

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 262**

51 Int. Cl.:

B23K 20/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2005 E 05856732 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **28.03.2007 EP 1765544**

54 Título: **Método para producir un sustrato revestido de acero inoxidable**

30 Prioridad:

10.06.2004 US 865060

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

11.02.2013

73 Titular/es:

**ATI PROPERTIES, INC. (100.0%)
1600 N.E. OLD SALEM ROAD, P.O. BOX 460
ALBANY, OREGON 97321, US**

72 Inventor/es:

**BERGSTROM, DAVID S.;
SCHOTT, KRIS J. y
TARHAY, MARK A.**

74 Agente/Representante:

URÍZAR ANASAGASTI, José Antonio

ES 2 395 262 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

[0001] La presente divulgación se refiere a un método para hacer materiales revestidos de acero inoxidable.

DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES DE LA TECNOLOGÍA

5 [0002] En ciertas aplicaciones que requieren un material que combine alta resistencia a rotura con resistencia a la corrosión, se usan aleaciones revestidas. Un ejemplo común de una aleación revestida que presenta tensión de rotura y resistencia a la corrosión favorables incluye una capa de acero inoxidable revestida en sus superficies opuestas con una capa de níquel o una aleación en base a níquel (por ejemplo, una aleación que se compone predominantemente de níquel). Aplicaciones en las que se usan tales materiales de revestimiento incluyen cisternas químicas, tubos de chimeneas, pilas, tuberías, intercambiadores de calor, tuberías para petróleo y gas, tanques para productos químicos, y
10 utensilios de cocina. La capa de acero inoxidable proporciona resistencia relativamente alta, mientras que las capas de revestimiento de níquel o en base a níquel resisten a la corrosión bajo condiciones difíciles. Utilizar un acero inoxidable con revestimiento de doble capa de níquel de este tipo también tiene la ventaja de que el material compuesto es menos caro que ciertos aceros inoxidables superausteníticos de alta aleación y aleaciones de níquel que proporcionan propiedades parecidas de resistencia a la corrosión.

15 [0003] El proceso de revestimiento implica revestir un material de sustrato con bien una capa de revestimiento sencilla o con una capa de revestimiento en cada una de las superficies opuestas del sustrato. El proceso utilizado para producir una aleación de revestimiento puede unir la una (revestimiento sencillo) o las dos (revestimiento dual) capas de revestimiento al sustrato suficientemente para evitar la delaminación de las capas de revestimiento mientras están bajo condiciones de servicio. Se conocen diversos métodos de revestimiento.

20 [0004] Un método conocido para producir un acero inoxidable revestido se describe en la Patente U.S. N°. 4.936.504. Más específicamente, la patente '504 describe métodos de revestimiento de acero inoxidable con diversos materiales incluyendo cobre, níquel e invar (una aleación de 36% de níquel con hierro). En general, la patente '504 describe un método en el que se apilan juntas láminas del sustrato de acero inoxidable y los materiales de revestimiento y luego se laminan en una banda ancha apretada. Se calienta la banda ancha en un horno de vacío a alta temperatura durante un periodo prolongado, por lo cual se unen por difusión las láminas de materiales de revestimiento a las láminas de acero inoxidable. Se necesita energía significativa para operar el equipo de horno de vacío y mantener la banda ancha a temperatura elevada durante un periodo prolongado cuando se lleva a cabo el método de la patente '504, y esto se suma sustancialmente al coste del material revestido terminado.

30 [0005] La Patente U.S. N°. 5.183.198, describe un método para producir una chapa de acero revestido en el que una aleación de níquel y acero inoxidable es revestida sobre un sustrato en base a hierro comprendiendo 0.020 a 0.06% de carbono, 0.5% o menos de silicio, 1.0 a 1.8% de manganeso, 0.03% o menos de fósforo, 0.005% o menos de azufre, 0.08 a 0.15% de niobio, 0.005 a 0.03% de titanio, 0.05% o menos de aluminio y 0.002 a 0.006% de nitrógeno. (Todos estos porcentajes son porcentajes en peso a menos que se indique otra cosa). Planchones del material de revestimiento y el material de sustrato son laminados a chapas de espesor prescrito. Tras suavizar, lavar y desengrasar todas las superficies de contacto de las chapas, un planchón de conjunto se prepara metiendo una chapa del material de sustrato en base a hierro entre dos chapas del material de revestimiento. La periferia de las chapas ensambladas es entonces soldada estanca y se usa una bomba de vacío para eliminar el aire entre las superficies de contacto de las chapas. El planchón de conjunto se calienta entonces al intervalo de 595°C a 677°C (1100° a 1250°F) y se somete a una o más etapas de laminación y enfriamiento para adherir los materiales y formar el producto revestido. En este caso, por
35 contraste con el método de la patente '504, que utiliza un horno de vacío, la patente '198 enseña crear un vacío únicamente en el espacio entre las superficies opuestas del material de revestimiento y el material del sustrato.

40 [0006] En otro método conocido de producir materiales revestidos, conocido como revestimiento por explosión, la energía controlada de un explosivo detonante se usa para crear una unión metalúrgica entre dos o más materiales similares o no similares. El revestimiento por explosión es un proceso de prensado en frío en el que películas contaminantes superficiales sobre los materiales a unir se expulsan plásticamente de los metales base como resultado de una colisión a alta presión de los dos metales. Durante la colisión a alta velocidad de las chapas de metal se forma un chorro entre las dos chapas, y las películas superficiales contaminantes que son perjudiciales para establecer una unión metalúrgica son barridas en el chorro. Las chapas de metal, limpias de películas superficiales por la acción del chorro, se unen en un punto interno bajo la influencia de la muy elevada presión que se obtiene cerca del punto de colisión. Las primeras patentes emitido en este área incluyen las Patentes U.S. N°. 3.233.312, 3.397.444, 3.493.353, y EP-A-0535817.

45 [0007] Cada uno de los métodos anteriores de revestimiento conocidos requiere el uso del aparato de vacío u otro equipo sofisticado. Además, el método de revestimiento de la patente '504, por ejemplo, se limita a la producción de banda ancha relativamente fina y requiere por separado laminación en caliente y en frío de los materiales de sustrato y revestimiento a forma de lámina antes de la operación de revestimiento. Con respecto al revestimiento por explosión, el proceso es típicamente costoso y de mucha mano de obra, necesita el uso de materiales explosivos peligrosos, y puede dar lugar a una interfaz ondulada, no uniforme entre las capas de revestimiento y del sustrato, que puede ser inadecuada para ciertas aplicaciones.

5 **[0008]** La Patente US Nº. 2,932,886 divulga un método de producir una chapa de acero con revestimiento grueso que comprende formar un planchón base metálico de acero con una depresión formada por una parte elevada que se extiende lateralmente desde los lados del mismo, montar en dicha depresión un planchón de revestimiento de un metal no corrosivo con un coeficiente de dilatación mayor que el de dicho planchón base y con un espesor sustancialmente mayor que la profundidad de la depresión, dejando un hueco entre las partes elevadas de dicho planchón base y los bordes laterales de dicho planchón de revestimiento, llenando al menos parcialmente dicho hueco con varillas de metal maleable, sellar dicho hueco depositando material de soldadura en dicho hueco, calentar, laminar, recalentar y relaminar el conjunto hasta un espesor final de chapa.

10 **[0009]** La publicación de patente japonesa nº. 2000153372 divulga una chapa de acero revestida de cobre o aleación de cobre.

[0010] La patente del Reino Unido nº. 847.103 divulga un método de hacer una palanquilla bimetálica que comprende ensamblar componentes de palanquilla en una relación de caras enfrentadas y sellar la junta entre los componentes.

15 **[0011]** Por consiguiente, sería ventajoso proporcionar un método alternativo para revestir acero inoxidable y otros materiales con materiales de aleación de revestimiento. Tal método alternativo preferiblemente no necesita el uso de un horno de vacío, equipo de revestimiento por explosión, ni otro equipo complejo de producción.

RESUMEN

20 **[0012]** Un aspecto de la presente divulgación se dirige a un método novedoso de producir un acero inoxidable revestido, el método comprendiendo laminar en caliente un conjunto soldado para proporcionar una banda laminada en caliente, el conjunto soldado comprendiendo una chapa de acero inoxidable soldada a una chapa de un material aleado de revestimiento, la chapa del material de revestimiento estando dispuesta en un hueco sobre una superficie de la chapa de acero inoxidable de forma que una parte saliente de la chapa de acero inoxidable define el hueco y rodea todo el borde periférico de la chapa del material de revestimiento, donde en el conjunto soldado el espesor de la chapa del material de revestimiento tiene el mismo espesor de la parte saliente de la chapa de acero inoxidable, la parte saliente de la chapa de acero inoxidable inhibe la extensión del material de revestimiento más allá de un borde del acero inoxidable durante la laminación en caliente, y a la temperatura de laminación en caliente la resistencia en caliente del material aleado de revestimiento es menor que la resistencia en caliente del acero inoxidable. El método incluye ensamblar los materiales de sustrato y revestimiento y soldarlos entre sí para proporcionar lo que aquí se refiere como un "conjunto soldado", y luego laminar en caliente el conjunto soldado para proporcionar una banda laminada en caliente.

30 **[0013]** Otras realizaciones ventajosas de la invención se divulgan en las reivindicaciones dependientes 2 a 6.

[0014] El novedoso método de la presente divulgación para proporcionar banda continua revestida y otros productos revestidos no requiere el uso de un horno de vacío ni equipao de revestimiento por explosión. En ese sentido, los presentes métodos ofrecen ventajas en términos de complejidad y coste respecto a procesos de la técnica anterior descritos anteriormente en la sección de antecedentes.

35 **[0015]** El lector apreciará los detalles y ventajas precedentes de la presente divulgación, así como otros, tras la consideración de la siguiente descripción detallada de las realizaciones. El lector también puede comprender detalles y ventajas adicionales de la presente divulgación al fabricar y/o usar el método y/o el aparato indicados en la divulgación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0016]

40 Figura 1 es un diagrama de una realización del método para producir un producto revestido de la presente divulgación.

Figura 2 es una vista esquemática en perspectiva de una realización de un conjunto soldado conforme a la presente divulgación en donde el conjunto incluye una chapa de un material de sustrato, chapas de un material de revestimiento, y una pluralidad de elementos de marco de borde.

45 Figura 3 es una visa superior esquemática de otra realización de un conjunto soldado de acuerdo a la presente divulgación en donde el conjunto incluye una chapa de un material de sustrato que ha sido mecanizada para incluir un hueco y un marco de borde, y en donde se dispone en el hueco una chapa de un material de revestimiento.

Figura 4 es una vista esquemática en sección tomada por Y-Y a través del conjunto de la Figura 3.

50 Figura 5 es una vista esquemática en sección tomada por X-X a través del conjunto de la Figura 2 tras la laminación en caliente hasta un calibre adecuado para la laminación en frío.

Figura 6 es una vista esquemática en sección tomada por Y-Y del conjunto de la Figura 3 tras la laminación en

caliente hasta un calibre adecuado para la laminación en frío.

Figura 7 es una vista esquemática del extremo del conjunto soldado laminado en caliente de la Figura 5 después del desbarbamiento de los bordes incluyendo las soldaduras y elementos de marco de borde.

5 Figura 8 es una vista esquemática en sección de un producto final revestido fabricado por la realización de la Figura 1.

La Figura 9 es una fotografía de una realización de un conjunto construido según una realización del método de la presente divulgación.

Figura 10 es una fotografía del conjunto de la Figura 9 en donde los elementos del conjunto se han soldado juntos para proporcionar un conjunto soldado.

