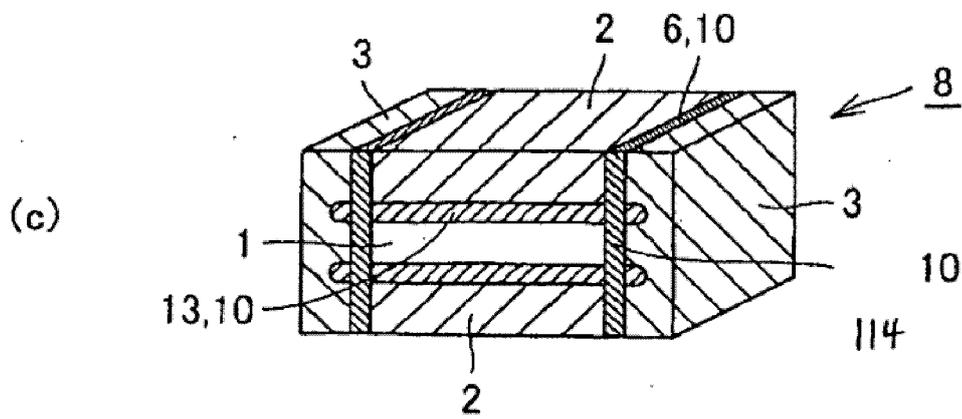
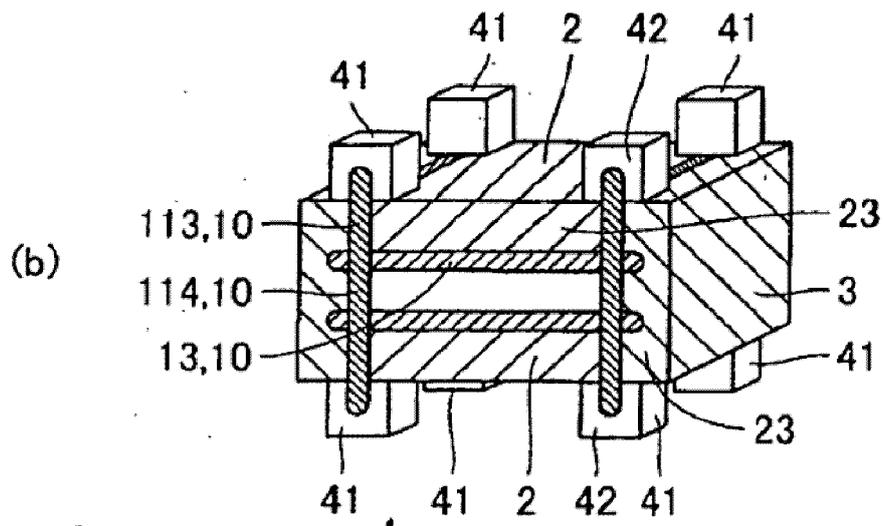
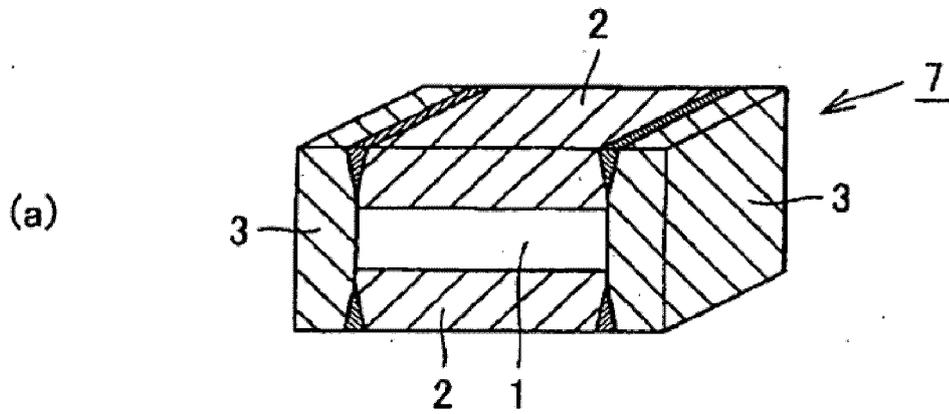


