

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 697**

51 Int. Cl.:

B23K 9/04 (2006.01)

C22F 1/16 (2006.01)

C22F 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.01.2011 PCT/US2011/022213**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2011 WO11097085**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2011 E 11703525 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2531319**

54 Título: **Sistemas y métodos para el procesamiento de lingotes de aleación**

30 Prioridad:

05.02.2010 US 700963

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

12.02.2019

73 Titular/es:

**ATI PROPERTIES LLC (100.0%)
1600 N.E. Old Salem Road
Albany OR 97321 , US**

72 Inventor/es:

**DE SOUZA, URBAN J.;
FORBES JONES, ROBIN M.;
KENNEDY, RICHARD L. y
O'BRIEN, CHRISTOPHER M.**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 699 697 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

Sistemas y métodos para el procesamiento de lingotes de aleación

5 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere a sistemas y métodos para el procesamiento de lingotes de aleación. La presente divulgación también se refiere a procesos en lingotes de aleación de trabajo caliente.

10 **Antecedentes**

Los productos de aleación de metal se pueden preparar, por ejemplo, utilizando operaciones metalúrgicas de lingotes u operaciones metalúrgicas de polvos. Las operaciones metalúrgicas de lingotes pueden implicar la fusión de una materia prima de aleación y la colada del material fundido en un lingote. Un ejemplo no limitante de una operación metalúrgica de lingote es una técnica de "triple fusión", que incluye tres operaciones de fusión: (1) la inducción de vacío de fusión (VIM) para preparar una composición de la aleación deseada a partir de un materia prima; (2) refinado de electroescoria (ESR), que puede reducir los niveles de, por ejemplo, inclusiones que contienen oxígeno; y (3) refusión por arco de vacío (VAR), que puede reducir la segregación de la composición que puede ocurrir durante la solidificación después de ESR. Un lingote se puede formar durante la solidificación después de una operación de VAR.

Las operaciones metalúrgicas de polvos pueden implicar la atomización de la aleación fundida y la recolección y consolidación de polvos metalúrgicos solidificados en un lingote. Un ejemplo no limitante de una operación metalúrgica de polvo incluye las etapas de: (1) VIM para preparar una composición de la aleación deseada a partir de una materia prima; (2) la atomización de la aleación fundida en gotas de aleación fundidas que se solidifican en polvo de aleación; (3) opcionalmente, tamizado para reducir inclusiones; (4) el envasado en botes y la desgasificación; y (5) el prensado para consolidar el polvo de aleación en un lingote de aleación.

Los lingotes de aleación formados a partir de las operaciones metalúrgicas de lingotes y operaciones metalúrgicas de polvos se pueden trabajar en caliente para producir otros productos de aleación. Por ejemplo, después de la solidificación o consolidación para formar un lingote de aleación, el lingote puede someterse a la forja y/o extrusión para formar un lingote u otro artículo de aleación de lingote.

La Patente de Estados Unidos con Publicación nº. 2006/075624 divulga un método de fabricación de un componente de gran tamaño como una turbina de gas o el disco compresor a partir de materiales propensos a la segregación tales como la aleación 706 o la aleación 718 cuando el tamaño del lingote requerido es superior a el tamaño que se puede formar de forma predecible sin segregaciones utilizando procesos de triple fusión conocidos. Un lingote de núcleo interior sonoro se forma con un primer diámetro (D1), tal como mediante el uso de un proceso de triple fusión. El material es aquél que añadido a la superficie exterior del lingote de núcleo aumenta su tamaño a una dimensión (D2) requerida para la operación de forja. Un proceso de deposición metalúrgico o pulverización de polvos se puede utilizar para aplicar el material añadido. El material añadido puede tener propiedades que son diferentes a las del lingote de núcleo y puede ser de composición graduada a través de su profundidad. Este proceso supera las limitaciones de tamaño del lingote para materiales propensos a la segregación.

La Patente número GB 2262540A divulga un proceso para mejorar la trabajabilidad en caliente de una aleación de titanio sensible a grietas que comprende revestir con calor antes del trabajo en caliente la aleación con una capa de titanio o una aleación de titanio que es más fácilmente trabajable en caliente que la capa de base. Esta combinación permite que la aleación de base sensible a grietas se lamine con un mínimo de grietas en la superficie y en el borde. Mediante el uso de un revestimiento de titanio pulverizado con plasma hay una reducción de la fuerza de laminación necesaria para reducir el material durante el proceso de trabajo en caliente. La capa de titanio puede tener al menos 0,25 mm de espesor. El trabajo en caliente puede efectuarse con matrices o rodillos a una temperatura de 815,6 °C – 1.371,1 °C. La aleación de titanio o titanio se puede retirar después del trabajo en caliente de la aleación de base.

55 **Sumario**

La invención proporciona un método de procesamiento de lingotes de acuerdo con la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas. La invención proporciona además un proceso para trabajar en caliente un lingote de aleación de acuerdo con la reivindicación 12 de las reivindicaciones adjuntas y un sistema de procesamiento de lingotes de acuerdo con la reivindicación 20 de las reivindicaciones adjuntas.

Las realizaciones se refieren en la presente memoria se refieren a un método de procesamiento de lingotes. Un método de procesamiento de lingotes comprende depositar una capa de material metálico sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación. La capa de material metálico reduce una incidencia de grietas en la superficie del lingote de aleación durante el trabajo en caliente.

Otras realizaciones se refieren en la presente memoria están dirigidos a un proceso de trabajo en caliente. El proceso de trabajo en caliente comprende aplicar una fuerza a un lingote de aleación para deformar el lingote de aleación. El lingote de aleación incluye una capa de material metálico depositada sobre al menos una región de una superficie del lingote de aleación y la fuerza se aplica sobre la capa de material metálico.

5 Otras realizaciones divulgadas en la presente se refieren a sistemas de procesamiento de lingotes. Un sistema de procesamiento de lingotes comprende un aparato de posicionamiento de lingotes configurado para hacer girar un lingote alrededor de un eje largo del lingote. El sistema de procesamiento de lingotes comprende también un aparato de soldadura. El aparato de soldadura se configura para depositar una capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una superficie de un lingote.

Se entiende que la invención divulgada y descrita en la presente memoria no se limita a las realizaciones divulgadas en este Sumario.

15 **Breve descripción de los dibujos**

Diversas características de las realizaciones no limitantes divulgadas y descritas en la presente memoria pueden entenderse mejor haciendo referencia a las Figuras adjuntas, en las que:

20 la Figura 1A es una vista lateral de un lingote que tiene una capa de material metálico depositada sobre las superficies de los extremos del lingote, y la Figura 1B es una vista en perspectiva del lingote que se muestra en la Figura 1A;

25 la Figura 2 es una vista en perspectiva de un lingote que tiene una capa de material metálico depositada sobre una superficie circunferencial del lingote;

la Figura 3A es una vista lateral de un lingote que tiene una capa de material metálico depositada sobre las superficies de extremo y una superficie circunferencial del lingote, y la Figura 3B es una vista en perspectiva del lingote que se muestra en la Figura 3A;

30 las Figuras 4A-4D son vistas en perspectiva que ilustran un método de deposición de material metálico como depósitos de soldadura sobre una superficie circunferencial de un lingote;

35 las Figuras 5A-5D son vistas en perspectiva que ilustran otro método de deposición de material metálico como depósitos de soldadura sobre una superficie circunferencial de un lingote;

40 la Figura 6A es una vista en perspectiva que ilustra otra realización de un método de deposición de material metálico como un depósito de soldadura sobre una superficie circunferencial de un lingote, y la Figura 6B es una vista en perspectiva del lingote que se muestra en la Figura 6A y que tiene una capa de material metálico depositada como un depósito de soldadura en toda la superficie circunferencial del lingote;

45 la Figura 7A es una vista lateral en sección transversal de un lingote en una operación de forja por recalado, la Figura 7B es una vista en sección transversal ampliada lateral parcial del lingote que se muestra en la Figura 7A después de la forja por recalado, la Figura 7C es una vista lateral en sección transversal de un lingote en una operación de forja por recalado y tiene una capa de material metálico depositada sobre las superficies de los extremos del lingote, y la Figura 7D es una vista en sección transversal ampliada lateral parcial del lingote que se muestra en la Figura 7C después de la forja por recalado;

50 la Figura 8A es una vista lateral en sección transversal de un lingote en una operación de forja por trefilado, la Figura 8B es una vista en sección transversal ampliada lateral parcial del lingote que se muestra en la Figura 8A después de la forja por trefilado, la Figura 8C es una vista lateral en sección transversal de un lingote en una operación de forja por trefilado y que tiene una capa de material metálico depositada sobre la superficie circunferencial del lingote, y la Figura 8D es una vista en sección transversal ampliada lateral parcial del lingote se muestra en la Figura 8C después de la forja por trefilado;

55 la Figura 9 es una fotografía de dos cubos de aleación de 7,62 cm (3 pulgadas), cada uno tiene una capa de material metálico depositada por una operación de soldadura en la superficie superior del cubo (como se orienta en la fotografía);

60 las Figuras 10A y 10B son fotografías de las dos superficies en contacto con la matriz de una torta de 2,54 cm (1 pulgada) se ha forjado por prensado a partir de un cubo de aleación de 7,62 cm (3 pulgadas) que tiene una capa de material metálico depositada por una operación de soldadura sobre una superficie de matriz de contacto del cubo de aleación; y

65 la Figura 11 es una fotografía de una torta seccionada de 2,54 cm (1 pulgada) que se ha forjado por prensado a partir de un cubo de aleación de 7,62 cm (3 pulgadas) que tiene una capa de material metálico depositada por

una operación de soldadura sobre una superficie de matriz de contacto del cubo de aleación (la superficie superior estando orientada como en la fotografía), y la Figura 11A es una micrografía tomada a lo largo de la sección transversal de la superficie soldada como se indica en la Figura 11.

- 5 El lector apreciará los detalles que anteceden, así como otros, al considerar la siguiente descripción detallada de diversas realizaciones no limitantes de acuerdo con la presente divulgación. La lectura puede comprender también detalles adicionales tras la aplicación o el uso de las realizaciones divulgadas en la presente memoria.

Descripción detallada de las realizaciones no limitantes

10 Se debe entender que diversas descripciones de las realizaciones divulgadas se han simplificado para ilustrar únicamente aquellos elementos, aspectos, características, y similares que son relevantes para una clara comprensión de las realizaciones divulgadas, al tiempo que elimina, con fines de claridad, otros elementos, aspectos, características, y similares. Las personas con experiencia ordinaria en la materia, tras considerar la presente divulgación de las realizaciones divulgadas, reconocerán que otros elementos, aspectos, características, y similares pueden ser deseables en una implementación o aplicación particular de las realizaciones divulgadas. Sin embargo, debido a que tales otros elementos, aspectos, características, y similares pueden determinarse fácilmente y ejecutarse por personas con experiencia ordinaria en la materia tras considerar la presente divulgación de las realizaciones divulgadas, y no son, por tanto, necesarios para una comprensión completa de las realizaciones divulgadas, una descripción de tales elementos, aspectos, características, y similares no se proporciona en la presente memoria. Como tal, se debe entender que la descripción expuesta en la presente memoria es meramente a modo de ejemplo e ilustrativa de las realizaciones divulgadas y no se pretende limitar el alcance de la invención tal como se define únicamente por las reivindicaciones.

25 En la presente divulgación, excepto donde se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades o características se han de entender como siendo precedidos y modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". En consecuencia, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos expuestos en la siguiente descripción pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas que se busca obtener en las realizaciones de acuerdo con la presente divulgación. Al menos, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico descrito en la presente divulgación debe al menos interpretarse en vista del número de dígitos significativos y aplicando técnicas de redondeo ordinarias.

35 También, cualquier intervalo numérico indicado en la presente memoria pretende incluir todos los subintervalos incluidos en el mismo. Por ejemplo, un intervalo de "1 a 10" pretende incluir todos los subintervalos entre (e incluyendo) el valor mínimo mencionado de 1 y el valor máximo mencionado de 10, es decir, que tiene un valor mínimo igual o superior a 1 y un valor máximo de igual o inferior a 10. Cualquier limitación numérica máxima mencionada en la presente memoria pretende incluir todas las limitaciones numéricas inferiores incluidas en la misma y cualquier limitación numérica mínima mencionada en la presente memoria pretende incluir todas las limitaciones numéricas superiores incluidas en la misma.

40 Los artículos gramaticales "uno", "una", "el", y "la", como se utiliza en la presente memoria, pretenden incluir "al menos uno" o "uno o más", a menos que se indique lo contrario. Por lo tanto, los artículos se utilizan en la presente memoria para referirse a uno o más de uno (es decir, a al menos uno) de los objetos gramaticales del artículo. A modo de ejemplo, "un componente" significa uno o más componentes, y por lo tanto, posiblemente, más de un componente se contempla y se puede emplear o utilizar en una aplicación de las realizaciones divulgadas.

50 La presente divulgación incluye descripciones de diversas realizaciones. Se debe entender que todas las realizaciones divulgadas en la presente memoria son a modo de ejemplo, ilustrativas, y no limitativas. Por lo tanto, la invención no se limita por la descripción de las diversas realizaciones a modo de ejemplo, ilustrativas, y no limitativas.

55 Las diversas realizaciones divulgadas y descritas en la presente memoria pueden comprender, consistir en, o consistir esencialmente en, elementos, aspectos, características, y similares, como se ha descrito diversamente en la presente memoria. Las diversas realizaciones divulgadas y descritas en la presente memoria pueden comprender también elementos, aspectos, características adicionales u opcionales, y similares, que son conocidos en la técnica o que de otra manera se incluirán en las diversas realizaciones tal como se aplica en la práctica.

60 Diversas aleaciones pueden caracterizarse como sensibles a grietas. Las Aleaciones sensibles a grietas tienden a formar grietas durante las operaciones de trabajo. Los Lingotes de aleación sensibles a grietas pueden, por ejemplo, formar grietas durante las operaciones de trabajo en caliente utilizadas para producir artículos de aleación a partir de lingotes de aleación sensibles a grietas. Por ejemplo, palanquillas de aleación se pueden formar a partir de lingotes de aleación utilizando conversión de forja. Otros artículos de aleación se pueden formar a partir de palanquillas de aleación o lingotes de aleación utilizando la extrusión u otras operaciones de trabajo. El rendimiento de producción de artículos de aleación (por ejemplo, palanquillas de aleación) formados a partir de lingotes de aleación sensibles a grietas utilizando operaciones de trabajo en caliente puede disminuir debido a la incidencia de grietas en la

superficie de los lingotes de aleación durante el trabajo en caliente (por ejemplo, durante la forja o extrusión). Tal como se utiliza aquí, la expresión "trabajo en caliente" se refiere a la aplicación de fuerza a una pieza de trabajo a una temperatura superior a la temperatura ambiente, en la que la fuerza aplicada deforma la pieza de trabajo.

