

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 675**

51 Int. Cl.:

B23K 31/02 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

C21D 8/04 (2006.01)

C21D 9/00 (2006.01)

C21D 1/68 (2006.01)

C21D 1/70 (2006.01)

B23K 101/34 (2006.01)

B23K 103/04 (2006.01)

B32B 15/01 (2006.01)

B21D 39/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2015 PCT/GB2015/051335**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2015 WO15170101**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2015 E 15744626 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2019 EP 3142821**

54 Título: **Método para la producción de productos de acero revestido**

30 Prioridad:

09.05.2014 NZ 62476014

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

17.03.2020

73 Titular/es:

**CLADINOX INTERNATIONAL LIMITED (100.0%)
Suite 9, Ansuya Estate, Revolution Avenue
Victoria, SC**

72 Inventor/es:

CACACE, ANTONINO

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 748 675 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 para la producción de productos de acero revestido

5 Esta invención se refiere a la producción de productos metálicos resistentes a la corrosión. La invención tiene una aplicación particular pero no exclusiva para productos que comprenden un núcleo de acero susceptible a la corrosión al que se aplica un revestimiento compuesto de acero inoxidable, aleación de níquel-cromo, aleación de níquel-cobre o aleación de cobre-níquel. Se pretende que la invención cubra métodos para preparar lingotes para producir tales productos y también los lingotes mismos, ya que puede haber un mercado para los lingotes.

10 La susceptibilidad a la corrosión de lo que comúnmente se denominan simplemente "aceros" que se usan con mayor frecuencia en la industria es bien conocida y no debería requerir más discusión. Por el contrario, las propiedades resistentes a la corrosión de los aceros inoxidables y las aleaciones mencionadas son igualmente conocidas. Esta invención se aplica, en principio, a cualquier producto que esté compuesto por un cuerpo de acero que sea significativamente más susceptible a la corrosión que el acero inoxidable o las aleaciones mencionadas anteriormente y que sea susceptible de tener aplicado un revestimiento de estos materiales mediante las técnicas descritas en la presente descripción. En esta descripción, el término "acero", usado por sí mismo, se referirá a ese acero a menos que quede claro por el contexto que eso no es lo que se desea. En particular, se pretende que el término "acero" cubra lo que comúnmente se denominan aceros al carbono. De acuerdo con la convención, y como se usa en la presente descripción, el término "acero al carbono" cubre los diversos grados de estos, incluidos los aceros suaves, los aceros de ingeniería de baja aleación y los aceros de microaleaciones.

25 Los términos "acero inoxidable", "aleación de níquel-cromo" y "aleación de níquel-cobre" son nombres bien conocidos en la industria del metal y generalmente se aplican a una gama de aleaciones que contienen, respectivamente, cantidades significativas de cromo, níquel y cromo y cobre y níquel. En las aleaciones de níquel-cobre hay más níquel que cobre, en contraste con las "aleaciones de cobre-níquel" en las que se invierten las proporciones de níquel y cobre. Los rangos de aleaciones debajo de cada uno de los cuatro nombres aparecen en las listas disponibles de los principales productores de los mismos. En esta descripción, el término "aleaciones que se contemplan en la presente descripción" se refiere a cualquiera de estas aleaciones, a menos que quede claro por el contexto que esto no se desea. El grado de acero inoxidable AISI A304L se aplica a los lingotes que se usan en ensayos hasta ahora. Sin embargo, debería ser posible usar cualquier grado adecuado de acero inoxidable, dependiendo de lo que se necesite para el producto final producido a partir de un lingote.

35 Hubo muchas propuestas anteriores para producir productos de acero revestidos del tipo descrito anteriormente. Las más relevantes de estas propuestas se describen en las solicitudes internacionales de patente núm. WO2011/048364 y WO2012/143668, y en la patente de EE.UU. 6706416y una serie de patentes anteriores a las que se hace referencia, incluyendo la patente de EE.UU. 5051315. Estas patentes y solicitudes de patentes son todas de Cacace, el inventor que se menciona en la presente solicitud.

40 El examen de estas propuestas anteriores muestra que el logro de una unión metalúrgica satisfactoria en la interfaz entre el revestimiento de acero inoxidable y el núcleo de acero ha sido problemático. La raíz del problema es la aparición de oxidación a temperaturas elevadas del cromo en el acero inoxidable en la interfaz entre el revestimiento y el núcleo de acero.

45 Los núcleos de los lingotes descritos en las patentes de EE.UU. se forman por virutas de acero finamente divididas. Por otro lado, en las solicitudes de patentes internacionales, los núcleos son de acero sólido. La presente invención también se refiere a lingotes que tienen núcleos de acero sólidos.

50 En el documento WO2011/048364, el núcleo de los lingotes se conoce como un "cuerpo" de acero sólido. A menos que aparezca una indicación contraria del contexto, los términos "núcleo" y "cuerpo" se usan indistintamente a lo largo de esta descripción para indicar un cuerpo que es típicamente pero no esencialmente alargado y puede ser sólido, tubular o de otra manera hueco. Cuando el lingote se destina a la producción de un producto final que está revestido externamente alrededor de toda su periferia, se coloca en un tubo (denominado en la presente descripción "el tubo de revestimiento") de acero inoxidable o una de las otras aleaciones contempladas en la presente descripción. La forma de la sección transversal del núcleo y el tubo de revestimiento es típicamente redondo o cuadrado. Cuando el núcleo se inserta en el tubo de revestimiento, hay una interfaz entre los dos en la que se unen cuando el lingote se calienta y se lamina o se transforma en un producto ferroso. En e documento WO2011/048364, uno o más elementos, compuestos de metal de depuración, que típicamente se divide finamente en aluminio, titanio o magnesio, se colocan en el tubo de revestimiento adyacente a cada extremo del núcleo. El metal de depuración sirve para eliminar el oxígeno y todos los demás gases, excepto los gases inertes del aire residual en la interfaz para evitar la oxidación del cromo en el tubo de revestimiento en la interfaz. El tubo de revestimiento típicamente se sella para evitar que los gases atmosféricos o los gases del horno salgan del lingote penetrando en la interfaz. Los extremos del lingote se calientan a una temperatura a la que el metal de depuración se activa antes de que la interfaz alcance una temperatura a la cual la oxidación del acero inoxidable comience a una escala significativa. El metal de depuración puede colocarse directamente en el tubo de revestimiento contra los extremos del núcleo o puede alojarse en cartuchos de acero que se colocan contra los extremos del núcleo. En ambos

casos, los extremos del tubo de revestimiento se sellan por placas de sellado de acero que están soldadas en los extremos del tubo.

5 Se ha encontrado que esta disposición es satisfactoria en el caso de muchos lingotes, particularmente lingotes redondos de menor tamaño. Sin embargo, la mayoría de los laminadores modernos se diseñan para laminar lingotes cuadrados de mayor tamaño. En el curso de los ensayos llevados a cabo en relación con la presente solicitud, cuando se usó un laminador en línea para laminar lingotes más grandes, surgieron una serie de problemas.

10 En primer lugar, los extremos de los lingotes ensamblados de la manera descrita anteriormente exhiben una tendencia a fallar durante el laminado, comúnmente en las soldaduras que mantienen las placas de sellado en su lugar, con la consiguiente oxidación en la interfaz. Además de la falla de la soldadura, se ha encontrado durante los ensayos que los extremos del tubo tienen una tendencia a extenderse lateralmente en las primeras etapas del laminado. Esto se conoce como "aleteo" o "coleo" y comúnmente provoca que el lingote se doble o arquee. Esto puede llevar a que el lingote se atasque en las guías del molino, lo que se conoce como "deformación", evitando que siga laminando.

15 En el caso de los lingotes revestidos, tanto el aleteo como el coleo surgen evidentemente del hecho de que los extremos del tubo de revestimiento sobresalen de los extremos del núcleo y derivan un soporte insuficiente del núcleo contra las fuerzas que surgen durante el laminado. El documento WO2012/143668 describe un método para preparar lingotes que, *entre otros*, aborda este problema. En este método, los extremos salientes del tubo de revestimiento se estampan hacia adentro a un tamaño transversal que es más pequeño que el del extremo del núcleo. Esta etapa tiene la ventaja de que las soldaduras de sellado son menos vulnerables. Además, cuando se comienza a laminar, los extremos del lingote, que se estrechan, entran en contacto con los laminados solo después de que el lingote haya pasado quizá por los dos o tres soportes de laminado inicial. En esta etapa, es probable que el tubo de revestimiento ya se haya unido lo suficiente al núcleo para reducir significativamente la posibilidad de oxidación si fallan las soldaduras de sellado. Además, una vez más, debido a que los extremos del tubo son cónicos, es menos probable que se produzca un roce debido al aleteo o coleo antes de que se corten la nariz y la cola del lingote. A este respecto, debe explicarse que las cizallas se incorporan en todos los laminadores específicamente para evitar la deformación. En la práctica convencional del laminador, es más probable que se produzca la deformación después de las reducciones más pesadas y, en los laminadores en línea, las cizallas generalmente se colocan después de los primeros seis o siete pases o soportes de desbaste.

20 Las mejoras reveladas en el documento WO2012/143668 mejoran estos problemas. Sin embargo, durante los ensayos posteriores en lingotes cuadrados grandes laminados en un laminador en línea, se encontró que continuó algún fallo. En estos casos, se descubrió que los extremos de algunos lingotes ya se habían abierto al salir del horno, es decir, incluso antes de entrar en el primer soporte de rodillo.