FIG. 4

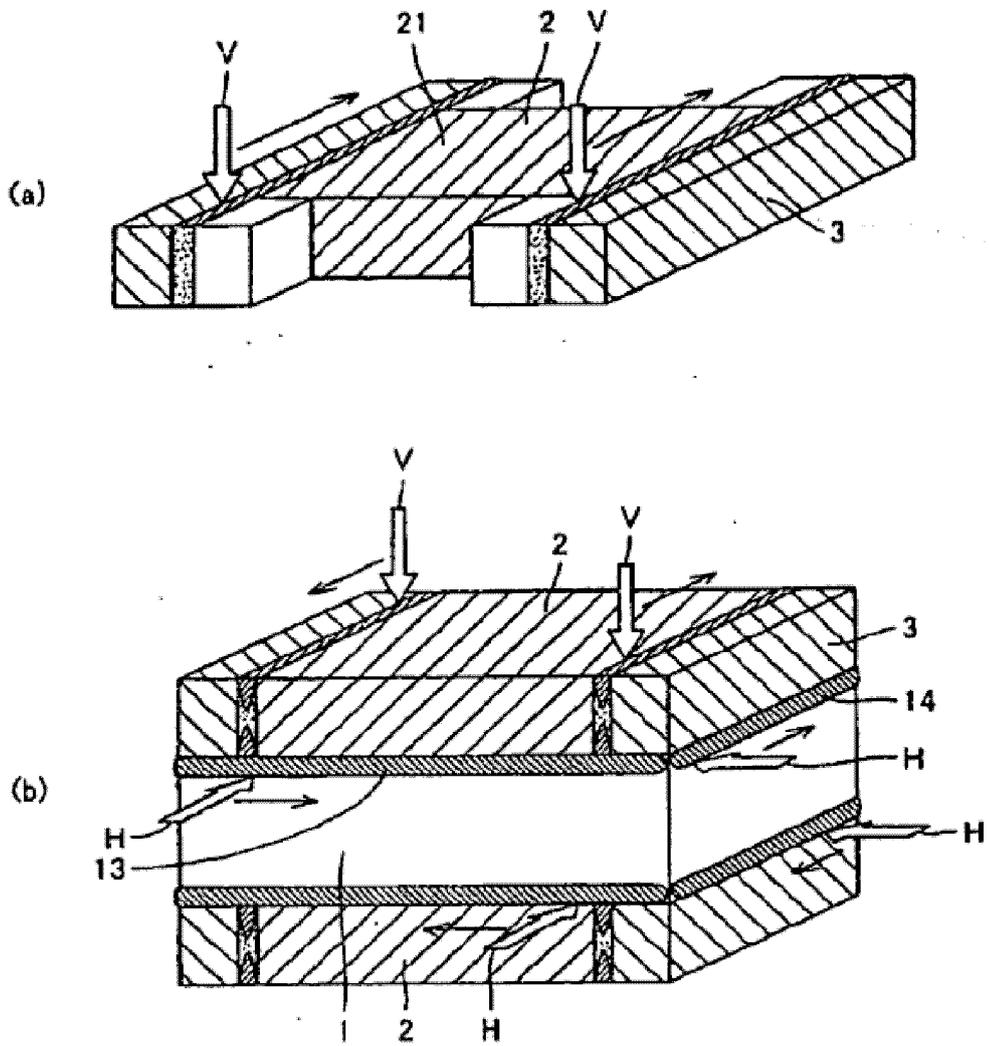


FIG. 5

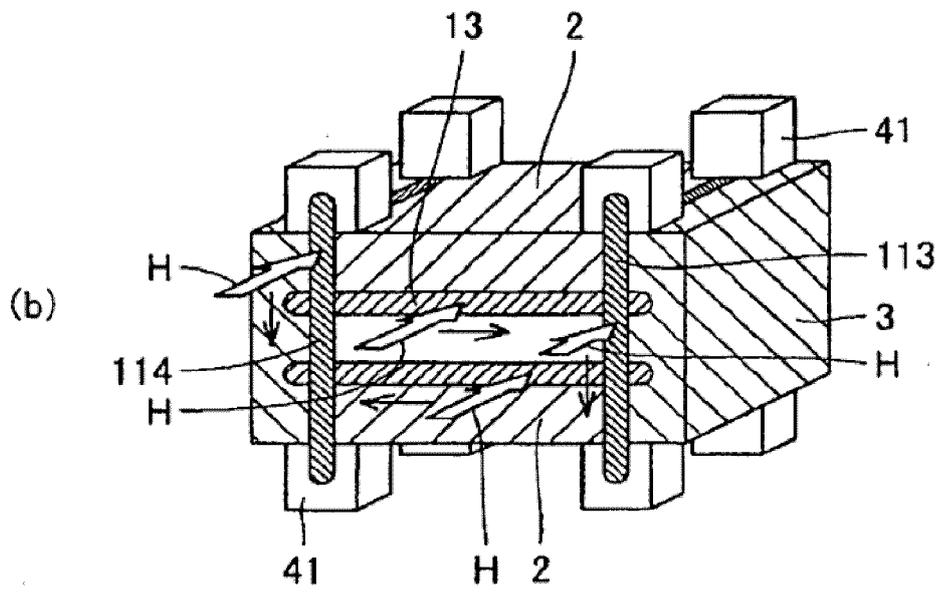
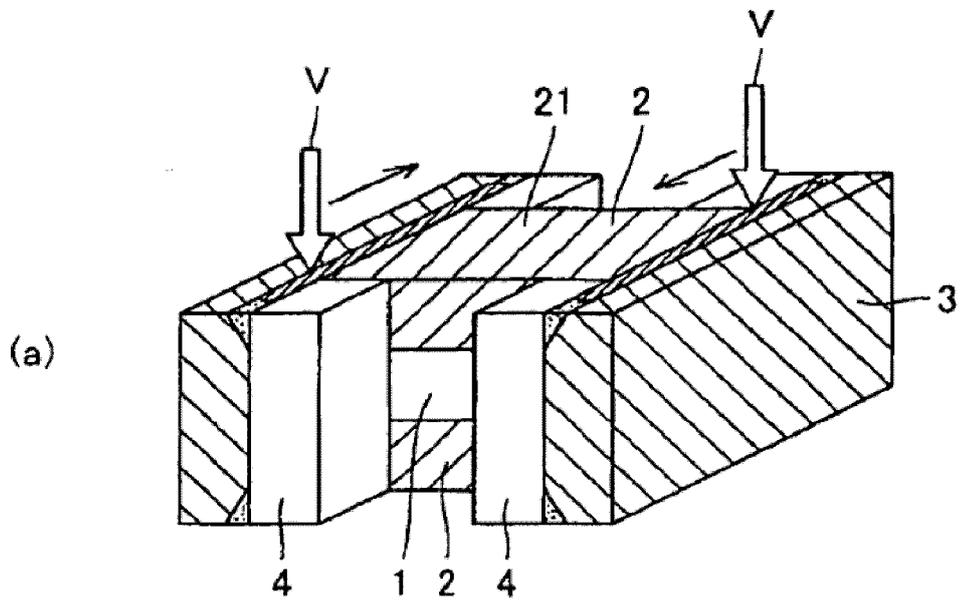