10 Figuras 11 (a) y (b) son micrografías de una región de interfaz del sustrato y láminas de revestimiento unidos del conjunto soldado de la Figura 10 tras la laminación en caliente.

Figura 12 es una fotografía de una sección de un banda laminada en caliente producida por una realización del método de la presente divulgación.

15 Figura 13 es una fotografía de otra realización de un conjunto construido según una realización del método de la presente divulgación.

Figura 14 es una fotografía del conjunto de la Figura 13 en donde los elementos del conjunto han sido soldados juntos para proporcionar un conjunto soldado.

Figura 15 es una realización adicional de un conjunto soldado construido conforme a una realización del método de la presente divulgación.

20 Figura 16 es una vista esquemática de una realización de una chapa central para un conjunto según la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES DE LA DIVULGACIÓN

25 **[0017]** Realizaciones de la invención de la presente divulgación se refieren a métodos para revestir una o más superficies de un sustrato de acero inoxidable con una material aleado de revestimiento, de los que uno o más materiales de revestimiento tienen menor resistencia en caliente que el material del sustrato.

30 **[0018]** Realizaciones del presente método puede ser llevadas a cabo utilizando técnicas y equipos de soldadura, laminación en caliente, laminación en frío y recocido conocidos por los que tienen con una destreza normal en las técnicas metalúrgicas, pero el método incluye características no usadas hasta este momento para producir aleaciones de revestimiento. Por ejemplo, esas realizaciones emplean técnicas novedosas para contener la dispersión de materiales de revestimiento de baja resistencia en caliente durante la laminación en caliente.

35 **[0019]** Como se describe adicionalmente más adelante, ciertas realizaciones del método de la presente divulgación implican proporcionar un conjunto soldado que incluye chapas de los materiales de sustrato y de revestimiento son "enmarcados" con un material con mayor resistencia en caliente que el material de revestimiento. El conjunto soldado se somete entonces a una combinación adecuada de etapas de proceso, incluyendo laminación en caliente, laminación en frío y, opcionalmente, recocido, para unir el material de revestimiento al material de sustrato y obtener las dimensiones y propiedades mecánicas y metalúrgicas deseadas en el producto revestido. Durante la laminación en caliente, el material que enmarca el material revestido inhibe la dispersión del material revestido más allá del material del sustrato, manteniendo por tanto el material revestido en las posiciones apropiadas y manteniendo el intervalo deseado de espesor del material durante la laminación en caliente. Así, enmarcar adecuadamente el material de revestimiento alrededor del material de sustrato puede proporcionar un alto nivel de control dimensional de tal modo que el producto revestido final reúne las características dimensionales exigidas.

40 **[0020]** Como aquí se usa, "aleación" significa metales puros y metales que incluyen impurezas incidentales y/o adiciones intencionadas de metales y/o no metales.

45 **[0021]** Como aquí se usa, "chapa" quiere decir una estructura con un perímetro generalmente poligonal o rectilíneo, con dimensiones de longitud y anchura, e incluyendo una dimensión relativamente pequeña de espesor.

[0022] Como aquí se usa, "resistencia en caliente" significa el límite elástico de un material a temperaturas de laminación en caliente (por ejemplo, normalmente 927°C a 1316°C (1700 a 2400°F) para la laminación de acero inoxidable revestido con níquel).

50 **[0023]** Una realización del método de la presente invención incluye las etapas generalmente mostradas en la Figura 1. Esas etapas son (1) proporcionar un "conjunto soldado" adecuado para producir el producto revestido deseado; (2) comprimir el paquete revestido laminando el paquete a temperatura elevada para unir (revestir) las diversas chapas en

el paquete revestido en sus interfaces; (3) reducir el espesor del material de revestimiento intermedio a una medida final deseada; y, opcionalmente, (4) recocer el producto para alcanzar las propiedades mecánicas y metalúrgicas deseadas. Estos etapas son descritas adicionalmente abajo.

[0024] En la primera etapa del método de la Figura 1, una chapa u otra forma de la aleación a revestir y una o más chapas u otras formas del material de revestimiento (las chapas/formas del material de revestimiento pueden ser de los mismos o diferentes materiales) son ensambladas y soldadas para formar una distribución apilada, que luego se suelda junta. Tal distribución soldada se refiere aquí como un "conjunto soldado" para facilidad de referencia. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 2, en una realización de la presente divulgación para producir un producto de revestimiento doble níquel/ acero inoxidable /níquel, el conjunto 10 se forma posicionando una chapa 12 compuesta de acero inoxidable Tipo 316L (UNS S31603) ("T-316L") entre una primera chapa de calibre fino 14 de níquel de Tipo 201 (UNS N02201) y una segunda chapa idéntica (no mostrada). Las dimensiones de longitud ("L") y anchura ("W") de las caras de las chapas de níquel 14 son menores que las dimensiones correspondientes de la chapa de acero inoxidable 12 de modo que puede colocarse un "marco" compuesto de varios tramos de barra de acero inoxidable Tipo 304 (UNS S30400) ("T-304") 16 alrededor de cada chapa de níquel 14. El material de enmarcación tiene una resistencia en caliente que es mayor que la resistencia en caliente del material de revestimiento. La barra de acero inoxidable 16 tiene generalmente el mismo espesor que las chapas de níquel 14, se coloca directamente contra cada uno de los cuatro bordes de las chapas de níquel 14 y descansa directamente sobre las superficies opuestas de la chapa de acero inoxidable 12. Los elementos individuales de barra 16 son elegidos de modo que sus bordes externos se alinean sustancialmente a ras con el borde exterior de la chapa de acero inoxidable 12. La anchura de la barra 16 es elegida de modo que la resistencia en caliente del material de enmarcación es mayor que la resistencia en caliente del material de revestimiento de níquel y contiene el material de níquel más blando durante el proceso en caliente.

[0025] Después de que se montan los diversos elementos del conjunto 10, el conjunto se suelda eléctricamente junto completamente alrededor de las dos juntas expuestas a cada lado del paquete utilizando metal de relleno de soldadura de acero inoxidable. Una primera junta 20, entre una chapa de níquel 14 y la barra circundante de acero inoxidable 16, está presente de forma idéntica a ambos lados del paquete revestido 10 (un lado mostrado en la Figura 2). Una segunda junta 22, que es la junta periférica entre la chapa de acero inoxidable 12 y la barra de acero inoxidable 16, también está presente de forma idéntica en ambos lados del paquete revestido. La Figura 2 ilustra esquemáticamente una soldadura a tope con una ranura cuadrada para cada una de estas juntas. Como es conocido en la técnica, también pueden mecanizarse biseles o formarse de otra manera biseles en los bordes de los elementos a soldar para ayudar a obtener la penetración apropiada del metal de soldadura. También, aunque se describen manera o maneras particulares de soldar el conjunto en relación con la presente realización, puede usarse cualquier forma adecuada de soldar juntos los diversos elementos de un conjunto. Por ejemplo, en ciertas realizaciones puede usarse una soldadura discontinua para conectar un elemento del conjunto a otro conjunto, lo que puede reducir el gasto asociado con la etapa de soldadura.

[0026] Una vez soldada en su sitio, la barra de acero inoxidable 16 que forma el marco inhibe la dispersión del material de revestimiento de níquel de resistencia en caliente relativamente baja más allá del material de sustrato de acero inoxidable durante el laminado en caliente. Esto ayuda a posicionar el material de revestimiento en las posiciones apropiadas y a mantener la relación deseada de espesor de la capa central de acero inoxidable y las capas de revestimiento de níquel durante toda el proceso de producción. Aunque en este ejemplo los elementos enmarcantes están en forma de barra de acero inoxidable, se entenderá que los elementos de marco pueden ser de cualquier material alternativo que tenga mayor resistencia en caliente que el material de revestimiento de níquel y que sea adecuado para inhibir la dispersión del material de revestimiento de níquel más allá del material de sustrato durante el laminado en caliente.

[0027] La Figura 3 ilustra esquemáticamente una vista superior de una construcción alternativa de un conjunto soldado 110 según la presente invención. La Figura 4 ilustra esquemáticamente una sección transversal tomada por la línea Y-Y a través del conjunto 110 de la Figura 3. una chapa de acero inoxidable T-316L 112 se mete parcialmente entre chapas de revestimiento de níquel 114, que pueden estar compuestas de, por ejemplo, níquel UNS N02201. La chapa de acero inoxidable 112 se somete a mecanizado u otro proceso de eliminación de material, o es fundida o forjada, de modo que incluya un marco saliente de margen 116 en ambos lados de la chapa de acero inoxidable 112. El marco define un hueco con dimensiones adecuadas para recibir una chapa de níquel 114. Se entenderá que la Figura 4 muestra ambas chapas de revestimiento de níquel 114 en su lugar en huecos sobre superficies opuestas de la chapa de acero inoxidable 112 que están definidas por el marco 116. El marco 116 es una parte saliente de la chapa de acero inoxidable 112 y encuadra el perímetro de cada chapa de acero inoxidable 112. Las juntas, incluyendo la junta 118, entre las chapas de níquel 114 y el marco de acero inoxidable 116 son soldadas utilizando electrodo de relleno de acero inoxidable. Este diseño de conjunto soldado tiene la ventaja de que la barra u otros elementos enmarcantes son innecesarios ya que el material central de acero inoxidable T-316L también hace la función de marco alrededor del material de revestimiento. Además, el diseño alternativo requiere menos soldadura que el diseño de la Figura 2.

[0028] En la segunda etapa del método de la Figura 1, el conjunto soldado es calentado a alta temperatura y comprimido por laminado en caliente a un calibre intermedio, formando por ello una banda o tira laminada en caliente. El laminado en caliente causa que las tres chapas en los conjuntos soldados mostrados en las Figuras 2-4 se unan juntas en sus interfaces. El conjunto soldado 10 de la Figura 2, por ejemplo, puede ser calentado a una temperatura adecuadamente

alta en aire en un horno estándar, y luego inmediatamente laminado en una prensa estándar de laminado en caliente usada en la producción de acero. En una realización, el conjunto calentado 10 es laminado hacia atrás y hacia delante en un laminador reversible hasta que su temperatura se reduce hasta un punto en que ya no puede seguir siendo laminado de esta manera. Si fuera necesario, el conjunto comprimido y alargado 10 puede ser entonces recalentado a alta temperatura y de nuevo laminado en caliente en un laminador reversible para reducir más su calibre. Se puede emplear una serie de etapas de recalentamiento y laminado en caliente hasta que el espesor del paquete revestido se reduzca a un espesor deseado o un espesor adecuado para el laminado en frío.

[0029] La Figura 5 es una vista esquemática en sección transversal tomada por X-X del conjunto soldado 10 de la Figura 2 después del laminado en caliente a un calibre intermedio adecuado. El laminado en caliente comprime la chapa de acero inoxidable 12 y las chapas de níquel 14 del conjunto soldado 10 hasta la capa central de acero inoxidable de calibre más delgado 26 y capas de revestimiento de níquel 28 del producto de calibre intermedio 20 mostrado en la Figura 5. En la Figura 5, la barra de acero inoxidable 16 se ha comprimido a regiones de enmarcado de acero inoxidable de calibre más delgado 30, con regiones comprimidas de soldadura 32 interpuestas entre las diversas capas. La interfaz de los materiales de acero inoxidable y níquel se muestra como una línea de puntos en la vista esquemática de la Figura 5, así como en las Figuras 6 y 7, descritas más adelante.

