

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 752**

51 Int. Cl.:

C21D 8/06	(2006.01)
B32B 15/01	(2006.01)
C22C 9/06	(2006.01)
B21D 39/04	(2006.01)
B23K 20/00	(2006.01)
B21F 19/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.10.2010 PCT/GB2010/001934**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.04.2011 WO11048364**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2010 E 10779321 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 2490839**

54 Título: **Productos metálicos resistentes a la corrosión**

30 Prioridad:

22.10.2009 AU 2009905132
22.10.2009 AU 2009905130

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.02.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

CACACE, ANTONINO GIORGIO

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 743 752 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

Productos metálicos resistentes a la corrosión.

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere a un proceso para la fabricación de productos metálicos resistentes a la corrosión y a productos producidos a partir del proceso. La invención tiene una aplicación particular pero no exclusiva para productos que comprenden un cuerpo de acero susceptible a la corrosión unido a un revestimiento compuesto de acero inoxidable, o aleación de níquel-cromo, o aleación de níquel-cobre o aleación de cobre-níquel.

La susceptibilidad a la corrosión de lo que comúnmente se denominan simplemente "aceros" que se usan con mayor frecuencia en la industria 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 dicho acero a menos que sea claro por el contexto que esto no es lo que contempla. En particular, se pretende que el término "acero" debe cubrir lo que comúnmente se denomina aceros al carbono. De acuerdo con la convención, y como se usa en la presente descripción, el término "aceros al carbono" cubre diversos grados de acero al carbono, que incluyen los aceros suaves, los aceros de ingeniería de baja aleación y los aceros de microaleaciones.

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 intervalos de aleaciones bajo cada uno de los cuatro nombres aparecen en las listas disponibles de los principales productores de los mismos, que incluyen Outokumpu, Allegheny Ludlum, Special Metals Corporation (propietarios de las marcas comerciales Monel para aleaciones de níquel-cobre e Inconel para aleaciones de níquel-cromo), Haynes International Inc (propietarios de la marca Hastelloy para aleaciones de níquel-cromo) y Columbia Metals Ltd. Además, las aleaciones en cada intervalo están cubiertas por estándares emitidos bajo los nombres de las aleaciones respectivas y establecidos por organismos de estándares internacionales como ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) y JSA (Asociación Japonesa de Normas) y sistemas de clasificación de materiales como UNS (Sistema de numeración unificado). Como quedará claro, un aspecto esencial de la invención es proporcionar medios para evitar la oxidación de los metales nombrados en las aleaciones respectivas cuando se calientan en el curso de la producción de productos ferrosos que se revisten con las aleaciones. Como se usa en la presente descripción, los tres términos están destinados a cubrir tales aleaciones en las que se evita o al menos reduce la oxidación de los metales nombrados en el curso de la producción de dichos productos ferrosos de acuerdo con las técnicas de la presente invención. Para evitar dudas, se pretende que las aleaciones a las que se aplica esta invención incluyan, pero sin limitarse a:

Acero inoxidable: austeníticos, que incluyen ASTM A304 (UNS S30400), ASTM 316 (UNS S31600), ASTM XM-29 (UNS S24000), ASTM XM-28 (UNS S24100); dúplex, que incluyen UNS S32101, S32304, S32205, S32760 y 32750.

45 Aleaciones de níquel-cromo: ASTM B637 (UNS N06002) y ASTM B564 (UNS N10276)
Aleaciones de níquel-cobre: ASTM B865 (UNS N05500) y ASTM B166 UNS N06600
Aleaciones de cobre-níquel: UNS C70600 y UNS C71500

En esta descripción, se usan las siguientes abreviaturas para evitar repeticiones excesivas:

50 SS = acero inoxidable

NiCr = níquel-cromo

NiCu = níquel-cobre

CuNi = cobre-níquel

RT = Intervalo de temperatura de inicio de la laminación

55 RTa = RT para: SS austenítico/NiCr: 1230-1280 °C

RTd = RT para: dúplex/SS ferrítico/NiCu/CuNi: 1100-1200°C

FD = "finamente dividido" en el sentido definido más abajo.

Antecedentes de la invención

60

En el pasado ha habido muchas propuestas para producir barras resistentes a la corrosión y otros productos que comprenden un núcleo de acero sólido en un revestimiento compuesto de acero inoxidable u otro metal resistente a la corrosión. La solicitud de patente europea núm. EP 0225983 A2 (Mitsubishi Steel Manufacturing Co Ltd), solicitud de patente del Reino Unido GB 2085330 A (Sumitomo Metal Industries Ltd) y solicitud de patente europea EP 0059070 A1 (Spencer Clark Metal Industries Ltd) son ejemplos de tales propuestas.

65

5 Cada uno de estos documentos revela un producto producido mediante el laminado de una palanquilla calentada en un laminador. De estos documentos se desprende claramente que la cantidad de aire en la palanquilla debe mantenerse al mínimo debido a la oxidación que se produce en la interfase entre el núcleo y el revestimiento por el oxígeno en el aire cuando la palanquilla se calienta. En cada caso, el revestimiento se suelda al núcleo en cada extremo de la palanquilla para evitar que el aire atmosférico ingrese a la palanquilla.

10 Al analizar los antecedentes de la invención, es útil hacer referencia a una serie de invenciones cubiertas por patentes solicitadas por Cacace y otros. Estas patentes y los procesos descritos en ellas se denominan en la presente descripción como las patentes y procesos "Cacace anteriores". La más reciente de estas parece ser la familia de patentes que incluyen la USP núm. 6706416.

15 Las patentes anteriores de Cacace se refieren esencialmente a la producción de productos largos tales como barras de refuerzo (en adelante denominadas "barras de refuerzo") que comprenden un núcleo de acero suave y que tienen un revestimiento de acero inoxidable. Estas barras de refuerzo se producen a partir de palanquillas compuestas por una cubierta de acero inoxidable llena de briquetas de limaduras de acero suave. Las palanquillas pueden calentarse y laminarse en barras de refuerzo terminadas que tienen las propiedades deseables y bajo costo del acero suave pero que tienen un revestimiento de acero inoxidable para una resistencia a la corrosión sustancialmente mayor. Al examinar estas patentes, queda claro que el logro de una unión metalúrgica satisfactoria en la interfase 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 interfase. Hay varias fuentes potenciales de oxígeno que causan esta oxidación. Una fuente es el oxígeno residual en el aire que permanece en las briquetas y en la cubierta después de que se forma la palanquilla. Una segunda fuente es el oxígeno atmosférico que ingresa a la palanquilla a través de sus extremos, particularmente después de que la palanquilla se calienta. Esto puede suceder cuando la palanquilla se enfría después que se retira del horno, lo que causa que la presión de gas dentro de la palanquilla caiga por debajo de la presión atmosférica. También puede ocurrir cuando la palanquilla se calienta debido al gradiente térmico entre el núcleo y el revestimiento mucho más caliente. Como resultado, se desarrolla un espacio entre el núcleo y el revestimiento y esto se ve agravado por la expansión térmica del acero inoxidable, que es mayor que la del acero suave. Una tercera fuente potencial de oxígeno es la oxidación residual (óxido) que está presente en la superficie de las partículas de limadura de acero suave que forman las briquetas. En ausencia de medidas preventivas, esta oxidación reacciona con el carbono que, a medida que aumenta la temperatura, se difunde fuera del acero suave para formar CO (monóxido de carbono) y/o CO₂ (dióxido de carbono). El CO y el CO₂ pueden causar una oxidación significativa del acero inoxidable a temperaturas elevadas.

35 En el proceso descrito en el documento USP 6706416 este problema se ha abordado mediante el uso de aditivos dobles que se mezclan con las partículas de limadura antes de que se formen las briquetas. Los ejemplos de trabajo del primero de estos aditivos son cloruro de amonio en polvo (NH₄Cl) y urea. Cuando la palanquilla se calienta, estos evidentemente se descomponen en forma gaseosa a una temperatura por debajo de la cual la oxidación del acero inoxidable es significativa. Estos gases están bajo presión en el interior caliente de la palanquilla y actúan para desplazar el oxígeno residual. Esta primera etapa se emplea junto con la acción del segundo aditivo. Este segundo aditivo, cuyo ejemplo de trabajo es el aluminio, se vuelve cada vez más reactivo a medida que la temperatura aumenta por encima de la cual el cloruro de amonio o la urea se han descompuesto por completo. El aluminio reacciona con el oxígeno en el óxido para formar óxido de aluminio y además con cualquier oxígeno que entre a la palanquilla desde la atmósfera, lo que impide así la oxidación del cromo.

45 En el documento USP 6706416 se afirma que "tanto el NH₄Cl como la urea generan volúmenes considerables de gases reductores en el intervalo de temperatura desde 200 °C hasta aproximadamente 500 °C". Una declaración similar aparece en la USP 5676775 en la que se sugiere el uso de un solo aditivo tal como el NH₄Cl y la urea. Estas declaraciones son inexactas en la medida en que sugieren que el NH₄Cl y la urea generan gases que reducen los óxidos de Cr en la palanquilla. De hecho, los agentes nombrados desprenden nitrógeno (N₂), hidrógeno (H₂) y cloro (Cl₂). El diagrama de Ellingham para la reacción de metales para formar óxidos indica que estas sustancias no deberían reducirse a óxidos de Cr en las condiciones existentes en la palanquilla. El solicitante ahora cree que es más probable que su emisión cree una presión de gas positiva en la palanquilla. Así, los gases se extraen de la palanquilla y, en el proceso, expulsan el aire residual de la palanquilla. Entonces, a partir de una temperatura muy inferior a 500 °C, la cantidad de oxígeno atmosférico residual en la palanquilla disminuiría hasta que sea probablemente cercana a cero. Las fuentes restantes de oxígeno en la palanquilla serían el óxido de hierro en la superficie de la limadura y el aire que entra a través de los extremos de la palanquilla después que el NH₄Cl y la urea se agotan.

60 Como se indica en el documento USP 6706416, el óxido de hierro de la limadura se combina con el carbono derivado de la limadura de acero suave para formar, primero CO₂ y después, a temperaturas más altas, CO. Este proceso comienza a tener lugar a una escala significativa a una temperatura bastante baja, quizás 300 °C. El CO₂ se oxida a Cr y, al contrario de lo que se establece en el documento USP 6706416, el diagrama de Ellingham muestra que el CO debería reducirse a óxidos de Cr solo por encima de aproximadamente 1225 °C. Las temperaturas en la palanquilla en la interfase entre el núcleo y la cubierta pueden no siempre exceder uniformemente esta temperatura de transición porque está muy cerca de las temperaturas (1260-1280 °C) a las que las palanquillas revestidas con SS austenítico normalmente salen del horno. Esto podría deberse a variaciones de temperatura dentro de la palanquilla o porque los tiempos de impregnación en el horno son insuficientes. Por lo tanto, la reacción reductora de CO puede no ser siempre lo suficientemente fuerte como

para producir una reducción completa, lo que resulta en una capa de óxidos de Cr visible micrográficamente dispersa por la superficie del SS. Se produciría una capa de óxido más concentrada, o incluso continua, si no se alcanza la temperatura de transición, lo que resulta en una unión aún menor en la interfase y posiblemente un fracaso de producto.