25 El metal de depuración que se usó en estos lingotes fue titanio o aluminio finamente dividido. El aluminio se funde a 650 °C. En los lingotes en los que se usó aluminio, se descubrió, después de una minuciosa investigación que, a la temperatura de alrededor de 1200 °C (la temperatura a la que el lingote sale del horno), junto con los tiempos de remojo más largos asociados con lingotes más grandes, el aluminio se volvió extremadamente reactivo a pesar de estar en un vacío en esta etapa. Como resultado, ahora se cree que el aluminio atacó tanto al acero como al acero inoxidable, perforando así tubos de revestimiento de paredes más delgadas.

30 Por otro lado, el titanio se enciende en el aire a una temperatura de aproximadamente 600 °C y arde con una reacción de tipo "termita", alcanzando una temperatura de aproximadamente 3000 °C. En los lingotes en los que se usó titanio, la falla de los extremos del lingote se atribuyó inicialmente al encendido del titanio en presencia de un exceso de oxígeno que quizás penetró a través de agujeros o grietas en las soldaduras de sellado.

35 Cabe destacar que estos problemas no se produjeron durante los ensayos en pequeños lingotes redondos.

40 La investigación adicional ahora sugiere dos posibles causas de la falla de los extremos de los tubos de revestimiento que todavía se produce durante el laminado. En primer lugar, parece que, cuando el titanio en contacto con el tubo de revestimiento de acero inoxidable se calienta, hay una reacción metalúrgica entre los dos que hace que el titanio ataque y corroa el tubo de revestimiento, incluso en el vacío. El problema se ve exacerbado por los largos tiempos de permanencia o remojo de hasta 4 horas y las temperaturas ambiente de 900 a 1200 °C asociados con lingotes más grandes. Además, se descubrió que el acero no es atacado por el titanio de la misma manera que el acero inoxidable. Parece que esta reacción no es bien conocida o entendida. Parece probable que pueda esperarse la misma reacción cuando se usa aluminio en lugar de titanio.

45 En segundo lugar, el solicitante ahora también se ha dado cuenta de que cuando los lingotes revestidos se laminan en un laminador en línea, en contraste con un laminador reversible o de serpenteo, existe una tendencia a que el extremo trasero del núcleo de acero se extruda hacia afuera en la dirección axial con respecto a la porción final del tubo de revestimiento. La parte central del núcleo sufre un mayor grado de extrusión que la periferia, de modo que la cara extrema del núcleo se vuelve convexa en el proceso. Cuando esto sucede, el extremo del núcleo empuja contra cualquier metal de depuración presente en el extremo trasero del núcleo y esto a su vez empuja con fuerza contra cualquier placa de sellado o contra las porciones del tubo de revestimiento que se ha plegado sobre el extremo del núcleo y soldado para sellar el lingote.

Esta fuerza puede hacer que las partes dobladas sobre el tubo se rompan o que las soldaduras fallen. Cuanto mayor sea la reducción a través de cada soporte, más pronunciada será la convexidad y, por lo tanto, la fuerza ejercida por el núcleo.

5 Se encontró que los extremos traseros de los lingotes que se laminan en un laminador en línea se rompen con más frecuencia que los extremos delanteros. Aunque rara vez se produce la deformación de los extremos traseros deformados por el aleteo o coleo, al salir de los rodillos, el extremo trasero puede desplazarse o quedar fuera de la alineación axial, el "aparejo" del laminador, como las guías de entrada y salida. Esto conduce a interrupciones más frecuentes en la producción.

10 Por el contrario, la cara final del extremo delantero o "nariz" del núcleo se dibuja cóncavamente hacia adentro. De este modo, la cara extrema se aleja en la dirección axial de la briqueta, así como lejos del miembro de sellado en el extremo delantero del lingote. El tubo de revestimiento ahora ahuecado carece del soporte del núcleo en el extremo delantero y, por lo tanto, puede hacer que el tubo de revestimiento aletee, se rompa o se deforme antes de que la cizalla volante pueda cortarlo.

15 El documento WO2012/143668 muestra una técnica para contrarrestar esta formación de huecos en la nariz mediante el anclaje de briquetas anulares a un eje que sobresale axialmente del centro de la cara final del núcleo. Esta técnica ha tenido un éxito limitado como resultado de las considerables fuerzas de tracción ejercidas sobre el eje en el extremo de la nariz del lingote a medida que la cara del extremo se vuelve cóncava, lo que provoca la falla del eje. La técnica también resultó inadecuada hasta cierto punto en el extremo trasero del lingote, con el eje alargándose en relación con la periferia del núcleo, haciendo que las briquetas se separen cada vez más de la cara del núcleo a medida que aumenta la convexidad del extremo trasero.

20 Dado que el metal de depuración en estos lingotes está en contacto con el tubo de revestimiento en ambos extremos del lingote, estos problemas pudieron exacerbarse por el hecho de que el tubo de revestimiento pudo estar debilitado debido a la reacción metalúrgica ya mencionada. Esta diferencia de comportamiento entre los extremos delantero y trasero de un lingote laminado en un laminador en línea es inesperada teniendo en cuenta la experiencia del solicitante con los laminadores de serpiente.

25 Es un objetivo de la presente invención abordar estos problemas.

Para este fin, desde un primer aspecto, esta invención proporciona un lingote como se define en las reivindicaciones 1-14.

30 Desde un segundo aspecto, esta invención proporciona un método para formar un lingote de acuerdo con el método presentado en la reivindicación 15.

Desde un tercer aspecto, esta invención proporciona un método para formar productos ferrosos resistentes a la corrosión de acuerdo con la reivindicación 16.

40 Las modalidades de la invención se describirán ahora en detalle, con referencia a los dibujos acompañantes, todos los cuales son algo esquemáticos, y en los cuales:

45 Las Figuras 1 a 5 son vistas laterales, en sección transversal, de una porción de extremo de cada uno de varios lingotes que comprende un cuerpo o núcleo de acero que se inserta en un tubo de revestimiento de acero inoxidable;

Las Figuras 1A a 5A son vistas de las flechas A - A, B - B, C - C en las Figuras 1 a 5 respectivamente;

Las Figuras 6 es una vista lateral de una porción extrema de un lingote adicional que comprende un cuerpo o núcleo de acero que se inserta en un tubo de revestimiento de acero inoxidable;

50 La Figura 7 es una vista lateral, en sección transversal, de una porción de extremo de otro lingote de construcción similar; La Figura 7A es una sección sobre A-A en la Figura 7;

La Figura 8 es una vista lateral de una porción extrema de un lingote para formar un producto final tubular con un revestimiento interno de acero inoxidable;

La Figura 8A es una vista de las flechas C-C en la Figura 8;

55 La Figura 9 es una vista lateral, en sección transversal, de una porción extrema de un lingote para formar una placa de acero, una de cuyas caras está revestida con acero inoxidable;

La Figura 9A es una vista en planta del lingote que se muestra en la Figura 9; la Figura 10 es una vista lateral, en sección transversal, de un extremo de un lingote que comprende un núcleo de acero insertado en un tubo de revestimiento de acero inoxidable, en un estado parcial y totalmente cerrado respectivamente;

La Figura 10A es una vista similar del extremo opuesto del lingote mostrado en la Figura 10;

60 La Figura 11 es una vista lateral, en sección transversal, de un extremo de un lingote que es una variación del lingote de las Figuras 4 y 4A

La Figura 12 es una vista lateral de un extremo de un lingote que ejemplifica la invención destinado a la fabricación de un producto parcialmente revestido tal como una placa;

La Figura 13 es una vista posterior del lingote mostrado en la Figura 12;

65 Las Figuras 13 y 13A son vistas laterales y posteriores de la placa de las Figuras 12 y 12A con reactivo y un tapón de cierre en su lugar; y

ES 2 748 675 T3

Las Figuras 14A-14G son vistas en sección transversal de productos finales producidos elaborando los diversos lingotes ilustrados en los dibujos.

5 En la descripción de los ejemplos que siguen, se describe que los lingotes tienen un miembro de revestimiento compuesto de acero inoxidable. Sin embargo, debe enfatizarse que el miembro de revestimiento puede estar compuesto de o incluir cualquiera de las aleaciones alternativas contempladas en la presente descripción, ya que algunas o todas estas aleaciones son igualmente susceptibles a los problemas de oxidación como se describe en la presente descripción.

10 Con referencia primero a las Figuras 1 y 1A, se muestra un extremo de un lingote B1 que comprende un núcleo 14 de acero sólido alojado en un miembro de revestimiento ajustado en forma de un tubo 16 de acero inoxidable. El lingote tiene el tamaño y la forma adecuada para laminarse en un laminador moderno convencional. Por conveniencia de la descripción, el ejemplo descrito en las Figuras 1 y 1A es un lingote cuadrado que es adecuado para ser laminado en un producto terminado sólido. En las Figuras 8a, 8b y 8c se muestran ejemplos de los productos que muestran, respectivamente, una barra redonda, una barra cuadrada y una barra plana. Cada barra comprende un núcleo de acero sólido C al que se une metalúrgicamente un revestimiento externo S de acero inoxidable. Los mismos lingotes también pueden laminarse en secciones y otros productos largos.

20 Cuando el tubo de revestimiento 16 está en su lugar, hay una interfaz 18 entre las caras laterales 20 del núcleo y las caras internas 22 del tubo de revestimiento. El tubo de revestimiento se une al núcleo en esta interfaz cuando el lingote se calienta y se lamina (o de otra manera se trabaja) para formar un producto terminado.