[0030] La Figura 6 es una vista en sección tomada por Y-Y del conjunto soldado 110 de la Figura 3 tras el laminado en caliente a un calibre intermedio adecuado. El laminado en caliente comprime la chapa de acero inoxidable 112 y chapas de níquel 114 del conjunto soldado 110 a la capa central de acero inoxidable de calibre más delgado 126 y las placas de revestimiento de níquel 128 del producto de calibre intermedio 120 mostradas en la Figura 6. El marco 116 de la capa de acero inoxidable 112 también ha sido comprimido a una región de marco de acero inoxidable de calibre más delgado 130, con regiones comprimidas de soldadura 132 interpuestas entre la región de marco de acero inoxidable 130 y la capa de revestimiento de níquel 126 sobre ambas caras del producto revestido.

[0031] Los materiales revestidos de calibre mostrados en las Figuras 5 y 6, ahora piezas unitarias, pueden ser desbarbados para eliminar los bordes, incluyendo las regiones comprimidas de marco de acero inoxidable 30, 130 y las regiones de soldadura 32, 132, respectivamente. La Figura 7 es una vista en sección tomada por X-X del conjunto soldado 10 de la Figura 2 tras el laminado en caliente al calibre intermedio y después del desbarbado por las líneas rebarba 40 mostradas en la Figura 5. El desbarbado deja únicamente la capa central deseada de acero inoxidable 26 y las capas de revestimiento de níquel 28 unidas juntas. Resultará evidente que la disposición general de elementos en una sección transversal del producto de calibre intermedio 120 una vez desbarbado será similar a la disposición mostrada en la Figura 7.

[0032] A continuación del desbarbado, el producto de calibre intermedio 20 de la Figura 7 puede ser recocido al aire o recocido brillante para relajar tensiones. Las superficies de níquel opuestas 36 pueden ser entonces decapadas y chorreadas para eliminar la costra de óxido y proporcionar una condición superficial adecuada para el laminado en frío al calibre final. Si la costra de óxido es ligera, puede ser posible decapar el material sin chorreo.

[0033] La tercera etapa del método perfilado en la Figura 1 implica reducir el espesor del producto del calibre intermedio formado en un paso previo y, si se desea, recocer para obtener las propiedades metalúrgicas y mecánicas deseadas. Se usa una o más secuencias de laminado en frío, en donde cada secuencia de laminado en frío incluye una etapa de laminar en frío el material opcionalmente seguida de una etapa de recocer el material para relajar tensiones y suavizar el material para la siguiente secuencia de laminado en frío. Si el material es recocido al aire durante una particular secuencia de laminado en frío, puede ser necesario decapar o chorrear y decapar el material para eliminar cualquier escala de óxido formado sobre el antes de la próxima secuencia del laminado en frío. Si, en su lugar, el material se recuece durante una secuencia particular de laminado en frío en una atmósfera inerte no oxidante, como, por ejemplo, una atmósfera de hidrógeno, la costra de óxido sobre el material puede ser insignificante y no exigir decapado o chorreado. Las secuencias de laminación en frío pueden ser repetidas hasta que el material es reducido al calibre final deseado. El material revestido puede ser sometido a un recocido final en hidrógeno u otra atmósfera inerte para obtener las propiedades mecánicas deseadas con una superficie sustancialmente libre de óxido.

[0034] Un producto final formado usando el método mostrado esquemáticamente en la Figura 1 es un producto en lámina que comprende un sustrato de aleación (como, por ejemplo, un acero inoxidable T-316L) revestido sobre sus superficies opuestas con un material que imparte las propiedades de resistencia a la corrosión y/u otras propiedades deseadas (como, por ejemplo, níquel). La Figura 8 es una sección transversal de un producto final 40, en donde la capa central de acero inoxidable 42 está metida entre las capas de revestimiento de níquel 44.

[0035] Aunque las realizaciones anteriores a modo de ejemplo usadas para ilustrar el método mostrado en la Figura 1 se encaminan a producir productos con revestimiento doble, se entenderá que el método de la reivindicación 1 es igualmente útil para producir productos con revestimiento sencillo, por ejemplo, productos revestidos sobre únicamente una sola cara del material de sustrato. También se entenderá que las diversas representaciones esquemáticas de las Figuras 2-8 se proporcionan únicamente para ilustrar mejor ciertas realizaciones no limitativas de los métodos de la presente divulgación y pueden no representar las dimensiones relativas verdaderas de los diversos elementos tal como existirían en un proceso a escala comercial. Por ejemplo, es probable que el espesor de la capa de revestimiento sería significativamente más delgado respecto al espesor de la capa de sustrato en un proceso a escala de laminador.

[0036] Una ventaja significativa de la realización de la Figura 1 es que el método no requiere el laminado de los materiales ensamblados en una banda ancha apretada o el uso de un horno de vacío para calentar y unir los materiales ensamblados como se usa en los métodos del estado de la técnica tratados antes en la sección de antecedentes. Aunque los materiales a unir deben ser calentados a alta temperatura en el método de revestimiento de la presente divulgación, se cree que la unión del material durante el proceso de revestimiento en realidad es más un resultado de la alta presión de interfaz adquirida durante el laminado. La realización de la Figura 1 tampoco requiere el uso de equipo costoso y complicado de unión explosiva para unir los diversos materiales.

[0037] Aunque la descripción anterior y los ejemplos siguientes o mencionan o implican el revestimiento de níquel sobre un sustrato de acero inoxidable, se entenderá que los métodos de la presente divulgación no están limitados así. Se cree que el método de la Figura 1 y, más generalmente, el método novedoso de la presente divulgación puede ser adaptado para producir una amplia variedad de sustratos de aleación de revestimiento múltiple y revestimiento sencillo. También, como antes se ha indicado, el método de la presente divulgación es particularmente útil para producir productos revestidos en los que el material de revestimiento es de una menor resistencia en caliente que el material del sustrato. Al laminar chapas apiladas de un material de sustrato de alta resistencia en caliente y un material de revestimiento de baja resistencia en caliente, el material de baja resistencia en caliente puede tender a esparcirse más allá de las dimensiones del material de alta resistencia en caliente durante el laminado en caliente de los materiales ensamblados. En tal caso, el material de alta resistencia en caliente existente en el margen entre bordes adyacentes del material de revestimiento y el material del sustrato en el conjunto soldado del método de la presente divulgación, sea o no una parte del material del sustrato, inhibe la expansión del material de revestimiento más allá del borde del material del sustrato durante el laminado en caliente.

[0038] Ejemplos generales no limitativos de los productos revestidos que pueden ser producidos utilizando el método de la presente invención incluyen los siguientes: chapas revestidas, tiras revestidas y láminas revestidas. Los productos revestidos pueden ser procesados adicionalmente a diversos artículos de fabricación. También, aunque las descripciones anteriores y los ejemplos siguientes se dirigen a productos de doble revestimiento, en los que las capas de revestimiento se unen a cada una de las superficies opuestas de un sustrato, el método de la presente divulgación puede ser adaptado para producir cualquier producto con revestimiento sencillo y revestimiento múltiple, y tales productos pueden procesarse adicionalmente para fabricar artículos. Como se ha indicado antes, ejemplos de artículos de fabricación que pueden hacerse a partir de productos con revestimiento sencillo y/o doble hechos usando el método de la presente divulgación incluyen, pero no se limitan a, cisternas químicas, tubos de chimeneas, pilas, tuberías, intercambiadores de calor, tuberías para petróleo y gas, tanques para productos químicos, y utensilios de cocina. Otros productos y artículos de fabricación que puede ser hechos utilizando el método de la presente divulgación serán evidentes para aquellos con un conocimiento normal en las técnicas metalúrgicas y de fabricación tras considerar la presente descripción, y tales personas pueden adaptar adecuadamente el método de la presente divulgación sin experimentación indebida.

[0039] Las dimensiones relativas y absolutas de los diversos sustratos, revestimientos y, si son distintos del sustrato, elementos de marco ensamblados en un conjunto soldado en el método de la presente divulgación se eligen para proporcionar un producto revestido final adecuadamente dimensionado. Siguen a continuación ejemplos de ciertas realizaciones no limitativas de la presente invención. Las dimensiones absolutas y relativas de los diversos elementos descritos en los siguientes ejemplos fueron elegidas para una particular aplicación y reflejan solamente diversos ejemplos no limitativos de realizaciones específicas del método. Más generalmente, dependiendo de la aplicación particular pretendida del producto revestido, puede producirse cualquiera de una amplia gama de espesores y proporciones de espesor del producto final revestido de un modo similar al usado en la descripción anterior y los siguientes ejemplos. Aspectos investigados al llevar a cabo los siguientes ejemplos incluyen impedir que la capa revestida fluya en grado indeseado durante el laminado en caliente, recocer adecuadamente las capas de revestimiento y sustrato durante el laminado en frío, evitar la formación de costra excesiva sobre las superficies de las capas de revestimiento durante el recocido, y la capacidad para las prácticas de decapado y chorreado para eliminar la costra indeseable antes de ensamblar los elementos del conjunto soldado.

Ejemplo 1

[0040] Se preparó un conjunto soldado para producir un acero inoxidable revestido doblemente con níquel. El conjunto comprendía una chapa de acero inoxidable T-316L de espesor 5.05 a 6.35 cm (2 a 2,5 pulgadas) metido entre dos chapas de níquel (UNS 02201) de espesor 1.27 a 1.91 cm (1/2 a 3/4 pulgadas). Las dimensiones de longitud y anchura de las chapas de recubrimiento de níquel eran más pequeñas que la chapa central de acero inoxidable, y las chapas de níquel se centraron en las caras de la chapa central de acero inoxidable. De este modo, se dejó un margen alrededor del perímetro de cada cara de la chapa central que no estaba cubierto por la chapa de recubrimiento dispuesta sobre la cara. Un marco construido de barra de acero inoxidable T-304 de 1.27x1.27 cm (1/2 x 1/2 pulgada) se colocó en el margen de cada cara de la chapa central, alrededor de la periferia de cada una de las chapas de recubrimiento. Se pretendía que el marco de acero inoxidable "repesara" el níquel de baja resistencia en caliente (y por tanto más fluido) durante el laminado en caliente e inhibiera o evitara que el material de níquel fluyera más allá los bordes del material de la chapa central cuando el conjunto entero se redujera en espesor durante el laminado en caliente. Se seleccionaron los espesores de las chapas individuales, en parte, de modo que el equipo de laminado disponible para la prueba pudiera acomodar el espesor total del conjunto.

[0041] Se construyó y procesó el conjunto como sigue. Las dos chapas de recubrimiento de níquel fueron cortadas de forma que cuando los elementos se ensamblaron se dejó un espacio de 1.27 cm (1/2 pulgada) entre sus bordes y los bordes opuestos de los elementos encuadrantes de acero inoxidable T-304. Esto se muestra en la fotografía de la Figura 9, en donde el conjunto 210 incluye una chapa de revestimiento de níquel 212 dispuesta sobre la chapa 214 de acero inoxidable T-316L entre los elementos encuadrantes 216 de acero inoxidable T-304, dejando un espacio 218 de 1.27 cm(1/2 pulgada) alrededor de la chapa de recubrimiento 212. El espacio de 1.27 cm(1/2 pulgada) se dispuso para aumentar la penetración del metal de soldadura durante al soldar. Cada uno de los elementos encuadrantes 216 se soldó con MIG a la chapa central 214 en la interfaz expuesta entre los elementos que recorren la circunferencia del conjunto utilizando hilo de soldadura ER308 de 0.16 cm (1/16 pulgada) de diámetro y gas protector de 98% de argón/2% de oxígeno. Los elementos encuadrantes 216 también fueron soldados con MIG a sus respectivas chapas de recubrimiento adyacentes 212 rellenando los espacios de 1.27 cm (1/2 pulgada) entre esos elementos utilizando hilo de soldadura INCO 92™ ERNiCrFe-6 de 0.24 cm (3/32 pulgadas) de diámetro y gas protector de 95% argón/5% hidrógeno. El conjunto soldado completado 230 se muestra en la Figura 10.