5 En el documento USP 6706416, por lo tanto, el aluminio, el segundo metal que se añade a la palanquilla, se usa para garantizar la reducción o prevención de los óxidos de Cr a medida que aumenta la temperatura después que el NH_4Cl o la urea se agotan.

10 Al considerar las descripciones en las patentes anteriores, está claro que, en los procesos descritos en el mismo, cada agente reductor por sí solo es insuficiente para evitar la formación de óxidos de Cr que impiden la unión posterior de la cubierta de SS al núcleo.

15 Parece claro además que, para una palanquilla de extremo abierto compuesta por briquetas de acero suave granulado, como se usó en el proceso anterior, es esencial que ambos aditivos, es decir, el NH_4Cl o la urea, y el aluminio estén bien dispersos a través de los gránulos. En cualquier caso, puede concluirse que, para una unión adecuada entre la cubierta de SS y el núcleo de acero al carbono, es necesario evitar, en la medida de lo posible, la formación de óxidos de Cr en la interfase desde el comienzo del calentamiento hasta que la cubierta se una al núcleo.

20 En el proceso anterior descrito arriba, existen desventajas potenciales significativas cuando se usan limaduras como materia prima para el núcleo.

25 En una operación de fabricación a gran escala, puede ser difícil mantener una fuente confiable de limaduras de un grado particular en una situación en la que es necesario que el producto final cumpla con una norma y especificación internacional.

30 Además, es evidente que la costosa maquinaria especializada, parte de la cual se describe en el documento USP 5088399, se requiere para preparar la limadura y las palanquillas en el proceso anterior. Adicionalmente, debido a su diseño de horno, la mayoría de los laminadores establecidos no pueden laminar a partir de palanquillas redondas. No es fácil imaginar una maquinaria que sea capaz de producir palanquillas que comprendan limaduras comprimidas y tengan una forma de sección transversal que no sea redonda. Además, el tamaño, y especialmente la longitud, de las palanquillas, al menos las descritas en las patentes anteriores, es bastante pequeña. Solo hay un número limitado de laminadores existentes que pueden laminar palanquillas de tan corta longitud e incluso menos que además pueden laminar a partir de una palanquilla redonda. Esto se debe en parte a que los hornos existentes son del tipo de empuje diseñado para manipular palanquillas cuadradas. Las palanquillas redondas requieren hornos del tipo de viga móvil. Es probable que el uso de palanquillas pequeños resulte en que el proceso de laminación sea ineficiente porque los laminadores modernos están diseñados para laminar palanquillas cada vez más largas para mejorar la productividad. Aunque en principio el tamaño y la longitud de las palanquillas que comprenden limaduras comprimidas podrían aumentarse y cambiar la forma, los problemas técnicos involucrados en el logro de maquinaria adecuada para este propósito bien podrían ser insuperables.

40 Otro problema inherente al proceso anterior descrito arriba, nuevamente evidente, es que los gases evolucionados por el NH_4Cl y urea necesariamente deben purgarse. Aparentemente, la palanquilla es de extremo abierto por esta razón. Esto se afirma en el documento USP 5124214, a pesar de que sugiere el uso de una tapa para encerrar los extremos de la palanquilla. Sin embargo, esta patente está fechada antes del uso de cualquier aditivo como se describió anteriormente. Además, aunque esta patente contiene también una sugerencia de que el tubo puede sellarse mediante aplicación de una pasta de grafito a los extremos del núcleo, esto sería impracticable.

50 La pasta se volvería rápidamente friable y porosa, con la humedad en la pasta se expulsaría rápidamente. Esto provocaría el colapso del grafito y, por lo tanto, ya no formaría la barrera prevista. Además, el grafito reaccionaría con el acero en las briquetas a una temperatura de aproximadamente 1000 °C, lo que formaría efectivamente hierro colado fundido y sería completamente inefectivo para reducir los óxidos de Cr.

55 El documento USP 5676775 describe solo una palanquilla de extremo abierto. En el documento USP 6706416, se describe una palanquilla experimental que contiene solo aluminio como aditivo. Aunque esta palanquilla se describe como cerrada, se proporciona en cada extremo con un orificio de ventilación para permitir que los gases escapen de la palanquilla. Los orificios de ventilación se cerraron con soldadura después de que se retiró la palanquilla del horno. Al considerar lo que se ha dicho anteriormente, el solicitante cree que estos orificios de ventilación no evitarían que el oxígeno atmosférico residual provoque la oxidación del Cr en la palanquilla a temperaturas más bajas, antes de que se transforme el aditivo de aluminio.

60 El documento US 3574569 describe una palanquilla de extremo cerrado, donde los flejes de borde comprenden una aleación a base de titanio con microestructura beta que actúa como captador.

65 Un objeto de la invención es proporcionar una palanquilla que comprende un cuerpo de acero sólido y un revestimiento compuesto de acero inoxidable, o una aleación de níquel-cromo, de níquel-cobre o de cobre-níquel en la que se reduce la oxidación que interfiere con la unión entre el revestimiento y el cuerpo de acero en el producto terminado, al menos

hasta el punto de proporcionar un producto terminado comercialmente aceptable, que al mismo tiempo evita además que los metales depuradores en bruto estén presentes entre las caras del núcleo y la cubierta, donde el residuo de cualquier cantidad significativa de estos metales probablemente sea perjudicial para la unión entre las caras del núcleo y la cubierta.

5 Declaraciones de la invención

En esta descripción, el término "depurar" implica la eliminación de oxígeno gaseoso, en oposición a la "reducción" que implica la eliminación de oxígeno de un compuesto que contiene oxígeno como uno de sus componentes.

10 De acuerdo con la invención, se proporciona una palanquilla que comprende un cuerpo de acero, un miembro de revestimiento compuesto por una aleación seleccionada del grupo que comprende acero inoxidable, aleaciones de níquel-cromo, de níquel-cobre y de cobre-níquel y que se ubica de manera que hay una interfase entre el cuerpo y el miembro de revestimiento en el que el miembro de revestimiento y el cuerpo se unen cuando la palanquilla se calienta y se opera para formar un producto ferroso, y se disponen medios preventivos para excluir de la interfase los gases capaces de provocar la oxidación de cromo, de níquel o de cobre en el miembro de revestimiento en la interfase, el miembro de revestimiento forma al menos una parte de una carcasa cerrada en la que se localizan el cuerpo y la masa de metales depuradores y que evita que los gases fuera de la palanquilla penetren la interfase, el cuerpo es de acero sólido y los medios preventivos incluyen una masa de metales depuradores que puede calentarse a una temperatura a la que se activa para depurar los gases oxidantes en la interfase antes de que la aleación de la que se compone el miembro de revestimiento alcance una temperatura a la cual pueden formarse óxidos de cromo, de níquel o de cobre en la interfase, en donde la masa de metales depuradores se localiza en una posición separada de la interfase. Además, de acuerdo con la invención, se proporciona un método para producir un producto ferroso, que incluye las etapas de proporcionar una palanquilla que incorpore el primer aspecto de la invención y calentar la palanquilla de tal manera que el metal depurador se caliente a una temperatura a la que se activa para depurar gases oxidantes en la interfase antes de que la aleación de la que se compone el miembro de revestimiento alcance una temperatura en la interfase en la que pueden formarse óxidos de cromo, de níquel o de cobre, y operar la palanquilla de modo que el miembro de revestimiento y el cuerpo estén unidos en la interfase.

30 En un aspecto de la invención, el metal depurador se selecciona del grupo que comprende aluminio, titanio, magnesio y una aleación de magnesio y aluminio.

En una forma de la invención, el metal depurador está compuesto de aluminio, magnesio o una aleación de estos que se funde antes de que la palanquilla alcance la temperatura a la que se opera, y se proporciona un elemento que comprende una masa de acero finamente dividido localizada en la carcasa entre el cuerpo y la masa de metales depuradores.

35 En un aspecto de la invención, la masa de metales depuradores comprende una primera porción compuesta de aluminio, magnesio o una aleación de estos y una segunda porción compuesta de titanio.

40 En un aspecto de la invención, la carcasa está compuesta de una primera parte en la que se localiza el cuerpo, y una segunda parte en la que se inserta la masa de metales depuradores antes de que las dos porciones se unan.

45 La masa de metales depuradores está ventajosamente en forma de briqueta o elemento similar de metal compactado en forma finamente dividida tal como partículas, granulado, cinta, espirales o similares. Igualmente, los elementos compuestos de acero, cloruro de amonio y urea están además en forma de briquetas o compactos similares. Las ventajas de usar un metal en esta forma en lugar de sólido es que aumenta la relación del área superficial con el peso de este, lo que aumenta así la efectividad del metal para reaccionar con o depurar el oxígeno en la palanquilla. Si se comprime a una alta densidad, tales briquetas son relativamente impermeables al aire o gases cuando se enfrían. Sin embargo, cuando se calientan por debajo de su punto de fusión, se vuelven porosas y reactivas a los gases calientes, lo que de esta manera depura más efectivamente los gases internos o el aire que entra a la palanquilla. Funcionan así como lo que puede llamarse filtros de depuración localizados en la palanquilla en una posición adyacente a las partes del miembro de revestimiento y el cuerpo de acero que se unen entre sí.

50 Es útil en esta descripción referirse a la "energía libre de formación de óxidos" (en lo sucesivo, FEOF). Las discusiones útiles de este término están disponibles en Internet y en otras fuentes. En el presente contexto, la FEOF proporciona una medida de si, a cualquier temperatura dada, el metal del que se compone un elemento en la palanquilla se oxidará con preferencia al cromo, níquel o cobre en el miembro de revestimiento, y así evitará la oxidación de este. Una ilustración esquemática de la FEOF de varios metales aparece en el diagrama de Ellingham para la reacción de los metales para formar óxidos, disponible además en Internet y en otras fuentes. En el diagrama de Ellingham puede verse fácilmente que los metales que tienen una FEOF más baja que el cromo, el níquel o el cobre hasta las temperaturas de laminación de las palanquillas revestidas con cualquiera de las aleaciones seleccionadas de estos metales incluyen calcio (Ca), magnesio (Mg) litio (Li), uranio (U), aluminio (Al), titanio (Ti), silicio (Si), vanadio (V), circonio (Zr) y manganeso (Mn). Debido a consideraciones tales como el peligro en el manejo, la radiactividad, etc., muchos de estos pueden no ser útiles para los fines de la presente invención, excepto quizás en aplicaciones especializadas. Muchos de los metales nombrados pueden ser además demasiado caros para ser económicamente útiles. Sin embargo, el solicitante cree actualmente que el magnesio, el aluminio y el titanio en particular, y además posiblemente el litio, podrían ser industrialmente útiles para

fabricar productos de acuerdo con la presente invención. Sin embargo, el uso de los otros metales nombrados no se descuenta necesariamente.

