

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 411**

51 Int. Cl.:

**F15D 1/12** (2006.01)

**B21B 1/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2009 E 09791183 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016 EP 2307740**

54 Título: **Láminas y placas metálicas que tienen superficies con textura que reduce la fricción y métodos para fabricar las mismas**

30 Prioridad:

**17.04.2009 US 170390 P**

**17.04.2009 US 170410 P**

**05.08.2008 US 188055 P**

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

**05.10.2016**

73 Titular/es:

**ALCOA INC. (100.0%)**

**Alcoa Corporate Center, 201 Isabella Street  
Pittsburgh, PA 15212-5858, US**

72 Inventor/es:

**LI, MING;**

**MARINELLI, JAMES M.;**

**LIU, JIANTAO;**

**MAGNUSEN, PAUL E.;**

**SHEU, SIMON;**

**HEINIMANN, MARKUS B.;**

**LIU, JOHN y**

**VEGA, LUIS FANOR**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 585 411 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**

Láminas y placas metálicas que tienen superficies con textura que reduce la fricción y métodos para fabricar las mismas

5

**ANTECEDENTES**

La resistencia es una fuerza mecánica generada por un objeto sólido que se mueve a través de un fluido (un líquido o gas) como en el documento US 490 7 765. Cuando el fluido es un gas como aire, se denomina resistencia aerodinámica (o resistencia al aire). Cuando el fluido es un líquido como agua, se denomina resistencia hidrodinámica. En un ejemplo, las fuentes de resistencia aerodinámica son la fricción superficial entre moléculas del aire y la superficie sólida de un ala o fuselaje (tal como aquellas encontradas en un avión). En otro ejemplo, las fuentes de resistencia aerodinámica son la fricción superficial entre moléculas del aire y la superficie sólida de los álabes del rotor (tal como aquellas encontradas en una turbina eólica). Debido a que la fricción superficial es una interacción entre un sólido y un gas, la magnitud de la fricción superficial depende de las propiedades del sólido y del gas. Para el sólido, una superficie suave y encerada produce menos fricción superficial que una superficie áspera. Para el gas, la magnitud depende de la viscosidad del aire y la magnitud relativa de las fuerzas viscosas con el movimiento del flujo, expresada como el número de Reynolds. Junto con la superficie sólida, se genera una capa límite de flujo de energía baja y la magnitud de la fricción superficial depende de las condiciones en la capa límite.

10

15

**COMPENDIO**

Láminas y placas metálicas que tienen superficies con textura que reduce la fricción y métodos para fabricar las mismas se divulgan en la presente.

20

25

De acuerdo con una realización de la presente invención, se divulga una nave de transporte que incluye al menos un producto metálico que tiene al menos una superficie que está básicamente ranurada, en donde la superficie básicamente ranurada forma una topografía de microsurcos, incluyendo la topografía de microsurcos una multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes que corren a lo largo de al menos una parte de la superficie y en donde la topografía de microsurcos está revestida con al menos un recubrimiento que está diseñado y es aplicado suficientemente para conservar la topografía de microsurco. En una realización, la multiplicidad de los microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes resulta en una superficie con textura que reduce la fricción. En una realización, el producto metálico se utiliza para fabricar al menos una porción de un avión. En una realización, el producto metálico se utiliza para fabricar al menos una porción de un álabe del rotor. En una realización, el producto metálico es una lámina o placa de aleación de aluminio. En una realización, el producto metálico es una lámina o placa de titanio. En una realización, el producto metálico es una lámina o placa de acero.

30

35

40

De acuerdo con una realización de la presente invención, se divulga un método para fabricar un producto metálico que incluye proporcionar una lámina o placa metálica básicamente plana; pasar la lámina o placa metálica básicamente plana a través de un laminador, en donde el laminador incluye: al menos un rodillo que tiene una superficie externa grabada con una topografía de microsurcos, en donde la topografía de microsurcos incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes y al menos un rodillo que tiene una superficie externa básicamente plana sin alterar; producir una lámina o placa metálica ranurada que incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes que corren a lo largo de al menos una parte de la superficie; revestir la lámina o placa metálica básicamente ranurada con al menos un recubrimiento diseñado y aplicado suficientemente para conservar la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente; y obtener el producto metálico.