[0042] Se calentó el conjunto soldado a 1121°C (2050°F) en un horno y se laminó en caliente desde su espesor original de 7,62 cm (3 pulgadas) hasta 1,019 cm (0,401 pulgadas). El conjunto no fue evacuado antes del laminado en caliente. Las micrografías de una sección transversal del conjunto laminado en caliente, mostradas en la Figura 11 (a) y (b), revelaron que ambas interfaces níquel / acero inoxidable T-316L estaban unidas completamente con una interfaz generalmente muy limpia. Sin embargo, regiones ocasionales de la interfaz níquel / acero inoxidable T-316L incluían costra significativa de óxido atrapada. No estaba claro en ese momento si la costra atrapada estaba embebida en las superficies de chapa antes del laminado en caliente, se formó durante el laminado en caliente debido a la presencia de aire en el conjunto soldado, o estaba presente debido a una combinación de ambos factores.

[0043] Se cortaron dos secciones del conjunto de paquete revestido laminado en caliente y se recalentaron, una primera sección a 1121°C (2050°F) y la segunda sección a 1204°C (2200°F). Cada sección recalentada fue luego laminada en caliente, la primera sección a 0,36 cm (0,142 pulgadas) y la segunda sección a 0,32 cm (0,125 pulgadas). Las secciones laminadas en caliente fueron entonces desbarbadas para eliminar el material encuadrante y los depósitos de soldadura, de modo que el único material restante era un laminado níquel / acero inoxidable T-316L / níquel. La inspección metalográfica del laminado reveló que todas las capas permanecían bien unidas.

[0044] Estudios de recocido tratados más adelante indicaron que un recocido a 1066°C (1950°F) durante 5 minutos era suficiente para suavizar las secciones laminadas en caliente para el laminado en frío posterior. En consecuencia, la pieza de 7,62 x 35,56 cm (3 x 14 pulgadas) de material laminado en caliente con revestimiento doble de 0,36 cm (0,142 pulgadas) de espesor, mostrado en la Figura 12, fue recocido a 1066°C (1950°F) durante cinco minutos, y entonces laminado en frío al calibre final de 0,033 cm (0,013 pulgadas) utilizando la siguiente secuencia laminado en frío / recocido.

0,36 cm (0,142") → 0,0198 cm (0,078") (reducción 45%)

↓

Recocido al aire 3 minutos a 1066 °C (1959 °F) granallado, decapado en 10% HNO₃/2% HF

↓

0, 0198 cm (0, 078") → 0,109 cm (0,043") (reducción 45%)

↓

Recocido al aire 3 minutos a 1066 °C (1959 °F) granallado, decapado en 10% HNO₃/2% HF

↓

0, 109 cm (0, 043") → 0,061 cm (0,024") (reducción 45%)

↓

Recocido al aire 3 minutos a 1066 °C (1959 °F) granallado, decapado en 10% HNO₃/2% HF

↓

0, 061 cm (0, 024") → 0,033 cm (0,013") (reducción 45%)

[0045] Cualquier pasada simple de laminación durante el laminado en frío fue limitada a unos 0,013 cm (0,005 pulgadas) de reducción para limitar las tensiones y reducir el riesgo de deslaminación. No se observó ninguna

deslaminación o deterioro de extremos durante ninguna de las secuencias de laminado en frío. Para condicionar la superficie del material del calibre final 0,033 cm (0,013 pulgadas), puede usarse una operación de chorreo y decapado.

[0046] El porcentaje de espesor del revestimiento de níquel se midió para cada etapa del procesamiento del conjunto soldado en este Ejemplo 1 con el fin de evaluar la correcta contención del níquel dentro del marco de acero inoxidable T-304, y también para determinar si la formación de costra de óxido consumía una cantidad excesiva del revestimiento de níquel durante el recocido. El espesor de la capa de níquel permaneció bastante constante desde su cantidad original (16,5 a 17% del espesor total de conjunto por lado) en el tercer ciclo de laminado en frío /recocido. Las capas de revestimiento de níquel se volvieron relativamente más finas durante la secuencia final de laminado en frío, y el material de calibre final tenía un espesor de capa de revestimiento de níquel de alrededor del 15% del espesor total del producto revestido por lado.

[0047] Para evitar el riesgo de distorsión de las superficies del material durante el chorreo y el decapado, puede usarse recocido brillante en hidrógeno en lugar de recocido al aire en las anteriores series de laminado en frío y para proveer al material con su tamaño de grano y propiedades mecánicas finales. Para evaluar el uso del recocido brillante, especímenes individuales de 2.54x2.54 cm (1x1 pulgadas) de material laminado en frío de calibre final (0.033 cm (0.013 pulgadas)) fueron sometidos a recocido brillante a 816°C (1500°F), 871°C (1600°F) y 927°C (1700°F) durante cada uno de 1, 2 y 3 minutos de tiempo a temperatura. El recocido brillante pareció proporcionar una superficie libre de costra aceptable en los especímenes con revestimiento doble. Se realizó metalografía en los especímenes con recocido brillante para determinar qué microestructura resultaba de las nueve combinaciones de tiempo a temperatura. Las capas de níquel en los nueve especímenes resultaron metalográficamente similares, estando cada capa totalmente recristalizada, con crecimiento notable de grano, y un tamaño de grano de unos 7½ a 8 utilizando el Método de Comparación ASTM. Se observó que solamente aquellos especímenes con recocido brillante a al menos 871°C (1600°F) durante al menos 2 minutos fueron totalmente recristalizados. Las capas centrales de acero inoxidable totalmente recristalizadas tenían un tamaño de grano de aproximadamente ASTM 11, y el espécimen con recocido brillante a 927°C (1700°F) durante 3 minutos pareció tener la microestructura más homogénea. El promedio de microdureza Vickers promedio de la capa central de T-316L para los especímenes con recocido brillante fue 178.

[0048] Considerando los resultados precedentes de recocido brillante, una pieza de 7.62 x 30.48 cm (3 x 12 pulgadas) del material de calibre final laminado en frío de este ejemplo se sometió a recocido brillante en hidrógeno a 927°C (1700°F) durante 3 minutos. Dos especímenes de ensayo de tracción se estamparon de este material y fueron evaluados el límite elástico, la tensión de rotura y el porcentaje de alargamiento. Los valores de ensayo promedio para estas propiedades fueron 280.6 MPa (40.7 ksi) 597.1 MPa(86.6 ksi) y 48.7%, respectivamente.

Ejemplo 2

[0049] Se preparó un conjunto soldado construido básicamente igual que en el Ejemplo 1. Como en el conjunto del Ejemplo 1, se dejó un espacio de 1.27 cm (½ pulgada) entre cada borde de las chapas de recubrimiento de níquel y los bordes del material encuadrante de acero inoxidable. Con el fin de proporcionar sujeción extra contra cualquier movimiento lateral de las chapas de recubrimiento durante el laminado, pero para aún dejar espacio para que fluya el material de revestimiento, se diseñaron dos presas extremas cortas dentro de los elementos de marco de tal modo que cada una incluía dos lengüetas de 1.27 cm (½ pulgada) que encajaban a ras contra la chapa de recubrimiento adyacente. Esta disposición es mostrada en la Figura 13, que muestra una superficie del conjunto 310 en la que la chapa de níquel 312 y los elementos de marco 314, 316 de acero inoxidable T-304 son colocados sobre la chapa 318 de acero inoxidable T-316L. Los elementos encuadrantes opuestos 314 incluyen lengüetas 320 a ras con la chapa de recubrimiento adyacente 312. Las chapas de recubrimiento de níquel y los elementos encuadrantes 314, 316 fueron entonces soldados en su lugar sobre la chapa central de acero inoxidable 318 de manera similar al conjunto del Ejemplo 1. Una superficie del conjunto soldado es mostrada en la Figura 14.

[0050] El conjunto soldado de este ejemplo se calentó luego a 1121°C (2050°F) y se laminó en caliente desde su espesor original 7.62 cm (3-pulgadas) hasta 1.02 cm (0.400 pulgadas). El conjunto no se evacuó antes del laminado en caliente. El análisis metalográfico realizado sobre el material laminado en caliente mostró que la interfaz de acero inoxidable T-316L con níquel era similar a la producida con el conjunto soldado del Ejemplo 1, aunque un extremo de la banda laminada en caliente incluía una zona somera de delaminación entre el material central de acero inoxidable y el níquel. Una sección de la pieza de 1.02 cm (0.400 pulgadas) se recalentó a 1121°C (2050°F) y rodada caliente a 0.363 cm (0.143 pulgadas).

[0051] Se realizó un estudio de recocido sobre muestras del material laminado en caliente de 0.363 cm (0.143 pulgadas) para investigar las temperaturas y tiempos adecuados para recocer el material laminado en caliente antes del laminado en frío. Cinco pares de muestras de 5.08x7.62 cm (2 x 3 pulgadas) del material laminado en caliente fueron recocidos a 1066°C (1950°F) durante 2, 5, 8, 14 y 20 minutos. Los especímenes recocidos a 1066°C (1950°F) durante 5 minutos parecieron producir una microestructura completamente recristalizada tanto en la capa central T-316L como en las capas de revestimiento de níquel sin excesivo crecimiento en grano en las capas.

Ejemplo 3

5 **[0052]** La observación de los conjuntos de los anteriores Ejemplos 1 y 2 indicó que el material de la chapa de recubrimiento de níquel no fluían sobre el marco de acero inoxidable y era totalmente contenido dentro del marco durante la reducción del laminado en caliente. Así, el espacio de 1.27 cm (½ pulgadas) entre las chapas de recubrimiento y los elementos de marco se eliminó en el conjunto de este Ejemplo 3. Se cree que tal diseño puede proporcionar un mayor rendimiento de material con revestimiento doble ya que sin los espacios la chapa de recubrimiento puede cubrir un mayor porcentaje de la anchura de superficie de la chapa de recubrimiento. La Figura 15 muestra el conjunto soldado 410 del Ejemplo 3 con la chapa de recubrimiento 412 soldada a los elementos de marco a tope 416 y los elementos de marco 416 soldados a la chapa central 414. Como se muestra en la Figura 15, la tubería hidráulica 420 se soldó a un orificio de evacuación en el lado de la chapa central de 2 pulgadas de espesor 414. El orificio de evacuación pasaba por la chapa central 414 y cortaba en ángulo recto con un orificio taladrado pasante a través de la chapa central 414, abriéndose en las dos caras de la chapa central 414 cubiertas por las chapas de recubrimiento 412. Por ello, el orificio de evacuación y la tubería hidráulica 420 estaban en comunicación de fluido con los espacios entre la chapa central 414 y las chapas de recubrimiento 412. La mayor parte del aire en el conjunto soldado 412 fue evacuada por las tuberías 420, y el orificio de evacuación en el conjunto 412 fue entonces cerrado con soldadura antes del laminado en caliente.