5 Durante las operaciones de trabajo en caliente, tales como, por ejemplo, forja o extrusión, la temperatura de un lingote de aleación que se somete a la operación de trabajo puede ser superior a la temperatura de las matrices utilizadas para aplicar mecánicamente la fuerza a las superficies de lingote. El desfase de gradiente térmico resultante entre las superficies de lingote y las matrices de contacto puede contribuir al agrietamiento superficial de lingote durante el trabajo en caliente, en particular, en lingotes formados a partir de aleaciones sensibles a grietas, 10 tales como, por ejemplo, aleaciones y superaleaciones a base de níquel, a base de hierro, a base de níquel-hierro, y a base de cobalto.

Las realizaciones divulgadas en la presente memoria se refieren a métodos de procesamiento de lingotes y procesos de trabajo en caliente que se caracterizan por una reducción en la incidencia de grietas en la superficie de un lingote de aleación durante una operación de trabajo en caliente. En diversas realizaciones, los métodos y/o procesos descritos comprenden la deposición de una capa de material metálico sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación. El lingote de aleación puede ser trabajado en caliente mediante la aplicación de una fuerza al lingote de aleación en la región de la superficie que tiene la capa de material metálico depositada. La fuerza aplicada puede deformar el lingote de aleación. 15

En diversas realizaciones, el lingote de aleación puede comprender una aleación sensible a grietas. Por ejemplo, varias aleaciones y superaleaciones a base de níquel, a base de hierro, a base de níquel-hierro, y base de cobalto pueden ser sensibles a agrietas, especialmente durante las operaciones de trabajo en caliente. Un lingote de aleación puede formarse a partir de tales aleaciones y superaleaciones sensibles a grietas. Un lingote de aleación sensible a grietas puede formarse a partir de aleaciones o superaleaciones incluyendo, pero sin limitarse a, la aleación 718, aleación 720, aleación Rene 41™, aleación Rene 88™, aleación Waspaloy®, y Inconel® 100. Los métodos, procesos, y sistemas descritos en la presente memoria son generalmente aplicables a cualquier aleación caracterizada por una ductilidad relativamente baja a temperaturas de trabajo en caliente. Tal como se utiliza aquí, el término "aleación" incluye aleaciones y superaleaciones convencionales, en las que las superaleaciones exhiben una estabilidad superficial relativamente buena, resistencia a la corrosión y a la oxidación, alta resistencia y alta resistencia a la fluencia a altas temperaturas. 20

Un lingote de aleación se puede formar utilizando una operación metalúrgica de lingotes o una operación metalúrgica de polvos. Por ejemplo, en diversas realizaciones, un lingote de aleación se puede formar por VIM seguido de VAR (una operación de VIM-VAR). En diversas realizaciones, un lingote de aleación se puede formar por triple fusión en la que una operación de ESR se realiza en medio de una operación de VIM y una operación de VAR (una operación de VIM-ESR-VAR). En otras realizaciones, un lingote de aleación se puede formar utilizando una operación metalúrgica de polvos que implica la atomización de la aleación fundida y la recolección y consolidación de polvos metalúrgicos resultantes en un lingote. 25

En diversas realizaciones, un lingote de aleación se puede formar utilizando una operación de formación por pulverización. Por ejemplo, VIM se puede utilizar para preparar una composición de aleación basándose en una materia prima. Una operación de ESR se puede utilizar opcionalmente después de VIM. La aleación fundida se puede extraer de un baño de fusión de VIM o ESR y atomizarse para formar gotitas fundidas. La aleación fundida se puede extraer de un baño de fusión utilizando una guía de inducción pared fría (CIG), por ejemplo. Las gotitas de aleación fundida se pueden depositar utilizando una operación de formación por pulverización para formar un lingote solidificado. 30

Después de la formación inicial del lingote, pero antes de la deposición de una capa de material metálico en un lingote y el trabajo en caliente posterior del lingote, un lingote de aleación se puede tratar con calor y/o acondicionarse superficialmente. Por ejemplo, en diversas realizaciones, un lingote de aleación puede exponerse a altas temperaturas para homogeneizar la composición de la aleación y la microestructura del lingote. Las altas temperaturas pueden estar por encima de la temperatura de recristalización de la aleación, pero por debajo de la temperatura del punto de fusión de la aleación. 35

Un lingote de aleación se puede acondicionar superficialmente, por ejemplo, por rectificado o descortezamiento de la superficie del lingote. Un lingote de aleación puede también lijarse y/o pulirse. Las operaciones de acondicionamiento superficial se pueden realizar antes y/o después de cualquier etapa de tratamiento térmico opcional, tal como, por ejemplo, homogeneización a altas temperaturas. 40

En diversas realizaciones, una capa de material metálico se puede depositar y unirse metalúrgicamente a al menos una región de una superficie de un lingote de aleación. Por ejemplo, una capa de material metálico se puede depositar como un depósito de soldadura sobre una superficie de un lingote. Un depósito de soldadura se puede unir metalúrgicamente a al menos una región de una superficie de un lingote de aleación utilizando operaciones de soldadura, incluyendo, pero sin limitarse, soldadura por gas inerte de metal (MIG), soldadura por gas inerte de tungsteno (TIG), soldadura por plasma, soldadura por arco sumergido, y la soldadura por haz de electrones. 45

5 La capa de material metálico comprende un material metálico que es más dúctil y/o maleable que la aleación del lingote subyacente a la temperatura de trabajo particular a utilizar. La capa de material metálico puede comprender un material metálico que presenta una mayor tenacidad y/o menor dureza que la aleación de lingote subyacente a la temperatura de trabajo particular a utilizar. En diversas realizaciones, la capa de material metálico aísla la superficie del lingote subyacente de las superficies de matrices de contacto, evitando de este modo que la superficie del lingote subyacente se enfríe a una temperatura de fragilidad a la que la superficie puede agrietarse más fácilmente durante el trabajo en caliente.

10 La capa de material metálico puede comprender un material metálico que es resistente a la oxidación. En diversas realizaciones, la capa de material metálico no se oxida durante el trabajo en caliente o de otro modo. La capa de material metálico puede comprender un material metálico que presenta una rigidez relativamente alta (por ejemplo, un módulo de elasticidad relativamente bajo). En diversas realizaciones, la capa de material metálico no se disipa sustancialmente durante el trabajo en caliente (por ejemplo, cuando la aplicación de la fuerza por una o más matrices haría que un material metálico de rigidez relativamente baja se disperse en la superficie del lingote subyacente).

20 En diversas realizaciones, el material metálico y la aleación que forma el lingote subyacente pueden comprender el mismo metal base. Por ejemplo, si el lingote de aleación comprende una aleación o superaleación a base de níquel (por ejemplo, aleación 720, aleación Rene 88™, o aleación Waspaloy®), entonces el material metálico de la capa depositada puede comprender también una aleación a base de níquel, tal como, por ejemplo, una aleación de soldadura a base de níquel (por ejemplo, aleación Techalloy 606™ (disponible por Techalloy Company/Central Wire)).

25 La capa de material metálico se puede depositar a un espesor suficiente para aislar la superficie del lingote subyacente de las superficies de matrices de contacto, evitando de este modo que la superficie del lingote subyacente se enfríe a una temperatura a la que la superficie subyacente puede agrietarse más fácilmente durante el trabajo en caliente. De esta manera, mayores temperaturas de trabajo en caliente se pueden correlacionar generalmente con mayores espesores de capa de material metálico. En diversas realizaciones, la capa de material metálico se puede depositar a un espesor de 0,635 cm a 1,27 cm (0,25 pulgadas a 0,5 pulgadas) sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación.

35 El intervalo de temperatura en el que las aleaciones se pueden eficazmente en caliente se basa en la temperatura a la que las grietas comienzan en la aleación. A una temperatura de partida dada para una operación de trabajo en caliente, algunas aleaciones se pueden trabajar eficazmente en caliente en un intervalo de temperatura superior a otras aleaciones debido a diferencias en la temperatura a la que las grietas comienzan en la aleación. Para las aleaciones que tiene un intervalo de temperaturas de trabajo en caliente relativamente bajo (es decir, la diferencia entre la temperatura de partida y la temperatura a la que las comienzan las grietas), el espesor de la capa de material metálico puede tener que ser relativamente mayor para evitar que el lingote subyacente se enfríe hasta un intervalo de temperatura de fragilidad en el que comienzan las grietas. Del mismo modo, para las aleaciones que tienen un intervalo de temperaturas de trabajo en caliente relativamente grande, el espesor de la capa de material metálico puede ser relativamente más pequeño y aun así evitar que el lingote subyacente se enfríe a un intervalo de temperatura de fragilidad en el que comienzan las grietas.

45 En diversas realizaciones, la capa de material metálico se deposita sobre al menos un extremo de un lingote de aleación. Las Figuras 1A y 1B ilustran un lingote de aleación alargado 10 que tiene extremos opuestos 13a y 13b. Las capas de material metálico 15a y 15b se depositan sobre los extremos 13a y 13b del lingote de aleación 10. Aunque las Figuras 1A y 1B muestran capas de material metálico en ambos extremos 13a y 13b del lingote 10, en diversas realizaciones, una capa de material metálico se puede depositar sobre un solo extremo de un lingote de aleación alargado y el otro extremo opuesto puede no tener una capa de material metálico depositada. Aunque las Figuras 1A y 1B muestran capas de material metálico que cubren completamente los extremos del lingote 10, en diversas realizaciones una capa de material metálico se puede depositar sobre solo una porción o región de una o ambas de las superficies extremas opuestas de un lingote de aleación alargado. En diversas realizaciones, el material metálico puede ser más dúctil que la aleación del lingote.

55 La capa de material metálico se deposita sobre al menos una región de una superficie circunferencial de un lingote de aleación cilíndrico. La Figura 2 ilustra un lingote de aleación 20 que tiene extremos opuestos 23a y 23b y una superficie circunferencial 27 (indicada por líneas discontinuas). Una capa de material metálico 25 se deposita sobre la superficie circunferencial 27 del lingote de aleación 20. Aunque la Figura 2 muestra la capa de material metálico que cubre completamente la superficie circunferencial 27, en diversas realizaciones una capa de material metálico se puede depositar sobre solo una porción o región de una superficie circunferencial de un lingote de aleación cilíndrico.

65 Las Figuras 3A y 3B ilustran un lingote de aleación 30 que tiene extremos opuestos 33a y 33b y una superficie circunferencial 37 (indicada por líneas discontinuas). La capa de material metálico 35 se deposita sobre la superficie circunferencial 37 y los extremos 33a y 33b del lingote de aleación 30. De esta manera, el lingote de aleación 30

está completamente cubierto con una capa de material metálico depositada 35. Se muestran las superficies del lingote subyacente como líneas discontinuas en las Figuras 3A y 3B. Aunque las Figuras 3A y 3B muestran las capas de material metálico que cubren completamente los extremos y la superficie circunferencial del lingote 30, en diversas realizaciones, una capa de material metálico se puede depositar también sobre solo porciones o regiones de una o ambas de las superficies de extremo opuestas y/o la superficie circunferencial de un lingote de aleación cilíndrico alargado.

En diversas realizaciones, una capa de material metálico se puede depositar como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación mediante el giro del lingote alrededor de un eje largo del lingote y depositar el material metálico como un depósito de soldadura en una primera región de una superficie circunferencial del lingote giratorio. La capa de material metálico se puede depositar utilizando Al menos un soplete de soldadura estacionario. El soplete de soldadura puede depositar el material metálico sobre la superficie del lingote a medida que el lingote gira y la superficie pasa por debajo del soplete. De esta manera, una capa de material metálico en forma de anillo se puede depositar sobre una primera región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico a medida que avanza el lingote a través de al menos un giro.

Después de girar un lingote a través de al menos un giro, y de que una capa de material metálico en forma de anillo se deposite sobre una región de la superficie circunferencial del lingote, al menos un soplete de soldadura puede volver a situarse en una ubicación adyacente a la capa de material metálico en forma de anillo depositada. La re-situación se puede realizar moviendo al menos un soplete de soldadura con respecto al lingote, y/o moviendo el lingote en relación con el al menos un soplete de soldadura. Un soplete de soldadura re-situado puede, a continuación, depositar material metálico adicional como un depósito de soldadura en una segunda o subsiguiente región de la superficie circunferencial del lingote giratorio. De esta manera, una segunda o subsiguiente capa de material metálico en forma de anillo se puede formar adyacente a una capa de material metálico en forma de anillo previamente depositada. En diversas realizaciones, las capas de material metálico en forma de anillo pueden formarse sucesivamente adyacentes entre sí y en contacto entre sí, de modo que las capas de material metálico forman colectivamente una capa continua que cubre al menos una región de una superficie circunferencial de un lingote cilíndrico.

La re-situación de al menos un soplete de soldadura y la deposición de una capa de material metálico en forma de anillo se pueden repetir sucesivamente hasta que la superficie circunferencial del lingote de aleación se cubra sustancialmente con una capa de material metálico continuo. En diversas realizaciones, los parámetros de operación de soldadura, la situación del soplete de soldadura, y la situación del lingote pueden predeterminarse y/o controlarse de forma activa para formar una capa de material metálico uniforme sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación.

Las Figuras 4A-4D ilustran colectivamente una realización de la deposición de material metálico como depósitos de soldadura sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación. El lingote de aleación 100 se hace girar alrededor del eje largo 101 como indica la flecha 102. Los sopletes de soldadura 110 permanecen estacionarios y depositan el material metálico 150 sobre la superficie circunferencial 170 del lingote 100 a medida el lingote 100 gira alrededor del eje largo 101. El material metálico 150 puede ser más dúctil y/o maleable que la aleación de la aleación de lingote 100 cuando el lingote está a una temperatura a la que se trabaja el lingote 100. Los sopletes de soldadura 110 depositan el material metálico 150 en primeras regiones 171 de la superficie circunferencial 170 del lingote 100 a medida que la superficie circunferencial 170 pasa por debajo de los sopletes de soldadura 110. Los sopletes de soldadura 110 permanecen estacionarios hasta que el lingote 100 avanza a través de al menos un giro, y las capas de material metálico en forma de anillo 150 se depositan sobre las primeras regiones 171 de la superficie circunferencial 170 del lingote 100 (Figura 4C).

Como se muestra en la Figura 4C, después de que las capas de material metálico en forma de anillo 150 se depositan sobre las primeras regiones 171 de la superficie circunferencial 170 del lingote 100 mediante el giro del lingote 100 a través de al menos un giro, los sopletes de soldadura 110 se re-sitúan moviendo los sopletes una distancia en una dirección paralela al eje largo 101 del lingote 100, como se indica por las flechas 112 en la Figura 4C. Los sopletes de soldadura 110 se re-sitúan de modo que los sopletes de soldadura 110 se encuentran adyacentes a las primeras regiones 171 y, por lo tanto, junto a las capas de material metálico en forma de anillo 150 ya depositadas (Figuras 4D). Aunque la Figura 4C ilustra la re-situación de los sopletes de soldadura 110 moviendo los sopletes de soldadura 110 paralelo al eje largo 101, la posición de los sopletes de soldadura 110 con respecto al lingote 100 se puede cambiar también moviendo el lingote 100 en paralelo al eje largo 101.