45

50

En una realización, dicho o dichos recubrimientos se seleccionan del grupo que consiste en una capa base, una capa de acabado y un recubrimiento de limpieza fácil/autolimpieza. En una realización, el recubrimiento de limpieza fácil/autolimpieza es un recubrimiento superhidrófilo. En una realización, el recubrimiento superhidrófilo es un sistema activado por luz que contiene dióxido de titanio de anatasa. En una realización, se agrega un aditivo químico hidrófobo a la capa de acabado. En una realización, el aditivo químico hidrófobo es un sistema de siloxano funcionalizado.

55

60

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La presente invención se explicará adicionalmente con referencia a los dibujos adjuntos, en donde estructuras similares son denominadas por numerales similares en todas las diversas vistas. Los dibujos que se muestran no están necesariamente a escala y en general se hace hincapié en la ilustración de los principios de la presente invención.

65

Las FIGURAS 1A a D representan dos realizaciones de diferentes rodillos que pueden utilizarse para fabricar láminas y placas metálicas que tienen superficies con textura que reduce la fricción de la presente invención. Las FIGURAS 1A y 1B ilustran un rodillo que tiene una topografía de microsurcos con forma de V grabada con una altura de microsurco de aproximadamente 125  $\mu\text{m}$ . Las FIGURAS 1C y 1D ilustran un rodillo que tiene una topografía de microsurcos con forma de V grabada con una altura de microsurco de aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ .

Las FIGURAS 2A a D muestran algunos ejemplos de varias geometrías de microsurcos que pueden grabarse en una superficie circunferencial externa de un rodillo. La FIGURA 2A muestra microsurcos con forma de V. La FIGURA 2B muestra microsurcos rectangulares. La FIGURA 2C muestra microsurcos con forma de escama de tiburón. La FIGURA 2D muestra microsurcos con forma de escama de tiburón modificados. La FIGURA 3 es una tabla que enumera varios parámetros (espaciado, altura, radio R, radio r y ángulo) de las geometrías de microsurcos ilustradas en las FIGURAS 2A a D.

Las FIGURAS 4A a H muestran imágenes de metalografía óptica transversales de topografías de microsurcos obtenidas en láminas de aleación de aluminio Alclad de calibre 0,270", ilustrando una realización, al pasar la lámina de aleación de aluminio a través de un laminador a diferentes porcentajes de reducción, donde A representa la reducción más alta y H la reducción más baja que incluye al menos un rodillo que tiene una superficie externa grabada con una topografía de microsurcos con forma de "V", en donde la topografía de microsurcos en el rodillo incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes que tienen una altura de aproximadamente 250  $\mu\text{m}$  y están separados a una distancia de aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ .

La FIGURA 5 es una gráfica que ilustra la relación entre el intervalo del rodillo (pulgadas) del laminador, la altura ( $\mu\text{m}$ ) de los microsurcos en la lámina de aleación de aluminio después de la laminación, el revestimiento restante (pulgadas) en la lámina de aleación de aluminio después de la laminación y la reducción (%) en calibre de la lámina de aleación de aluminio después de la laminación, en base a las muestras de las FIGURA 4A a H.

Las FIGURAS 6A a F muestran imágenes de metalografía óptica transversales de topografías de microsurcos obtenidas en láminas de aleación de aluminio Alclad de calibre 0,270", ilustrando una realización, al pasar la lámina de aleación de aluminio a través de un laminador a diferentes porcentajes de reducción, donde A representa la reducción más alta y F la reducción más baja que incluye al menos un rodillo que tiene una superficie externa grabada con una topografía de microsurcos con forma de escama de tiburón, en donde la topografía de microsurcos en el rodillo incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes que tienen una altura de aproximadamente 260  $\mu\text{m}$  y están separados a una distancia de aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ .

La FIGURA 7 es una gráfica que ilustra la relación entre el intervalo del rodillo (pulgadas) del laminador, la altura ( $\mu\text{m}$ ) de los microsurcos en la lámina de aleación de aluminio después de la laminación, el revestimiento restante (pulgadas) en la lámina de aleación de aluminio después de la laminación y la reducción (%) en calibre de la lámina de aleación de aluminio después de la laminación, en base a las muestras de las FIGURA 6A a F.

La FIGURA 8 muestra una realización de un pasaje de flujo para fabricar una lámina superficial de aleación de aluminio de fuselaje que tiene una superficie básicamente ranurada formada a partir de una topografía de microsurcos de la presente invención.

La FIGURA 9 muestra una realización de una temperatura con respecto a un esquema de tiempo para fabricar una lámina superficial de aleación de aluminio de fuselaje que tiene una superficie básicamente ranurada formada a partir de una topografía de microsurcos de la presente invención.

La FIGURA 10 muestra una realización de un pasaje de flujo para fabricar una lámina superficial de aleación de aluminio de fuselaje que tiene una superficie básicamente ranurada formada a partir de una topografía de microsurcos de la presente invención.

La FIGURA 11 muestra una realización de una temperatura con respecto a un esquema de tiempo para fabricar una lámina superficial de aleación de aluminio de fuselaje que tiene una superficie básicamente ranurada formada a partir de una topografía de microsurcos de la presente invención. Los microsurcos se laminaron después de un paso de tratamiento térmico en solución.

La FIGURA 12 muestra una realización de una temperatura con respecto a un esquema de tiempo para fabricar una lámina superficial de aleación de aluminio de fuselaje que tiene una superficie básicamente ranurada formada a partir de una topografía de microsurcos de la presente invención. Los microsurcos se laminaron después de un paso de recocido pero antes de un paso de tratamiento térmico en solución.

La FIGURA 13 muestra una realización de un pasaje de flujo para fabricar una lámina o placa superficial de aleación de aluminio que tiene una superficie básicamente ranurada formada a partir de una topografía de microsurcos de la presente invención.

La FIGURA 14 muestra una realización de una temperatura con respecto a un esquema de tiempo para fabricar una lámina superficial de aleación de aluminio de fuselaje que tiene una superficie básicamente ranurada formada a partir de una topografía de microsurcos de la presente invención.

La FIGURA 15 muestra una realización de un pasaje de flujo para fabricar una lámina o placa superficial de aleación de aluminio que tiene una superficie básicamente ranurada formada a partir de una topografía de microsurcos de la presente invención.

La FIGURA 16 muestra una realización de una temperatura con respecto a un esquema de tiempo para fabricar una lámina superficial de aleación de aluminio de fuselaje que tiene una superficie básicamente ranurada formada a partir de una topografía de microsurcos de la presente invención.

5 La FIGURA 17 muestra una realización de un pasaje de flujo para fabricar una lámina o placa superficial de ala de aleación de aluminio que tiene una superficie básicamente ranurada formada a partir de una topografía de microsurcos de la presente invención.

Las FIGURAS 18A a B muestran imágenes de metalografía óptica transversales de dos patrones de microsurcos diferentes que se laminaron de forma permanente en una lámina de aleación de aluminio Alclad utilizando métodos de la presente invención.

10 La FIGURA 19 muestra una realización de un pasaje de flujo para la preparación y pintada superficial de una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear una aleación de aluminio de la presente invención.

La FIGURA 20A muestra una realización de una configuración para aplicar una combinación de capa base/capa de acabado utilizando un abordaje de ventosa manual para la aplicación de capa base y capa de acabado en una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear un producto de aleación de aluminio de la presente invención. La FIGURA 20B muestra una imagen de metalografía óptica transversal de un producto de aleación de aluminio que tiene microsurcos con forma de V revestidos con una combinación de capa base/capa de acabado de acuerdo con la tabla, ilustrando una realización.