10 **[0053]** El conjunto soldado evacuado se laminó en caliente a 1121°C (2050°F) hasta 1.02 cm (0.402 pulgadas) y posteriormente se recalentó a 1121°C (2050°F) y se laminó en caliente a 0.35 cm (0.138 pulgadas) Se hizo análisis metalográfico sobre el material de cada espesor. Las muestras examinadas mostraron que las interfaces de acero inoxidable T-316L con níquel estaban completamente unidas sin señal alguna de vacíos o grandes inclusiones de óxido. Las muestras presentaban inclusiones en cantidad, tamaños, y distribución muy similares a las que se vieron en las muestras laminadas en caliente de los conjuntos soldados de los Ejemplos 1 y 2. Esto indicaba que las inclusiones halladas en las interfaces núcleo/revestimiento no son debidas a la presencia de aire dentro de los conjuntos soldados, sino a la costra presente sobre las superficies de las chapas en contacto antes de la construcción del conjunto soldado. Por tanto parece que es innecesario evacuar el conjunto soldado construido conforme a las realizaciones del método de la presente divulgación antes del laminado en caliente. También se concluye que preparar las superficies de las chapas por amolado superficial y/o otras técnicas de preparación de superficies para eliminar la costra superficial puede ser importante. Por supuesto, la ventaja adquirida de tal preparación de superficie dependerá de la composición y condición de las chapas utilizadas, y ciertas chapas, por ejemplo, pueden estar compuestas de material que más probablemente desarrolle corrosión problemática.

Ejemplo 4

20 **[0054]** En vista del éxito del programa de laminado en frío utilizado con el material laminado en caliente producido en el Ejemplo 1, se ensayó un programa de laminado en frío más agresivo sobre un conjunto soldado con una construcción básicamente igual a la del Ejemplo 1. Se observó que no había diferencia significativa en la extensión de las inclusiones de óxido en la el interfaz acero inoxidable central / revestimiento de níquel en el producto laminado en caliente producido a partir de los conjuntos evacuados y no evacuados de los ejemplos anteriores. Así, el conjunto de paquete revestido de los Ejemplos 4 no era evacuado.

30 **[0055]** El conjunto soldado fue laminado en caliente a 1121°C (2050°F) hasta 1.02 cm (0.401 pulgadas) y posteriormente recalentado a 1204°C (2200°F) y laminado en caliente a 0.302 cm (0.119 pulgadas) La mitad del material de 0.302 cm (0.119 pulgadas) ("conjunto #4-A") fue recocida a 1066°C (1950°F) durante 5 minutos para ablandarlo para el laminado en frío. La mitad restante del material de 0.302 cm (0.119 pulgadas) ("conjunto #4-B") fue recalentado a 1204°C (2200°F) y laminado en caliente de nuevo durante dos pasadas para reducirlo a 0.216 cm (0.085 pulgadas). El calibre de la banda caliente reducida respecto al conjunto #1 A permitiría menos ciclos de laminado en frío / recocido para alcanzar el calibre final. El conjunto #4-A fue exitosamente laminado en frío al calibre final deseado de 0.033 cm (0.013 pulgadas) usando los siguientes tres ciclos de laminado en frío / recocido:

0,302 cm (0,119") → 0,145 cm (0,057") (reducción 52 %)



Recocido al aire 3 minutos a 1066 °C (1959 °F) granallado, decapado 10 segundos en 10% HNO₃/2% HF



0, 145 cm (0,057") → 0,069 cm (0,027") (reducción 52 %)



Recocido al aire 3 minutos a 1066 °C (1959 °F) granallado, decapado 45 segundos en 10% HNO₃/2% HF



ES 2 395 262 T3

0, 069 cm (0,027") → 0,033 cm (0,013") (reducción 52 %)

5 **[0056]** El material de calibre de banda reducido laminado en caliente del conjunto #4-B fue exitosamente laminado en frío al calibre final deseado de 0.025 (0.01 pulgadas) usando solamente dos ciclos de laminado en frío / recocido como sigue:

0, 231 cm (0,091") → 0,086 cm (0,034") (reducción 60 %)

↓

10 Recocido al aire 3 minutos a 1066 °C (1959 °F) granallado, decapado 45 segundos en 10% HNO₃/2% HF

↓

0, 086 cm (0,034") → 0,033 cm (0,013") (reducción 60 %)

15 **[0057]** Cualquier pasada sencilla de laminación durante el laminado en frío en las anteriores dos secuencias fue limitado a unos 0.013 cm (0.005 pulgadas) y alrededor de 5% de reducción para no tensionar demasiado el material y arriesgarse a delaminación. Respetando estas limitaciones, no se observó ninguna delaminación o deterioro de bordes durante ninguno de los pasos de laminado llevados a cabo sobre los conjuntos #4-A y #4-B, lo que indica que es posible el laminado en frío bastante agresivo. El material del calibre final de los conjuntos #4-A y #4-B fue recocido brillante en hidrógeno a 927°C (1700°F) durante 3 minutos, y se realizaron ensayos de tracción tensión en el material recocido brillante.

20 **[0058]** Se investigó un laminado en frío más agresivo, lo que puede incrementar la velocidad de producción. Un espécimen de material de banda en caliente de 0.0302 cm (0.0119 pulgadas) chorreado y decapado del conjunto #4-A fue laminado en frío como sigue:

0,302 cm (0,119") → 0,099 cm (0,039") (reducción 67%)

25

↓

Recocido al aire 3 minutos a 1066 °C (1959 °F) chorro de arena, decapado 45 segundos en 10% HNO₃/2% HF

↓

0, 099 cm (0, 039") → 0,033 cm (0,013") (reducción 67%)

30

Recocido brillante a 982 °C (1800 °F) durante 1 minuto

35 **[0059]** El laminado en frío se realizó con una reducción de aproximadamente 15% del espesor por pasada de laminado, o unas tres veces el límite objetivo de reducción de espesor por pasada como en las secuencias anteriores de laminado en frío. El material resultante con revestimiento doble del calibre final no presentó signos de delaminación, aunque apareció alguna aspereza de borde. Sin embargo, ya que el material del calibre final sería desbarbado en los bordes hasta una anchura deseada y para eliminar evidencia del material de marco y depósitos de soldadura, la aspereza de los bordes es probablemente insignificante. Las propiedades metalúrgicas y mecánicas del material con revestimiento doble laminado en frío de calibre final 0,033 cm (0,013") recocido brillante, fueron como se lista en la Tabla 1.

40

TABLA 1

Propiedad	Resultado promedio del ensayo
Proporción de níquel	15.1% (por lado)
Espesor de níquel	0.005 cm (0.0020 inch) (por lado)
Tamaño de grano	ASTM 7 (Ni) ASTM 10 (T-316L)
Resistencia a rotura	578.5 MPa (83,900 psi)
Límite elástico	256.5 MPa (37,200 psi)
Porcentaje de alargamiento	46.2%
Dureza	96 HV (Ni) 180 HV (T-316L)
Ensayo de flexión	4 of 4 ensayos de flexión → sin defectos

Ejemplo 5

5 **[0060]** Un conjunto soldado a escala de laminador fue construido a partir de una chapa de acero inoxidable T-316L de 9.53 cm (3.75-pulgadas) de espesor como el material de núcleo con longitud de 33.5 cm (132 inches) y anchura de 82.6 cm (32.5 inches). La chapa central fue metida entre dos chapas de níquel UNS 02201 de 1.9 cm (0.75 pulgadas) de espesor con longitud de 32.5 cm (128 pulgadas) y anchura de 72.4 cm (28.5 pulgadas). La chapa central fue mecanizada por ambos lados para proporcionar regiones con hueco para aceptar las chapas de níquel, que eran de menores dimensiones de longitud y anchura. Por ello, un margen de la chapa de acero inoxidable T-316L rodeaba o "bordeaba" la periferia de las chapas del material de revestimiento y por tanto proporcionaba un marco integral para inibir o evitar que el material de revestimiento de níquel se dispersara más allá de las dimensiones del material central de acero durante el laminado en caliente. Las chapas de níquel fueron soldadas al marco definido por el material central generalmente como se describe en los ejemplos anteriores. El conjunto fue luego calentado a 1121°C (2050°F) y laminado en caliente a una banda laminada en caliente de un calibre intermedio sobre un laminador de banda en caliente.

15 **[0061]** Se examinaron micrografías de muestras de la banda laminada en caliente y mostraron que la calidad de las uniones entre las capas central y de revestimiento era muy buena. La superficie de la banda se inspeccionó y se halló como aceptable, siendo el único defecto significativo observado una ampolla en una localización cerca del centro de la tira. Se observó alguna delaminación/deshojado significativo a lo largo del límite de fusión entre el depósito de soldadura y la capa de revestimiento de níquel. La banda laminada en caliente fue laminada en frío, recocida y preparada para nivelar.

Ejemplo 6

25 **[0062]** Un conjunto soldado a escala del laminador puede ser preparado de una chapa de acero inoxidable T-316L de 33.5x82.6 cm(132 pulgadas x 32.5 pulgadas) (largo x ancho) como material central, y dos chapas de níquel UNS 02001 de 32.5x72.4 cm(128 pulgadas x 28.5 pulgadas)) de recubrimiento como material de revestimiento. El espesor de la chapa central puede ser 9.53 cm(3.75 pulgadas) y el espesor de cada chapa de recubrimiento puede ser de 1.9 cm(0.75 pulgadas) para un espesor total del conjunto de 13.3 cm (5.25 pulgadas). Un hueco conformado para aceptar una chapa de recubrimiento se mecaniza en cada cara de la chapa central, con tres botones mecanizados en cada uno de los extremos de cada hueco. La Figura 16 es una vista superior esquemática de una cara de la chapa central 220, mostrando el hueco 224, el margen saliente 226 dejado en la chapa central 220 y paredes de definición del hueco 224, y los seis botones 225 extendiéndose desde la superficie 227 del hueco 224. La cara restante de la chapa central 220 (no mostrada en la Figura 16) tendrá un diseño básicamente idéntico. Cada chapa de recubrimiento de níquel se mecaniza para incluir seis orificios en posiciones predeterminadas, y cada chapa de recubrimiento se coloca en un hueco de la chapa central de modo que los seis botones de la chapa central se proyectan a través de los seis orificios mecanizados en la chapa de recubrimiento. El espesor de la chapa central puede ser 3.75 pulgadas y el espesor de cada chapa de recubrimiento puede ser 1.9 cm (0.75 pulgadas), para un un espesor total del conjunto de 13.3 cm (5.25 pulgadas) Las chapas de recubrimiento se sueldan a la chapa central en las juntas entre las chapas de recubrimiento y el margen saliente de la chapa central, y en las juntas entre los botones y los orificios en las chapas de recubrimiento. Los botones se proporcionan para inibir más el deslizamiento de las chapas de recubrimiento respecto a la chapa central durante el laminado en caliente.

40 **[0063]** El conjunto es calentado a aproximadamente 1121°C (2050°F) y laminado en caliente en un laminador reversible a una banda laminada en caliente de calibre intermedio. La banda laminada en caliente puede entonces ser desbarbada a una anchura deseada adecuada para el laminado en frío. La banda laminada en caliente es luego

5 recocida al aire, por ejemplo, a 1038°C(1900°F) durante 1 minuto de tiempo a temperatura, descostrada, opcionalmente decapada y amolada la superficie, y luego laminada en frío. El material laminado en frío es luego recocido al aire, por ejemplo, a 1038°C(1900°F) durante 1 minuto de tiempo a temperatura, descostrado, opcionalmente decapado y amolada la superficie, y luego laminado en frío. Este material es recocido brillante, laminado en frío al calibre final, y luego recocido brillante una vez más. El material puede ser entonces igualado por estirado, si se desea.