Descripción de las modalidades de la invención

5 La invención se analiza adicionalmente con referencia a los dibujos adjuntos en los que:
 Las Figuras 1 a 5, 11 y 12 y 14 a 24 muestran vistas en sección transversal de uno o ambos extremos de una palanquilla;
 La Figura 6 es una vista esquemática de una disposición de calentamiento para las palanquillas;
 10 Las Figuras 7 y 8, 25 a 27 y 29 son vistas en sección transversal de ejemplos de productos que pueden producirse a partir de palanquillas; y
 Las Figuras 9, 10 y 28 son vistas en sección transversal de palanquillas en el curso de la preparación.

15 Las Figuras 3, 4, 5, 14 y 18-20 son modalidades de la invención, donde en modalidades de la invención, la palanquilla se sella y el metal depurador se separa de la interfase mediante briquetas Es que comprenden acero al carbono FD (finamente dividido) o por una placa final 64 de un cartucho. Las otras figuras son ejemplos similares que no entran dentro del alcance de las reivindicaciones. En el trabajo realizado por el solicitante hasta la actualidad en relación con el desarrollo de la invención, las palanquillas han estado compuestas de cuerpos del núcleo de acero al carbono y un revestimiento de acero inoxidable dúplex A304 SS y UNS S32101 y S32304. Por lo tanto, las modalidades de la invención descritas en la presente descripción se centran en tales palanquillas. Sin embargo, al considerar que el níquel y el cobre tienen una FEOF
 20 más alta que el cromo, el solicitante cree que las técnicas de esta invención pueden aplicarse con éxito sin modificaciones significativas para producir productos que comprendan un cuerpo de núcleo de acero revestido con aleaciones de níquel-cromo, de níquel-cobre o de cobre-níquel.

25 En los dibujos, excepto como se explica más adelante, cada palanquilla B comprende un cuerpo sólido o núcleo C de acero al carbono o cualquier grado adecuado de acero que normalmente es más susceptible a la corrosión que el acero inoxidable. El núcleo C se aloja en un miembro de revestimiento que, en los presentes ejemplos, está en forma de una cubierta J, que en algunos casos, puede comprender una porción central J1 que está compuesta de acero inoxidable y una porción externa 12 que se compone de acero suave. En otros casos, la cubierta puede estar compuesta completamente por SS. El SS puede ser de cualquier grado adecuado, que incluyen ASTM 316, A304 o uno de los aceros
 30 inoxidables en el intervalo dúplex. Así, por lo tanto, en cada palanquilla hay una zona Z en la que hay una interfase entre las partes yuxtapuestas del núcleo C y la cubierta que se unen cuando la palanquilla se calienta.

35 Cada palanquilla se proporciona con medios preventivos para excluir de la interfase en la zona Z gases que son capaces de causar la oxidación del cromo en la cubierta J. Los medios preventivos incluyen una masa compuesta de al menos un metal depurador. El metal usualmente se proporciona, pero no esencialmente, en forma de un elemento tal como una briqueta que se etiqueta genéricamente E en los ejemplos que siguen y que se localiza en la cubierta adyacente a al menos un extremo del núcleo C y, por lo tanto, se desplaza de La interfase entre las partes yuxtapuestas en la zona Z.

40 En relación con los metales que componen los elementos discutidos en la presente descripción, la abreviatura 'FD' se refiere a tales metales en forma finamente dividida, lo que incluye, según corresponda, espirales, cintas, polvo, alambre y la llamada lana de alambre, perdigón y granalla, así como también limaduras en el sentido en que los expertos en la técnica entienden comúnmente el último término y como se usa en las patentes anteriores.

45 En los ejemplos que se discuten en lo adelante, una palanquilla típica tendrá una sección transversal cuadrada y un tamaño de sección transversal de 150 mm x 150 mm y podría estar entre 6 metros y 14 metros de largo. Sin embargo, todas estas dimensiones son solo a manera de ejemplo y las palanquillas podrían tener cualquier longitud y tamaño adecuados. Típicamente, estos pudieran determinarse por la longitud y el tamaño de las barras y tubos disponibles comercialmente que se usan para los núcleos y las cubiertas.

50 Se conocen, o se han sugerido, varias técnicas para aplicar revestimiento de metal a un núcleo de acero. Una palanquilla, antes de tratarse de acuerdo con los métodos descritos en la presente descripción, puede prepararse por cualquier técnica adecuada. En el presente caso, una o más placas, ventajosamente pero no esencialmente de SS dúplex, pueden enrollarse alrededor de una barra del núcleo de acero y soldar los bordes contiguos de las placas. Un ejemplo de tal palanquilla se muestra en sección transversal en la Figura 28 y se considera en la actualidad como la disposición óptima para preparar palanquillas en una situación de producción y al mismo tiempo mantener al mínimo el gasto de capital en planta especializada. Aquí, se ha colocado un núcleo cuadrado C en un miembro en forma de canal 100 de SS que se ha
 55 doblado o enrollado previamente de una sola placa. Inicialmente, el miembro 100 está en yuxtaposición con tres caras del núcleo. Después de la colocación del núcleo, las pestañas 101 del miembro 100 se doblan alrededor de la cuarta cara del núcleo para que los bordes 102 estén en empalme mutuo. Estos bordes se sueldan juntos como se indica en 103. En una situación de alta producción, un fleje de SS puede alimentarse desde una bobina a través de un laminador de tubos convencional que forma el fleje en forma de canal que tiene un perfil que es esencialmente similar al del miembro 100. La barra se coloca en el canal y las dos pestañas se pliegan alrededor de la barra y se sueldan en etapas adicionales en el laminador de tubos.

65 El núcleo puede insertarse además en un tubo de SS preformado mediante cualquier técnica adecuada que incluya, ventajosamente, una u otra de las técnicas descritas en la descripción que acompaña a la solicitud de patente internacional

presentada conforme a la solicitud de patente provisional australiana núm. 2009 905 130 y titulada "Billets for the Production of Metal Products".

La Figura 1 muestra un extremo de una palanquilla B1 en el que los extremos de la cubierta se superponen a los extremos 10 del núcleo. Se coloca un único elemento Et contra el extremo del núcleo. Una placa 14 se localiza en el tubo 12 contra el extremo exterior del elemento Et y se suelda en su lugar para sellar el tubo. En este ejemplo, el extremo opuesto de la palanquilla se dispone de manera similar de modo que la cubierta J forma una carcasa metálica cerrada en la que se localizan el núcleo y Et y que actúa como un medio preventivo que excluye que los gases fuera de la palanquilla penetren en la zona Z. Estos gases incluyen gases del horno y gases atmosféricos. En el presente ejemplo, el elemento Et se compone de titanio (Ti) en cualquier forma FD adecuada y se compacta en una briqueta antes de la inserción en la palanquilla. En la Figura 2, la placa 14 no se usa. En cambio, se usa una tapa o domo preformado. La tapa puede fabricarse por embutición de la placa. El elemento Et se compacta o inserta convenientemente en la tapa antes de soldar la tapa al extremo 12 de la cubierta. Tal tapa es menos propensa a fallar durante la laminación que las soldaduras en la placa final 14.

Con referencia a la Figura 6, se proporciona horno Fn con bobinas de inducción que incluyen un primer conjunto, que se indica esquemáticamente en I1 e I2, que en una primera etapa calienta rápidamente los extremos de la palanquilla hasta que el elemento Et alcanza una temperatura de al menos 500 °C y preferentemente 800 °C mientras que el resto de la palanquilla, y en particular la parte que comprende la porción de acero inoxidable J1, permanece por debajo de una temperatura por debajo de la cual se forman los óxidos de cromo en la superficie de la cubierta en la zona Z. Incluso a la temperatura más baja, el Ti se une fuertemente con nitrógeno y oxígeno, los principales gases de los cuales se compone el aire, lo que forma óxidos y nitruros estables. Por lo tanto, el Ti depura activamente estos gases atmosféricos de la zona Z para formar sus óxidos y nitruros sólidos equivalentes en cada extremo de la palanquilla, lo que deja solo pequeñas cantidades de gases inertes como el argón (Ar). Al considerar la cantidad de Ar normalmente presente en el aire, en esta etapa resulta un vacío parcial, probablemente de alrededor de 19 mm Hg.

Después se activa un segundo conjunto de bobinas de inducción I3 junto con las bobinas I1 e I2 para calentar toda la palanquilla a RT. Durante esta fase, el calentamiento del acero al carbono en el núcleo hace que se descarbure. En ausencia de Ti, el carbono que así se libera reaccionaría con cualquier óxido de hierro en la superficie del núcleo, lo que formaría inicialmente CO₂ y después, a temperaturas más altas, CO junto con algo de C. Ambos el CO₂ y el CO se oxidarían al cromo en el SS. Sin embargo, el Ti tiene una FEOF más baja que el Cr, por lo que se reduce a Cr. Por lo tanto, el Ti se combina así con cualquier oxígeno, lo que incluye el del óxido de hierro, y evita que se formen óxidos de Cr o reduce cualquiera que se haya formado.

En esta descripción, cualquier sugerencia de que la oxidación se 'evite' o 'reduzca' pretende implicar que la oxidación se evita o reduce en la medida en que el proceso resulte en un producto que sea industrialmente útil. Los expertos en la técnica reconocerán que probablemente sea imposible esperar que se evite o reduzca la oxidación en un sentido absoluto.

En una disposición alternativa, los elementos Et pueden calentarse mediante varios quemadores de gas o petróleo de alta capacidad que se localizan adyacentes al horno principal en el que posteriormente se calienta toda la palanquilla. El horno principal puede ser un horno de inducción como ya se describió o puede además ser un horno de gas o petróleo.

La palanquilla calentada B1 se lleva a un laminador para la laminación en un producto largo, tal como una barra de refuerzo que se muestra en sección transversal en R en la Figura 7 o una barra plana F que se muestra en la Figura 8. Claramente, se podrían producir productos de otras formas y tamaños adecuados mediante los procesos y a partir de las palanquillas descritas en la presente descripción.

En referencia de nuevo a la Figura 1, en tanto la cubierta permanezca completamente intacta y, por lo tanto, sellada contra la entrada de aire atmosférico, no hay posibilidad, por lo tanto, de que el aire atmosférico pueda entrar a la palanquilla B1 a través de sus extremos como resultado del enfriamiento que ocurre cuando la palanquilla se retira del horno. Después de que la palanquilla ha pasado por tantas portabobinas como sea necesario para asegurar que la cubierta esté unida al núcleo, los extremos de la palanquilla ahora más alargados que incorporan las partes que albergan los restos de Et se recortan.