25 El núcleo 14 tiene una cara extrema 24 que es cuadrada con el eje central longitudinal X del lingote. En la forma más simple del lingote, el tubo de revestimiento termina cerca de la cara extrema 24 porciones adyacentes de las caras laterales 20 del núcleo que convenientemente pueden llamarse tierras 25.

30 Sin embargo, antes de insertar el núcleo en el tubo de revestimiento, se forma un rebaje 30 en cada cara lateral 20 del núcleo, típicamente pero no esencialmente mediante corte de perfil con cortadores de plasma o oxiacetileno. Cada rebaje 30 abarca la cara 20 en la que se forma. En este ejemplo, el rebaje es perpendicular al eje X pero podría estar en cualquier ángulo adecuado. Los rebajes se encuentran en las esquinas del núcleo y los cuatro rebajes juntos forman un rebaje compuesto 30A que se extiende completamente alrededor del núcleo.

35 En el ejemplo que se muestra en la Figura 2, la disposición del extremo del lingote es similar a la que se muestra en la Figura 1, excepto que el núcleo está provisto de un rebaje compuesto adicional 30B que está ubicado entre el rebaje 30A y la cara extrema 24 del núcleo.

40 Antes de insertar el núcleo en el tubo de revestimiento, se coloca el metal de depuración 33 en el rebaje 30A, para un propósito que se describe a continuación. En el presente ejemplo, el metal de depuración es titanio (Ti) ya que el Ti no se funde por debajo de las temperaturas de laminación. Ventajosamente, el Ti puede estar, pero no esencialmente, en forma de gránulos que se prensan previamente en briquetas autoportantes conformadas para ajustarse estrechamente en cada rebaje 30. En una alternativa, el Ti puede estar en forma de alambre de calibre delgado que se enrolla alrededor del lingote para llenar parcialmente el rebaje compuesto 30B. Cualquiera sea la forma que adopte el metal de depuración, debe dejarse suficiente espacio en los rebajes 30 para permitir que un elemento de barrera 34 en forma de una tira de acero se coloque sobre el metal de depuración, intercalado entre el metal de depuración y el tubo de revestimiento después de que el núcleo se inserte en el tubo de revestimiento. La tira debe encajar lo suficientemente floja en los rebajes para evitar impedir que los gases oxidantes que están inicialmente presentes o que evolucionan más tarde, sean arrastrados hacia el metal de depuración cuando el lingote se calienta posteriormente, como se explicará. Por este motivo, puede ser necesario soldar por puntos o fijar la tira en su lugar. Alternativamente, la tira puede perforarse. En lugar de una tira, puede usarse una "lana de alambre" de acero o cualquier otro inserto adecuado como elemento de barrera. El elemento de barrera puede estar compuesto de cualquier metal adecuado u otro material que no sea acero inoxidable o cualquiera de los metales de los que puede componerse el miembro de revestimiento y que no reaccione con el metal de depuración de la manera perjudicial descrita previamente.

50 El elemento de barrera 34 tiene la importante función de actuar como una barrera para mantener el metal de depuración fuera del contacto con el tubo de revestimiento para evitar la reacción destructiva descrita previamente entre el acero inoxidable y el metal de depuración cuando se calienta el lingote.

55 En el ejemplo mostrado, los rebajes 30 son de sección transversal elíptica, pero esto no es esencial. Pueden ser rectilíneos, semicilíndricos o de cualquier otra forma adecuada.

60 La disposición del extremo opuesto del lingote es idéntica a la descrita con referencia a las Figuras 1 a 8.

65 Después de que el metal de depuración 33 y el elemento de barrera 34 se colocan en el rebaje o en los rebajes, y el núcleo de acero se inserta en el tubo de revestimiento, el tubo de revestimiento se presiona gradualmente hacia abajo para estar en contacto íntimo con las caras laterales 20 a lo largo de toda la longitud del núcleo. Este procedimiento de estampado es sustancialmente idéntico al descrito en la solicitud núm. WO2012/143668 y no necesita repetirse aquí. En el caso del lingote que se muestra en la Figura 1, el extremo del tubo 26 se presiona fuertemente contra la superficie plana

25. El extremo 26 del tubo de revestimiento se suelda en ángulo 28 a la superficie plana para anclar firmemente el tubo de revestimiento al núcleo y sellar el lingote contra la entrada de gases externos a la interfaz 18. El rebaje compuesto 30A se coloca a una distancia de la cara extrema 24 que es lo suficientemente grande como para asegurar que la soldadura 28 tenga la máxima resistencia posible.

En el caso del lingote mostrado en la Figura 2, el extremo 26 del tubo se estampa internamente en el rebaje compuesto 30B donde, nuevamente, se suelda al núcleo. Por lo tanto, la soldadura 28' también se encuentra en el rebaje 30B. Esta disposición reduce considerablemente la posibilidad de que la soldadura de sellado 28' falle cuando se lamina el lingote.

Además, para reducir aún más la posibilidad de falla de la soldadura, el núcleo puede ser cónico en su extremo como se muestra en el contorno punteado en 32. El cono también puede formarse convenientemente por un cortador de oxiacetileno o plasma al mismo tiempo que se forman el rebaje o los rebajes. La soldadura 28, 28' también puede fortalecerse aplicando previamente una soldadura 38 de "mantequilla" de acero inoxidable a la cara del núcleo en la zona en la que se realizará la soldadura 28, 28'.

En el ejemplo que se muestra en la Figura 6, el extremo del núcleo es sustancialmente similar al que se muestra en la Figura 1. Sin embargo, el extremo de cada lado del tubo de revestimiento 16 se corta en forma de V como se muestra en 26'. Los extremos del tubo de cualquier lingote pueden, cuando sea posible, estar en ángulo de esta manera o de cualquier otra manera similar, y deberían reducir aún más la posibilidad de falla de la soldadura.

Otra modalidad se muestra en la Figura 7. En esta disposición de un lingote alargado, el núcleo de acero 714 se extiende más allá del revestimiento de acero inoxidable 716 hasta una cara extrema 724. El revestimiento 716 está sellado al núcleo 714 por una soldadura en ángulo anular 728. Un rebaje 730 se extiende desde la cara extrema 724 hacia el núcleo 714. La profundidad del rebaje es tal que se extiende completamente dentro de una longitud del núcleo 714 que se proyecta desde el revestimiento 716. Desde el rebaje 730, un pasaje de ventilación axial 732 se extiende desde una superficie de base interna 731 del rebaje hasta una posición radialmente hacia adentro del revestimiento 716. Una pluralidad de pasajes transversales 734 pasan transversalmente a través del núcleo 714 desde su superficie exterior 720 (y, por lo tanto, la interfaz 722 entre el núcleo 714 y la camisa 716), para intersectarse con el pasaje de ventilación axial 732. En esta modalidad, se proporcionan dos pasajes transversales 734 que se extienden a través del núcleo 714 en ángulo recto entre sí para intersectarse en el eje del lingote.

Se coloca una briqueta 726 de metal de depuración como Ti en el rebaje 730, y la abertura del rebaje 730 se llena con un tapón de sellado 772 que se suelda en su lugar y se sella con una soldadura en ángulo 774. Los pasajes 732, 734, por lo tanto, proporcionan una comunicación estanca al gas entre la briqueta 742 y la interfaz 722.

En el ejemplo mostrado en la Figura 7, el revestimiento 716 es de sección transversal generalmente cuadrada de aproximadamente 146 mm de dimensión exterior cuadrada y el núcleo 714 es de sección transversal generalmente cuadrada de aproximadamente 127 mm de dimensión exterior cuadrada. El revestimiento 716 se extiende hasta aproximadamente 75 mm desde la superficie final 730. Los pasajes 734 tienen aproximadamente 12 mm de diámetro. El rebaje 730 es cilíndrico de diámetro aproximadamente 63,5 mm. La aleación de soldadura usada en los ensayos es un Select Arc 82AP con precalentamiento. La composición de aleación es un metal de relleno Inconel ERNiCr₃ con aproximadamente 67-74% de Ni; 19% de Cr; y 2,6% de Nb (Niobio). Por lo tanto, es resistente al calor y debe tener una mayor resistencia al calor que una aleación de soldadura SS como 309 o 312.

En común con otros lingotes que se ejemplifican en la presente descripción, incluidos los que se muestran en las Figuras 1 y 2-7 y 10, podría usarse esencialmente la misma construcción en un lingote de sección transversal circular u otra y de tamaño más pequeño o más grande.

Aunque las soldaduras en los ejemplos mostrados en la presente descripción se describen como soldaduras en ángulo, puede usarse cualquier otra forma de soldadura, como la soldadura por resistencia

Resultará evidente para el lector instruido que, como se muestra en la Figura 2A, un lingote redondo 1C tiene un solo rebaje 30C que realiza las funciones del rebaje compuesto 30A. El rebaje 30C se forma mediante mecanizado o cualquier otro método adecuado. El lingote 1C también puede laminarse en un producto acabado sólido como se muestra en las Figuras 14A a 14C.