10 **[0064]** Se entenderá que la presente descripción ilustra aquellos aspectos relevantes para un entendimiento claro de la invención. Ciertos aspectos que serían evidentes para aquellos con un conocimiento normal en la materia y que, por tanto, no facilitarían un mejor entendimiento de la invención no han sido presentados con el fin de simplificar la presente descripción. Aunque se han descrito realizaciones de la presente invención, la persona con conocimiento normal de la técnica, considerando la descripción precedente, reconocerá que pueden ser empleadas muchas modificaciones y variaciones de la invención. Todas esas variaciones y modificaciones pretenden estar cubiertas por la descripción precedente y las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para producir un acero inoxidable revestido, el método comprendiendo el laminado en caliente de un conjunto soldado para proporcionar una banda laminada en caliente; el conjunto soldado comprendiendo una chapa de acero inoxidable soldada a una chapa de un material de revestimiento de aleación, **caracterizado porque** la chapa del material de revestimiento que está dispuesta en un hueco sobre una superficie de la chapa de acero inoxidable de tal modo que una parte saliente de la chapa de acero inoxidable define el hueco y rodea todo el borde periférico de la chapa del material de revestimiento, en donde en el conjunto soldado el espesor de la chapa del material de revestimiento tiene el mismo espesor de la parte saliente de la chapa de acero inoxidable, la parte saliente de la chapa de acero inoxidable inhibe al que el material de revestimiento se esparza más allá de un borde del acero inoxidable durante el laminado en caliente, y a la temperatura del laminado en caliente la resistencia en caliente del material de revestimiento de aleación es menor que la resistencia en caliente del acero inoxidable, en donde " resistencia en caliente" significa el límite elástico de un material a las temperaturas de laminado en caliente.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en donde la chapa de acero inoxidable está compuesta de un material seleccionado de acero inoxidable T-316L, acero inoxidable T-316, acero inoxidable T304L y acero inoxidable T-304.
- 15 3. El método de la reivindicación 1, en donde el material de revestimiento es seleccionado del grupo que consta de níquel, una aleación de níquel, cobre, una aleación de cobre, y un acero inoxidable.
- 20 4. El método de la reivindicación 1, en donde el acero inoxidable revestido es un acero inoxidable de revestimiento doble, y el conjunto soldado comprende dos chapas de un material de revestimiento de aleación, cada chapa del material de revestimiento incluyendo un borde periférico, cada chapa del material de revestimiento dispuesta en un hueco en cada una de las superficies opuestas de la chapa de acero inoxidable, de tal modo que una parte saliente de la chapa de acero inoxidable define el hueco en la particular superficie de la chapa de acero inoxidable y rodea todo el borde periférico de la chapa de material de revestimiento en el hueco, donde en el conjunto soldado el espesor de cada una de las chapas de material de revestimiento tiene el mismo espesor de la parte saliente de la chapa de acero inoxidable, y a la temperatura del laminado en caliente la resistencia en caliente del material de revestimiento de aleación es menor que la resistencia en caliente del acero inoxidable.
- 25 5. El método de la reivindicación 1, que además comprende:
- opcionalmente recocer la banda laminada en caliente; y
- laminar en frío la banda laminada en caliente hasta una tira revestida con un calibre deseado.
- 30 6. El método de la reivindicación 1, en el que el acero inoxidable revestido es una tira de acero inoxidable con revestimiento doble, el método comprendiendo:
- proporcionar un conjunto soldado que comprende:
- 35 disponer una chapa de un material de revestimiento seleccionado de níquel y una aleación de níquel dentro de un hueco en cada superficie opuesta de una chapa de acero inoxidable de tal modo que un margen saliente en cada superficie opuesta de la capa de acero inoxidable define el hueco sobre esa superficie y rodea todo el borde periférico de la chapa del material de revestimiento dentro del hueco, en donde en el conjunto soldado el espesor de la chapa del material de revestimiento tiene el mismo espesor que la parte saliente de la chapa de acero inoxidable; y
- soldar cada chapa del material de revestimiento al margen saliente adyacente de la chapa de acero inoxidable; y
- laminar en caliente el conjunto soldado para proporcionar una banda laminada en caliente; y
- 40 laminar en frío la banda laminada en caliente a un calibre deseado, donde a la temperatura de laminado en caliente la resistencia en caliente del material de revestimiento es menor que la resistencia en caliente del acero inoxidable.