Como se muestra en la Figura 4D, los sopletes de soldadura re-situados 110 depositan el material metálico adicional 150' como depósitos de soldadura sobre las segundas regiones 172 de la superficie circunferencial 170 del lingote 100 a medida que el lingote 100 gira eje alrededor del largo 101. De esta manera, las segundas capas de material metálico en forma de anillo 150' se depositan adyacentes a las primeras capas de material metálico en forma de anillo 150. El cambio de las posiciones relativas de los sopletes de soldadura 110 y del lingote 100, y la deposición de capas de material metálico en forma de anillo se pueden repetir sucesivamente hasta que la superficie circunferencial 170 del lingote de aleación 100 se cubra sustancialmente con material metálico, como se ilustra en la Figura 2, por ejemplo.

En diversas realizaciones, una capa de material metálico se puede depositar como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una superficie de un lingote moviendo al menos un soplete de soldadura a lo largo de una primera región de una superficie circunferencial de un lingote cilíndrico, en la dirección de un eje largo del lingote. Al menos un soplete de soldadura puede moverse a lo largo de la primera región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico, en una dirección del eje largo del lingote, mientras que el lingote cilíndrico se mantiene estacionario. Como alternativa, al menos un soplete de soldadura se puede mantener estacionario mientras el lingote cilíndrico se mueve en una dirección del eje largo del lingote y la primera región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico pasa por debajo del al menos un soplete de soldadura. Al menos un soplete de soldadura puede depositar material metálico sobre la primera región de la superficie circunferencial del lingote, en paralelo al eje largo del lingote. De esta manera, una capa del material metálico se puede depositar sobre la superficie circunferencial del lingote generalmente paralela al eje largo del lingote.

Después de que una capa del material metálico se deposita sobre la superficie circunferencial del lingote, paralela al eje largo del lingote, el lingote cilíndrico se puede re-situar para mover la capa de material metálico depositada (y la correspondiente región de la superficie circunferencial) lejos de al menos un soplete de soldadura y mover una segunda o subsiguiente región de la superficie circunferencial hacia al menos un soplete de soldadura. Después de que el lingote cilíndrico se re-sitúa de esta manera, el material metálico adicional se puede depositar como un depósito de soldadura sobre la superficie cilíndrica del lingote moviendo al menos un soplete de soldadura en una dirección paralela al eje largo del lingote a lo largo de la segunda o subsiguiente región de la superficie circunferencial del lingote.

Al menos un soplete de soldadura puede moverse a lo largo de la segunda o subsiguiente región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico, en una dirección paralela a un eje largo del lingote, mientras que el lingote cilíndrico se mantiene estacionario. Como alternativa, al menos un soplete de soldadura se puede mantener estacionario mientras el lingote cilíndrico se mueve paralelo al eje largo del lingote y la segunda o subsiguiente región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico pasa por debajo de al menos un soplete de soldadura. Al menos un soplete de soldadura puede depositar material metálico sobre la segunda o subsiguiente región de la superficie circunferencial del lingote. De esta forma, una capa axial adicional del material metálico se puede depositar sobre la superficie circunferencial del lingote generalmente paralela al eje largo del lingote y adyacente a y en contacto con una capa previamente depositada del material metálico que se deposita también generalmente paralela al eje largo del lingote. En diversas realizaciones, tanto la posición de al menos un soplete de soldadura como el lingote se pueden mover de modo que se cambia la posición del al menos un soplete de soldadura con respecto a la superficie circunferencial del lingote.

El cambio de posición relativo del lingote cilíndrico y al menos un soplete de soldadura y la deposición de capas de material metálico en la superficie circunferencial del lingote en direcciones paralelas a un eje largo del lingote pueden repetirse sucesivamente hasta que la superficie circunferencial del lingote de aleación se cubra sustancialmente con material metálico. En diversas realizaciones, los parámetros de operación de soldadura, la situación del soplete de soldadura, y la situación lingote pueden predeterminarse y/o controlarse de forma activa para formar una capa de material metálico uniforme sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación.

Las Figuras 5A-5D ilustran colectivamente una realización de la deposición de material metálico como depósitos de soldadura sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación. Haciendo referencia a la Figura 5A, el lingote de aleación 200 se muestra teniendo un eje largo 201 y una superficie circunferencial 270. Una capa de material metálico 250 se muestra depositada sobre la región 271 de la superficie circunferencial 270 del lingote 200, situada en una dirección paralela al eje largo 201. Los sopletes de soldadura 210 depositan el material metálico adicional como depósitos de soldadura 250' en la región 272 de la superficie circunferencial 270 a medida que los sopletes de soldadura 210 se mueven a lo largo de la región 272 en una dirección paralela al eje largo 201, como se indica por las flechas 212. Los sopletes de soldadura 210 se mueven como lo indican las flechas 212 hasta que se deposita una capa de material metálico 250 a lo largo de la longitud total del lingote 200 en la región 272 de la superficie circunferencial 270 (Figura 5C).

Como se muestra en las Figuras 5C y 5D, después de que una capa de material metálico 250 se deposita en la región 272, el lingote 200 se re-sitúa para mover la capa de material metálico 250 (y la región 272) lejos de los sopletes de soldadura 210 y para mover una región 273 de la superficie circunferencial 270 hacia los sopletes de soldadura 210. El lingote 200 se re-sitúa mediante el giro del lingote 200 a través de un ángulo de índice predeterminado, indicado por la letra griega theta (θ) en las Figuras 5A-5D.

Como se muestra en la Figura 5D, después de que el lingote 200 se re-sitúa, otra capa de material metálico se deposita como depósitos de soldadura 250" en la región 273 de la superficie cilíndrica 270 del lingote 200 moviendo los sopletes de soldadura 210 a lo largo de la región 273 de la superficie circunferencial 270 del lingote cilíndrico 200 en una dirección paralela al eje largo 201, como se indica por las flechas 212. De esta manera, las capas de material metálico adicionales 250 se forman adyacentes entre sí y en contacto alrededor de la superficie circunferencial 270 del lingote 200. Una primera capa de material metálico se deposita sobre la región 271 de la superficie

circunferencial 270. El lingote de aleación 200 se ha hecho girar, a continuación, a través de un ángulo de índice θ_1 predeterminado. Una segunda capa de material metálico se deposita sobre la región 272 de la superficie circunferencial 270. A continuación, el lingote de aleación se ha hecho girar a través de un ángulo de índice θ_2 predeterminado. Una tercera capa se muestra depositándose sobre la región 273 de la superficie circunferencial 270 en la Figura 4D en una dirección paralela al eje largo 201. La re-situación del lingote 200, el movimiento de los sopletes de soldadura 210, y la deposición de las capas de material metálico se pueden repetir sucesivamente hasta que la superficie circunferencial 270 del lingote de la aleación 200 se cubra sustancialmente con material metálico, como se ilustra en la Figura 2, por ejemplo.

Las Figuras 5A-5D muestran sopletes de soldadura 210 moviéndose a lo largo de las regiones (271, 272, 273) de la superficie circunferencial 270 del lingote 200 en dirección paralela al eje largo 201, indicado por las flechas 212, mientras que el lingote 200 se mantiene estacionario. Como alternativa, los sopletes de soldadura 210 pueden mantenerse estacionarios y el lingote 200 se puede mover en la dirección del eje largo 201 de modo que las regiones (271, 272, 273) de la superficie circunferencial 270 del lingote 200 pasan debajo de los sopletes de soldadura estacionarios 210. Los sopletes de soldadura 210 pueden depositar capas de material metálico 250 sobre las regiones (271, 272, 273) de la superficie circunferencial 270 del lingote 200. De esta manera, las capas adicionales de material metálico se pueden depositar sobre la superficie circunferencial 270 del lingote 200 generalmente paralela al eje largo 201 del lingote 200 y adyacentes entre sí hasta que el lingote 200 se cubra sustancialmente con material metálico, como se ilustra en la Figura 2, por ejemplo.

En diversas realizaciones, la capa de material metálico se puede depositar como un depósito de soldadura sobre una superficie de un lingote girando el lingote alrededor de un eje largo del lingote y depositar el material metálico como un depósito de soldadura sobre una superficie circunferencial del lingote giratorio. La capa de material metálico se puede depositar utilizando al menos un soplete de soldadura en movimiento. Al menos un soplete de soldadura puede moverse paralelamente al eje largo del lingote y depositar el material metálico sobre la superficie del lingote a medida que el lingote gira. De esta manera, un depósito de material metálico se puede depositar de forma helicoidal en la superficie circunferencial del lingote cilíndrico a medida que el lingote gira y al menos un soplete de soldadura se mueve.

La Figura 6A ilustra la deposición de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación. El lingote de aleación 300 se muestra teniendo un eje largo 301 y una superficie circunferencial 370. Un depósito de material metálico 350 se muestra depositado de forma helicoidal en la superficie circunferencial 370 del lingote 300. El soplete de soldadura 310 deposita la capa de material metálico 350 sobre la superficie circunferencial 370 a medida que el soplete de soldadura 310 se mueve paralela al eje largo 301, como se indica por la flecha 312, mientras que el lingote 300 gira simultáneamente alrededor del eje largo 301, como se indica por la flecha 302. El soplete de soldadura 310 se mueve como indica la flecha 312 y el lingote 300 gira como lo indica la flecha 302 hasta que una capa de material metálico 350 se deposita generalmente a lo largo de toda la superficie circunferencial 370 (Figura 6B).

Un lingote de aleación que incluye una capa de material metálico depositada sobre al menos una región de una superficie del lingote de aleación se puede trabajar en caliente mediante la aplicación de fuerza al lingote de aleación. La fuerza se puede aplicar a un lingote de aleación en al menos una región de al menos una superficie del lingote de aleación que tiene una capa de material metálico depositada sobre al menos una región. De esta manera, la fuerza se puede aplicar a un lingote mediante la aplicación de la fuerza a la capa de material metálico depositada sobre el lingote. En diversas realizaciones, una operación de trabajo en caliente puede comprender una operación de forja y/o una operación de extrusión. Por ejemplo, un lingote de aleación que tiene una capa de material metálico depositada sobre al menos una región de una superficie del lingote de aleación se puede forjar por recalado y/o forjar por trefilado.

Una operación de forja por recalado y por trefilado puede comprender una o más secuencias de una operación de forja por recalado y una o más secuencias de una operación de forja por trefilado. Durante una operación de recalado, las superficies de extremo de un lingote pueden estar en contacto con matrices de forja que aplican la fuerza para el lingote que comprime la longitud del lingote y aumenta la sección transversal del lingote. Durante una operación de trefilado, las superficies laterales (por ejemplo, la superficie circunferencial de un lingote cilíndrico) pueden estar en contacto con matrices de forja que aplican la fuerza al lingote que comprime la sección transversal del lingote y aumenta la longitud del lingote.

Las Figuras 7A y 7C ilustran una operación forja por recalado. Las matrices de forja 480/480' aplican una fuerza a los extremos opuestos de un lingote 400/400'. La fuerza se aplica generalmente paralela al eje largo 401/401' del lingote 400/400', como se indica por las flechas 485/485'. La Figura 7A muestra un lingote 400 sin una capa de material metálico depositada sobre extremos opuestos del lingote 400. La Figura 7C muestra un lingote 400', que incluye capas de material metálico 450 depositadas sobre los extremos opuestos del lingote 400'. Los extremos del lingote 400 están en contacto con las matrices de forja 480 (Figura 7A). Las capas de material metálico 450 están en contacto con las matrices de forja 480' (Figura 7C).

Las Figuras 7B y 7D ilustran una superficie de matriz de contacto de cada uno de los lingotes 400 y 400' después de

la forja por recalado como se ilustra en las Figuras 7A y 7C, respectivamente. Como se muestra en la Figura 7B, la superficie de matriz de contacto 490 del lingote 400 exhibe agrietamiento superficial. Como se muestra en la Figura 7D, la superficie de matriz de contacto 490' del lingote 400', que incluye la capa de material metálico 450, no exhibe agrietamiento superficial. La capa de material metálico depositada 450 reduce la incidencia de agrietamiento superficial en un lingote de aleación forjado en relación con un lingote de aleación forjado de otro modo idéntico que carece de una capa de material metálico de este tipo.

Las Figuras 8A y 8C ilustran una operación de forja por trefilado. Las matrices de forja 580/580' aplican una fuerza a un lingote 500/500'. La fuerza se aplica generalmente perpendicular al eje largo 501/501' del lingote 500/500', como se indica por las flechas 585/585'. Las matrices de forja 580/580' aplicar una fuerza al lingote 500/500' a lo largo de generalmente toda la longitud del lingote 500/500' moviéndose generalmente paralelas al eje largo 501'/501' del lingote 500/500', como se indica por flechas 587/587'. La Figura 8A muestra un lingote 500 sin una capa de material metálico. La Figura 8C muestra un lingote 500' que tiene una capa de material metálico 550 depositada sobre una superficie circunferencial del lingote 500'. La superficie circunferencial del lingote 500 está en contacto con las matrices de forja 580 (Figura 8A). La capa de material metálico 550 está en contacto con las matrices de forja 580' (Figura 8C).

Las Figuras 8B y 8D ilustran las superficies de matrices de contacto de los lingotes 500 y 500' después de la forja por recalado como se ilustra en las Figuras 8A y 8C, respectivamente. Como se muestra en la Figura 8B, la superficie de matriz de contacto 590 del lingote 500 exhibe agrietamiento superficial. Como se muestra en la Figura 8D, la superficie de matriz de contacto 590' del lingote 500', que incluye la capa de material metálico 550, no exhibe agrietamiento superficial. La capa de material metálico depositada 550 reduce la incidencia del agrietamiento superficial en un lingote de aleación forjado en relación con un lingote de aleación forjado de otro modo idéntico que carece de una capa de material metálico de este tipo.

En diversas realizaciones, un lingote que tiene una capa de material metálico depositada sobre al menos una región de una superficie del lingote se puede someter a una o más de las operaciones de forja por recalado o por trefilado. Por ejemplo, en una operación de forja por recalado y trefilado triple, un lingote puede forjarse por recalado primero y forjarse después por trefilado. La secuencia de recalado y trefilado pueden repetirse dos veces más para un total de tres operaciones de forja por recalado y trefilado secuenciales. Una o más de las superficies de las matrices de contacto con el lingote pueden tener una capa de material metálico depositada sobre las superficies de las matrices de contacto del lingote antes de que se forje el lingote.

En diversas realizaciones, un lingote que tiene una capa de material metálico depositada sobre al menos una región de una superficie del lingote se puede someter a una o más operaciones de extrusión. Por ejemplo, en una operación de extrusión, un lingote cilíndrico se puede forzar a través de una matriz circular, disminuyendo de ese modo el diámetro y aumentando la longitud del lingote. Una o más de las superficies de las matrices de contacto con el lingote puede tener una capa de material metálico depositada sobre las superficies de matrices de contacto con el del lingote antes de que se extruda el lingote.