Una razón por la que se selecciona Ti para Et en este ejemplo inicial es porque tiene un punto de fusión que es más alto que la RT. Por lo tanto, no es necesario hacer ninguna provisión para mantenerlo separado del núcleo, como es el caso con Al y Mg y algunos de los otros metales que podrían usarse, como se discute más abajo. No obstante el alto punto de fusión del Ti, los óxidos que este forma en la palanquilla se absorben en el metal de Ti de modo que no se inhibe la formación de más óxidos. A diferencia del caso cuando Al y Mg están en la fase sólida, Ti puede reaccionar así continuamente con cualquier oxígeno que se forme en la palanquilla mientras se calienta. Por lo tanto, el Ti no necesita fundirse para funcionar como un depurador eficiente de oxígeno. Además, el Ti es reactivo incluso a bajas temperaturas. Como es el caso con Al y Mg, las virutas de titanio secas y limpias (adecuadas para la fabricación de briquetas) están fácilmente disponibles debido a su alto valor intrínseco. Esto evita la necesidad de una planta de procesamiento de chatarra para limpiar y secar limaduras como se requiere en los procesos descritos en las patentes anteriores.

Una ventaja del presente proceso es que el núcleo de acero puede ser redondo, cuadrado, rectangular o de cualquier otra forma adecuada. Una palanquilla con un núcleo permite que el proceso se use con palanquillas de cualquier tamaño y longitud de sección transversal adecuados. En particular, el tamaño de la palanquilla puede elegirse para adaptarse a un laminador existente.

El núcleo podría ser también una preforma hueca de acero y la palanquilla usada para producir una tubería de acero que tenga un revestimiento SS interno o externo. La capacidad de hacer palanquillas rectangulares les permite usarse para laminar placas revestidas de SS, así como también productos largos. Los ejemplos de tales productos se discuten a continuación con referencia a las Figuras 25 a 27 como se discutirá.

Para permitir que un núcleo de acero se adapte más fácilmente a una cubierta de acero inoxidable, la barra que se use para el núcleo puede primero rectificarse mecánicamente. Esto además tendría el resultado de desincrustar la barra. Todas las barras que se producen comercialmente para el presente propósito deberán desincrustarse, un proceso que normalmente se realiza por granallado. Tal granallado sería innecesario si la barra se rectifica.

Para ayudar a la eliminación del oxígeno atmosférico de cualquiera de las palanquillas descritas en la presente descripción, puede ser ventajoso evacuar la palanquilla mediante conexión de uno o ambos extremos de la palanquilla a una bomba de vacío P antes de cualquier calentamiento. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 9. Antes de que la palanquilla se transfiera al horno, la bomba se desconecta de la palanquilla y las aberturas en la palanquilla por las cuales se conecta la bomba, se cierran. Los medios para evacuar la palanquilla de esta manera son bien conocidos y no necesitan describirse en detalle.

En lugar de evacuar la palanquilla, o adicionalmente a esto, la bomba P podría ser de un tipo que se dispone para bombear un gas inerte, tal como Ar, en la palanquilla para desplazar el aire residual.

La Figura 3 muestra otro ejemplo de un extremo de una palanquilla B3. La palanquilla B3 y los que aún están por describir, y la preparación y procesamiento de estos en productos laminados, se discutirán solo en la medida en que tengan características que difieran significativamente de las ya descritas con referencia a la palanquilla B1.

en cada extremo de la palanquilla B3 se insertan dos elementos Es, Ea. Es se intercala entre Ea y el extremo 10 del núcleo C. Es es una briqueta que, en este ejemplo, comprende acero al carbono FD, pero podría comprender alternativamente titanio FD. En cualquier caso, podría formarse Es mediante compresión del acero FD o Ti directamente en el tubo 12 o en una briqueta antes de presionarlo en el tubo. Ea es similar a Et pero se compone, no por Ti, sino por aluminio (Al) FD o magnesio (Mg) FD o una aleación de estos. Es conveniente discutir las propiedades de estos tres metales depuradores juntos. La función de depurar de cada uno en el presente proceso es similar a la de Ti en Et.

De todos los metales nombrados en la presente descripción como adecuados para su uso en relación con la presente invención, el aluminio es el más ampliamente disponible y el menos costoso. Se percibe como seguro de manipular. Como se señaló en la USP 6706416, es un depurador agresivo de oxígeno pero, en el contexto de la presente invención, su utilidad con respecto a esto puede limitarse por el hecho de que su óxido, Al_2O_3 , una vez formado, permanece en estado sólido en la superficie del metal Al y forma una barrera a la depuración. Esta barrera desaparece cuando el metal se funde a aproximadamente 660 °C. Esta temperatura se logra fácilmente mediante precalentamiento por inducción al final de la palanquilla. Esta es una ventaja de usar Al. El punto de ebullición (en adelante "BP") del aluminio está muy por encima de RT y, por lo tanto, es demasiado alto para que el aluminio en estado gaseoso sea útil como depurador de oxígeno.

Por otra parte, el punto de fusión ("MP") de Mg es de aproximadamente 650 °C y su BP es de aproximadamente 1100 °C. Además, es un depurador de oxígeno más agresivo que el Al. Sin embargo, el Mg se percibe comúnmente como inseguro de manipular. Esta opinión se expresa en el documento USP 6706416. Sin embargo, en contra de este punto de vista, la información proporcionada por los proveedores industriales de Mg sugiere que, siempre que se tomen etapas de seguridad simples y fáciles de lograr, se utiliza Mg para Ea, en las condiciones de operación en las que se pone en práctica la presente invención, es poco probable demostrar que sea tan peligroso como para hacer inaceptable el uso de Mg. Parece que este será ciertamente el caso cuando el Mg esté en forma de espirales o cinta y es probable que sea así incluso cuando el Mg esté en forma de polvo.

Tanto el aluminio como el magnesio forman óxidos, nitruros, hidruros y carburos estables y, como se señaló, son depuradores activos de gases atmosféricos y otros gases. Tienen la ventaja además de bajo costo. Adicionalmente, los espirales de Al y Mg están ampliamente disponibles. Son más reactivos al fundirse, momento en el cual las capas superficiales de óxido dejan de inhibir su acción de depuración. La FEOF de cada uno es más baja que la del titanio y, por supuesto, mucho más baja que la del Cr.

Para una palanquilla tal como B3, existen algunas desventajas en el uso de un elemento Ea que comprende Al o cualquiera de los otros metales nombrados en la presente descripción, lo que incluye Ti, que no hierven por debajo de RT. En este caso, la presión de gas dentro de la palanquilla al comienzo del laminado será menor que la atmosférica, de modo que el aire entraría en la palanquilla si un extremo del tubo 12 fallara antes de que la cubierta se adhiriera al núcleo durante la laminación o a través de fugas por orificios pequeños en la soldadura de la placa 14. En este caso, sin embargo, el oxígeno

en el aire aún se depuraría por los elementos Es y Ea y solo el Ar atmosférico penetraría más allá de los elementos hacia el interior de la palanquilla.

5 Por el contrario, una ventaja significativa del uso de Mg para Ea es que, cuando el Mg se eleva por encima de su punto de ebullición, se crea una presión de gas positiva dentro de la palanquilla, que reemplaza el vacío parcial que crea en la palanquilla como resultado de la formación de óxidos sólidos. El Mg se vaporiza a 1 100 °C a presión atmosférica pero a una temperatura más baja bajo vacío parcial. A RTd, la presión del Mg vaporizado en la palanquilla es cercana a la atmosférica. A RTa, la presión del Mg vaporizado en la palanquilla está por encima de la atmosférica. La posibilidad de entrada de aire durante la laminación si la cubierta falla, consecuentemente se disminuye mucho.

10 El Mg vaporizado actúa como un fuerte gas reductor para cualquier CO y CO₂ que pudiera producirse en la palanquilla. El CO comienza a formarse a partir de aproximadamente 780 °C y reduce el Cr solo a más de 1225 °C. El elemento Ea puede además comprender una aleación de aluminio y magnesio. Como se conoce, el BP de dicha aleación puede controlarse mediante ajuste de las proporciones de los metales constituyentes. Así, el BP de la aleación puede hacerse más alto o más bajo que RT, según se desee. Una forma de hacer uso de esto se discute más abajo.

20 Debido a que el Mg y el Al se funden a temperaturas inferiores a la RT, es deseable evitar que el Mg y/o Al fundidos, cuando se usen para Ea en la palanquilla B3, lleguen a la interfase del núcleo y la cubierta de SS. Esto se logra mediante la presencia de Es que, si se compone de acero FD (que separa el metal depurador de la interfase) o Ti (que no cae dentro del alcance de las reivindicaciones), no se funde por debajo de RT y actúa como una barrera para el metal fundido. Esta es una función de Es. Si se usa acero FD para Es, es preferentemente de grado medio a alto en carbono, que típicamente contiene 0.4 %-1 % de carbono. Se podría añadir grafito al acero FD para aumentar el contenido de carbono si fuera necesario. A temperaturas elevadas, el CO se producirá del acero FD y de cualquier grafito presente. En RTa, el CO se reduce a cualquier óxido en el cromo de acuerdo con el diagrama de Ellingham. Incluso a RTd, el CO puede reducirse a Cr en presencia de Al o Ti.

30 Cuando se forma Es a partir de Ti, Es no solo actúa como un depurador de oxígeno que está inicialmente presente, o que se produce, dentro de la zona Z, sino que además ayuda a depurar el oxígeno atmosférico antes de que ingrese a la zona Z a través de la soldadura o la falla de la cubierta como ya se señaló.

35 La Figura 4 muestra el extremo de una palanquilla B4 que comprende en cada extremo un ensamble de tres elementos Es, Ea y Et. Por lo tanto, típicamente, Es estará compuesto de acero FD, Ea estará compuesto de Al, Mg o una aleación de estos, y Et estará compuesto de Ti FD. En este ensamble, el metal del que se compone Ea se funde, por lo tanto, a RTd así como también a RTa. Es, Ea y Et en B4 cumplen las mismas funciones respectivas que en B1 y B3 y, por lo tanto, no necesitan explicarse más que señalar que Et en B4 sirve como un medio adicional para depurar el oxígeno, particularmente del aire atmosférico que puede entrar a la palanquilla en cualquiera de las formas descritas anteriormente. El potencial para que ocurra la oxidación del Cr como resultado de tal falla se exagera si la temperatura del interior de la palanquilla y el aire entrante es inferior a 1225 °C. La modificación de la palanquilla, que se muestra en la Figura 11, aborda este problema.