20 La FIGURA 21A muestra una realización de una configuración para aplicar una combinación de capa base/capa de acabado utilizando un abordaje de ventosa manual para la aplicación de capa base y capa de acabado en una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear un producto de aleación de aluminio de la presente invención. La FIGURA 21B muestra una imagen de metalografía óptica transversal de un producto de aleación de aluminio que tiene microsurcos con forma de V revestidos con una combinación de capa base/capa de acabado de acuerdo con la tabla, ilustrando una realización.

25 La FIGURA 22A muestra una realización de una configuración para aplicar una combinación de capa base/capa de acabado utilizando un abordaje de ventosa manual para la aplicación de capa base y un abordaje electrostático giratorio robótico para la aplicación de la capa de acabado en una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear un producto de aleación de aluminio de la presente invención. La FIGURA 22B muestra una imagen de metalografía óptica transversal de un producto de aleación de aluminio que tiene microsurcos con forma de V revestidos con una combinación de capa base/capa de acabado de acuerdo con la tabla, ilustrando una realización.

30 La FIGURA 23A muestra una realización de una configuración para aplicar una combinación de capa base/capa de acabado utilizando un abordaje de depósito a presión electrostático manual para la aplicación de capa base y capa de acabado en una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear un producto de aleación de aluminio de la presente invención. La FIGURA 23B muestra una imagen de metalografía óptica transversal de un producto de aleación de aluminio que tiene microsurcos de ondas senoidales revestidos con una combinación de capa base/capa de acabado de acuerdo con la tabla, ilustrando una realización.

35 La FIGURA 24A muestra una realización de una configuración para aplicar una combinación de capa base/capa de acabado utilizando un abordaje de recubrimiento electrónico por inmersión de electrodeposición para la aplicación de capa base y un abordaje de ventosa manual para la aplicación de la capa de acabado en una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear un producto de aleación de aluminio de la presente invención. La FIGURA 24B muestra una imagen de metalografía óptica transversal de un producto de aleación de aluminio que tiene microsurcos con forma de V revestidos con una combinación de capa base/capa de acabado de acuerdo con la tabla, ilustrando una realización.

40 Las FIGURAS 25A y 25B muestran dos realizaciones diferentes para un método para prevenir la contaminación del producto de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos laminados permanentes de la presente invención.

45 Las FIGURAS 26A a C demuestran que un producto de aleación de aluminio que tiene superficies con textura que reduce la fricción de una realización de la presente invención aumentado con un componente de limpieza fácil/autolimpieza es capaz de exhibir una limpieza mejorada durante una topografía pintada sin componente de limpieza fácil.

50 La FIGURA 27 es una tabla que enumera las condiciones de aplicación de pintura y/o agente de limpieza fácil/autolimpieza para los productos de aleación de aluminio que tienen superficies con textura que reduce la fricción de las FIGURAS 26A a C.

60 Las FIGURAS 28A y 28B muestran ilustraciones esquemáticas de una realización de un perfil de microsurcos laminados que tienen un tratamiento de superficie para compuestos de sello de impregnación que permiten el uso de anodización con ácido bórico-sulfúrico o sulfúrico.

La FIGURA 29A y 29B muestran ilustraciones esquemáticas de una realización de un perfil de microsurcos laminados que tienen un tratamiento de superficie creado utilizando un abordaje electrostático manual. El perfil de microsurcos incluye una "V" profunda y topografía de ondas senoidales.