El núcleo de cada uno de los lingotes mostrados en las Figuras 1-3 y 6 puede estar provisto de un pasaje que se extiende axialmente que se muestra, por ejemplo, en un esquema punteado en 36, coincidente con el eje X del núcleo. Este pasaje puede necesitarse para elaborar los lingotes en tuberías u otros productos tubulares terminados que tengan un revestimiento externo de acero inoxidable. Un ejemplo de una tubería terminada de este tipo se muestra en la Figura 14D y comprende una porción 50 de acero interior tubular a la que se une metalúrgicamente un revestimiento exterior 52 de acero inoxidable. Las técnicas y equipos para este propósito son sustancialmente los mismos que para elaborar lingotes convencionales (sin revestimiento) en tuberías. Son bien conocidos y no necesitan ser descritos aquí.

El lingote ahora está listo para calentarse y transformarse en un producto terminado. El documento WO2011/048364 contiene una descripción detallada de estos procedimientos, que no es necesario repetir aquí en detalle. Es suficiente

tener en cuenta que los extremos del lingote se calientan inicialmente para hacer que el titanio en las briquetas se active para eliminar el oxígeno residual y otros gases en el lingote aparte de los gases inertes antes de que el acero inoxidable en la interfaz 18 alcance una temperatura en la cual la oxidación del cromo en el tubo de revestimiento tiene lugar en una escala significativa. Estos otros gases incluyen nitrógeno, hidrógeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono. Se extraen de la interfaz más allá del elemento de barrera 34 en el rebaje 30A, donde el titanio los absorbe como óxidos, nitruros, hidruros y carburos. El titanio es ciertamente activo a 600°C para lograr este objetivo, pero ahora se cree que puede ser lo suficientemente activo incluso a aproximadamente 250°C para comenzar este proceso de depuración.

Se ha encontrado en algunos casos simplemente suficiente para colocar el lingote en un horno de calentamiento convencional para activar el titanio como se describe. Las razones de esto no se entienden completamente. Mientras que el tubo de revestimiento esté frío, permanece en contacto íntimo con el núcleo debido a la operación de estampado descrita anteriormente. Además, el núcleo de acero masivo actúa como un disipador de calor que inicialmente tiende a mantener el tubo de revestimiento relativamente frío cuando el lingote se coloca en el horno. Además, el calor del horno debe transferirse rápidamente al titanio si el titanio se coloca en una cavidad o pasaje formado en el extremo del núcleo, como se describe a continuación con referencia a las Figuras 4', 7-7A y 10-12. En esta construcción, la placa que sella el pasaje es típicamente de acero al carbono y, al ser relativamente delgada, transfiere el calor del horno rápidamente al titanio, ya que el acero al carbono conduce el calor mucho más rápidamente que el acero inoxidable.

Sin embargo, si la etapa que se acaba de describir resulta insatisfactoria, los extremos del lingote pueden precalentarse antes de colocarlo en el horno. Las técnicas para llevar a cabo este precalentamiento se describen en el documento WO2011/048364.

Cada uno de los lingotes mostrados en las Figuras 3 a 5 y 8 es similar a los lingotes ya descritos al comprender un cuerpo de acero y un miembro de revestimiento de acero inoxidable. Sin embargo, se usan diferentes cavidades para acomodar el metal de depuración en los núcleos de estos lingotes. En todos estos lingotes, el rebaje compuesto descrito anteriormente se reemplaza por los pasajes 40 que se taladran, o se forman de otro modo, en la cara del cuerpo de acero que tiene la interfaz con el miembro de revestimiento. Se coloca una briketa preformada 42 de Ti en cada pasaje 40 seguido de un elemento de barrera 44 que se inserta entre el Ti y el miembro de revestimiento. En cada caso, el elemento de barrera 44 comprende una placa de acero delgada, posiblemente perforada, o un tapón de lana de alambre de acero. El Ti y los elementos de barrera 44 sirven al propósito y funcionan como el Ti y los elementos de barrera 34 ya descritos.

En las Figuras 3-4', el lingote B2 también es cuadrado, comprende un núcleo 14a que se inserta en y se suelda 28a a un tubo de revestimiento 16a. Este lingote es adecuado para producir productos del mismo tipo que el mostrado y descrito anteriormente con referencia a las Figuras 14A a 14C.

En el lingote B3 que se muestra en la Figura 4, los extremos del tubo de revestimiento 60 se estampan para estrecharse hacia adentro y se sueldan 62 al extremo cónico 64 del núcleo. Los pasajes 40, que previamente se han perforado a través del cuerpo de acero desde una cara 18 a la otra, se intersectan en el centro del núcleo. Las briquetas de Ti 42 se colocan en cada pasaje y los elementos de barrera de acero 44 se insertan en los pasajes entre el Ti y el tubo de revestimiento.

La Figura 4A muestra una modificación del lingote B3, en el que los pasajes 40 son de diámetro sustancialmente menor. Se perfora un pasaje que se extiende axialmente 66 en la cara extrema 68 del núcleo. Las briquetas de Ti 70 se colocan en este pasaje 66 en lugar de en los pasajes 40 y una placa de sellado de acero al carbono sólido 72 se suelda al núcleo en el extremo exterior del pasaje 66. Dado que, en esta modalidad, el Ti está separado de la placa de revestimiento por la porción 74 del núcleo que rodea el pasaje 66, puede ser innecesario insertar elementos de barrera 44 en los pasajes 40. Por lo tanto, los pasajes actúan simplemente para permitir que los gases que están inicialmente presentes o que evolucionan en el lingote, que no sean gases inertes, sean atraídos hacia el Ti.

En una modificación de este lingote, que se muestra en la Figura 11, los extremos 64' del tubo de revestimiento 60 se estampan para avanzar hacia dentro. Apretar el tubo de revestimiento sobre una superficie recta en lugar de una superficie cónica puede producir un resultado más ordenado y ser más fácil de lograr.

En las Figuras 5 y 5A, el lingote B4 comprende un núcleo 14d de la denominada "forma casi neta" que se inserta en y se suelda 28d a un tubo de revestimiento 16d que es inicialmente cuadrado (como se muestra en la Figura 5A) pero está estampado hacia abajo al ocupar la forma del núcleo 14d después de que el núcleo se inserte en el tubo. El lingote B4 es adecuado para laminarse en una viga en I como se muestra en la Figura 8e que tiene un núcleo 90 con un revestimiento 92 de acero inoxidable.

En la Figura 8, el lingote B5 se diseña para elaborarse en una tubería tubular o un producto similar, como la tubería que se muestra en la Figura 14F, que comprende una porción de acero exterior tubular 54 a la que se une metalúrgicamente un revestimiento interior de acero inoxidable 56. En consecuencia, el lingote B5 comprende un lingote de acero perforado o hueco 14e que está provisto de un pasaje 36' que está dispuesto a lo largo del eje central X del lingote. Se inserta un tubo de acero inoxidable 16e en este pasaje y se estampa ligeramente hacia afuera en contacto con el pasaje 36' antes de soldarse 28e al lingote. Como se señaló anteriormente, las técnicas y el equipo para producir tales tuberías revestidas

internamente son sustancialmente las mismas que para elaborar lingotes convencionales (sin revestimiento) en las tuberías. Son bien conocidos y no necesitan ser descritos aquí.

5 En la Figura 9, el lingote B6 se destina a trabajarse en una placa de acero 94 con un revestimiento de acero inoxidable 96 que se muestra en la Figura 14G. El lingote B6 comprende una plancha de acero fundido o laminado 14f contra la cual se coloca una placa de revestimiento de acero inoxidable 16f. La placa 16f se suelda 28f a la plancha 14f alrededor de la periferia completa de esta última. Nuevamente, las técnicas y equipos para producir tales placas revestidas son sustancialmente las mismas que para elaborar placas convencionales (sin revestimiento). Son conocidos y no necesitan ser descritos aquí. Debe observarse que los pasajes 40 en la plancha 14f quedarían enmascarados por la placa 16f y, por lo tanto, en realidad no serían visibles en la vista en planta de la Figura 9A. La Figura 9A se destina a mostrar la posición de los pasajes 40 alrededor de la periferia de la plancha 14f.

15 Un lingote alternativo para un producto de plancha se muestra en las Figuras 12 y 13. Esto puede considerarse una modificación del lingote de las Figuras 9 y 9A, con la que comparte características distintas a las que se describirán. El lingote comprende un núcleo 814 y una capa de revestimiento metalúrgicamente unida 816. En esta modalidad, la briqueta reactiva 842 se ubica en un orificio 844 que se abre a una superficie lateral exterior 846 de la plancha 814. El orificio 844 se conecta a la superficie de la interfaz por un pasaje 840 que se intersecta con el orificio en ángulo recto con él. El orificio se cierra por un tapón soldado 848 después de que se inserta la briqueta en él.

20 Aunque los pasajes 40 se muestran en los ejemplos como generalmente alineados alrededor de la periferia del núcleo y generalmente perpendiculares a las caras de los núcleos, esto no es esencial. Colocar los pasajes fuera de alineación o en otras orientaciones puede, por ejemplo, reducir la deformación o la falla del lingote durante la laminación.

25 Con referencia ahora a la Figura 10, se muestra un extremo de otro lingote B7 que comprende un núcleo 114 de acero sólido que se aloja en un tubo de revestimiento 116 de acero inoxidable. Este lingote B7 tiene características similares al lingote B1 y, por lo tanto, puede tener una forma de sección transversal redonda o cuadrada. Solo a modo de ejemplo, después del estampado, los lingotes B1 y B7 pueden ser cuadrados con lados nominalmente de 146 mm de ancho y pueden tener hasta aproximadamente 12 m de largo. El tubo de revestimiento puede tener un espesor de pared de aproximadamente 9,52 mm, el tamaño nominal de cada cara lateral del núcleo es de 127 mm.