FIG. 6

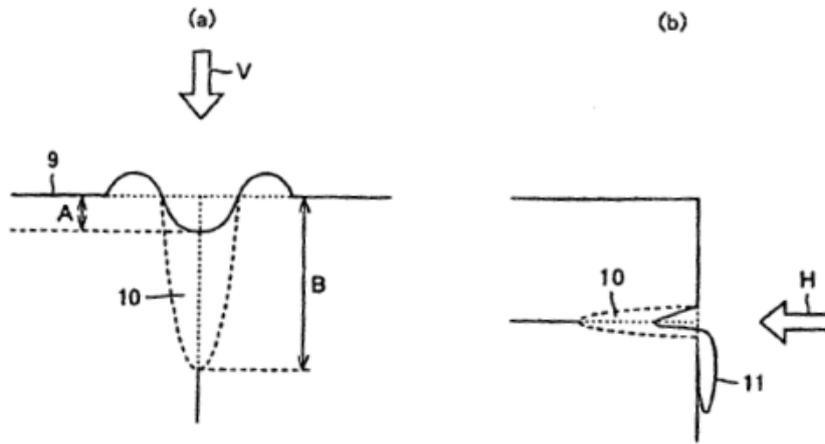


FIG. 7

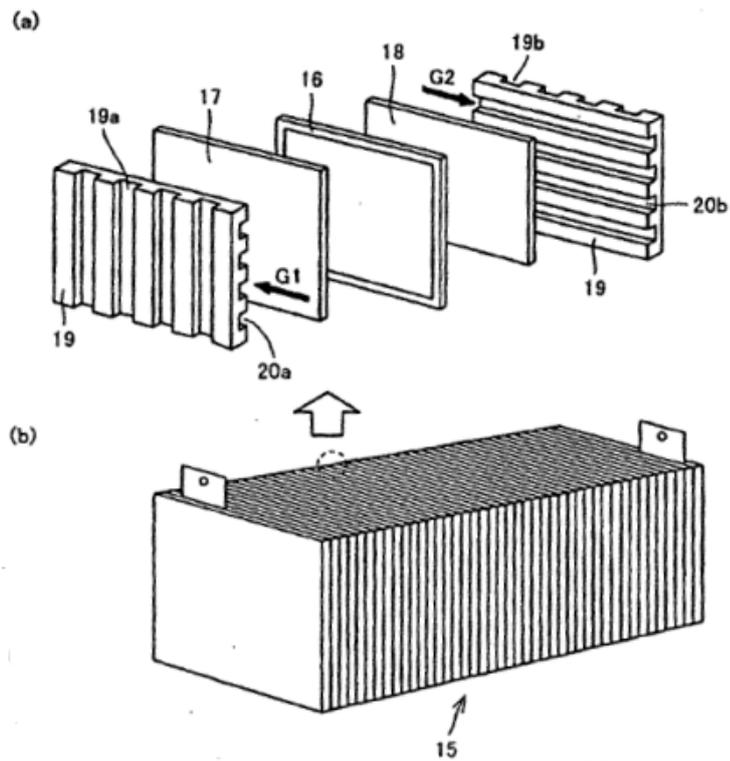


FIG. 8