En diversas realizaciones, los métodos y procesos descritos en la presente memoria se pueden utilizar para producir una palanquilla forjada a partir de un lingote formado por colada, consolidado, o pulverización. La conversión por forja o conversión por extrusión de un lingote a una palanquilla u otro artículo trabajado puede producir una estructura de grano más fino en el artículo en comparación con el lingote antiguo. Los métodos y procesos descritos en la presente memoria pueden mejorar el rendimiento de los productos forjados o extruidos (tales como, por ejemplo, palanquillas) a partir de lingotes de aleación debido a que la capa de material metálico puede reducir la incidencia de grietas en la superficie del lingote durante las operaciones de forja y/o de extrusión. Por ejemplo, se ha observado que una capa de material metálico relativamente más dúctil depositada sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación relativamente menos dúctil puede tolerar más fácilmente la deformación inducida por matrices de trabajo. También se ha observado que una capa de material metálico depositada sobre al menos una región de una superficie de un lingote de aleación puede tolerar también más fácilmente el diferencial de temperatura entre las matrices de trabajo y el lingote durante el trabajo en caliente. De esta manera, se ha observado que una capa de material metálico depositada puede exhibir ningún o menor agrietamiento superficial mientras que se evita o reduce la iniciación de grietas superficiales en el lingote subyacente durante el trabajo.

En diversas realizaciones, después del trabajo en caliente, al menos una porción de una capa de material metálico depositada se puede eliminar del producto formado a partir del lingote durante el trabajo en caliente. Por ejemplo, una operación de rectificado, descortezamiento, y/o torneado se pueden utilizar para eliminar al menos una porción de la capa de material metálico. En diversas realizaciones, al menos una porción de una capa de material metálico depositada se puede eliminar de una palanquilla formada trabajando un lingote por descortezamiento (torno-torneado) y/o rectificado de la palanquilla.

En diversas realizaciones, los lingotes que tienen una capa de material metálico depositada se pueden trabajar en caliente para formar productos que pueden utilizarse para fabricar diversos artículos. Por ejemplo, los procesos descritos aquí se pueden utilizar para formar palanquillas de aleación o superaleación a base de níquel, a base de hierro, a base de níquel-hierro, o a base de cobalto. Las palanquillas u otros productos formados a partir de lingotes

trabajados en caliente se pueden utilizar para fabricar artículos incluyendo, pero sin limitarse a, componentes de turbina, tales como, por ejemplo, discos y anillos para motores de turbina y diversas turbinas terrestres. Otros artículos fabricados a partir de lingotes procesados de acuerdo con las diversas realizaciones divulgadas en la presente memoria pueden incluir, pero no se limitan a, válvulas, componentes de motores, ejes y elementos de fijación.

Las realizaciones divulgadas en la presente memoria se refieren también a un sistema de procesamiento de lingotes y a un aparato de procesamiento de lingotes. El sistema y el aparato de procesamiento de lingotes pueden comprender un aparato de posicionamiento de lingotes y un aparato de soldadura. El aparato de posicionamiento de lingotes puede comprender un aparato de giro de lingotes configurado para hacer girar un lingote alrededor de un eje largo del lingote. El aparato de soldadura se puede configurar para depositar una capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una superficie de un lingote.

En diversas realizaciones, el aparato de giro de lingotes puede comprender un torno configurado para hacer girar un lingote sobre el eje largo del lingote. El aparato de giro de lingotes puede girar el lingote continuamente a través de una o más vueltas completas, o el dispositivo de giro de lingotes puede girar de forma discontinua el lingote secuencialmente a través de ángulos de índice predeterminadas, dependiendo, por ejemplo, de la configuración del aparato de soldadura.

El aparato de soldadura puede comprender al menos un soplete de soldadura, tal como, por ejemplo, un soplete de soldadura MIG alimentado con alambre. Al menos un soplete de soldadura se puede configurar para depositar una capa de un material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una superficie de un lingote. Al menos un soplete de soldadura se puede configurar para depositar una capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una superficie de extremo de un lingote. Al menos un soplete de soldadura se puede configurar para depositar una capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una superficie circunferencial de un lingote cilíndrico. Al menos un soplete de soldadura se puede configurar para depositar material metálico sobre la parte superior de la superficie circunferencial de un lingote cilíndrico. De esta manera, los efectos de la gravedad sobre un cordón de soldadura depositado pueden reducirse o eliminarse.

En diversas realizaciones, al menos un soplete de soldadura puede ser un soplete de soldadura MIG. Al menos un soplete de soldadura puede tener una alimentación de alambre. Al menos un soplete de soldadura se puede situar a una distancia predeterminada de una superficie de un lingote. Al menos un soplete de soldadura se puede configurar con una velocidad de alimentación de alambre predeterminada, una tensión de alambre predeterminada, y/o una velocidad de flujo de purga de gas inerte predeterminada. La distancia de la superficie del lingote-soplete, la velocidad de alimentación de alambre, la tensión, la velocidad de flujo de purga de gas inerte, y/o diversos otros parámetros de la operación de soldadura pueden predeterminarse de modo que una capa de material metálico se deposita por soldadura uniformemente en el lingote. La identidad de otros diversos parámetros de operación de soldadura puede depender del tipo particular de operación de soldadura utilizado (por ejemplo, MIG, TIG, etc.). En diversas realizaciones, la entrada de calor (por ejemplo, la energía por unidad de longitud) que se utiliza en la operación de soldadura particular se puede mantener sustancialmente uniforme sobre la superficie del lingote en el que el material metálico se deposita por soldadura. De esta manera, el agrietamiento asociado con la soldadura de la superficie del lingote subyacente se puede reducir o eliminado, y la calidad de la unión metalúrgica entre el lingote subyacente y el depósito de soldadura se puede mejorar. En diversas realizaciones, la entrada de calor para el lingote durante una operación de soldadura puede minimizarse.

El aparato de soldadura puede comprender un soplete de soldadura, una serie lineal de dos o más sopletes de soldadura, o una matriz bi o tridimensional tres o más sopletes de soldadura. Por ejemplo, las Figuras 4A-4D, 5A-5D muestran una disposición lineal de tres sopletes de soldadura. La Figura 6A muestra un soplete de soldadura. El número y configuración de los sopletes de soldadura que comprende el aparato de soldadura puede variar dependiendo de la aplicación particular de los métodos, sistemas y aparatos de procesamiento de lingotes descritos.

En diversas realizaciones, el sistema de procesamiento de lingotes puede comprender un sistema de control. El sistema de control se puede configurar para mover y situar el aparato de soldadura en conjunto con el aparato de posicionamiento de lingotes para depositar de manera uniforme una capa de material metálico sobre al menos una región de una superficie del lingote. El sistema de control puede controlar la distancia del soplete-superficie, parámetros de operación de soldadura, el movimiento y la posición de al menos un soplete de soldadura con respecto a una superficie del lingote, y/o el movimiento y posicionamiento de un lingote. Por ejemplo, el sistema de control se puede configurar para mover al menos un soplete de soldadura de manera generalmente lineal paralela a lo largo del eje de un lingote y a lo largo de una región de la superficie circunferencial del lingote paralela al eje largo. El sistema de control puede configurarse también para colocar al menos un soplete de soldadura para depositar material metálico como un depósito de soldadura sobre superficies de extremo opuestas de un lingote.

En diversas realizaciones, el sistema de control se puede configurar para controlar al menos un soplete de soldadura para depositar uniformemente el material metálico sobre una superficie áspera del lingote. Por ejemplo, en diversas realizaciones, la velocidad de alimentación de alambre de un electrodo consumible en un soplete de soldadura MIG,

la tensión del electrodo de alambre, la distancia de la superficie del lingote-soplete, y el movimiento/posicionamiento del soplete se pueden controlar activamente para entregar un arco estable sobre un lingote giratorio o estacionario. De esta manera, una capa sustancialmente uniforme de material metálico se puede depositar sobre el lingote.

- 5 El sistema de control se puede configurar para automatizar la deposición de una capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos un extremo de un lingote de aleación. El sistema de control se puede configurar para automatizar la deposición de una capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre una superficie circunferencial de un lingote de aleación cilíndrico.
- 10 El sistema de procesamiento de lingotes se puede configurar para depositar material metálico como un depósito de soldadura en una primera región de una superficie circunferencial de un lingote cilíndrico giratorio utilizando al menos un soplete de soldadura estacionario. De esta manera, el sistema de procesamiento de lingotes puede depositar una capa de material metálico en forma de anillo alrededor de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico. El sistema de procesamiento de lingotes se puede configurar para re-situar al menos un soplete de soldadura adyacente a una capa de material metálico en forma de anillo depositada después del giro de un lingote cilíndrico giratorio. El sistema de procesamiento de lingotes se puede configurar para depositar el material metálico como un depósito de soldadura en una segunda o subsiguiente región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico giratorio utilizando al menos un soplete de soldadura estacionario re-situado. De esta manera, el sistema de procesamiento de lingotes puede depositar otra capa de material metálico en forma de anillo sobre la superficie circunferencial del lingote cilíndrico. El sistema de procesamiento de lingotes puede configurarse para repetir la re-situación de al menos un soplete de soldadura y la deposición de capas de material metálico en forma de anillo de manera automatizada hasta que la superficie circunferencial de un lingote cilíndrico se cubra sustancialmente con una capa de material metálico.
- 25 El sistema de procesamiento de lingotes se puede configurar para depositar material metálico como un depósito de soldadura en una primera región de una superficie circunferencial de un lingote estacionario a lo largo de una dirección paralela a un eje largo del lingote utilizando al menos un soplete de soldadura configurado para moverse en paralelo a la eje largo del lingote y a lo largo de la primera región. De esta manera, el sistema de procesamiento de lingotes puede depositar una capa del material metálico a la primera región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico. El sistema de procesamiento de lingotes se puede configurar para re-situar el lingote cilíndrico para mover la primera región de la superficie circunferencial lejos de al menos un soplete de soldadura y para mover una segunda región de la superficie circunferencial hacia al menos un soplete de soldadura. Por ejemplo, el lingote se puede hacer girar a través de un ángulo de índice predeterminado por el dispositivo de giro del lingote.
- 30 El sistema de procesamiento de lingotes se puede configurar para depositar material metálico como un depósito de soldadura en una segunda o subsiguiente región de la superficie circunferencial del lingote estacionario a lo largo de una dirección paralela a un eje largo del lingote utilizando al menos un soplete de soldadura configurado para moverse en paralelo al eje largo del lingote y a lo largo de la segunda región. De esta manera, el sistema de procesamiento de lingotes puede depositar una capa del material metálico sobre la segunda región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico. El sistema de procesamiento de lingotes puede configurarse para repetir la re-situación del lingote y la deposición de capas de material metálico a lo largo de una dirección paralela a un eje longitudinal de un lingote de manera automatizada hasta que la superficie circunferencial de un lingote cilíndrico se cubra sustancialmente con una capa de material metálico.
- 40 El sistema de procesamiento de lingotes se puede configurar para depositar material metálico como un depósito de soldadura sobre una superficie de un lingote girando el lingote alrededor de un eje largo del lingote y simultáneamente mover el soplete de soldadura en paralelo a un eje largo del lingote. La capa de material metálico se puede depositar utilizando al menos un movimiento soplete de soldadura bajo el control del sistema de control. De esta manera, un depósito de material metálico se puede depositar de una manera helicoidal en la superficie circunferencial del lingote cilíndrico a medida que el lingote gira alrededor del eje largo y a medida que al menos un soplete de soldadura se mueve paralelamente al eje largo.
- 45 El sistema de procesamiento de lingotes se puede configurar para depositar material metálico como un depósito de soldadura sobre una superficie de un lingote girando el lingote alrededor de un eje largo del lingote y simultáneamente mover el soplete de soldadura en paralelo a un eje largo del lingote. La capa de material metálico se puede depositar utilizando al menos un movimiento soplete de soldadura bajo el control del sistema de control. De esta manera, un depósito de material metálico se puede depositar de una manera helicoidal en la superficie circunferencial del lingote cilíndrico a medida que el lingote gira alrededor del eje largo y a medida que al menos un soplete de soldadura se mueve paralelamente al eje largo.
- 50

Los siguientes ejemplos ilustrativos y no limitativos pretenden describir con más detalle diversas realizaciones no limitantes sin restringir el alcance de las realizaciones. Las personas con experiencia ordinaria en la materia apreciarán que son posibles variaciones de los ejemplos dentro del alcance de la invención como se define únicamente por las reivindicaciones. Todas las partes y porcentajes son en peso a menos que se indique lo contrario.

Ejemplos

Ejemplo 1

Cubos de 7,62 cm (tres pulgadas) de aleación Rene 88™ se utilizaron en una operación de trabajo en caliente. Los cubos se cortaron al azar a partir de porciones de chatarra de una palanquilla Rene 88™. Los cubos se trataron con calor a 1149 °C (2100 °F) durante 4 horas para aumentar el tamaño de grano de los cubos de aleación para que coincida con las características de manejabilidad de un lingote Rene 88™. Una superficie de la cara de cada cubo

- se acondicionó por rectificado en un molino de disco seguido del lijado con una lijadora de banda. Una capa de aleación Techalloy 606™ se depositó como un depósito de soldadura sobre la superficie de la cara acondicionada de cada cubo utilizando un alambre Techalloy 606 de diámetro (0,114 cm (0,045 pulgadas) de soldadura MIG; 558,8 cm (220 pulgadas) por minutos, tensión de alambre 18V; 1,42 metros cúbicos (50 pies cúbicos) de purga de argón por minuto). La capa de aleación Techalloy 606™ depositada por soldadura se dejó solidificar completamente y se enfrió a temperatura ambiente. La Figura es una fotografía de dos cubos de 7,62 cm (3 pulgadas) de aleación Rene 88™, cada uno de los que tiene capas de aleación TechAlloy 606™ depositadas sobre las superficies superiores como se ha indicado en la fotografía.
- 5
- 10 Un cubo de aleación Rene 88™ con una capa de aleación Techalloy 606™ se calentó a 1093 °C (2000 °F) durante un período de una hora y se forjó por prensado a la temperatura. La superficie de la cara que tiene la capa de aleación Techalloy 606™ se puso en contacto con la matriz inferior y la superficie de la cara opuesta, que carecía de una capa de aleación Techalloy 606™, se puso en contacto con la matriz superior. El cubo de 7,62 cm (3 pulgadas) se forjó por prensado en una torta de 2,54 cm (1 pulgada) utilizando una tasa de deformación de aproximadamente
- 15 2,54 cm (1 pulgada) por segundo.
- Las Figuras 10A y 10B son fotografías de los lados opuestos de torta de 2,54 cm (1 pulgada) forjada por prensado a partir de un cubo de 7,62 cm (3 pulgadas). La Figura 10A muestra la superficie lateral sin capas de la torta, y la Figura 10B muestra la superficie lateral que tiene la capa de aleación Techalloy 606™. La sensibilidad a grietas de la aleación Rene 88™ es visible en la superficie forjada, sin capas que se muestra en la Figura 10A. El agrietamiento superficial es claramente visible en la superficie que carece de una capa de aleación Techalloy 606™ como se muestra en la Figura 10A. Como se muestra en la Figura 10B, la capa de aleación Techalloy 606™ reduce sustancialmente la incidencia de grietas en la superficie de la aleación durante la forja.
- 20
- 25 La Figura 11 es una fotografía de una torta seccionada de 2,54 cm (1 pulgada) forjada por presado a partir de un cubo de aleación de 7,62 cm (3 pulgadas) como se ha descrito anteriormente. La interfaz entre la capa de aleación Techalloy 606™ y Rene 88™ forjada subyacente fue fotografiado utilizando un microscopio óptico en una ubicación de radio medio (con la etiqueta "11A" en la Figura 11), que correspondía a la sección transversal de la superficie soldada de la torta (la superficie superior como se ha orientado en la fotografía). La Figura 11A es una micrografía tomada en la ubicación de radio medio como se indica en la Figura 11.
- 30
- 35 Como se muestra en la Figura 11A, se formó una unión metalúrgica fuerte y uniforme entre la capa de aleación Techalloy 606™ y Rene 88™ subyacente. La unión metalúrgica resistió la forja por prensado y no se observó delaminación o des-unión. La superficie expuesta de la capa de aleación Techalloy 606™ y la interfaz entre la capa de aleación Techalloy 606™ y Rene 88™ forjada subyacente están ambas sustancialmente libres de grietas. La eliminación de la capa de aleación Techalloy 606™ (por ejemplo, por rectificado) revelaría la Rene 88™ forjada subyacente sustancialmente libre de grietas superficiales.