40 La Figura 11 muestra un extremo de una palanquilla B11 se proporciona en cada extremo con tres elementos Es, Ea y Et que, sujetos a lo que se dice a más abajo sobre Ea, están compuestos de los mismos metales y cumplen las mismas funciones que elementos nombrados idénticamente en B4. Los extremos de B11 se sellan inicialmente por las placas 40a, pero cada placa está provista de un tapón dependiente de la temperatura 46 que se funde y permite que la palanquilla se ventile dentro del horno a una temperatura que puede ser preseleccionada, pero en cualquier caso no es inferior a 1225 °C. Un material adecuado para dicho tapón es 30% de cobre-níquel que se funde completamente a 1237 °C. Cuando el tapón se funde, las condiciones de vacío en la palanquilla provocan que los gases calientes del horno oxidante, que normalmente están a temperaturas de alrededor de 1300 °C y, en cualquier caso, muy por encima de 1225 °C, se absorban rápidamente en la palanquilla. Estos gases del horno pasarían a través de Es, Ea y Et y, por lo tanto, a través de tres capas de reducción y depuración de metales. Primero a través del elemento externo Et, que se compone de Ti, cuya eficacia de depuración, como ya se señaló, no se ve afectada por la formación de recubrimientos de óxido o nitritos, ya que estos se absorben en el metal al calentarse por encima de 500-800 °C. Los gases del horno después pasan a través de Ea que, si se compone de Al y se funde a unos 650 °C, se retiene entre Es y Et. Ea puede además estar compuesto de una aleación de Al y Mg para proporcionar una acción depuradora aún más potente. Cualquier oxígeno o CO₂ restante al pasar a través del elemento final Es se convierte en CO. Esto se acompaña de un aumento de la presión debido a la formación de dos moléculas de CO por cada molécula de CO₂ u O₂. El CO que entra a la zona Z a temperaturas muy superiores a 1225 °C tendrá un efecto reductor sobre cualesquiera trazas de óxido de Cr que todavía estén presentes en la interfase.

60 Los tres elementos presionados en cada extremo de la palanquilla B11 proporcionan además protección adicional como precaución contra la ocurrencia de oxidación en el núcleo y la cubierta en la zona Z en caso de falla de los extremos de la cubierta durante la laminación. Por lo tanto, los elementos tienen un doble propósito como convertidores de CO cuando el tapón se funde y si los extremos de la cubierta fallan durante la laminación.

El hecho de que pueda dejarse un espacio inicial relativamente grande 50 entre el núcleo de acero y la cubierta permitiría agentes tales como Al o NH₄Cl se rocíen en la parte superior del núcleo C a medida que se inserta en la cubierta J1. Esto se ilustra esquemáticamente en 120 en la Figura 10.

5 La Figura 12 muestra un extremo de una palanquilla B12 que es una variación de la palanquilla B11 y se proporciona con tres elementos Es (o Et), Em y Et. El elemento medio Em estaría compuesto de Mg. El elemento externo Et estaría nuevamente compuesto de Ti. Aquí, la palanquilla de nuevo se ventila a través de un tapón dependiente de la temperatura 46 como ya se describió mientras estaba en el horno. En este ejemplo, la confianza se coloca en el vapor de Mg para que esté presente dentro de la palanquilla antes y durante el laminado.

10 Es conveniente primero considerar que Em esté compuesto de Mg puro. Al igual que con todas las otras palanquillas que se muestran en los dibujos, los extremos de la palanquilla B12 se calientan primero rápidamente, hasta que el Mg en Em se funde. En esencia, el Mg se enciende cuando alcanza el punto de fusión, lo que depura rápidamente todo el N₂, O₂, CO₂ y CO lo que crea un vacío en la palanquilla. En esta etapa, la palanquilla completa se calienta a RTa o a RTd. El Mg se vaporiza a 850 °C debido al vacío. El vapor de Mg aumenta de presión con el aumento de la temperatura, lo que genera una presión positiva.

20 Como en el ejemplo anterior, las palanquillas se ventilan mientras aún están en el horno mediante la provisión del tapón 46 de cobre-níquel que está diseñado para fundirse cerca de RTa o RTd según sea necesario. El 10 % de cobre-níquel se funde completamente a 1145 °C, por encima del punto de ebullición del Mg. La presión positiva proporcionada por el vapor de Mg impide la entrada de gases del horno, así como también evita la entrada de aire, una vez que se retira del horno para la laminación.

25 Alternativamente, puede ser ventajoso diseñar los compartimentos finales para purgar o forzar durante el laminado inicial y permitir que escape el vapor de Mg. Al estar bajo presión, esto ayudaría a evitar la entrada de aire hasta que la cubierta y el núcleo estén unidos.

30 La relación de Al con Mg podría elegirse para hacer que la aleación se vaporice en cualquier lugar entre 850 °C y 1260 °C. En esencia, este proceso se basa en el vapor de Mg, en lugar de CO, para reducir los óxidos de Cr.

35 En la práctica, puede resultar inaceptable usar elementos compuestos de un metal tal como el magnesio o una aleación de este que se vaporice por debajo de la temperatura ambiente de la palanquilla en cuestión, porque el vapor que penetra en la zona Z puede dejar inclusiones inaceptables en la interfase del producto terminado. Por otra parte, los mismos elementos pueden ser aceptables para su uso en palanquillas cuya RT está por debajo de la temperatura a la que se vaporizan los elementos. La experiencia determinará las circunstancias en las que pueden usarse dichos elementos.

40 En el curso de las pruebas llevadas a cabo en relación con la presente invención, se ha observado, sorprendentemente, que los extremos de las palanquillas preparadas como se muestra en la Figura 3 y pasados a través de un horno de empuje convencional particular se han calentado adecuadamente (para los fines de la invención) antes de las partes centrales sin hacer disposiciones especiales en el horno para precalentar los extremos. La razón de esto no está del todo clara, pero puede deberse a uno de varios factores o tal vez a una combinación de los mismos. En la mayoría de los hornos tipo de empuje, las palanquillas se colocan en el piso del horno y finalmente salen cuando están más calientes. Los gases del horno pueden calentar las palanquillas solo a través de sus caras superiores y sus dos caras finales, ya que otras caras de las palanquillas no están expuestas a los gases del horno. Sin embargo, las caras superiores de las palanquillas se presentan como una masa plana continua de acero que actúa como un dissipador de calor. Por lo tanto, los extremos se calientan más rápidamente que las partes centrales de las palanquillas, que inicialmente permanecen relativamente frías. Adicionalmente, la conductividad térmica de Ti y de Al, así como de Mg, es mucho mayor que la del acero o del SS.

50 La secuencia de laminación puede disponerse de manera que el gas fluya de manera controlada a través de la palanquilla. Por ejemplo, cuando se usa un laminador en línea, el extremo de la palanquilla que entra a los laminadores puede cerrarse y el extremo posterior puede diseñarse para purgar durante el laminado. El vapor de Mg y otros gases se empujarán hacia la ventilación en todo momento bajo una presión considerable, lo que servirá además para limpiar cualquier cantidad diminuta de óxidos y/o nitruros de Mg sólidos que aún no se hayan introducido en los compartimentos finales. Esta técnica asegura que todo el vapor de Mg se ha expulsado a más de 1100 °C antes de que se enfríe por debajo de su BP. Si esto sucediera, los óxidos y nitruros podrían permanecer en la palanquilla como inclusiones sólidas, no metálicas.

60 En lo que sigue, no se considera necesario repetir en cada caso la descripción de los elementos o algunas disposiciones de estos específicamente y dichos elementos pueden identificarse por la simple letra E.

A pesar de que una palanquilla contiene elementos que comprenden los metales, particularmente aluminio y titanio, que hasta ahora se han sugerido, es posible que, después de precalentar los extremos, las condiciones en el interior de la palanquilla puedan permitir cierta oxidación del Cr, a pesar del hecho de que el aire atmosférico se haya depurado o evacuado de la palanquilla antes del calentamiento.

65

La Figura 5 muestra el final de una palanquilla B5 que aborda este problema. B5 comprende un ensamble de cuatro elementos Eu, Es, Ea y Et. Los últimos tres pueden ser idénticos a los ya descritos y cumplen las mismas funciones respectivas. La placa 14 puede omitirse o, alternativamente, puede proporcionarse una placa 40 con un orificio de ventilación 42 para ayudar a mantener los elementos en su lugar durante la laminación. Eu se intercala entre Es y el extremo 10 del núcleo y es una briqueta que comprende NH_4Cl o urea. La utilidad de este ensamble es que el NH_4Cl o urea se disocian a baja temperatura, como se describió en las patentes anteriores, y forma grandes volúmenes de gases que pueden escapar de la palanquilla a través del orificio de ventilación 42, ya que Es, Ea y Et pueden hacerse suficientemente porosos para permitir que esto ocurra. Estos gases desplazan el aire residual en la zona Z de la palanquilla. La disociación de NH_4Cl o urea comienza a una temperatura por debajo de 200°C y continúa hasta que la temperatura alcanza algún lugar por debajo de 600°C , en cuyo punto el NH_4Cl o urea se agotan y cesa el flujo de gases desde los extremos de la palanquilla. Por lo tanto, la palanquilla B5 no necesita evacuarse o purgarse para eliminar los gases atmosféricos dentro de la palanquilla. Aunque la porosidad de Es, Ea y Et permite además que el aire atmosférico salga de la palanquilla cuando se calientan los extremos, Es, Et y los constituyentes fundidos de Ea depuran cualquier oxígeno que pueda permanecer o producirse en la palanquilla y además depuran el oxígeno y otros gases en el aire antes de que puedan penetrar en el interior de la palanquilla.

Un elemento modificado E30 se muestra en la Figura 13. Este elemento comprende Ti en una forma FD adecuada, tal como virutas que se muestran esquemáticamente en 80, mezcladas con acero al carbono, además en forma de alambre o limadura u otra forma FD adecuada como se muestra esquemáticamente en 82.

En las palanquillas B1-B4, la cubierta J que alberga el cuerpo del núcleo y está cerrada a la atmósfera proporciona medios para evitar que los gases oxidantes del exterior de la palanquilla penetren en la zona Z hasta que las partes de la interfase del núcleo y la cubierta de SS se unan entre sí. En una palanquilla tal como B5, este elemento se proporciona efectivamente por el elemento Eu en combinación con una serie de elementos depuradores como Es, Ea y Et. Eu es activo en los intervalos de temperatura más bajos para limpiar gases oxidantes de la zona Z y los elementos depuradores no solo permiten que estos gases escapen sino que además proporcionan una acción de sellado suficiente a las temperaturas más bajas para evitar que los gases atmosféricos o del horno penetren en la zona Z. A medida que aumenta la temperatura, los elementos depuradores se vuelven más activos y, aunque los gases atmosféricos y del horno puedan penetrar en la zona Z, Es, Ea y Et cualquier oxígeno en estos gases se depura antes de hacerlo. Los elementos también actúan para depurar los gases oxidantes que se producen en la zona Z hasta que las partes de la interfase se unen.

Puede resultar innecesario proporcionar hasta tres elementos depuradores en una palanquilla tal como B4. Por ejemplo, el elemento Et puede estar lo suficientemente activo como para permitir que se omita el elemento medio Ea. Como Et no se funde, el elemento barrera Es puede además no ser necesario.

Los elementos pudieran típicamente tener un grosor de 10 -150 mm. Sin embargo, esto es a modo de ejemplo y podrían ser de cualquier grosor adecuado.