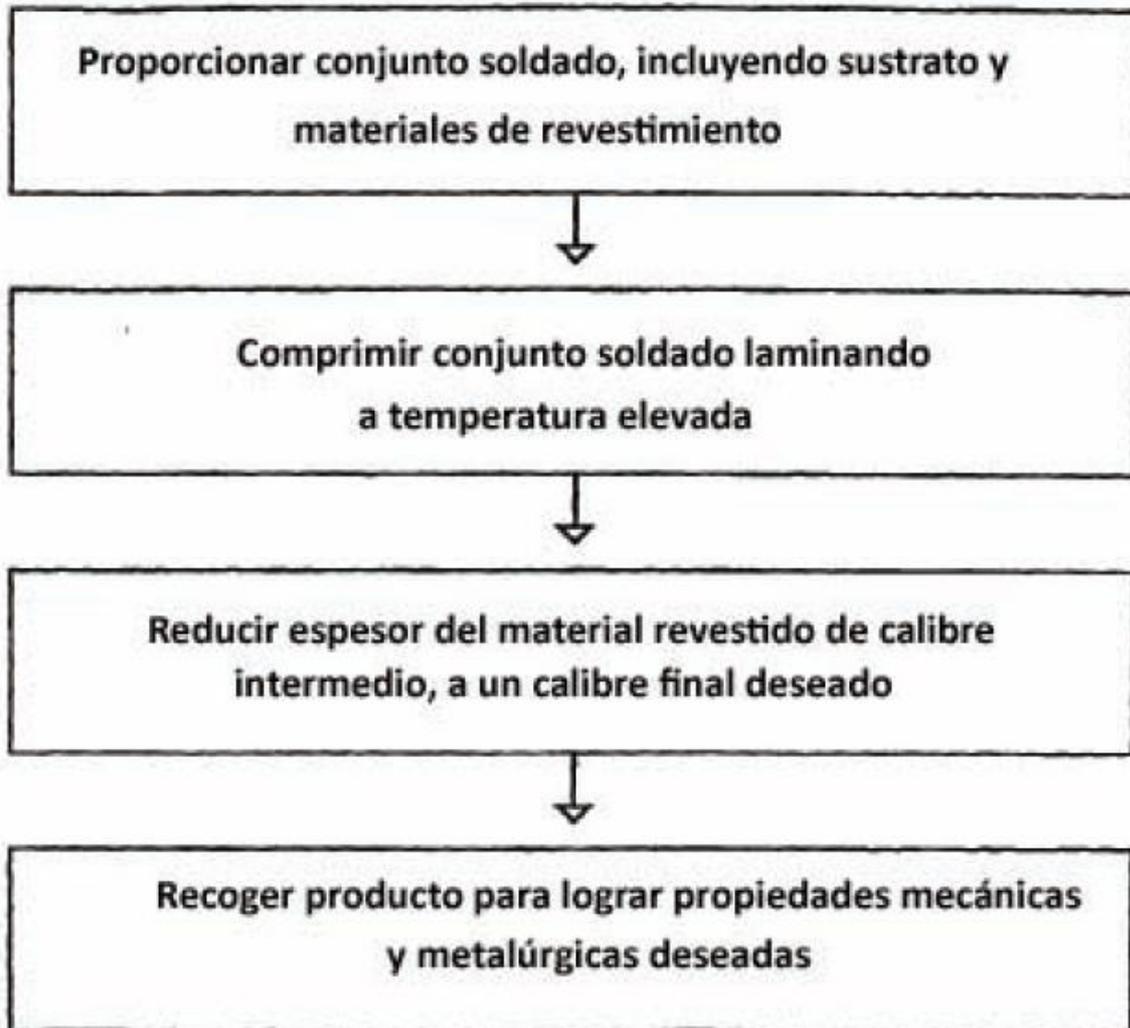


FIG. 1

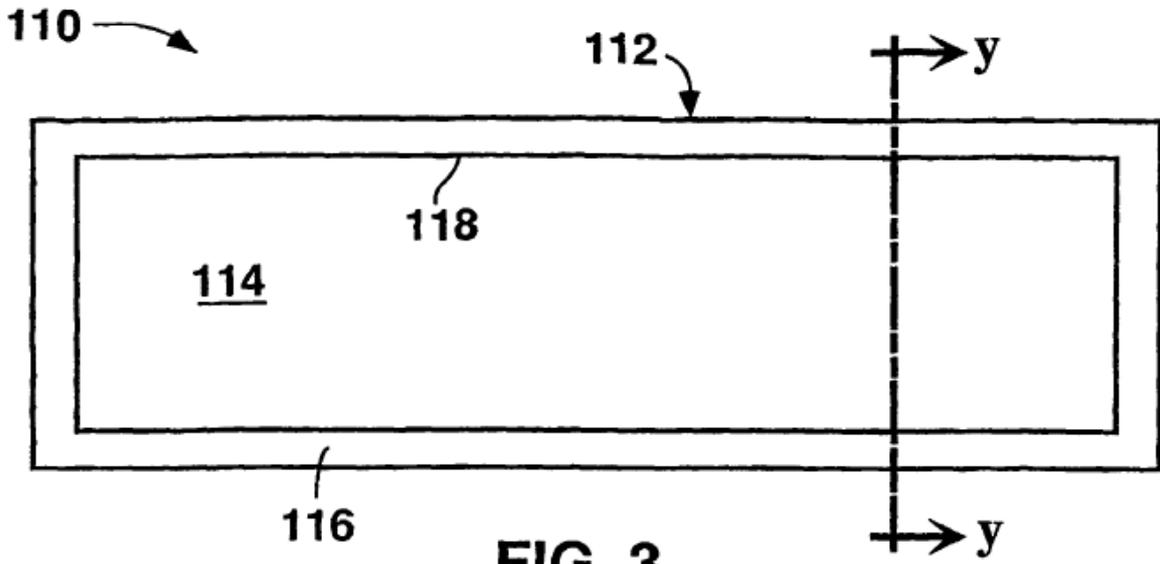


FIG. 3

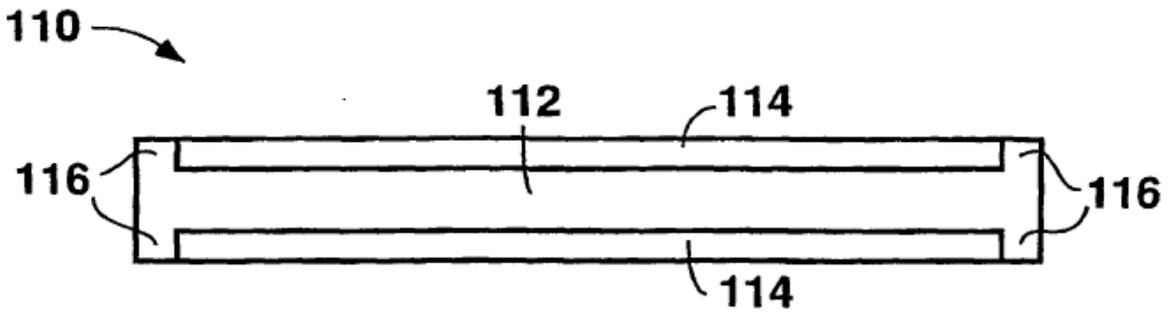


FIG. 4

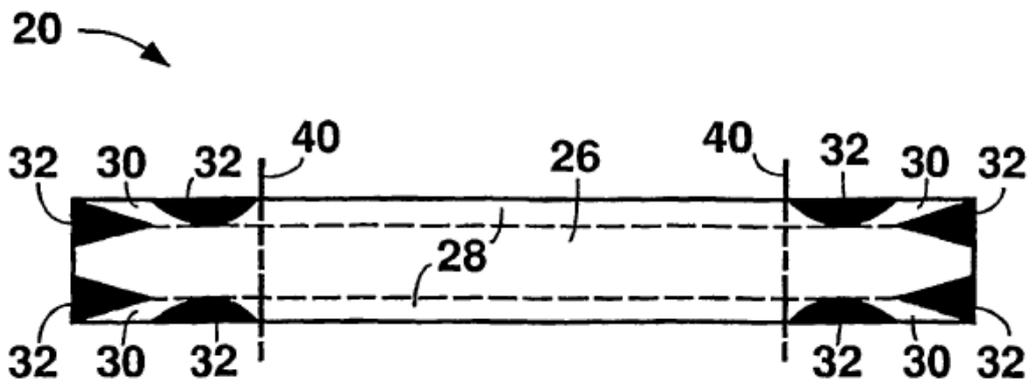


FIG. 5

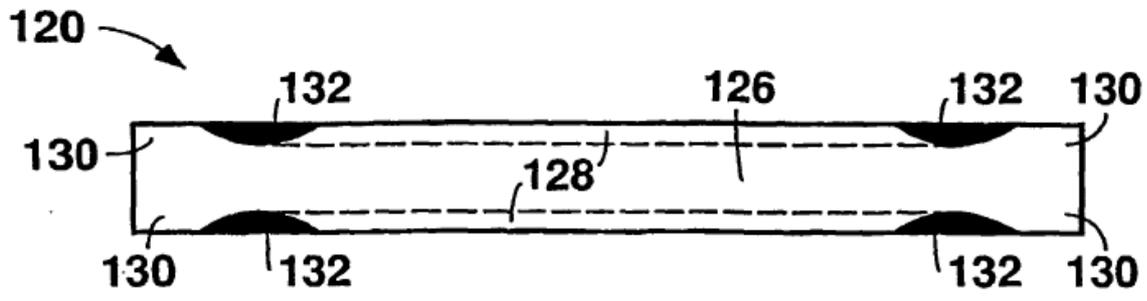


FIG. 6

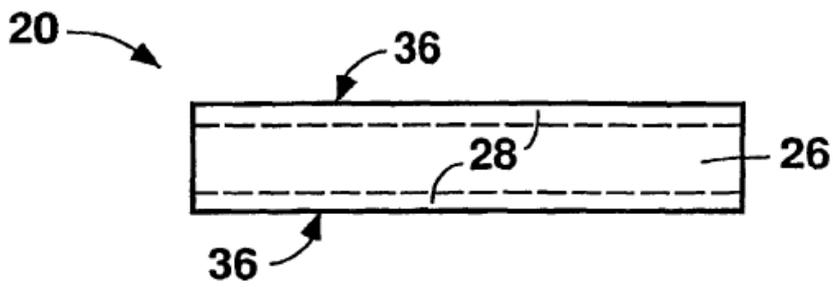


FIG. 7

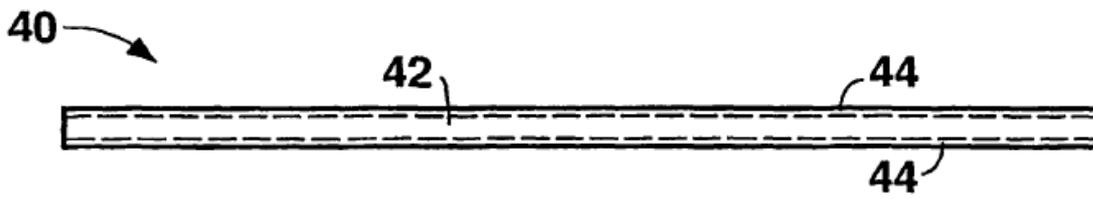


FIG. 8

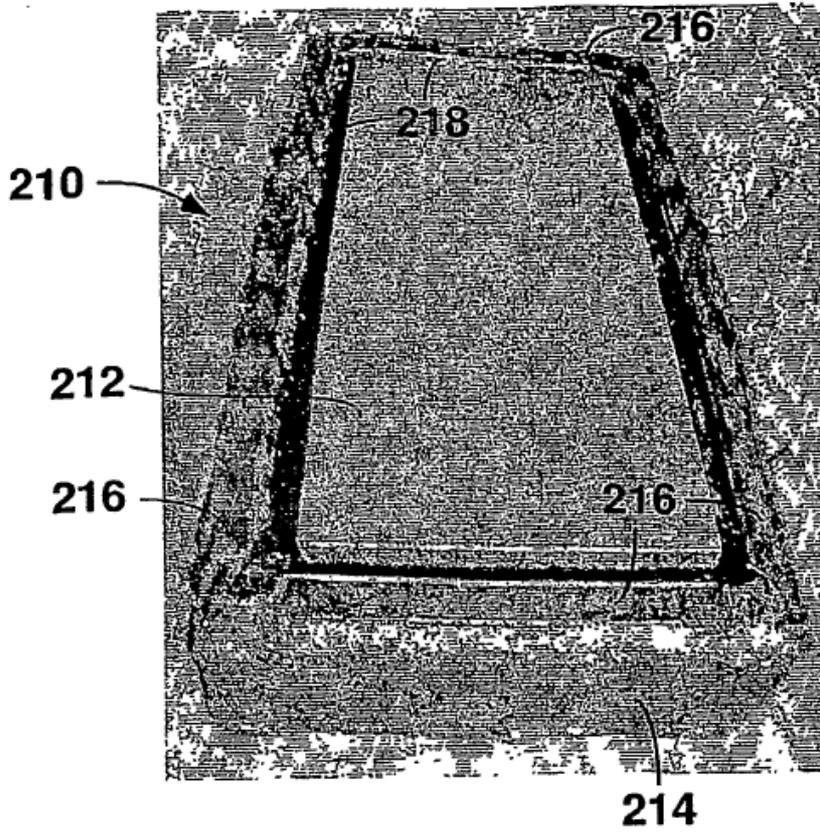


FIG. 9