REIVINDICACIONES

1. Un método de procesamiento de lingotes que comprende:
 depositar una capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una
 5 superficie circunferencial de un lingote de aleación cilíndrico y sobre al menos un extremo del lingote de aleación, en
 donde el material metálico es más dúctil que la aleación, y en donde la capa de material metálico reduce una
 incidencia de grietas en la superficie del lingote de aleación durante el trabajo en caliente.
2. El método de procesamiento de lingotes de la reivindicación 1, que comprende además el rectificado o el
 10 descortezamiento de la superficie del lingote de aleación antes de depositar la capa metálica.
3. El método de procesamiento de lingotes de la reivindicación 1, que comprende además:
 trabajar en caliente el lingote de aleación, en donde el trabajo en caliente comprende la aplicación de una fuerza
 15 sobre la capa de material metálico, y en donde la fuerza deforma el lingote de aleación.
4. El método de procesamiento de lingotes de la reivindicación 3, que comprende además eliminar al menos una
 porción de la capa de material metálico del lingote de aleación después de trabajar en caliente el lingote de aleación.
5. El método de procesamiento de lingotes de la reivindicación 1, en el que:
 20 el lingote de aleación es un lingote cilíndrico; y
 depositar la capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una
 superficie del lingote de la aleación consiste en:
 25 hacer girar el lingote cilíndrico; y
 depositar el material metálico como un depósito de soldadura en una primera región de una superficie
 circunferencial del lingote cilíndrico giratorio utilizando al menos un soplete de soldadura estacionario,
 depositando de este modo una capa del material metálico en forma de anillo sobre la superficie
 30 circunferencial del lingote cilíndrico.
6. El método de procesamiento de lingotes de la reivindicación 5, que comprende además:
 volver a situar al menos un soplete de soldadura adyacente a una capa de material metálico en forma de anillo
 depositada después de que el lingote cilíndrico giratorio realiza al menos un giro; y
 35 depositar el material metálico como un depósito de soldadura sobre una segunda región de la superficie
 circunferencial del lingote cilíndrico giratorio utilizando al menos un soplete de soldadura estacionario
 posicionado de nuevo.
7. El método de procesamiento de lingotes de la reivindicación 6, que comprende además repetir la etapa de situar
 40 de nuevo y la etapa de deposición hasta que la superficie circunferencial del lingote cilíndrico se cubra
 sustancialmente con el material metálico.
8. El método de procesamiento de lingotes de la reivindicación 1, en el que:
 45 el lingote de aleación es un lingote cilíndrico; y
 depositar la capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una
 superficie del lingote de la aleación consiste en:
 50 mover al menos un soplete de soldadura a lo largo de una primera región de una superficie circunferencial del
 lingote cilíndrico paralelo a un eje largo del lingote, mientras el lingote cilíndrico se mantiene estacionario,
 depositando de este modo una capa de material metálico como un depósito de soldadura en la primera región
 de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico;
 volver a situar el lingote cilíndrico para mover la primera región de la superficie circunferencial lejos de al
 55 menos un soplete de soldadura y mover una segunda región de la superficie circunferencial hacia al menos
 un soplete de soldadura; y
 mover al menos un soplete de soldadura a lo largo de la segunda región de la superficie circunferencial del
 lingote cilíndrico paralelo al eje largo del lingote, mientras el lingote cilíndrico se mantiene estacionario,
 depositando de este modo una capa de material metálico como un depósito de soldadura en la segunda
 60 región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico.
9. El método de procesamiento de lingotes de la reivindicación 8, que comprende además repetir la etapa de volver
 a situar y la etapa de movimiento hasta que la superficie circunferencial del lingote se cubra sustancialmente con el
 material metálico.
- 65 10. El método de procesado de lingotes de la reivindicación 3, en el que trabajar en caliente el lingote de aleación
 comprende al menos una de una operación de forja, una operación de extrusión y una operación de forja por

recalado y por trefilado.

11. El método de procesado de lingotes de la reivindicación 3, que comprende además proporcionar un lingote de superaleación a base de níquel utilizando una operación de VIM-VAR o una operación de VIM-ESR-VAR.

12. Un proceso para trabajar en caliente un lingote de aleación, que comprende:
 aplicar fuerza a un lingote de aleación cilíndrico para deformar el lingote de aleación, en donde el lingote de aleación incluye una soldadura de capa de material metálico depositada sobre al menos una región de una superficie circunferencial del lingote de aleación y sobre al menos un extremo del lingote de aleación, en donde el material metálico es más dúctil que la aleación, y en donde la fuerza se aplica sobre la capa de material metálico.

13. El proceso de la reivindicación 12, que comprende además eliminar al menos una porción de la capa de material metálico del lingote de aleación después de que el lingote de aleación se deforma.

14. El proceso de la reivindicación 1 o la reivindicación 12, en el que el lingote de aleación comprende un material seleccionado del grupo que consiste en una aleación a base de níquel, una aleación a base de hierro, una aleación a base de níquel-hierro, una aleación a base de cobalto, aleación 720, Rene 88 (TM) y Waspaloy (R).

15. El proceso de la reivindicación 1 o la reivindicación 12, en el que el lingote de aleación y la capa de material metálico comprenden el mismo metal de base, el metal de base seleccionado del grupo que consiste en níquel, hierro y cobalto.

16. El proceso de la reivindicación 1 o la reivindicación 12, en el que el lingote de aleación comprende una superaleación a base de níquel y la capa de material metálico comprende Techalloy 606(TM).

17. El proceso de la reivindicación 12, en el que la aplicación de fuerza al lingote de aleación comprende al menos una de una operación de forja, una operación de extrusión y una operación de forja por recalado y por trefilado.

18. El proceso de la reivindicación 3 o la reivindicación 12, en el que el proceso produce una palanquilla de superaleación a base de níquel forjada a partir de un lingote de superaleación a base de níquel fundido.

19. El proceso de la reivindicación 12, que comprende además la fabricación de un artículo a partir del lingote trabajado en caliente, el artículo seleccionado del grupo que consiste en componentes de motores a reacción y componentes de turbinas terrestres.

20. Un sistema de procesamiento de lingotes que comprende:

un aparato de giro de lingotes configurado para hacer girar un lingote cilíndrico alrededor de un eje largo del lingote; y

un aparato de soldadura que comprende al menos un soplete de soldadura MIG, en donde el sistema está configurado para controlar el al menos un soplete de soldadura MIG para depositar una capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de una superficie circunferencial de un lingote cilíndrico y en al menos una región de una superficie de extremo del lingote cilíndrico.

21. El sistema de procesamiento de lingotes de la reivindicación 20, en el que el aparato de giro de lingotes comprende un torno configurado para hacer girar el lingote alrededor del eje largo del lingote.

22. El sistema de procesamiento de lingotes de la reivindicación 20, en el que el aparato de soldadura comprende al menos un soplete de soldadura MIG configurado para depositar la capa de material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos una región de la superficie circunferencial del lingote.

23. El sistema de procesamiento de lingotes de la reivindicación 22, en el que el sistema está configurado para mover al menos un soplete de soldadura en una dirección paralela al eje largo del lingote y a lo largo de una región de la superficie circunferencial del lingote.

24. El sistema de procesamiento de lingotes de la reivindicación 22, en el que el sistema está configurado para controlar al menos un soplete de soldadura para depositar el material metálico como un depósito de soldadura sobre al menos un extremo del lingote de aleación.

25. El sistema de procesamiento de lingotes de la reivindicación 22, en el que el sistema está configurado para:

depositar el material metálico como un depósito de soldadura en una primera región de la superficie circunferencial de un lingote cilíndrico giratorio utilizando al menos un soplete de soldadura estacionario, depositando de este modo una capa de material metálico en forma de anillo sobre la superficie circunferencial del lingote cilíndrico;

volver a situar al menos un soplete de soldadura adyacente a una capa de material metálico en forma de anillo

depositada después de que se hace girar el lingote cilíndrico giratorio a través de al menos un giro;
depositar el material metálico como un depósito de soldadura sobre una segunda región de la superficie
circunferencial del lingote cilíndrico giratorio utilizando al menos un soplete de soldadura estacionario
5 posicionado de nuevo, depositando de este modo una capa de material metálico en forma de anillo sobre la
superficie circunferencial del lingote cilíndrico; y
repetir el nuevo posicionamiento y la deposición hasta que la superficie circunferencial del lingote cilíndrico está
cubierta sustancialmente con el material metálico.

26. El sistema de procesamiento de lingotes de la reivindicación 22, en el que el sistema está configurado para:

10 depositar el material metálico como un depósito de soldadura en una primera región de una superficie
circunferencial de un lingote estacionario utilizando al menos un soplete de soldadura configurado para moverse
en paralelo al eje largo del lingote y a lo largo de la primera región, depositando de este modo una capa de
material metálico sobre la primera región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico;

15 situar de nuevo el lingote cilíndrico para mover la primera región de la superficie circunferencial lejos de al menos
un soplete de soldadura y mover una segunda región de la superficie circunferencial hacia al menos un soplete
de soldadura;

20 depositar el material metálico como un depósito de soldadura en la segunda región de la superficie
circunferencial del lingote estacionario utilizando al menos un soplete de soldadura configurado para moverse en
paralelo al eje largo del lingote y a lo largo de la segunda región, depositando de este modo una capa del
material metálico sobre la segunda región de la superficie circunferencial del lingote cilíndrico; y

repetir el nuevo posicionamiento y la deposición hasta que la superficie circunferencial del lingote está cubierta
sustancialmente con el material metálico.