Probablemente siempre será necesario evitar que los metales depuradores en bruto de los elementos E estén presentes en la zona Z antes de que se caliente la palanquilla. Es probable que el residuo de cualquier cantidad significativa de estos metales sea perjudicial para la unión entre las caras del núcleo y la cubierta y las partes de la palanquilla que contienen dicho residuo después del laminado, en cualquier caso se descartan. Por lo tanto, se cree que los elementos depuradores E deberían localizarse inicialmente en una posición separada de las caras del núcleo y la cubierta. Con respecto a esto, una masa de cualquiera de los metales depuradores FD, particularmente Ti, podría mezclarse con acero FD e insertarse, ventajosamente en forma de briquetas en los extremos de la palanquilla. El acero FD serviría como una matriz para mantener el metal depurador en su lugar.

Cuando se usa un tubo preformado para la parte central J1 de la cubierta, el núcleo debe ser más pequeño que la cubierta para permitir que el núcleo entre en la cubierta. La palanquilla de 14 m de longitud con una cubierta J1 de 150 mm X 150 mm de grosor de pared de 7 mm, como se ejemplifica en la presente descripción, albergaría un núcleo de acero cuadrado de 122 mm X 122 mm. En este ejemplo, a temperatura ambiente, habría un espacio de 14 mm entre el núcleo y la cubierta. Este espacio representaría unos 501 del aire atmosférico, es decir, 78 % de nitrógeno y 21 % de oxígeno.

Sobre una base molecular en gramos:
 1 g de Mg podría depurar 320 cc de aire libre;
 1 g de Ti podría depurar 250 cc de aire; y
 1 g de Al podría depurar 480 cc de aire.

Por lo tanto, en una palanquilla sellada que contiene 50 L de aire, solo se requerirían 104 g de Al para crear un vacío parcial para dejar 1 % de Ar. De manera similar, se requerirían 156 g de Mg o 200 g de Ti para depurar el 50 L de aire de una palanquilla del mismo tamaño y dejar el mismo vacío parcial. Sin embargo, en el caso de una palanquilla del mismo tamaño con extremos abiertos, 5000 L de aire interno y/o aire atmosférico externo tendrían que depurarse para crear 50 L de Ar dentro de la palanquilla como se describió anteriormente; es decir, $50,000 \text{ cc}/0.01 = 5,000,000 \text{ cc}$.

Los siguientes cálculos se proporcionan con fines ilustrativos y suponen que se producirá una palanquilla como B4. Además se supone que el elemento Ea está hecho de aluminio, que es el metal que más se usa en la práctica industrial.

El Al tiene una densidad de 2.7g/cc. Se requerirían aproximadamente 10.4 kg de aluminio FD (en base al peso), o aproximadamente 5.2 kg en cada extremo. Esto representa 0.5 % en peso del peso total de la palanquilla de 2000 kg. Las briquetas de aluminio con densidades relativas de 70 % de aluminio sólido pesarían 5.2 kg cada una y tendrían una longitud de 170 mm para ajustarse firmemente en cada extremo de una cubierta con dimensiones internas de 136 mm X 136 mm.

El equilibrio interior y exterior de la presión del gas se alcanza cuando el interior de la palanquilla se llena con Ar. Cualquier desplazamiento del equilibrio de presión que ocurra como resultado de la expansión o contracción de gases en la palanquilla a medida que el horno se calienta a RT o variaciones en la temperatura del horno, se ajustaría automáticamente. Los elementos E en cada extremo proporcionan así un mecanismo autorregulador para el equilibrio de la presión.

Hay otros metales que tienen una FEOF más baja que el Cr y, por lo tanto, podrían usarse en lugar de Al, Mg o Ti. Aunque en la actualidad parece que es menos probable que se usen estos otros metales, no se descuenta. Estos otros metales incluyen circonio, litio, calcio, silicio, vanadio, manganeso y uranio.

Otra posibilidad más se ilustra en la Figura 14. La palanquilla B 14 contiene uno o más elementos en sustancialmente las mismas disposiciones que cualquiera de las descritas hasta ahora. Sin embargo, los elementos no se colocan directamente en los extremos de la cubierta, sino que se empaquetan previamente en un cartucho 60 de acero suave. En este ejemplo, se ilustran tres de estos elementos Es, Ea, Et que son idénticos a los descritos anteriormente. El cartucho encaja perfectamente en el tubo 12 y comprende un cuerpo exterior tubular 62 que se extiende longitudinalmente con placas finales 64, 66 en su extremo interior y su extremo exterior. Las placas finales están soldadas, o integradas con el cuerpo 62, de modo que las juntas entre las placas y el cuerpo 62 están selladas. La placa final 64 se sitúa contra el extremo del núcleo C y se proporciona con una abertura central 68. Después de insertar el cartucho en el extremo de la palanquilla, se fija en su lugar mediante una placa 70 soldada al tubo 12. La función de la placa 70 es similar a la de la placa 14, de modo que, según sea necesario y en dependencia de la naturaleza del elemento o elementos E insertados en el cartucho, la placa 70 puede tener una abertura o puede estar provista de un tapón que se funde a una temperatura predeterminada o, alternativamente (como se muestra), puede no tener abertura, todo como se describió anteriormente. En los primeros dos de estos casos, la placa final 66 se proporcionará con una abertura 72 (como se muestra en la Figura 14a) que está alineada con la abertura 74 en la placa 70 y es similar a la abertura 68 en la placa final 64. La placa final interior 64 sirve, en primer lugar, para mantener el elemento o elementos en su lugar en el cartucho. Es un aspecto de la invención que los elementos E, en cualquiera de las disposiciones descritas en la presente descripción, pueden empaquetarse en cartuchos y transportarse por separado de las palanquillas. Esto podría tener como resultado que se requiera maquinaria más simple para ensamblar las palanquillas. Cuando uno de los elementos E que se inserta en el cartucho se compone de un metal depurador que se funde por debajo de RT como se describió anteriormente, cada placa final 64, 66 actúa además como una barrera para retener el metal fundido. La cantidad de metal podría elegirse de modo que, cuando se funde, su superficie superior se encuentre debajo de las aberturas 68, 72, 74. Esto ayudaría a evitar que el Al fundido u otro metal se derrame fuera del cartucho y se encuentre en el espacio entre el núcleo y la cubierta cuando se manipule la palanquilla caliente.

Al usar los elementos múltiples como se describe en la presente descripción con una palanquilla que comprende un núcleo de acero sólido, puede ser posible evitar el gasto de cerrar los extremos de la cubierta J de la atmósfera. Puede ser suficiente simplemente cerrar las palanquillas engarzando los extremos como se describió en las patentes anteriores. Las Figuras 15 y 16 muestran los extremos de las palanquillas B15, B16 engarzados de esta manera. Ambas palanquillas contienen elementos E como ya se describió. En el caso de la palanquilla B15, los elementos están contenidos en un cartucho 60a, similar al ya descrito. En el caso de la palanquilla B16, el cartucho no se usa y los elementos se insertan directamente en el extremo de la palanquilla antes de engarzarse. En este caso, puede ser necesario insertar una placa de acero al carbono 90 en el extremo de la palanquilla antes de engazarla. La placa 90 no se proporciona para cerrar la cubierta y, por lo tanto, no se suelda en su lugar. La placa 90 puede ayudar a evitar que los elementos E se aplasten por el tubo 12 durante el engarzado.

La Figura 15a muestra que el extremo 98 del núcleo C puede estar provisto de una porción hundida periférica 92 que acomoda el extremo 98 del cuerpo del cartucho 60b. Esto tendería a promover la soldadura del extremo del cartucho al extremo del núcleo cuando se comienza la laminación y, por lo tanto, ayudaría a evitar que el cartucho se separe del núcleo y la consiguiente falla posible de la cubierta en la unión entre el núcleo y el cartucho.

En cualquiera de los ejemplos anteriores, puede ser preferible omitir el uso de extremos de tubería de acero al carbono 12 soldados a la cubierta de SS. En cambio, los elementos E se insertan en los extremos de la cubierta SS, que se hace más larga para este propósito. Una palanquilla B17 que se hace de este modo se muestra en la Figura 17, la cubierta de SS J se extiende más allá de la placa 14d hasta el extremo 110 de la palanquilla. La Figura 18 muestra un extremo de una palanquilla B18 en la que se inserta un cartucho 60c en el extremo de una cubierta de SS J. Como en el caso de las palanquillas B15 y B16, el extremo de la cubierta puede engarzarse sobre el cartucho (como se muestra) o cerrarse mediante una placa.

En el caso de las palanquillas B17 y B18, se desperdiciarán proporciones relativamente grandes de las cubiertas de SS J como resultado del hecho de que los extremos se cortan después de laminar la palanquilla. El gasto de esto puede

reducirse mediante el suministro de una palanquilla B19 o B20 (que se muestra respectivamente en las Figuras 19, 20) en las cuales, en primer lugar, el extremo del núcleo C se localiza cerca del extremo de la cubierta J y se proporciona con una porción hundida periférica 92d, 92e, respectivamente, similar a la porción hundida 92. Una vez más, ningún tubo de acero al carbono se suelda al extremo de la cubierta de SS. En cambio, se proporcionan cartuchos 60d, 60e respectivamente. Estos son similares al cartucho 60b en que los cuerpos de ambos tienen extremos internos idénticos 94d, 94e, cada uno de los cuales se aloja en una porción hundida respectiva 92d, 92e y se suelda en ángulo a la cubierta J. Sin embargo, la mayor parte de cada cartucho 60d, 60e se localiza afuera, y se proyecta libre del extremo de la cubierta J. Cabe señalar que, en estos ejemplos, el extremo exterior de cada cartucho se cierra y la palanquilla está así cerrada a los gases del horno y a la atmósfera exterior.

En la palanquilla B19, el cuerpo del cartucho está formado por un tubo cilíndrico cuyo tamaño de sección transversal es sustancialmente igual al del núcleo C. El extremo del tubo se cierra por una placa 66d soldada en su lugar. En la palanquilla B20, el cuerpo del cartucho tiene forma de copa. El cuerpo puede formarse por embutición. Se evita así la provisión de una placa final soldada. En el caso de una cubierta que se compone de una tubería cuadrada, la parte del cartucho que sobresale de la cubierta y el núcleo debe ser más pequeña que la tubería cuadrada para permitir que el cartucho entre en las guías del laminador. Estas guías se habrán formado para guiar con precisión la entrada de la palanquilla (cuadrada) y permitirán que cualquier forma más pequeña entre a las guías y después entre a las bobinas.

Una ventaja de usar un cartucho del tipo que se muestra en las Figuras 19 y 20 es que una porción 80d, 80e del extremo interno del cartucho se proyecta dentro de la palanquilla y se intercala entre el extremo de la cubierta y el extremo del núcleo. Por lo tanto, la unión entre el cartucho y la palanquilla puede ser menos probable que se enfríe y se agriete durante el proceso de laminación. Además, este tipo de junta puede ser estructuralmente más fuerte ya que la soldadura a presión entre el cartucho, el núcleo y la cubierta de SS se produce durante el laminado, lo que sirve como un sistema de conexión de respaldo en caso de falla de la soldadura externa.