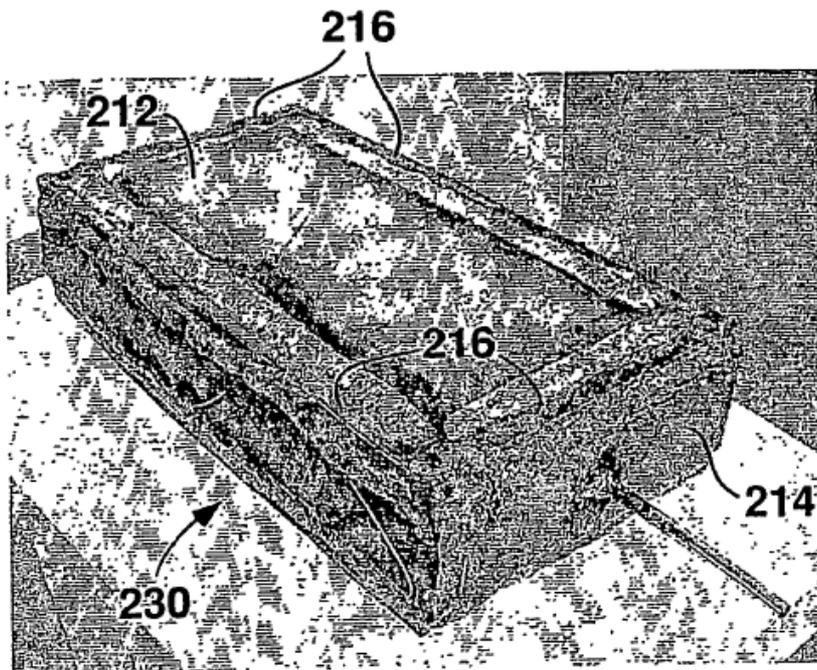


FIG. 10

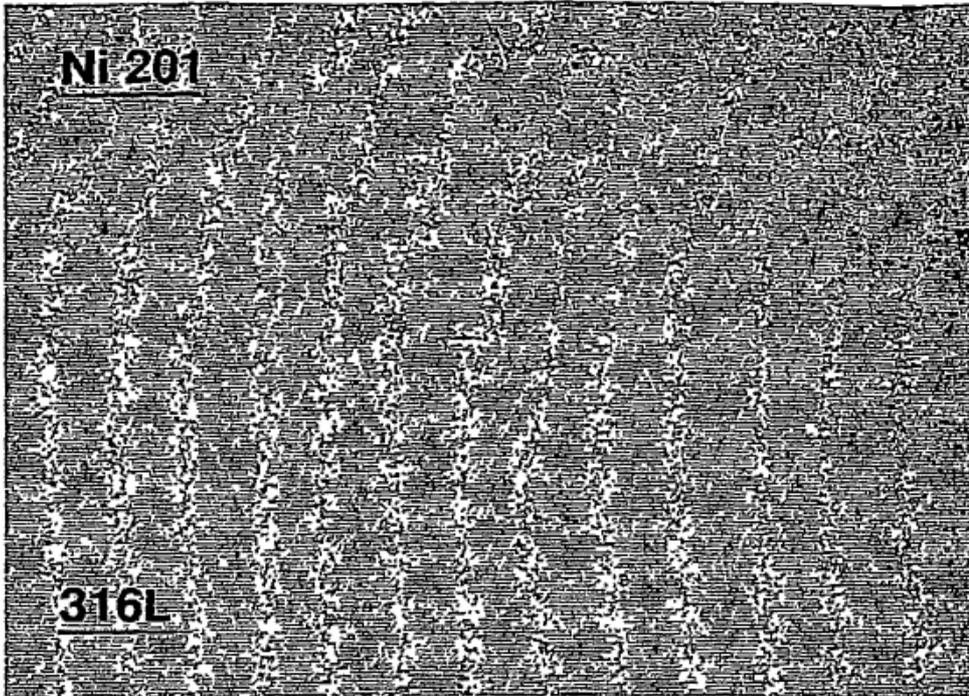


FIG. 11a

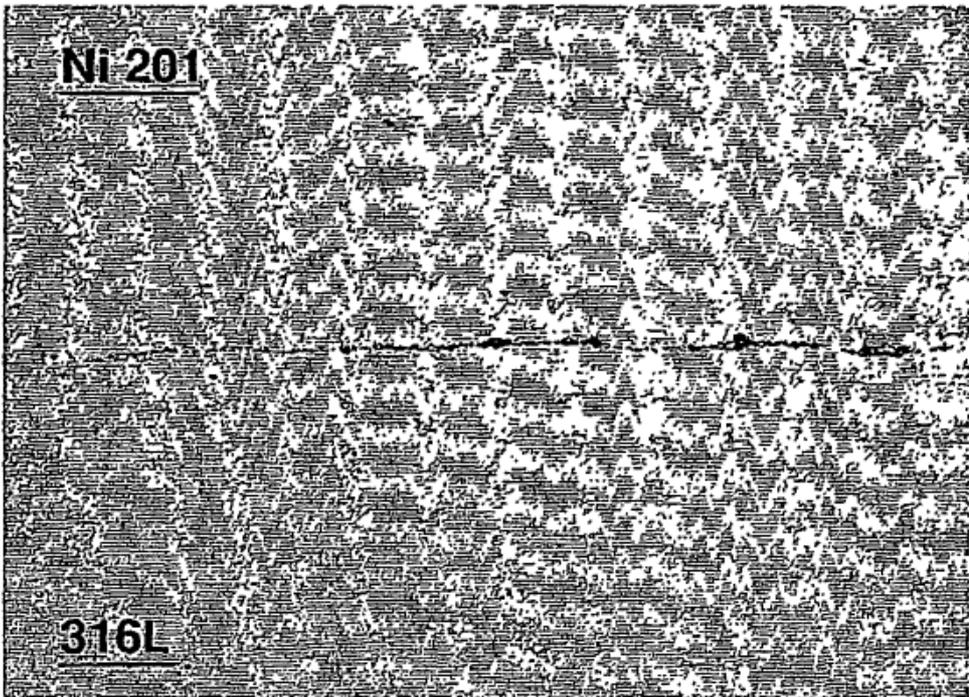


FIG. 11b

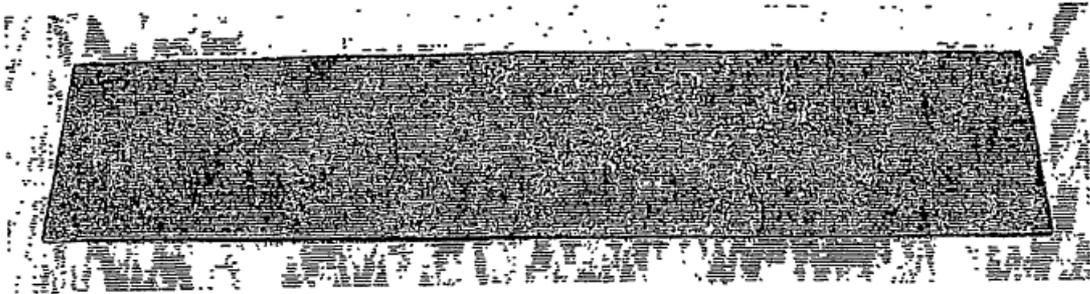


FIG. 12

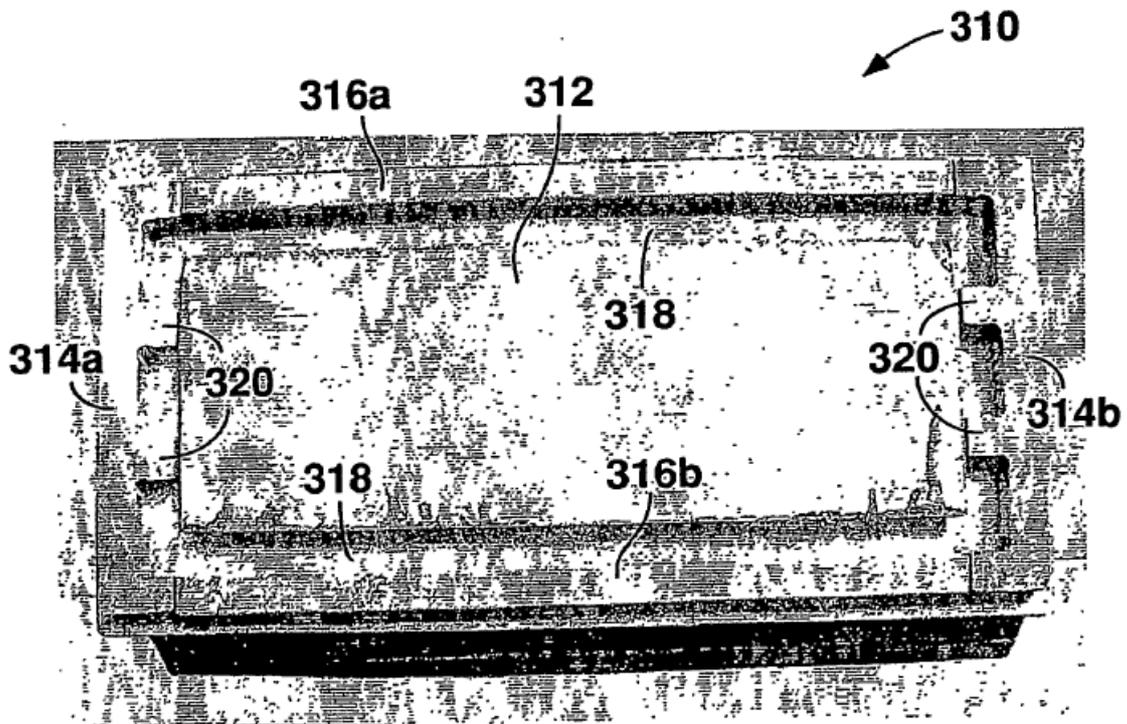


FIG. 13

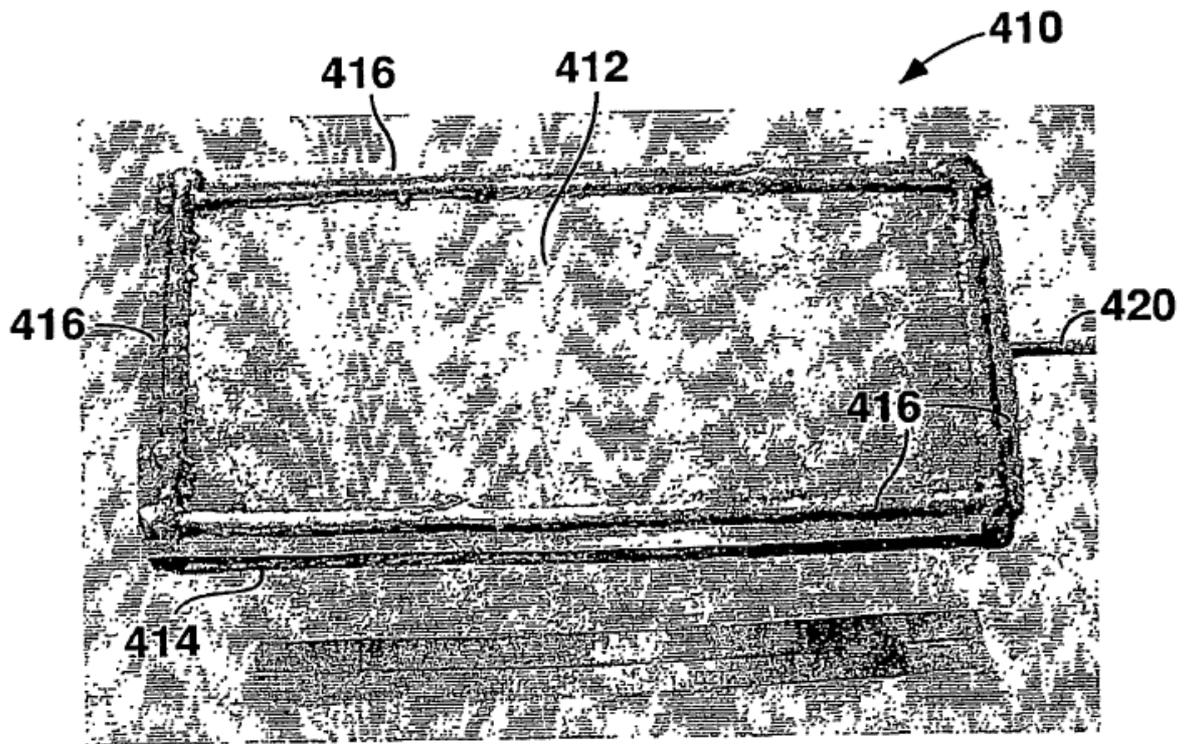
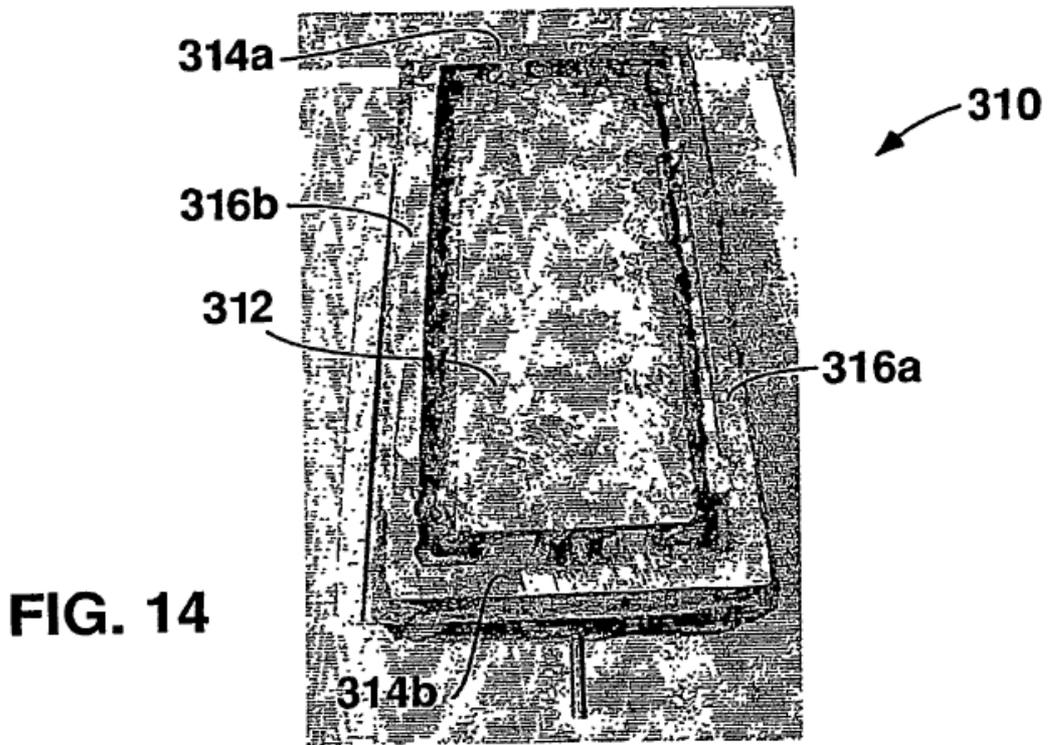


FIG. 15

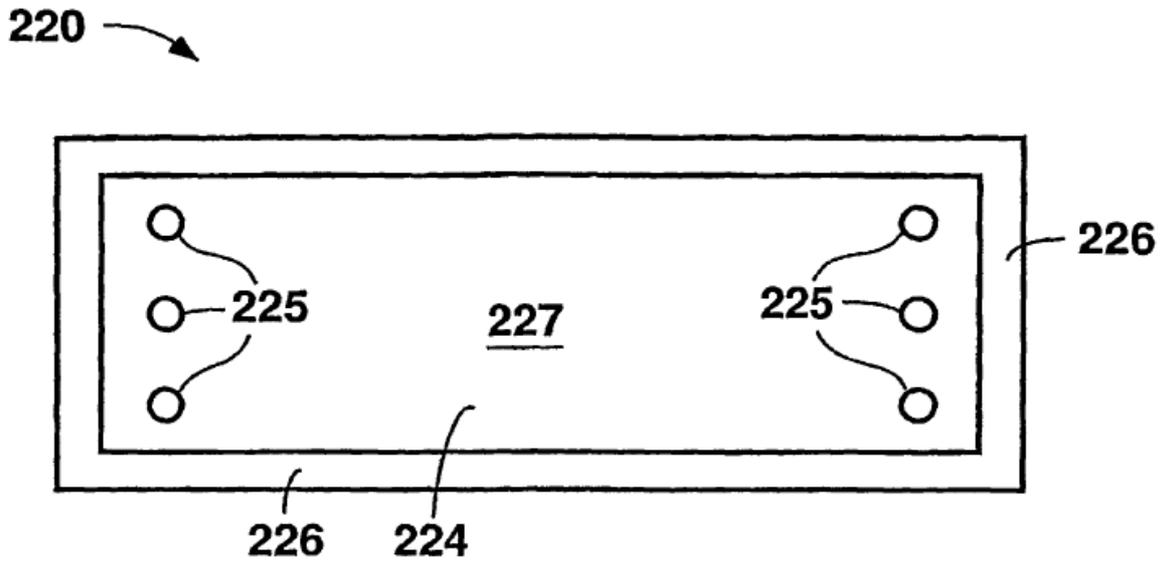


FIG. 16