30 El núcleo 114 tiene una cara extrema 120 la cual es cuadrada al eje central longitudinal X del núcleo. Antes de insertar el núcleo en el tubo de revestimiento, se forma una cavidad 122, en este ejemplo de 63,5 mm de diámetro y centrada en el eje X, en la cara extrema, típicamente pero no esencialmente mediante perforación. Se forma un chaflán pronunciado 124 en la porción restante 126 del núcleo que rodea la cavidad. Además, se perfora un orificio más pequeño, por ejemplo de 9,52 mm de diámetro, a través de la porción 126 desde la línea central longitudinal de cada cara lateral 128 del núcleo para formar un pasaje 130 que conecta la cavidad 122 a la cara lateral 128.

35 En esta etapa, se inserta una cantidad de vueltas de Ti, precompactadas en una briqueta 132, en la cavidad 122. Una placa de acero en forma de plato 140 se presiona contra, y se suelda por intervalos 144 a lo largo de su periferia 146 a la cara extrema 120 del núcleo. La forma de la placa 140 es tal que la cara 142 de su porción cóncava se ajusta perfectamente contra el chaflán 124.

45 El extremo opuesto del lingote se procesa entonces de manera similar, como se describirá ahora con referencia a la Figura 10A. La cavidad 122 se forma en la cara extrema 120. Se coloca una briqueta 132 de vueltas de titanio en la cavidad 122, que se separa de la interfaz 128 por la porción 126 del núcleo que rodea la cavidad 122. Se forman cuatro pasajes 130 en esta porción 126 y también está achaflanada como se indica en 124.

50 Ahora se presiona una placa de acero en forma de plato 160 contra la cara extrema 120 del núcleo. La forma y orientación de la placa 160 difiere de la placa 140. La placa 160 tiene una pestaña periférica 162 que surge de la porción de base central 164 y es achaflanada como se muestra en 166. La placa 160 se orienta de modo que la pestaña 162 sobresalga hacia el núcleo. Con la placa en posición, el borde 170 de la pestaña se apoya contra la cara extrema 120 del núcleo y hay un espacio vacío considerable 176 entre la briqueta 132 y la base 164. La placa 160 ahora está soldada por intervalos 174 a lo largo del chaflán 166 a la cara extrema 120.

55 En esta condición, el núcleo 114 se inserta en el tubo de revestimiento 116. Como se indica en el contorno punteado en 116a, 116a' los extremos del tubo de revestimiento se superponen inicialmente a cada una de las caras finales 120 del núcleo. El tubo de revestimiento ahora se estampa de manera ventajosa en contacto íntimo con el núcleo a lo largo de la interfaz 128, como se describe en detalle en el documento WO2012/143668. En este procedimiento, como se indica en 116b, 116b', las porciones del extremo del tubo se estampan internamente a un tamaño de, por ejemplo, 89 mm, que es más pequeño que el del núcleo 114. El lingote luego se lleva a una prensa donde las porciones extremas 116b, 116b' se presionan de manera que lo envuelvan y se apilen fuerte contra las placas 140, 160, respectivamente, como se muestra en 116c en la Figura 10 y 116c' en la Figura 10A. En esta condición, los bordes de las porciones del extremo del tubo están soldados a las placas 140, 160 como se indica en 154, 178 respectivamente.

Por las razones ya discutidas, el titanio en las cavidades 122, 122' se separa de la interfaz 118 por las placas 140, 160 y las porciones 126 del núcleo que rodean las cavidades.

5 Las placas 140, 160 sostienen las briquetas 132 en las cavidades, evitando efectivamente cualquier posibilidad de contacto entre el titanio y las porciones extremas del tubo de revestimiento después de que este último haya sido envuelto alrededor de las placas 140, 160. Las placas 140, 160 también proporcionan soporte adicional contra las tensiones que se aplican a las soldaduras 154, 178 durante el laminado.

10 Cabe señalar que no es necesario cortar los extremos del tubo de revestimiento para efectuar el procedimiento de envoltura descrito anteriormente. En los ensayos realizados hasta la fecha, se realizaron cortes que se extienden longitudinalmente en los extremos del tubo de algunos lingotes para facilitar el plegado de los extremos del tubo sobre las caras finales de los núcleos. En tales casos, es necesario soldar los bordes de las porciones cortadas juntas después del plegado. Aunque esta soldadura no está fuera del ámbito previsto de la presente invención, es costosa y es una fuente
15 potencial de debilidad en los extremos de los lingotes.

El lingote B7 puede calentarse y laminarse en productos terminados, usando las mismas técnicas que se usan para el lingote B1. Claramente, podrían producirse productos de otras formas y tamaños adecuados mediante los procesos y a partir de los lingotes descritos en la presente descripción.

20 Como se explica en detalle en ambos documentos WO2011/048364 y WO2012/143668, otros metales de depuración, incluyendo en particular el aluminio y el magnesio, pueden usarse principalmente en lugar de titanio. Además, cualquiera de estos metales puede usarse solo o en combinación y en una forma adecuada que no sea briquetas. Sin embargo, tanto el magnesio como el aluminio se funden por debajo de la temperatura a la que se lamina el lingote, por lo que deben
25 tomarse medidas para evitar que el metal fundido entre en contacto con el tubo de revestimiento. Una de estas técnicas posibles sería formar una o más cavidades solo en una cara superior del núcleo, como, por ejemplo, las cavidades 40' en las Figuras 3 y 3A. El metal de depuración se colocaría en estas cavidades y, cuando se fundiera, sería retenido en estas cavidades por gravedad. El derrame del metal fundido podría evitarse mediante elementos de barrera 44 del tipo descrito previamente. Alternativamente, el metal de depuración podría alojarse en un recipiente de acero que se coloca en la
30 cavidad. Solo la parte superior del recipiente estaría abierta. En ambos casos, para evitar derrames, sería necesario asegurarse de que el lingote no se devuelva al horno o en las primeras etapas de la laminación, antes de que el miembro de revestimiento se adhiera correctamente al núcleo.

35 La disposición que se muestra en las Figuras 10 y 10A se desarrolló para un lingote que se lamina en un laminador en línea y se destina a reducir la probabilidad de falla de las soldaduras finales en el extremo posterior del lingote debido al alargamiento diferencial del núcleo de metal durante la laminación, como se mencionó anteriormente. El núcleo metálico alargado de esta manera impulsa la biqueta 132 antes de que la biqueta entre en el espacio vacío 176 provisto por la placa 160 en el extremo posterior del lingote, en el ejemplo en discusión, el espacio vacío tiene 50,8 mm de ancho, lo cual, se cree, es suficiente para acomodar tal extrusión en la mayoría de los casos. Incluso si la biqueta eventualmente
40 se pone en contacto con la base 164 de la placa 160, la fuerza de la misma se distribuye al núcleo 126 a través de las soldaduras 174 en lugar de totalmente a la soldadura 178. Además, es probable que este contacto ocurra en una etapa tardía del laminado, después de que el núcleo y el tubo de revestimiento se hayan unido completamente. En este caso, hay una posibilidad muy disminuida de falla del extremo del lingote.

45 Por el contrario, el extremo delantero del núcleo se vuelve convexo cuando el lingote se lamina a través de un laminador en línea, la porción central retrocede hacia adentro en relación con el perímetro del núcleo y el tubo de revestimiento. La soldadura 154 se embute radialmente hacia adentro y eventualmente se convierte en una parte interna, no externa, del lingote que se lamina.