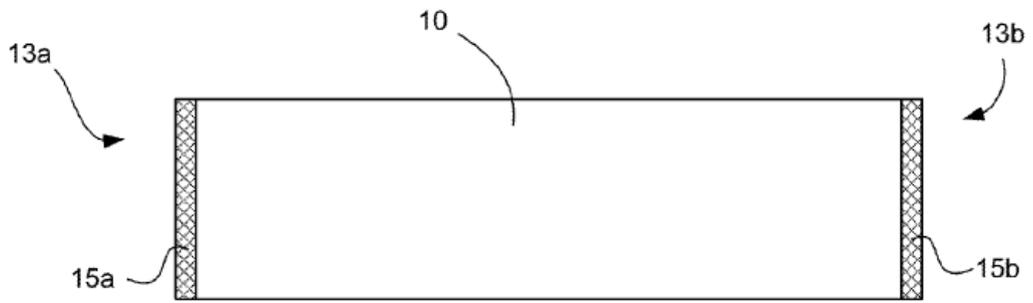


FIG. 1A

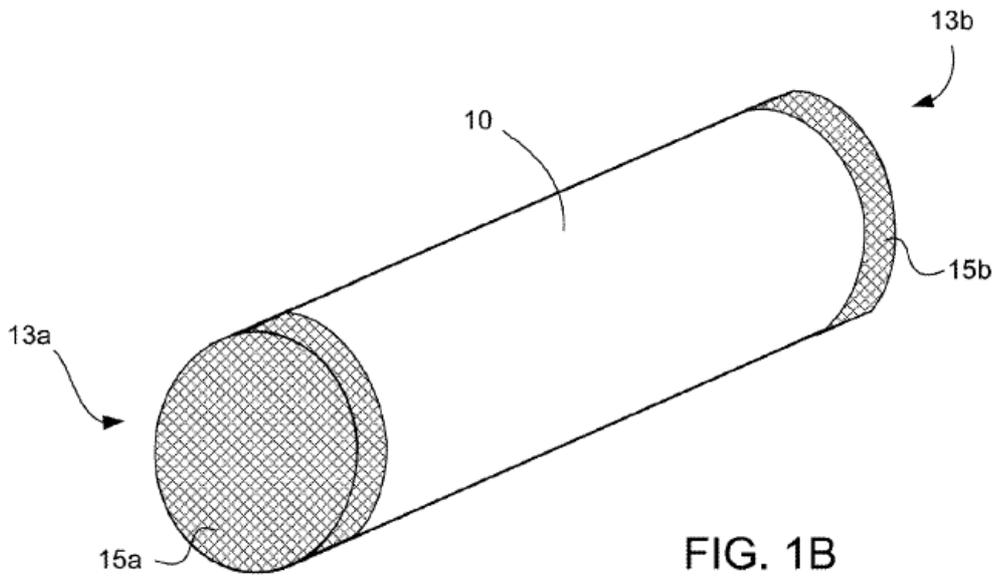


FIG. 1B

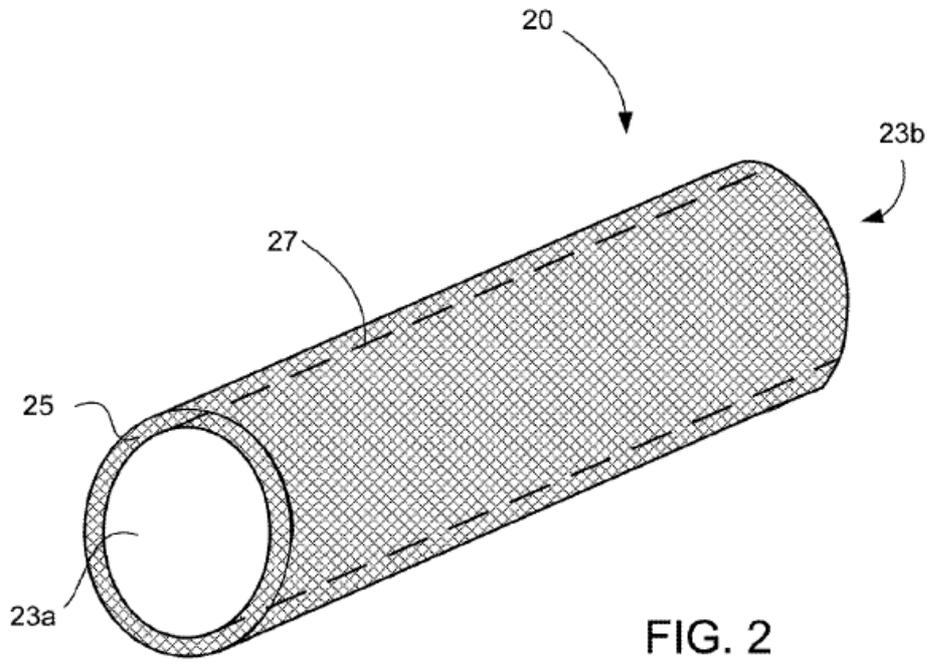


FIG. 2

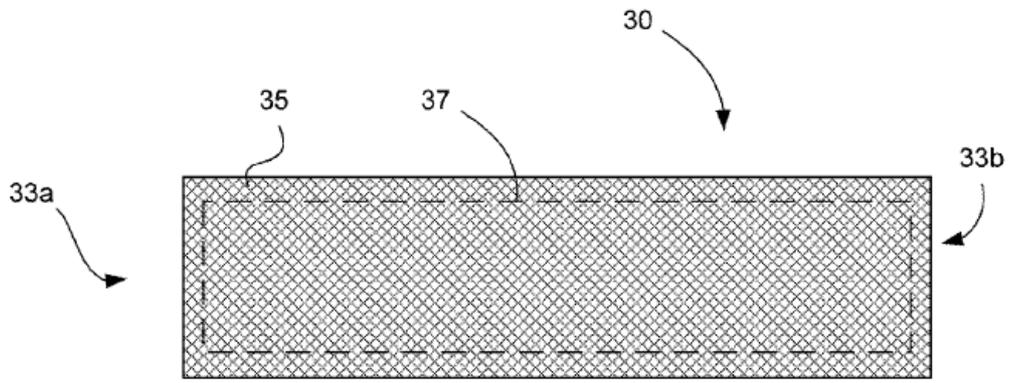


FIG. 3A

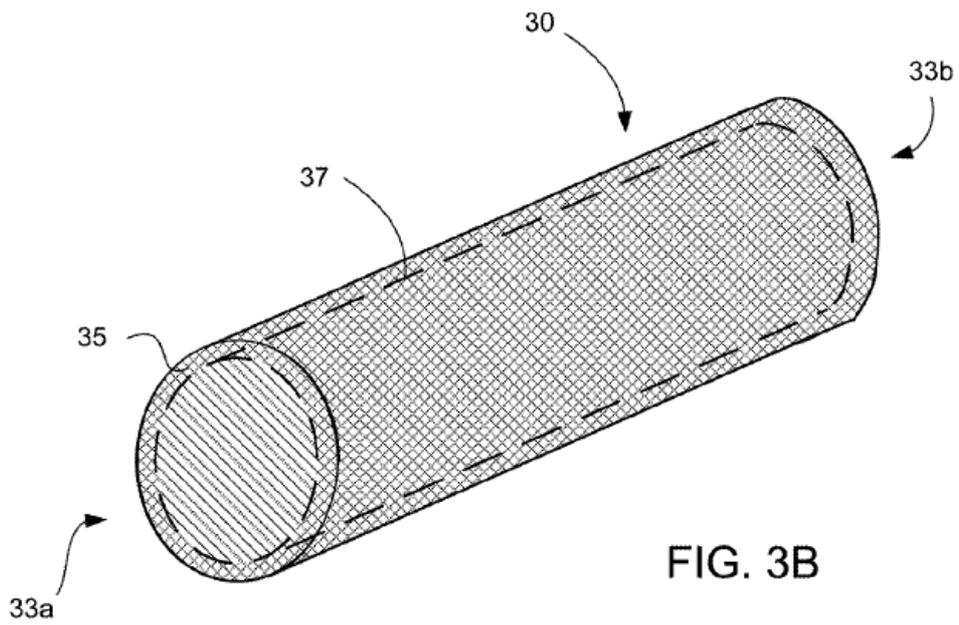
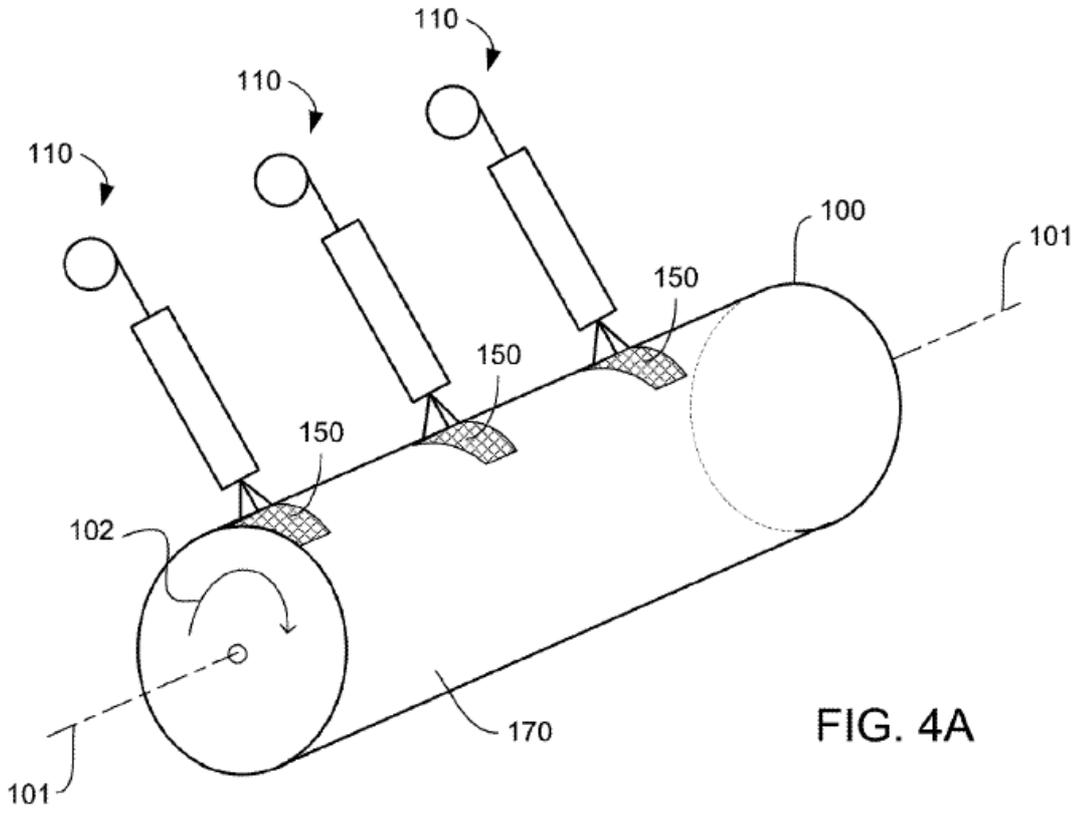


FIG. 3B



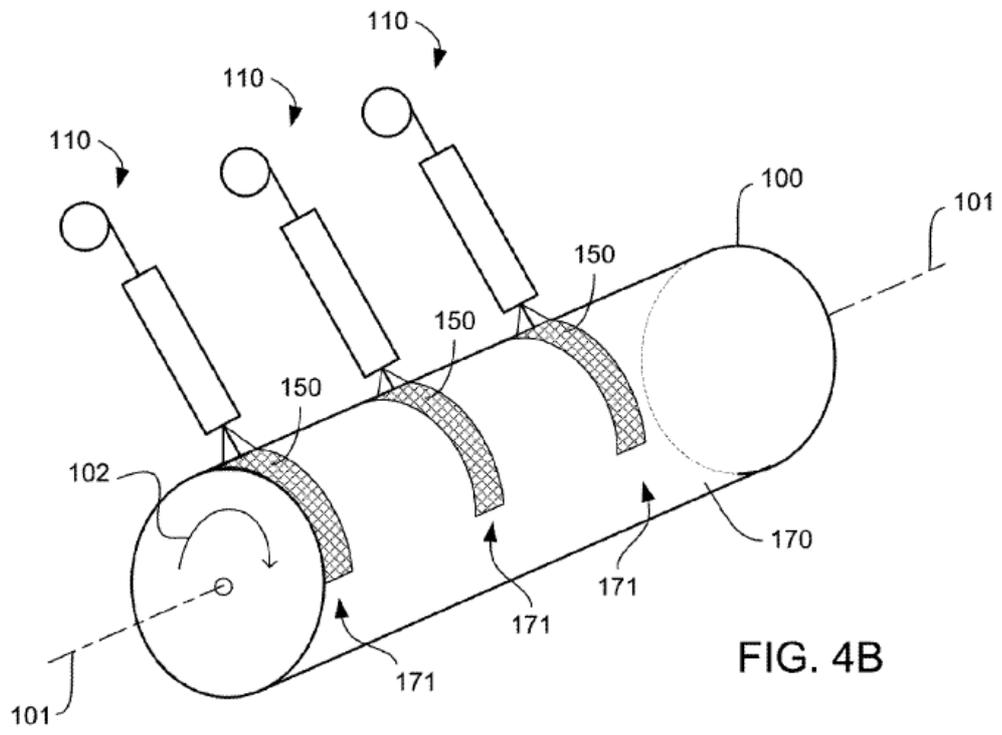


FIG. 4B

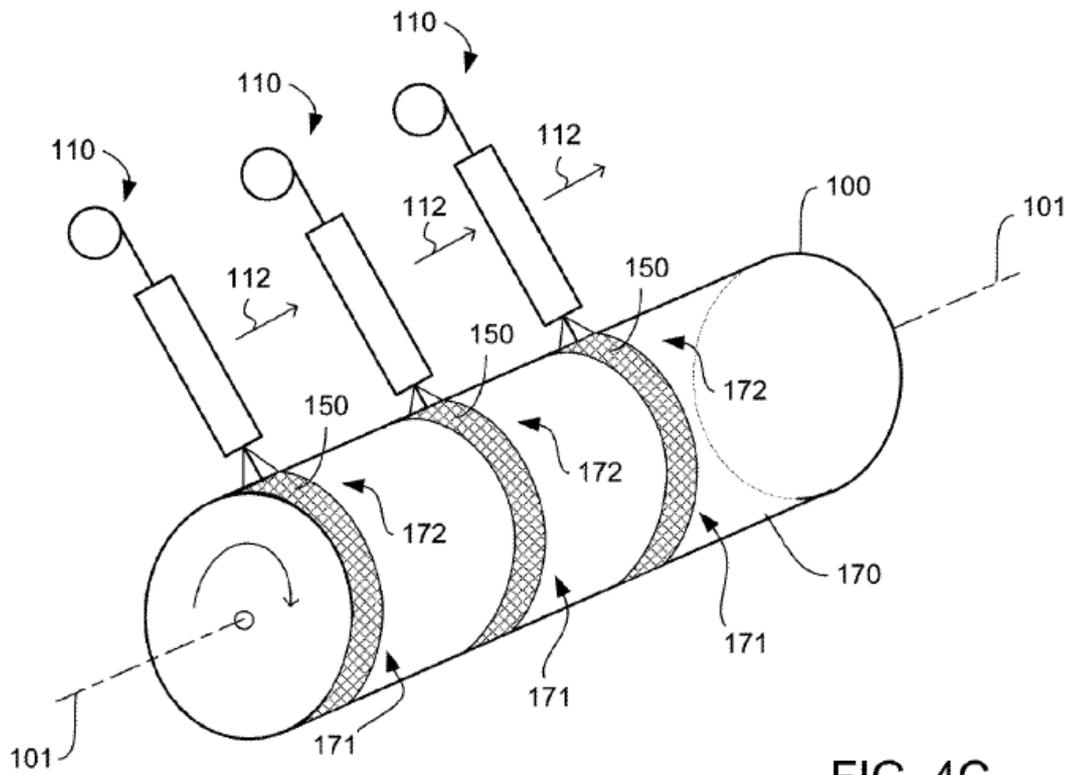


FIG. 4C

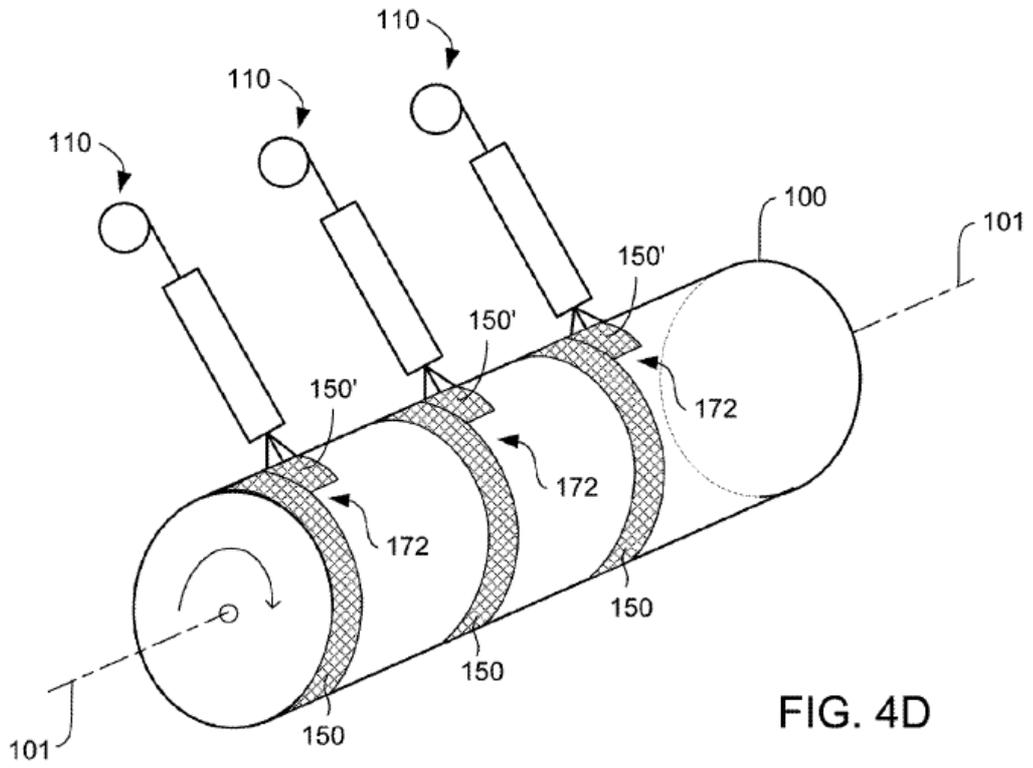
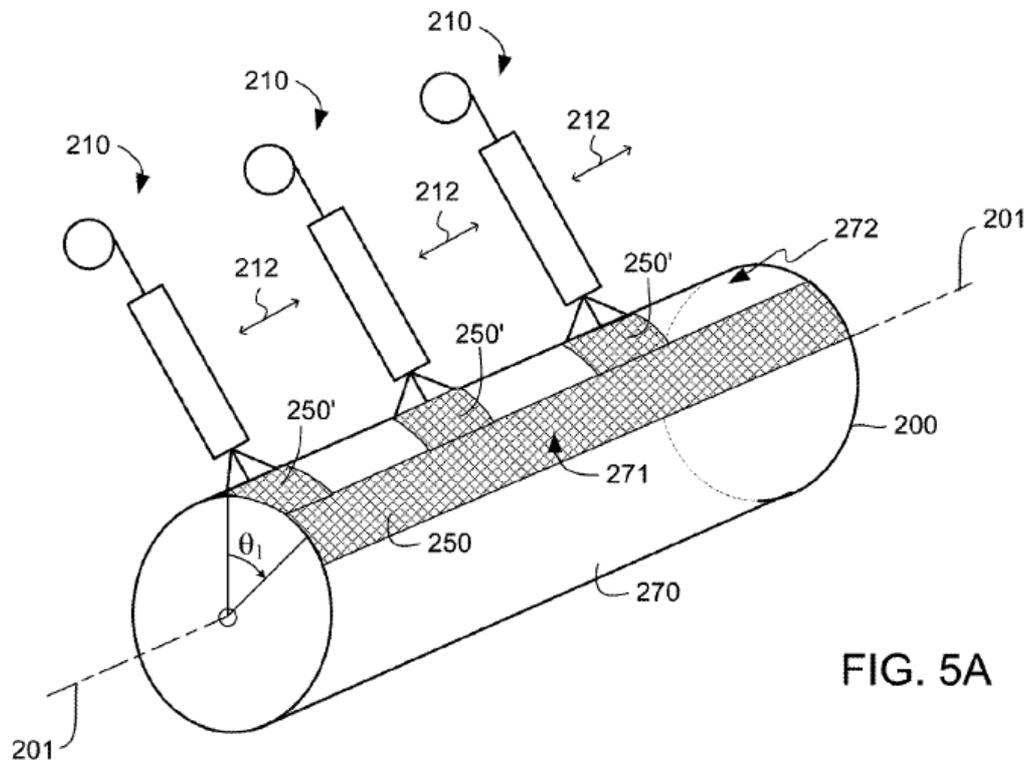