Una variación adicional de las palanquillas B 19, B20 se muestran en las Figuras 21a y 21b. En la Figura 21a, una porción 96 de la palanquilla que comprende los extremos del núcleo y la cubierta J y que típicamente puede tener 50 mm de largo, se estampa hacia abajo de modo que su tamaño transversal total sea menor o, como máximo, igual al tamaño de la sección transversal original del núcleo. Para este propósito, puede usarse una máquina de estampar que es del tipo comúnmente usado para estampar accesorios metálicos en los extremos de mangueras hidráulicas flexibles. Dichas máquinas tienen típicamente cuatro u ocho abrazaderas de cierre y apertura accionadas concéntricamente. Se proporciona un cartucho 60f cuyo extremo interno 80f se ajusta cómodamente sobre el exterior de la porción estampada hacia abajo 96 de la cubierta y el núcleo. El cartucho 60f, que puede tener las mismas dimensiones exteriores que la cubierta original y puede cerrarse mediante una placa soldada como en la Figura 19 o en forma de copa como en la Figura 20, se suelda en ángulo sobre la cubierta. Un cartucho de este diseño ayuda además a proteger la parte del extremo de la cubierta que se proyecta en el cartucho de una pérdida de calor excesiva durante el laminado.

En la Figura 21b, el cartucho 60g es de un tamaño de sección transversal mayor que el cartucho 60f, pero por lo demás es idéntico. El cartucho 60f tiene un faldón que se ajusta sobre la porción final de la palanquilla B21b, que no se estampa hacia abajo.

En todos los casos, el cartucho puede formarse de acero al carbono que es menos propenso a agrietarse que el SS si el cartucho se enfría excesivamente durante el laminado.

Los núcleos y las cubiertas de las palanquillas descritos hasta ahora y mostrados en los dibujos son típicamente, pero no esencialmente, de forma cuadrada en sección transversal. Esto se debe a que se cree que será más práctico formar un núcleo de forma cuadrada con el grado requerido de rectitud longitudinal y uniformidad de las dimensiones de la sección transversal. Claramente, sin embargo, pueden usarse palanquillas de otras formas de sección transversal (que incluyen formas redondas y rectangulares).

La Figura 22 muestra una palanquilla B22 que comprende un bloque hueco de acero 110 que comprende un paso redondo 111 en el que se inserta un tubo de SS 112. Los extremos 113 del tubo sobresalen del bloque. Una serie de elementos anulares E que se disponen de manera similar a cualquiera de los descritos hasta ahora, se montan sobre cada extremo 113 y se alojan en una carcasa de acero cerrada 114 que además es anular y se suelda a la cara final del bloque. Los elementos evitan la oxidación de la zona Z en la interfase entre el tubo y el bloque en el paso 111. La palanquilla B22 es adecuada para producir una tubería 115 de acero sin costura, revestida internamente con SS, que se muestra en la Figura 25 mediante una técnica conocida de perforación y laminación. El cuerpo de acero de la tubería y el revestimiento se muestran en 110' y 112' respectivamente.

La Figura 23 muestra una palanquilla B23 que es similar a B22, excepto que el bloque de acero 110a se aloja en un tubo de SS 112a. Nuevamente, B23 es adecuada para producir una tubería 115a de acero sin costura, revestida externamente con SS, que se muestra en la Figura 26. El cuerpo de acero de la tubería y el revestimiento se muestran a 110" y 112" respectivamente.

La Figura 24 muestra una palanquilla B24 que comprende un planchón rectangular de acero 116 en la cara superior 118 de la cual se aplica una placa de SS 119. La placa se preforma con cada uno de sus cuatro bordes plegados hacia abajo

a 90 ° de la cara 118 para formar pestañas, dos de las cuales se localizan en los extremos delantero y posterior de la palanquilla y se muestran en 120. Las dos pestañas restantes (que no son visibles en el dibujo) se sueldan a los bordes laterales de la placa. Después de colocar la placa 119 en esta posición, las pestañas visibles se pliegan nuevamente hacia adentro, como se muestra en 121, de modo que los bordes libres de estas pestañas se colocan respectivamente para soldar a la cara inferior 122 de la placa en los bordes delantero y posterior de esta. Las pestañas visibles 120 encierran series de elementos E que se disponen de manera similar a cualquiera de los que se han descrito hasta ahora. La palanquilla B24 debería ser adecuada para calentar y laminar en una placa de acero 123 que se muestra en la Figura 27 que tiene una cara revestida con SS. El cuerpo de acero de la placa y el revestimiento se muestran en 118' y 119' respectivamente.

La Figura 29 muestra un producto en forma de tubería cuadrada externamente revestida de acero inoxidable 120 que comprende un cuerpo de acero 122 que, en este caso, es tubular y está unido a un tubo de revestimiento de acero inoxidable 124. La tubería podría producirse a partir de una palanquilla que se ensambla en esencia de manera similar a la palanquilla B23, asignación debida que se hace de las diferencias en las dimensiones y la forma de todos los componentes.

La Figura 29 podría verse igualmente como una tubería interna revestida con SS 120 que comprende un cuerpo de acero 124 unido a un tubo de revestimiento interno 122. Esta tubería 120 podría producirse a partir de una palanquilla que se ensambla en esencia de manera similar a la palanquilla B22, asignación debida que se hace de las diferencias en las dimensiones y la forma de los componentes.

En una primera prueba, se prepararon cuatro palanquillas, cada una de las cuales comprende una barra de núcleo cuadrado de acero al carbono con dimensiones exteriores de 100 mm x 100 mm y 2 m de largo. Se proporcionaron dos placas de revestimiento para cada barra. Para dos de las palanquillas, las placas tenían un grosor de 6 mm de SS dúplex UNS S32101 y para las otras dos palanquillas, las placas eran de SS dúplex UNS S32304, además de 6 mm de grosor. Cada placa se preformó en forma de U con una base y dos pestañas verticales que cubrían estrechamente la mitad de la barra. Las placas se aplicaron a lados opuestos de la barra para que hubiera espacios de soldadura entre los bordes contiguos de las placas que se extendían a lo largo de las líneas centrales de las caras opuestas de la barra. Las placas se soldaron juntas a lo largo de los bordes contiguos sin que las soldaduras penetraran en la barra del núcleo para formar una carcasa de SS alrededor de la barra.

Se prepararon cartuchos de 170 mm de largo. Estos contenían tres elementos compuestos, respectivamente, de masas compactadas de espirales de Ti, espirales de Al y espirales de acero al carbono, cada una de aproximadamente 35 mm de largo. Los tres elementos se presionaron en una carcasa de acero al carbono fabricada a partir de una placa de acero al carbono de 8 mm de grosor como se ejemplifica en la palanquilla B19. Uno de estos cartuchos se soldó a las placas de revestimiento en cada extremo de la palanquilla, nuevamente como se ejemplifica en la palanquilla B19. Cada palanquilla se cerró así a la atmósfera.

Los extremos de cada palanquilla se precalentaron a alrededor de 800 °C, lo que dejó la parte central de la palanquilla a temperatura ambiente. Después de esto, las palanquillas completas se calentaron en un horno de laminación a 1200 °C.

Las palanquillas se laminaron después a través de las primeras seis pasadas de desbaste de un laminador convencional en una configuración de pasada de cilindro cuadrado en diamante. En este procedimiento, las palanquillas se redujeron de tamaño a 70 mm X 70 mm y el producto parcialmente laminado se seccionó y se examinó. En todas las palanquillas, no había signos de oxidación significativa en la carcasa de SS en la interfase con la barra del núcleo a una distancia de más de 50 mm de los extremos de la palanquilla. Además, parecía haber una unión completa entre la barra del núcleo y la carcasa en la interfase. No se observó afinación que hubiera resultado de la desunión de la carcasa de SS de la barra del núcleo en los espacios libres del cilindro. En la producción comercial, los extremos de las palanquillas que contienen los restos de las piezas finales se recortarán tan pronto como la experiencia sepa que se ha completado la unión. Por lo tanto, en el presente caso, se concluyó que, en la práctica, los extremos podrían cortarse de manera segura después de la sexta pasada.

En otro ensayo, se desincrustaron dos barras de núcleo de acero al carbono producidas comercialmente de 84 mm x 84 mm de tamaño y 2 m de largo. Las barras se insertaron en tubos cuadrados, producidos además comercialmente, de SS grado ASTM A 304 100 mm x 100 mm en tamaño exterior y grosor de pared de 6 mm. Inicialmente, había un espacio libre nominal de 4 mm entre la barra del núcleo y el tubo. Después de la inserción de las barras, los tubos se estiraron más allá del límite elástico del SS para resultar en un alargamiento del tubo de 12%. En este procedimiento, el tubo se encogió fuertemente sobre la barra del núcleo hasta el punto de que las esquinas redondeadas del tubo se distorsionaron para adaptarse a los diferentes radios de curvatura de la barra del núcleo. El tubo se hizo más largo que la barra del núcleo y se encogió a un tamaño de 91 mm x 91 mm en sus extremos salientes, donde no se fijaron mediante la barra del núcleo.

Después del procedimiento de estiramiento, se soldaron piezas tubulares de acero al carbono de 70 mm de largo a los extremos de la carcasa de SS con el uso del mismo alambre de soldadura Inertfil 309 (TM). Se presionó un elemento individual de 35 mm de largo y compuesto por una masa compacta de espirales de Ti en cada pieza final antes de insertar una placa de cierre en la pieza final y soldar a la misma como se ejemplifica en la palanquilla B1.

Las palanquillas se laminaron con el uso del mismo procedimiento que para las primeras cuatro palanquillas con los mismos resultados.