50

REIVINDICACIONES

1. Un lingote que incluye un miembro de revestimiento (16) compuesto por una aleación seleccionado del grupo que comprende acero inoxidable, aleaciones de níquel-cromo, níquel-cobre y cobre-níquel, y un cuerpo de acero al carbono (14) que se coloca de manera que tenga una interfaz (18) con el miembro de revestimiento (16), caracterizado porque una parte del cuerpo de acero (14) que tiene la interfaz (18) con el miembro de revestimiento (16) que tiene una formación que es una cavidad (122), pasaje (130), orificio (844) o rebaje (30) en el cual el metal de depuración (33) que sirve para eliminar el oxígeno y todos los demás gases excepto los gases inertes del aire residual en la interfaz (18) se encuentra y se proporciona un elemento de barrera (34) de acero al carbono que separa el metal de depuración del miembro de revestimiento en la interfaz y una soldadura de sellado (28) que sella el lingote.
2. Un lingote de acuerdo con la reivindicación 1 en el que el cuerpo de acero (14) es alargado.
3. Un lingote de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 en el cual la formación tiene la forma de una cavidad (122) que se ubica en, o es adyacente a, una cara extrema (24) del cuerpo de acero.
4. Un lingote de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual el metal de depuración (33) está separado del miembro de revestimiento en la interfaz por una porción del cuerpo de acero que rodea al metal de depuración y define al menos una parte de la cavidad.
5. Un lingote de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual la cavidad está inclinada hacia abajo, de manera que cualquier metal de depuración fundido ubicado en la cavidad está contenido por gravedad dentro del cuerpo de acero, cualquier metal de depuración fundido fuera del contacto con el miembro de revestimiento.
6. Un lingote de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el cual una porción extrema (116c) del miembro de revestimiento (116) se deforma para superponerse a un inserto (140) que cubre la cavidad y se encuentra adyacente a la cara extrema del cuerpo de acero.
7. Un lingote de acuerdo con la reivindicación 6 en el cual el inserto que cubre la cavidad tiene forma de plato.
8. Un lingote de acuerdo con la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el cual la periferia del inserto que cubre la cavidad está más cerca del extremo del lingote adyacente a la que se ubica que el centro del lingote.
9. Un lingote de acuerdo con la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el cual la periferia del inserto que cubre la cavidad está más alejada del extremo del lingote adyacente a la que se ubica que el centro del lingote.
10. Un lingote de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9 en el cual el inserto que cubre la cavidad está compuesto de acero.
11. Un lingote de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en el cual la formación incluye un rebaje (13) que se abre en una cara extrema del cuerpo de acero (14).
12. Un lingote de acuerdo con la reivindicación 11 en el cual la formación se ubica en una porción del cuerpo de acero (74) que sobresale del revestimiento, el metal de depuración está ubicado dentro de la formación.
13. Un lingote de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12 en el cual los pasajes (732, 734) se extienden desde la formación hasta la interfaz del miembro de revestimiento y el cuerpo de acero.
14. Un lingote de acuerdo con cualquier reivindicación anterior que tiene un inserto ubicado en la formación entre el metal de depuración y el miembro de revestimiento, el inserto es de un metal distinto de la aleación del miembro de revestimiento tal como acero.
15. Un método para formar un lingote de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, el método incluye las etapas de insertar el núcleo en el tubo de revestimiento o colocar el núcleo contra el miembro de revestimiento, formar en el cuerpo de acero una formación que es una cavidad, pasaje, orificio o rebaje, proporcionar un elemento de barrera, ubicar el metal de depuración en la formación de manera que se separe del miembro de revestimiento en la interfaz por el elemento de barrera, y sellar el lingote con una soldadura.
16. Un método para formar un producto ferroso resistente a la corrosión con una capa de revestimiento metalúrgicamente unida que incluye las etapas de proporcionar un lingote de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, sellar el lingote para evitar que los gases del exterior del lingote penetren en la interfaz, calentar el lingote hasta una temperatura a la cual el metal de depuración se activa y elaborar el lingote para formar el producto ferroso.

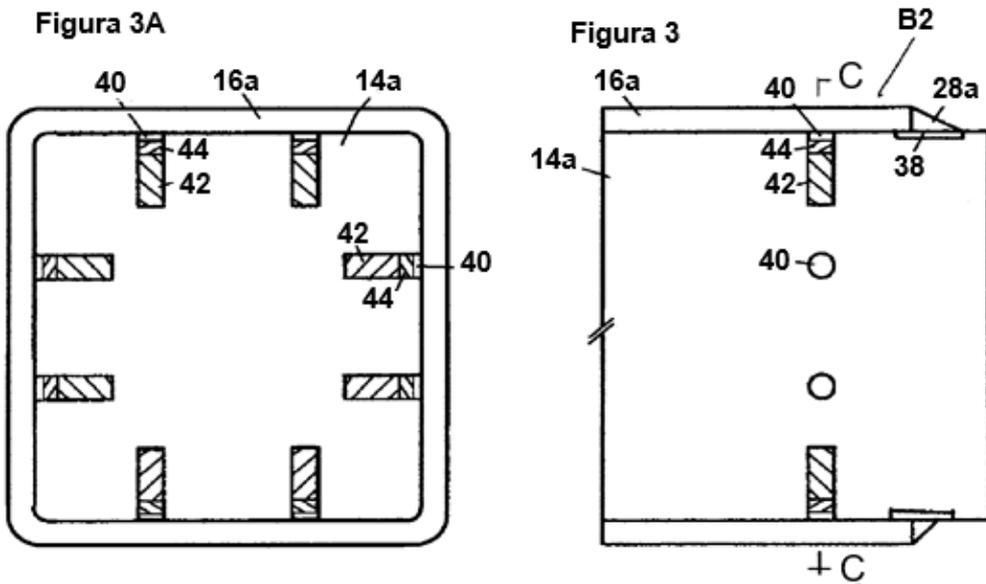
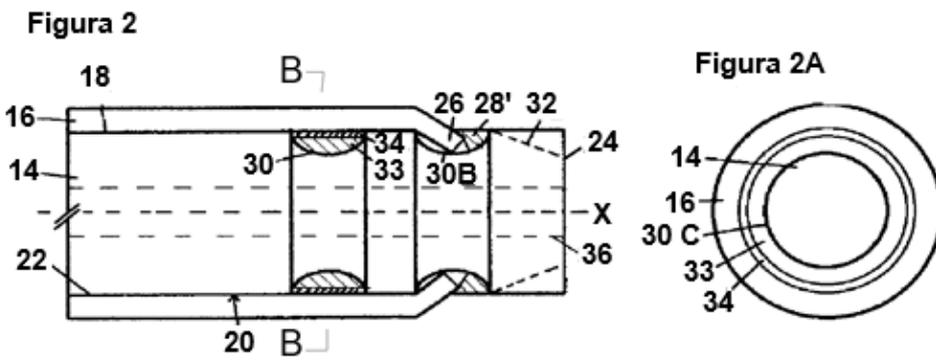
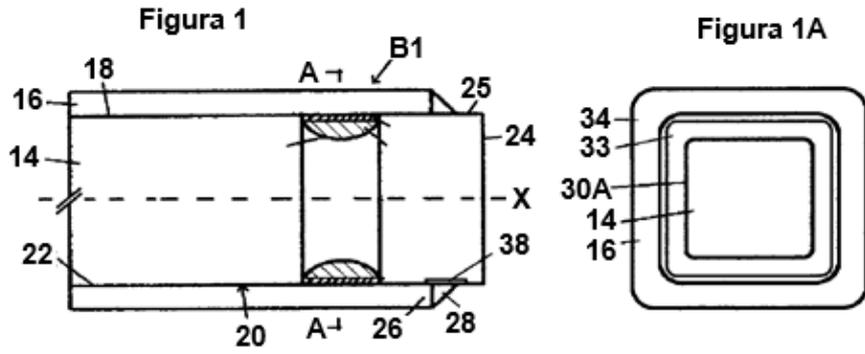


Figura 4

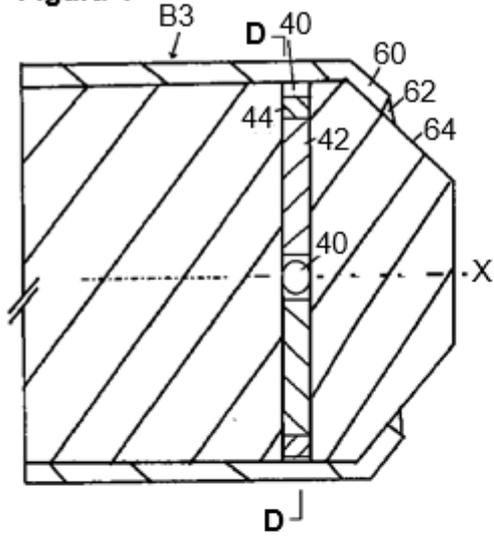


Figura 4'