FIG. 4D



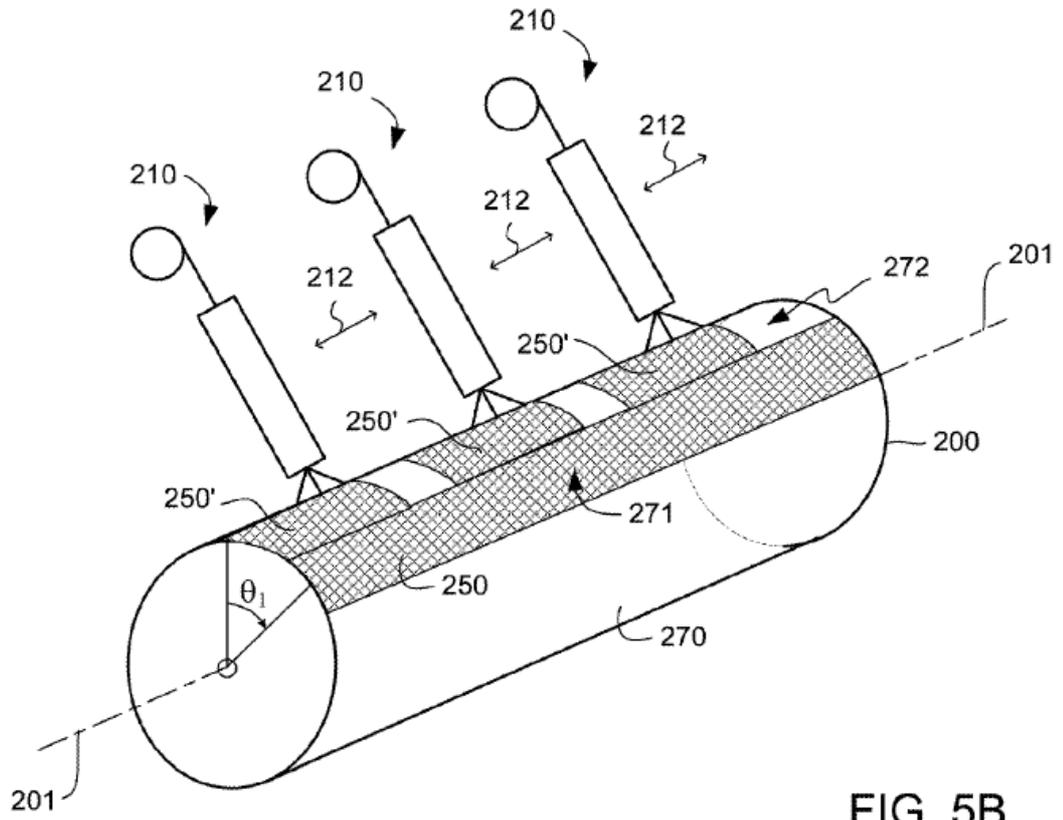


FIG. 5B

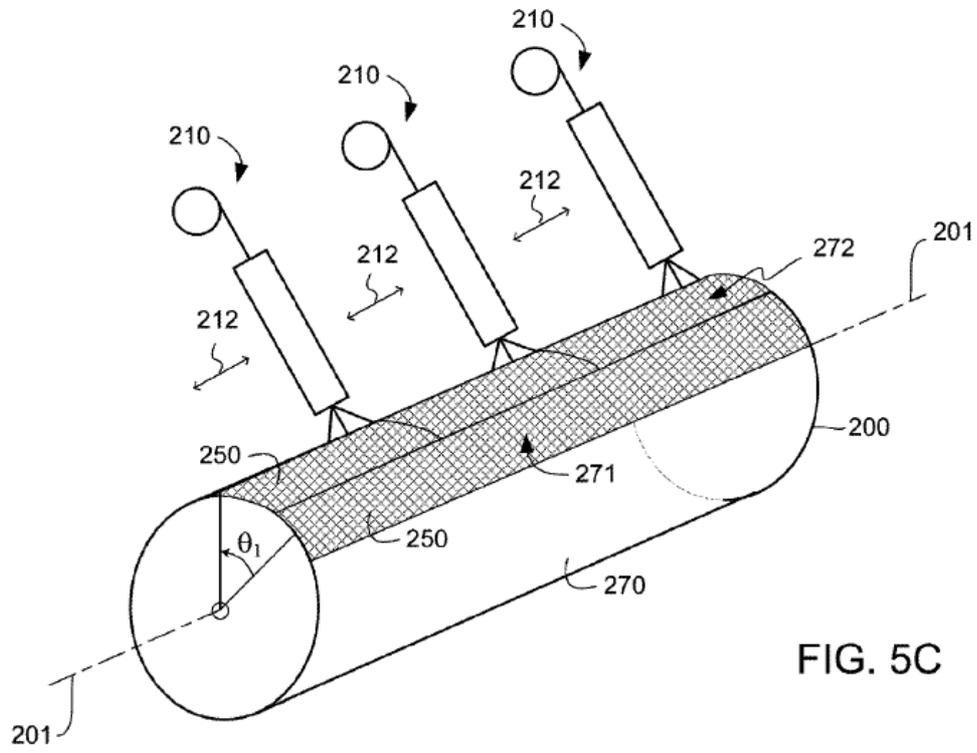


FIG. 5C

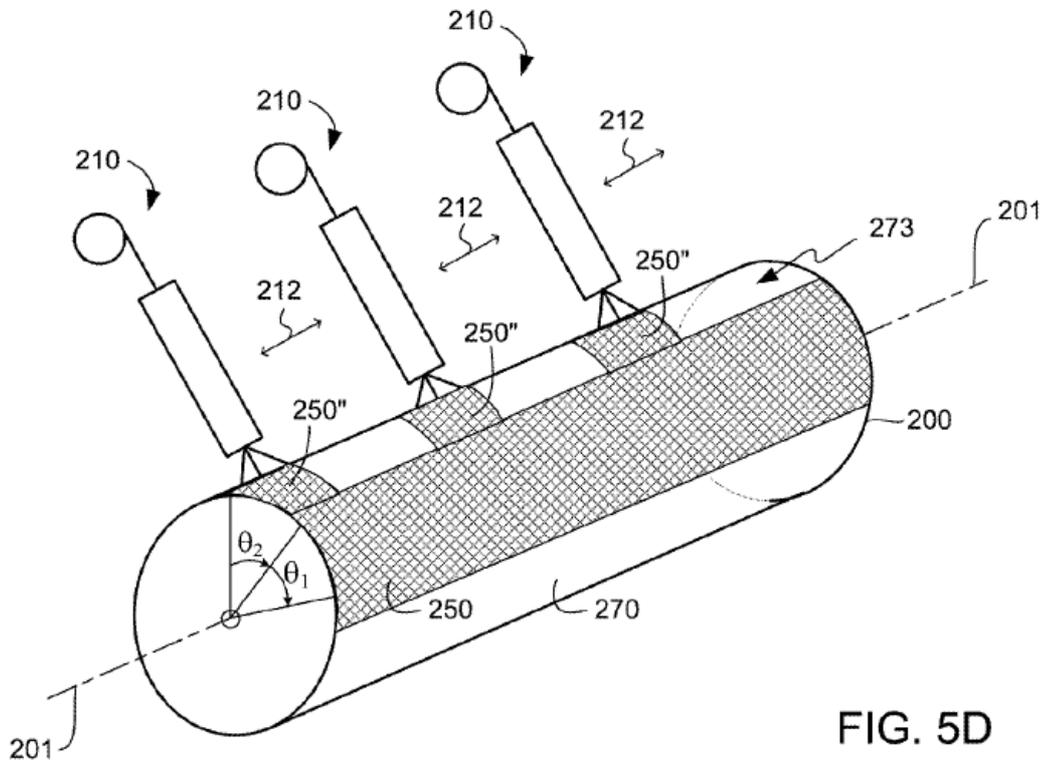
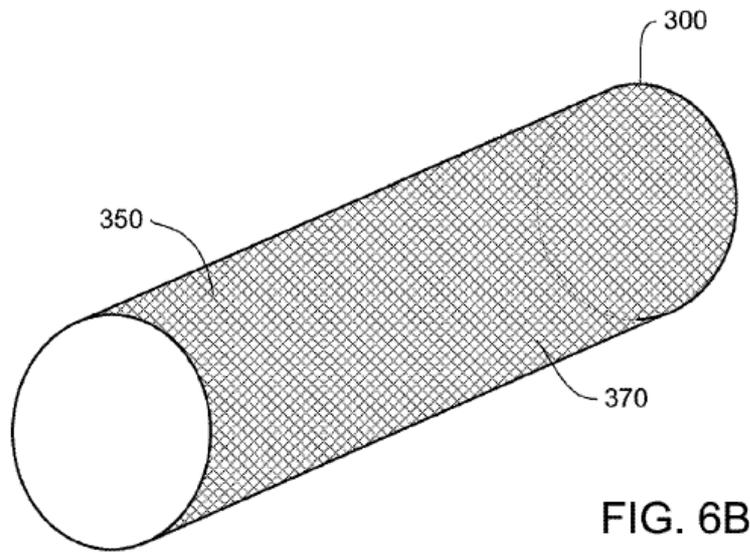
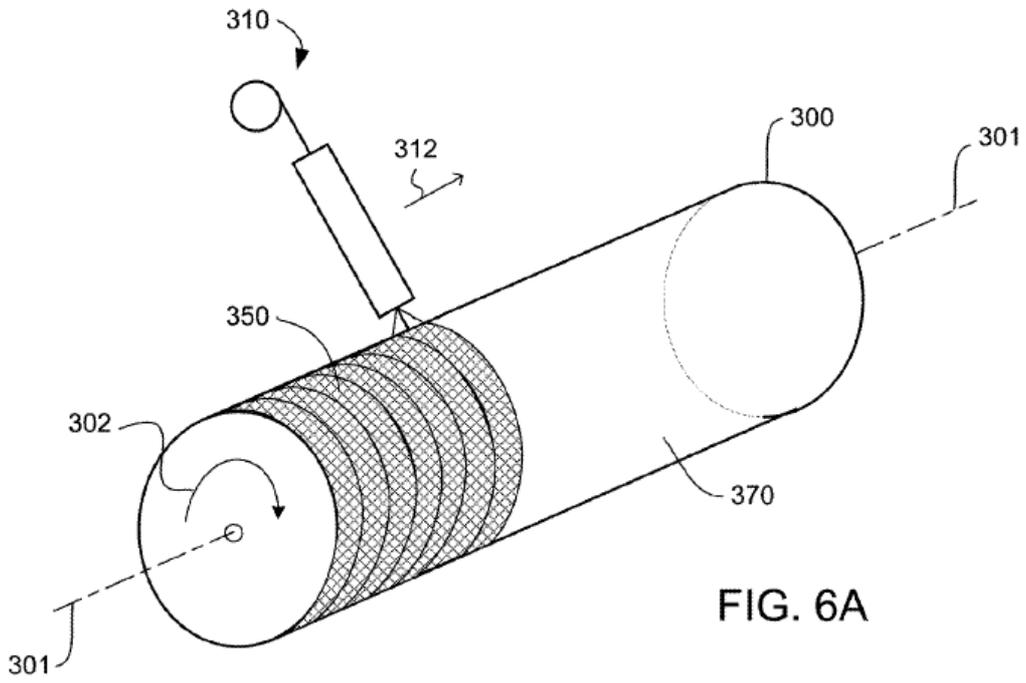