5 En conclusión, los procesos de la presente invención permiten la producción de productos que tienen un revestimiento de SS ferrítico, dúplex o austenítico o una aleación de níquel-cromo, de níquel-cobre o de cobre-níquel. Estos nuevos productos pueden hacerse compatibles con los laminadores modernos, que incluye los que emplean calentamiento por inducción. La nueva tecnología de revestimiento debería reducir los costos de capital, que incluye el costo de la planta especializada que se requiere para fabricar y laminar las palanquillas. En general, debería ser más fácil que el nuevo proceso se adopte internacionalmente.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una palanquilla (B1-B23) que comprende un cuerpo (C, 110, 110a, 122, 62) de acero, un miembro de revestimiento (J) que está compuesto por una aleación seleccionada del grupo que comprende aleaciones de acero inoxidable, de níquel-cromo, de níquel-cobre y de cobre-níquel y que se coloca de modo que haya una interfase (Z) entre el cuerpo y el miembro de revestimiento en el que el miembro de revestimiento y el cuerpo se unen cuando la palanquilla se calienta y se opera para formar un producto ferroso (F, R, 120, 123), y medios preventivos dispuestos para excluir de la interfase gases que son capaces de causar la oxidación de cromo, níquel o de cobre en el elemento de revestimiento en la interfase, el elemento de revestimiento forma al menos parte de una carcasa cerrada en la que se localizan el cuerpo y la masa de metales depuradores y que evita que los gases fuera de la palanquilla penetren en la interfase, el cuerpo (C, 110, 110a, 122, 62) es de acero sólido y los medios preventivos incluyen un masa (Ea, Et, Em) de metales depuradores que puede calentarse a la temperatura a la que se activa para depurar los gases oxidantes en la interfase antes de que la aleación de la que se compone el miembro de revestimiento alcance una temperatura a la que pueden formarse óxidos de cromo, níquel o de cobre en la interfase, caracterizada porque la masa del metales depuradores se localiza en una posición separada de la interfase.
- 20 2. Una palanquilla de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el metal depurador se selecciona del grupo que comprende aluminio, titanio, magnesio y una aleación de magnesio y aluminio.
- 25 3. Una palanquilla de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque, el metal depurador está compuesto de aluminio, magnesio o una aleación de estos que se funde antes de que la palanquilla alcance la temperatura a la que se opera, y se proporciona un elemento que comprende una masa (Es) de acero finamente dividido localizada en la carcasa entre el cuerpo y la masa de metales depuradores.
- 30 4. Una palanquilla de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque, la masa de metales depuradores comprende una primera porción compuesta de aluminio, magnesio o una aleación de estos y una segunda porción compuesta de titanio.
- 35 5. Una palanquilla de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque, la carcasa está compuesta de una primera parte en la que se localiza el cuerpo, y una segunda parte (60) en la que se inserta la masa de metales depuradores antes de que las dos porciones se unan.
- 40 6. Una palanquilla de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque, la aleación de la que se compone el miembro de revestimiento es acero inoxidable.
- 45 7. Un método para producir un producto ferroso, que incluye las etapas de proporcionar una palanquilla de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 6, y calentar la palanquilla de manera que el metal depurador se caliente a una temperatura a la que se activa para depurar gases oxidantes en la interfase antes de que la aleación de la que se compone el miembro de revestimiento alcance una temperatura en la interfase en la que pueden formarse óxidos de cromo, de níquel o de cobre, y operar la palanquilla de modo que el miembro de revestimiento y el cuerpo estén unidos en la interfase.
- 50 8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el metal depurador se selecciona del grupo que comprende aluminio, titanio, magnesio y una aleación de magnesio y aluminio.
9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado porque, la masa de metales depuradores comprende una primera porción compuesta de aluminio, magnesio o una aleación de estos y una segunda porción compuesta de titanio.
10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado porque, la aleación de la que se compone el miembro de revestimiento es acero inoxidable.

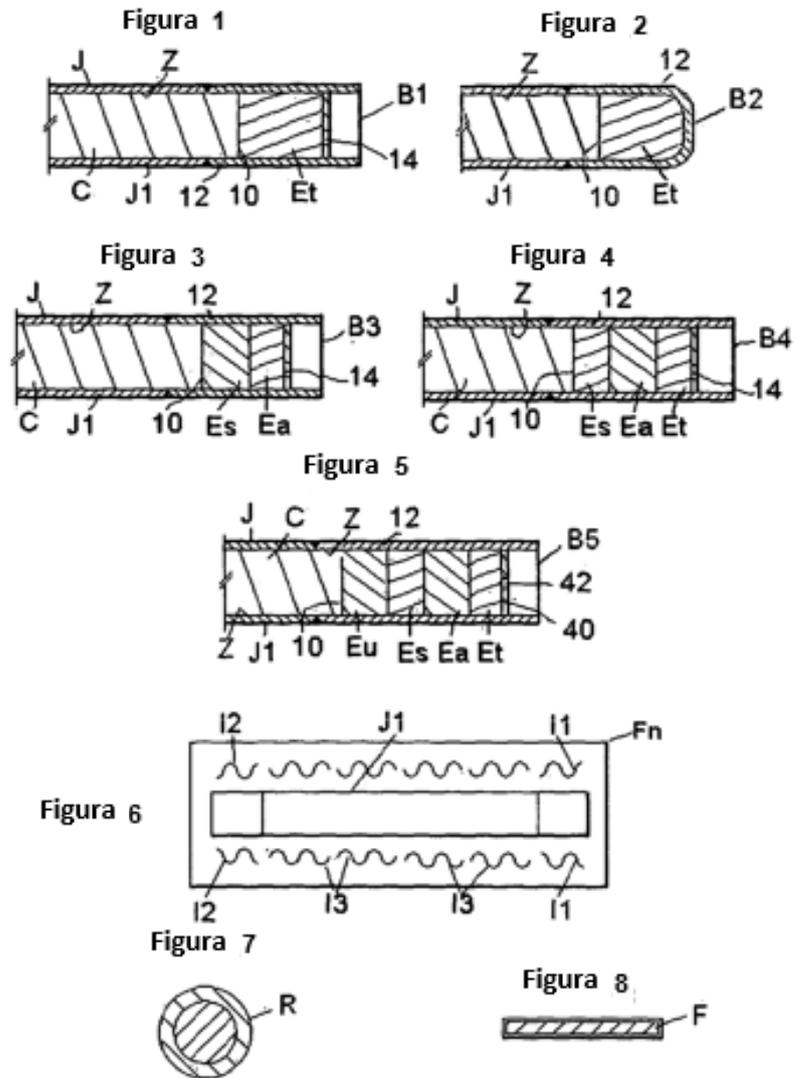




Figura 10

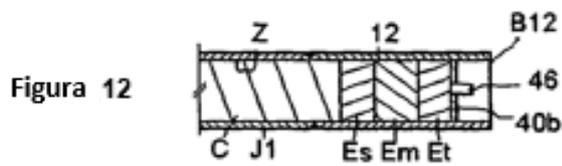
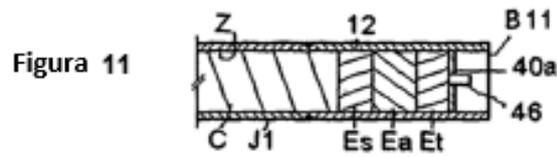
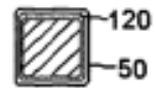


Figura 13

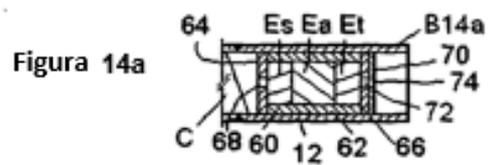
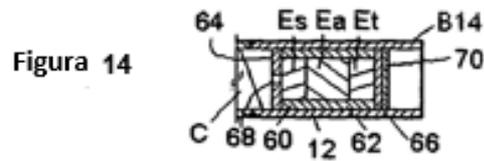
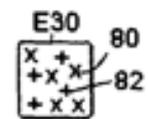


Figura 15

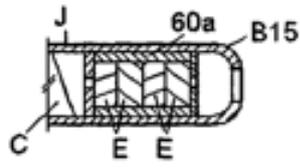


Figura 16

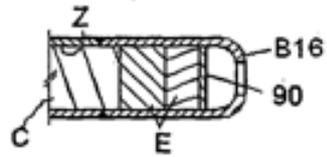


Figura 18

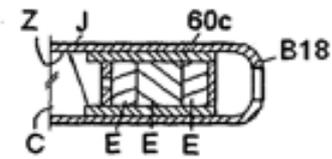


Figura 20

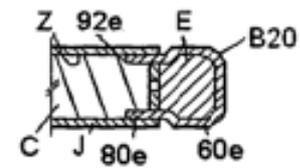


Figura 21a

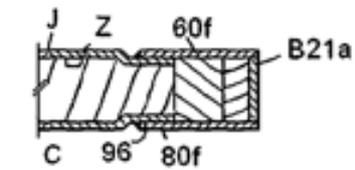


Figura 15a

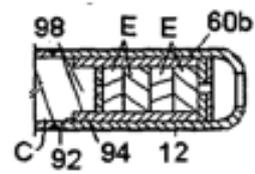


Figura 17

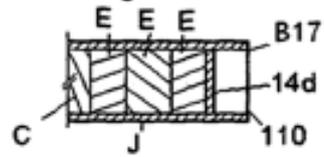


Figura 19

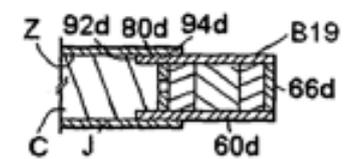


Figura 21b

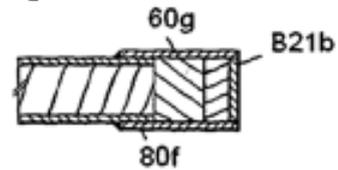


Figura 22

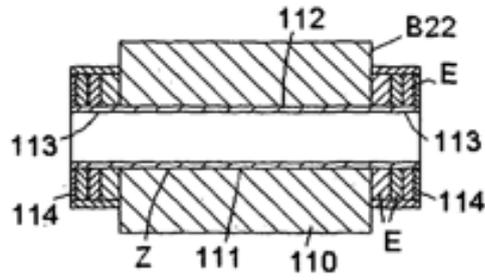


Figura 25

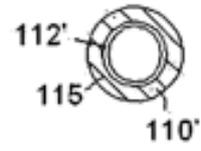


Figura 23

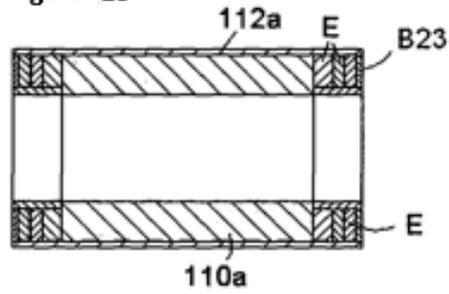


Figura 26

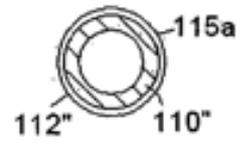


Figura 24

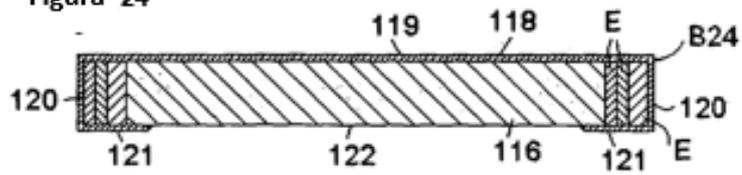


Figura 27

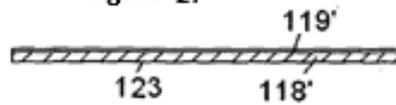


Figura 28

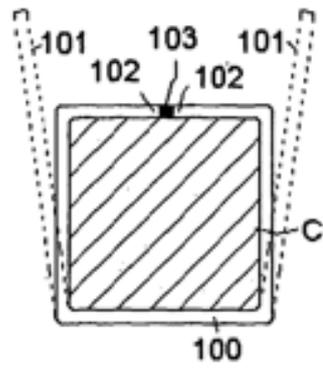


Figura 29