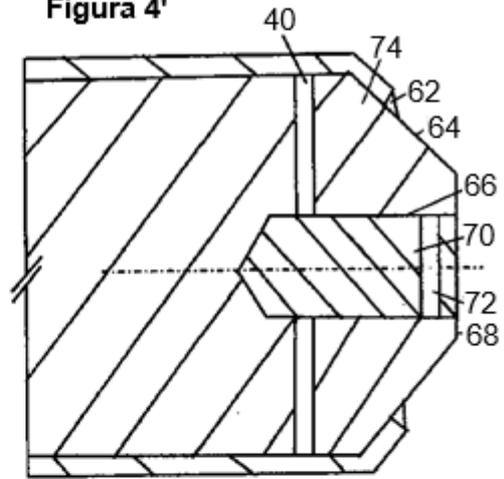


Figura 5A

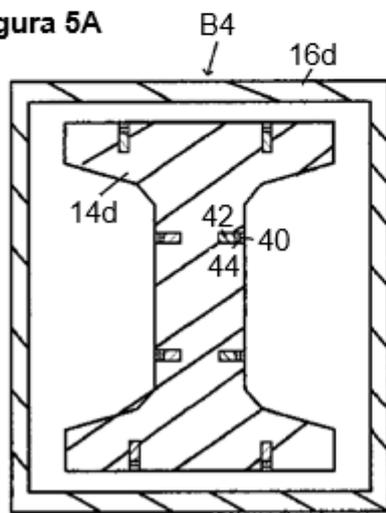


Figura 5

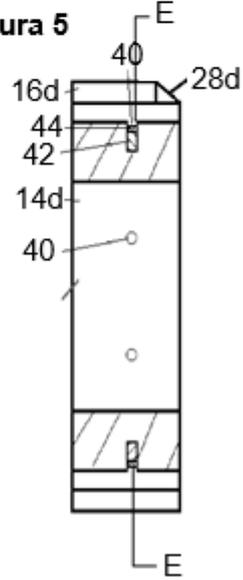


Figura 6

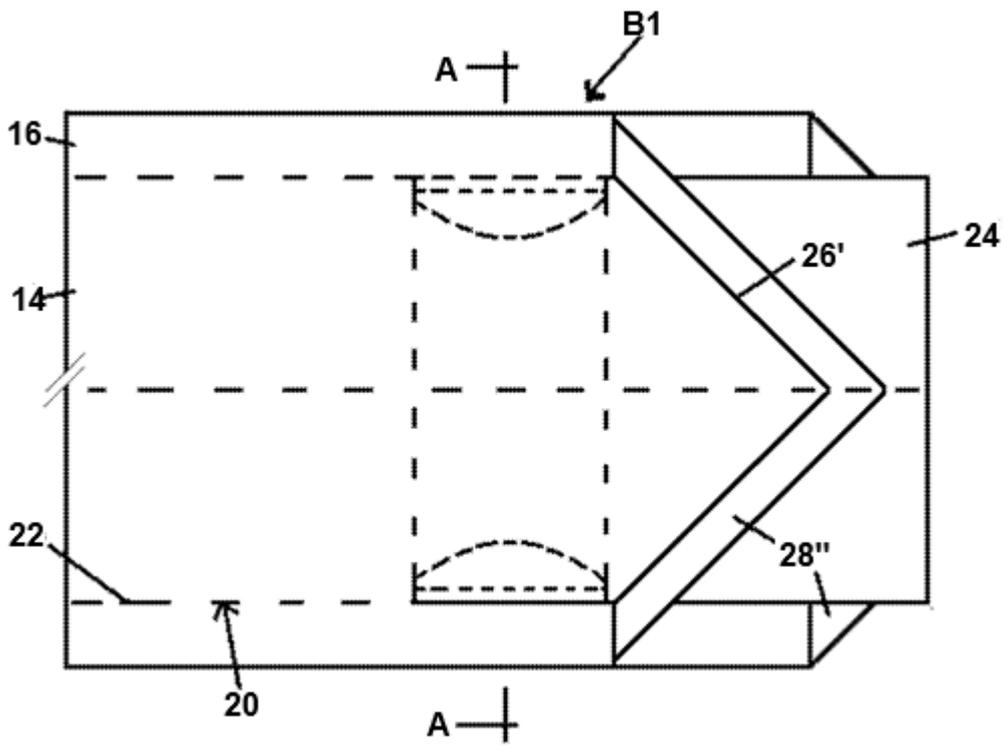


Figura 7

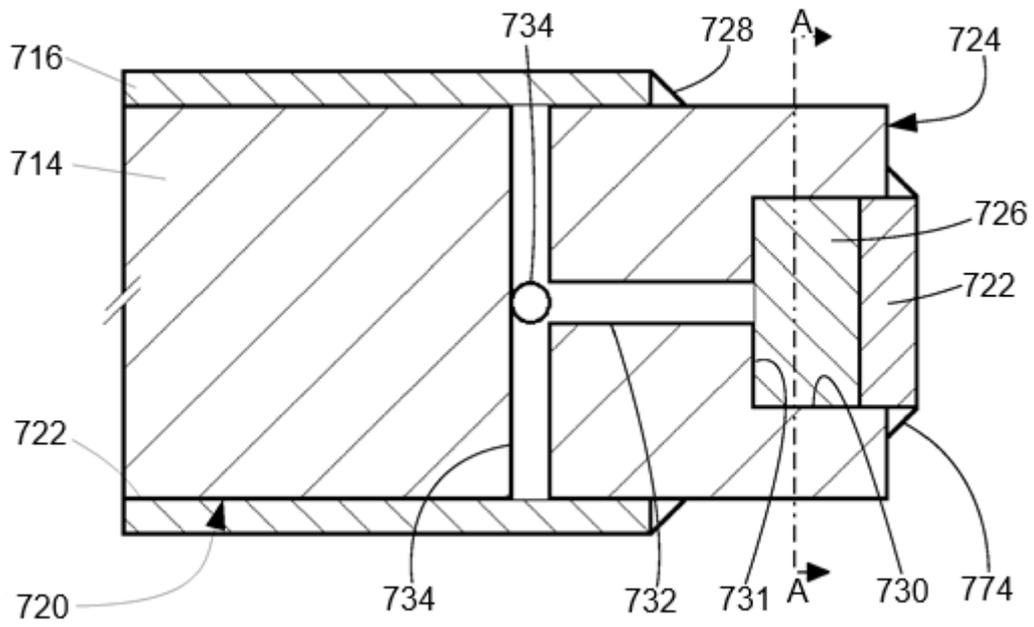
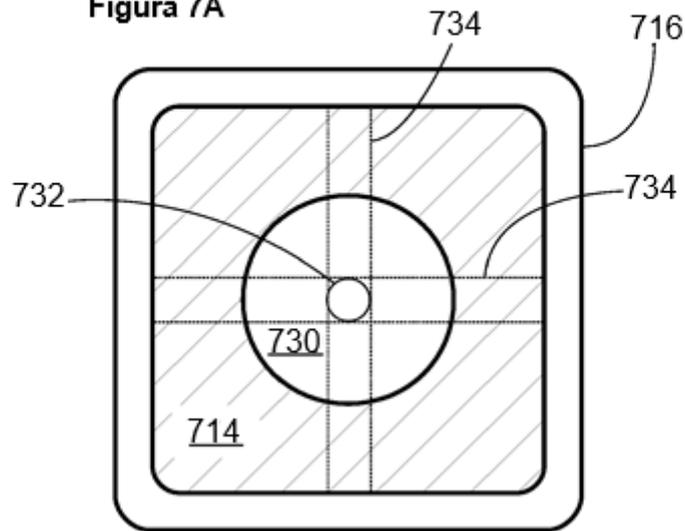