FIG. 5D



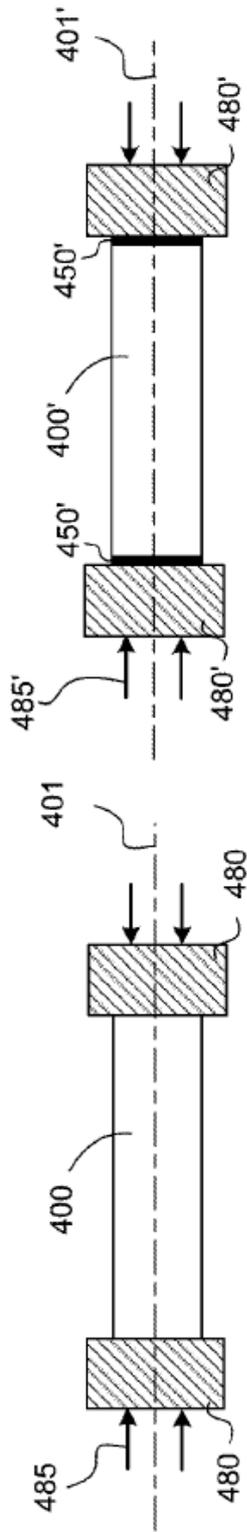


FIG. 7C

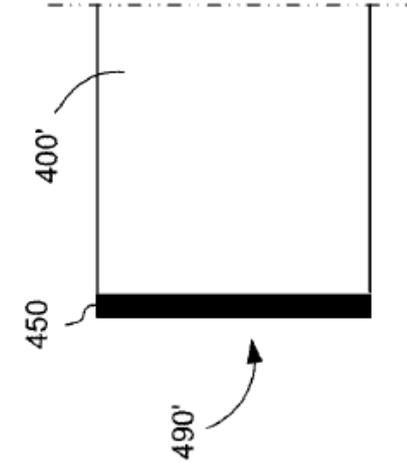


FIG. 7D

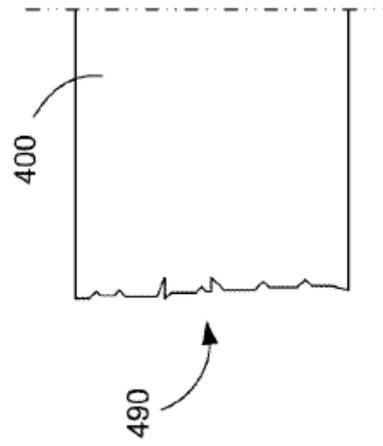


FIG. 7B

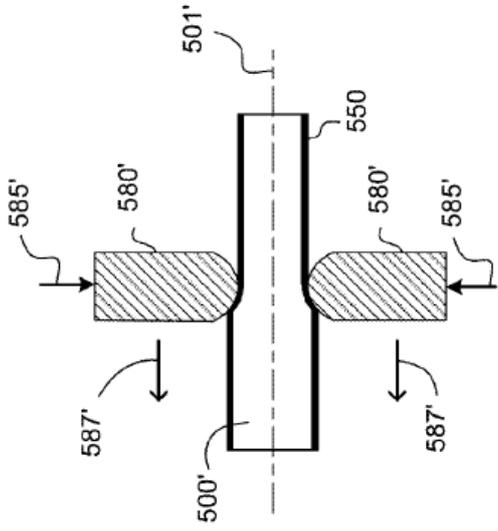


FIG. 8A

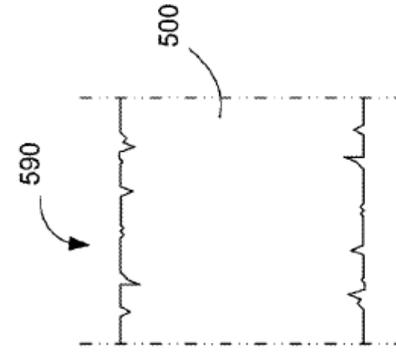


FIG. 8B

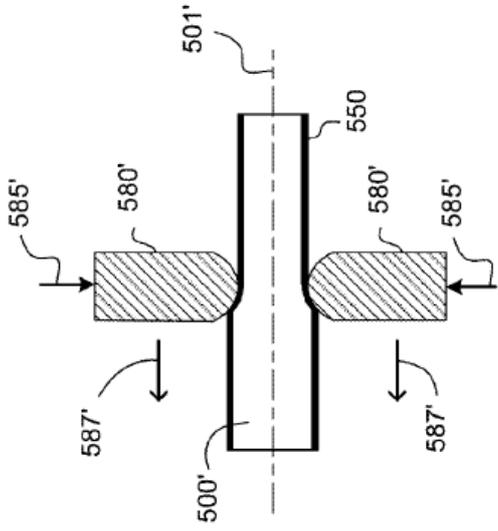


FIG. 8C

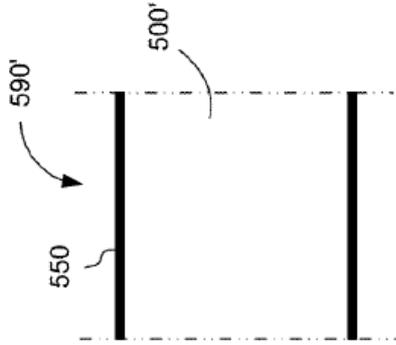


FIG. 8D

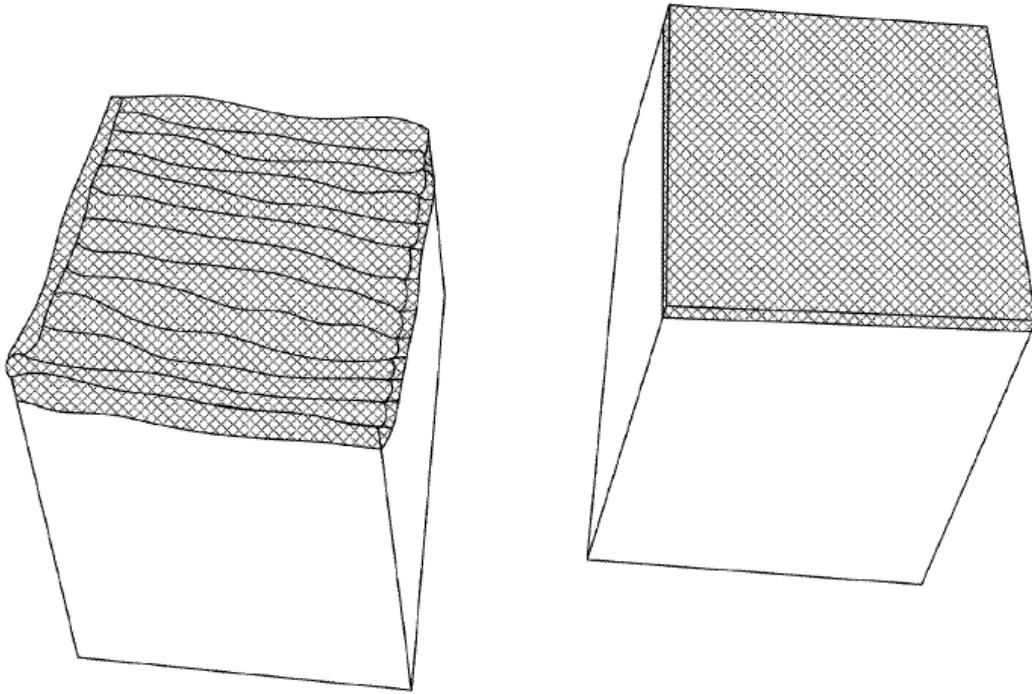


FIG. 9

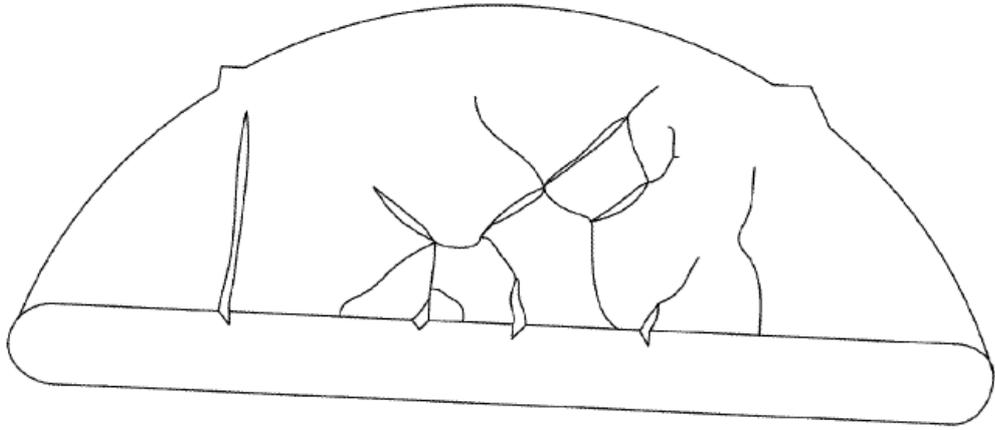


FIG. 10A

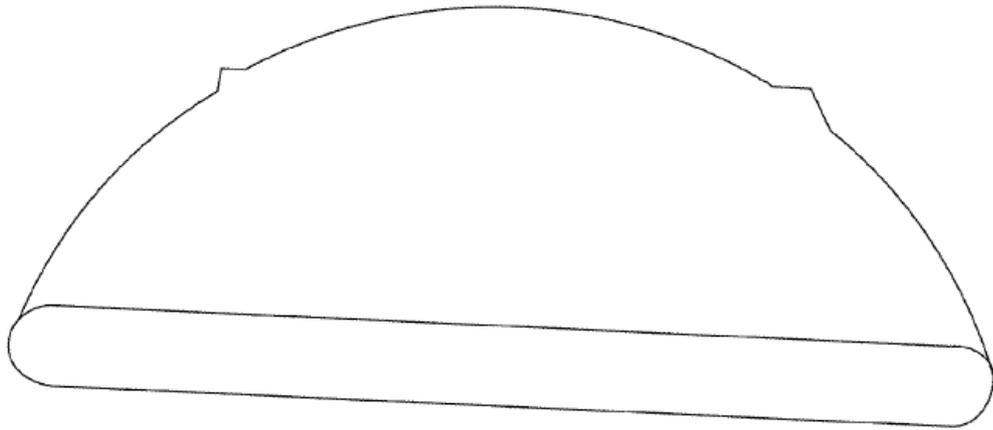


FIG. 10B

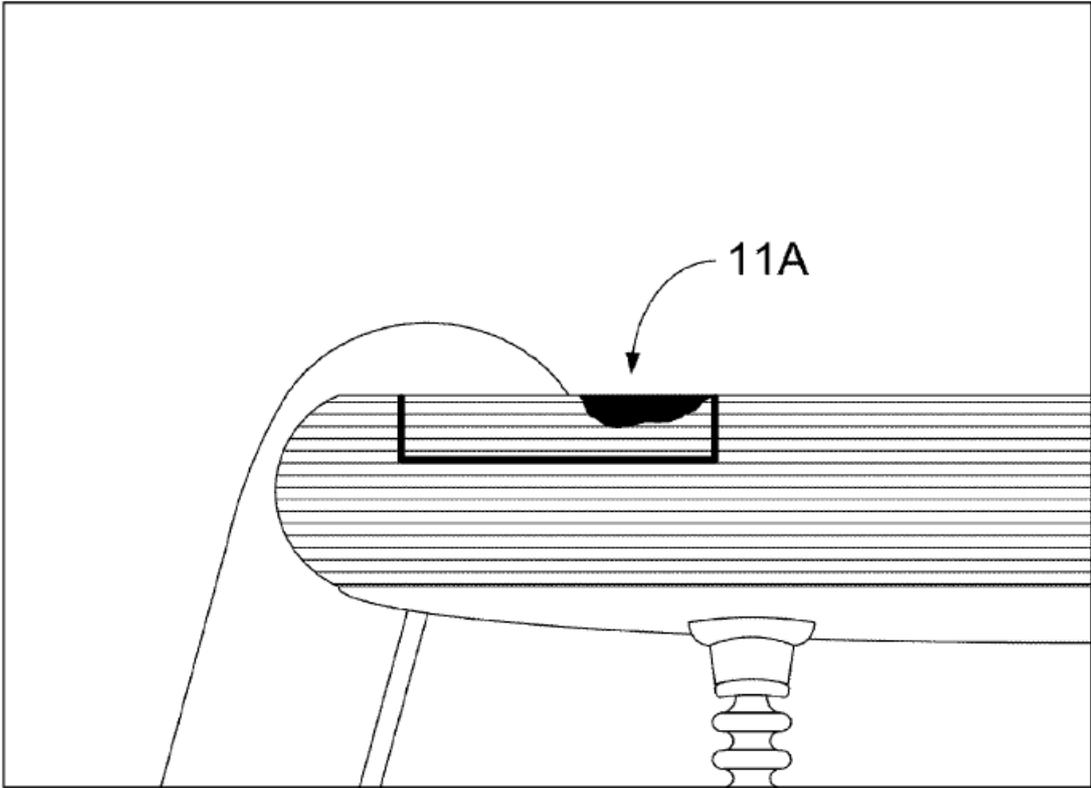


FIG. 11

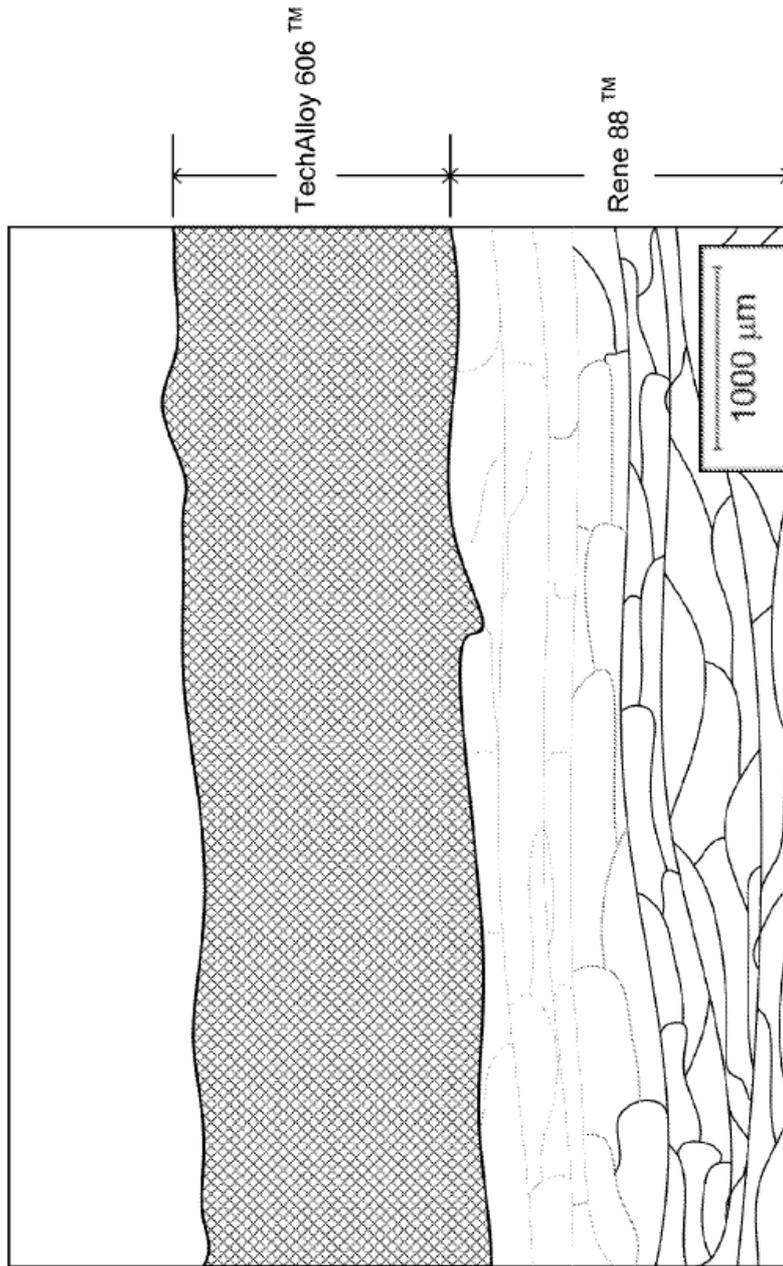


FIG. 11A