Figura 7A



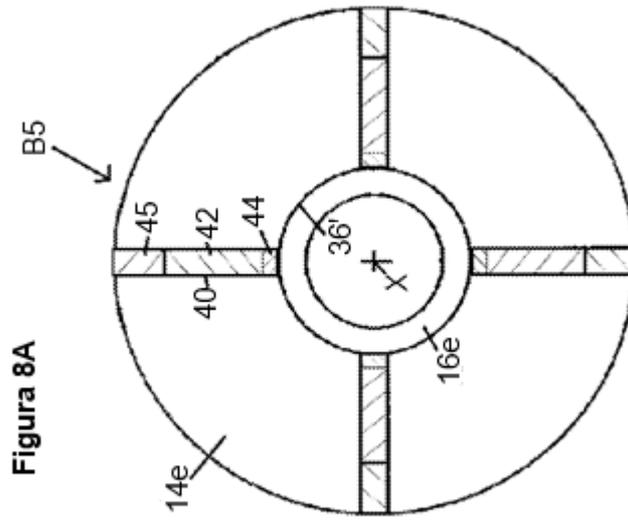


Figura 8A

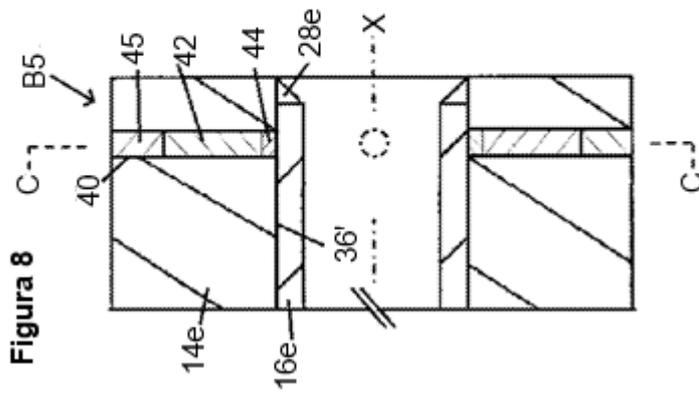


Figura 8

Figura 9

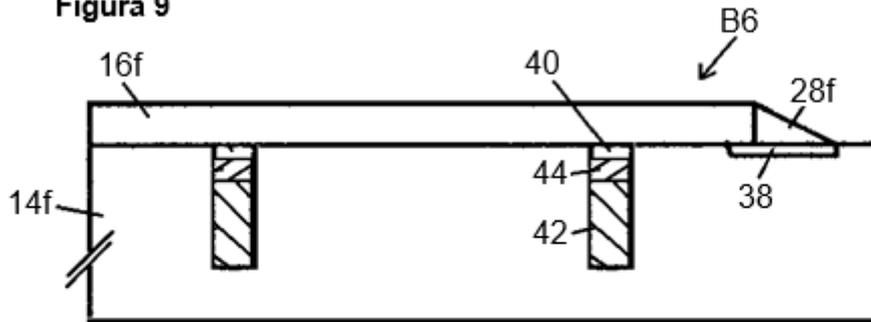
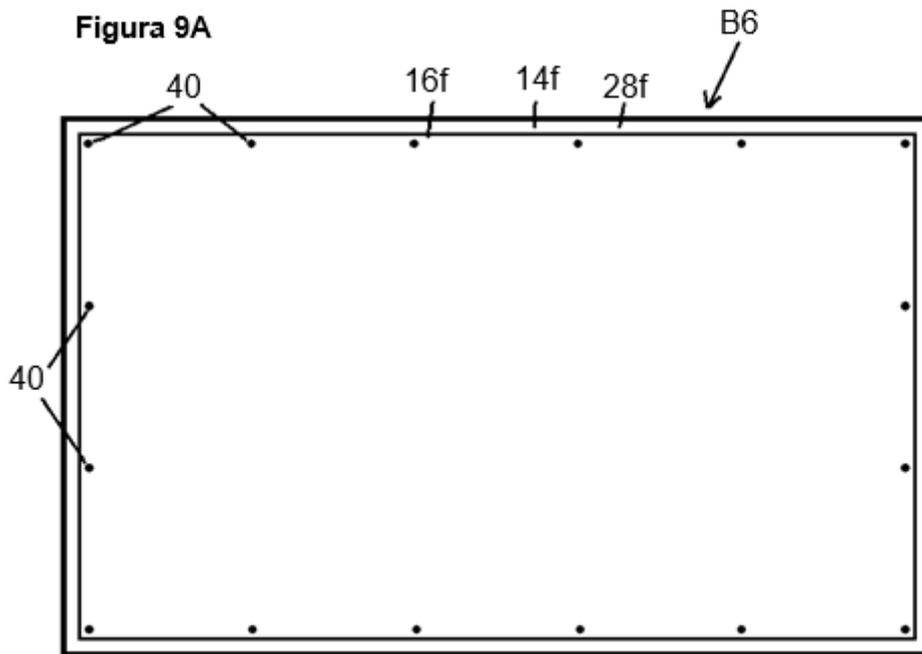
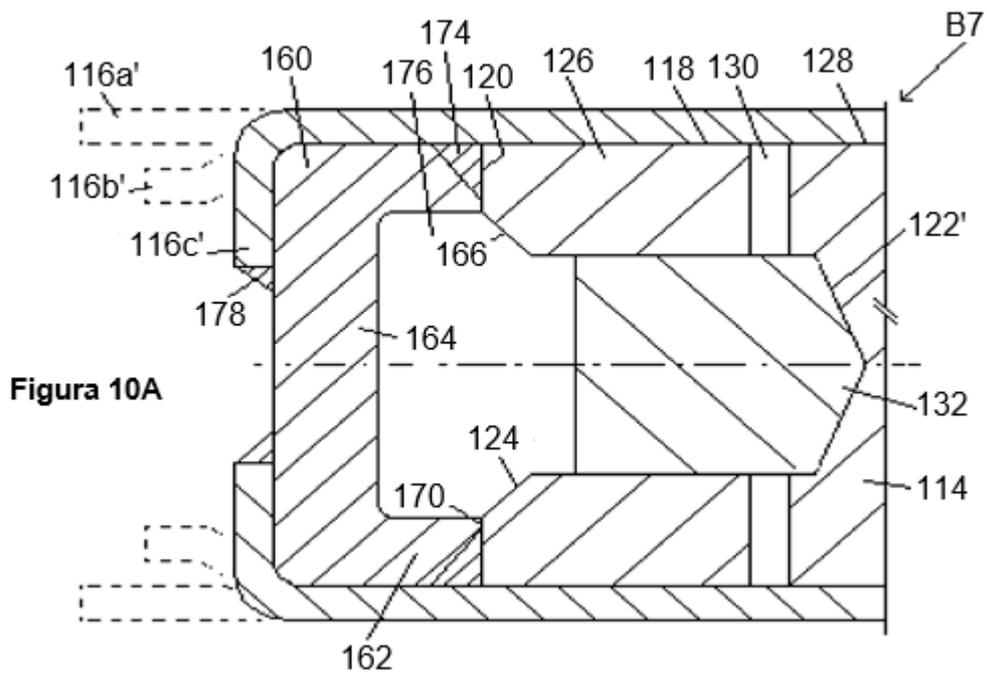
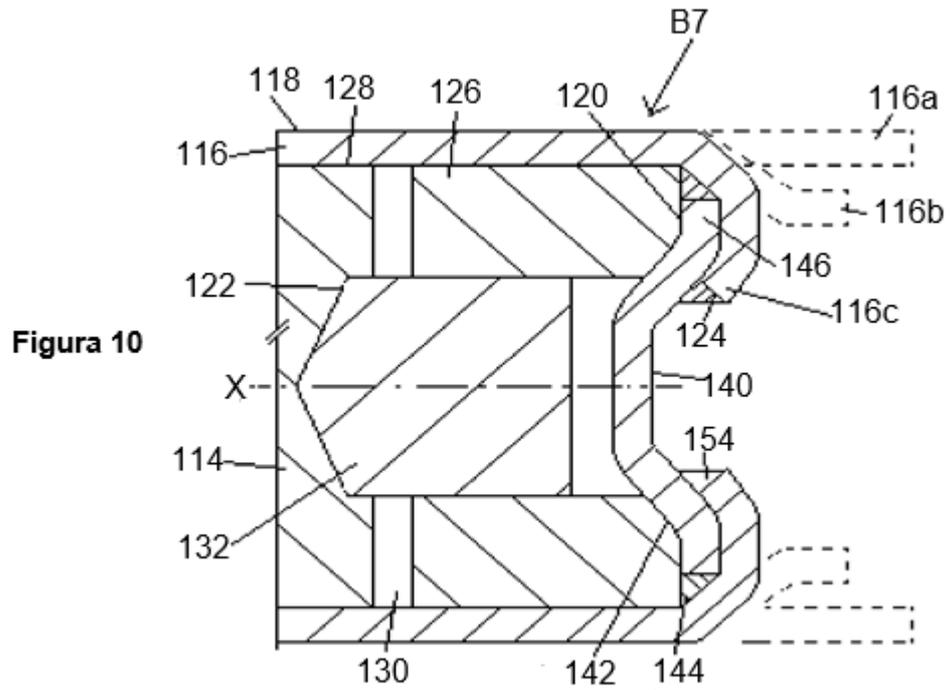


Figura 9A





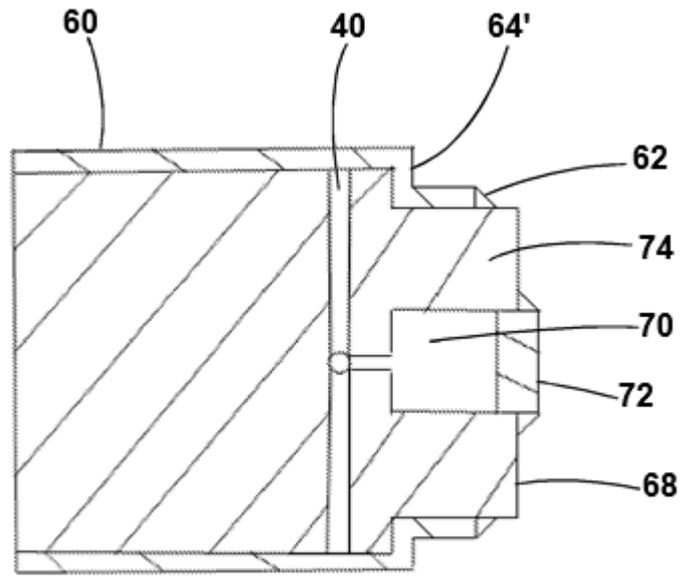


Figura 11

Figura 12

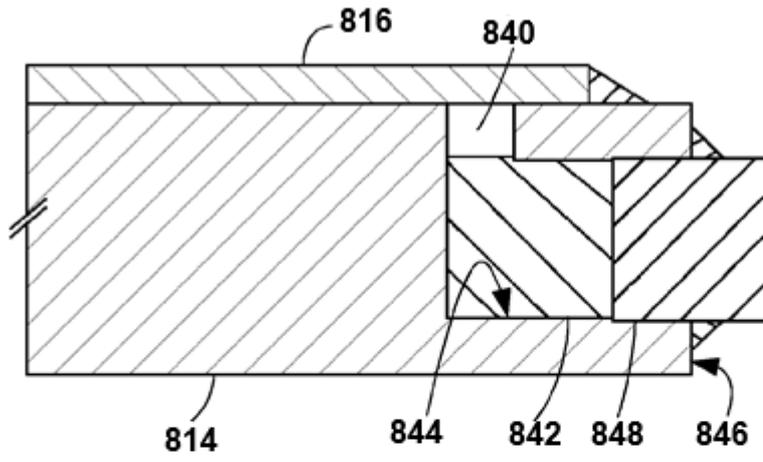


Figura 13

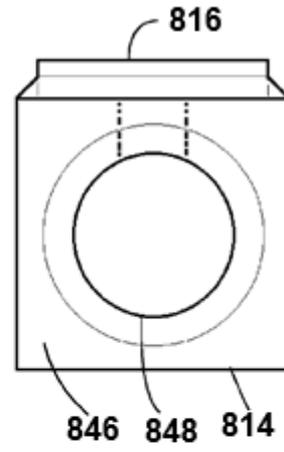


Figura 4A

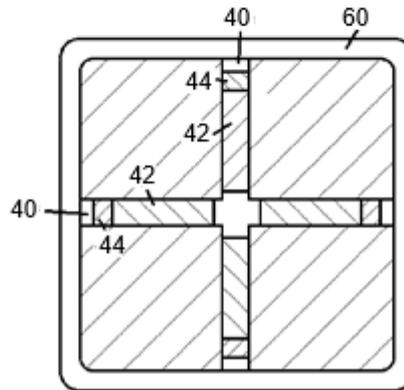


Figura 14A

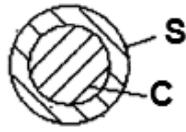


Figura 14B

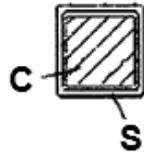


Figura 14C

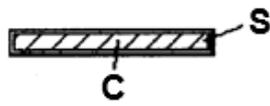


Figura 14D

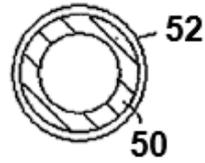


Figura 14E

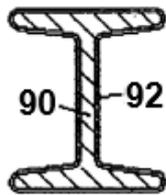


Figura 14F

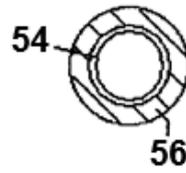


Figura 14G