La FIGURA 30A a D muestra los resultados de un experimento en el cual los compuestos de sello de impregnación, en tándem con un sistema de limpieza fácil/autolimpieza, exhibieron una mejor limpieza inherente que uno estándar pintado con o sin un sistema de limpieza fácil/autolimpieza, ilustrando una realización de la presente invención. La FIGURA 30A muestra un producto de aleación de aluminio de una realización de la presente invención que tiene una capa base estándar con anodizado bórico-sulfúrico y sellada y capa de acabado estándar (sin componente de limpieza fácil/autolimpieza). La FIGURA 30B muestra un producto de aleación de aluminio de una realización de la presente invención que tiene una capa base estándar con anodizado bórico-sulfúrico y sellada y una capa de acabado estándar con dos capas de un sistema activado por luz de recubrimiento superhidrófilo que contiene dióxido de titanio de anatasa (TOTO). La FIGURA 30C muestra un producto de aleación de aluminio de una realización de la presente invención que tiene una capa base estándar con anodizado bórico-sulfúrico (sin sellado) revestida con polisiloxano SDC MP101 con 2% de TOTO mezclado en el mismo. La FIGURA 30D muestra un producto de aleación de aluminio de una realización de la presente invención que tiene una capa base estándar con anodizado bórico-sulfúrico (sin sellado) revestida con polisilazano Kion 1067A con 2% de TOTO mezclado en el mismo.

Aunque los dibujos identificados anteriormente establecen las realizaciones divulgadas en la presente, también pueden contemplarse otras realizaciones, como se indica en la descripción. Esta divulgación presenta realizaciones ilustrativas a modo de representación y no limitación. Numerosas otras modificaciones y realizaciones pueden ser concebidas por expertos en la técnica que se encuentran dentro del alcance y espíritu de los principios de la invención divulgada en la presente.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

En una realización, la presente invención proporciona láminas metálicas (típicamente mayores que aproximadamente 0,001 pulgadas y menores que aproximadamente 0,30 pulgadas) y placas (típicamente mayores que aproximadamente 0,30 pulgadas) que tienen una superficie básicamente ranurada laminada de forma permanente formada a partir de una topografía de microsurcos (una textura para la superficie de otro modo suave) y métodos para fabricarlos. La topografía de microsurcos incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes que corren a lo largo de al menos parte de la superficie que resulta en una superficie con textura que reduce la fricción. En una realización, la superficie con textura que reduce la fricción proporciona una reducción de la resistencia en el rango de aproximadamente cinco por ciento hasta aproximadamente quince por ciento. En una realización, las láminas y placas metálicas están revestidas con al menos un recubrimiento diseñado y aplicado suficientemente para conservar la topografía de microsurcos, resultando en un producto metálico de la presente invención. En una realización, un producto metálico de la presente invención se utiliza para fabricar una nave de transporte, incluyendo, a modo no taxativo, un avión o vehículo aéreo (tal como un aeroplano, un helicóptero, un misil, un planeador, un globo aerostático y un dirigible), un vehículo terrestre (tal como un automóvil y un tren), un vehículo marítimo (tal como un submarino, un yate, un vehículo no tripulado superficial, un vehículo submarino autónomo, etc.) y una pared de cañerías.

En una realización, un producto metálico de la presente invención se utiliza para fabricar al menos una porción de un avión, tal como un ala, un cono de cola o empenaje del fuselaje y estabilizadores. En una realización, un producto metálico de la presente invención se utiliza para fabricar al menos un álabe del rotor de una turbina eólica. En una realización, un producto metálico de la presente invención se utiliza para fabricar al menos una pared de una cañería. El avión debería tener buena economía de combustible y los álabes del rotor de la turbina eólica deben tener altas velocidades periféricas para trabajar de manera eficiente. Estos requisitos apoyan el hecho de que las alas del avión y los álabes del rotor deben tener baja resistencia aerodinámica.

Ya que la reducción de la resistencia está directamente asociada con las mejoras en la eficiencia del combustible, una reducción de la resistencia del cinco por ciento puede resultar en una mejora de eficiencia del combustible de aproximadamente once por ciento, mientras que una reducción de la resistencia más alta conducirá a mejoras incluso mayores en la eficiencia del combustible. Al medir uno o más de los siguientes parámetros incluyendo, a modo no taxativo, fricción superficial media, coeficiente de resistencia a la fricción superficial (Cdf), estrés de corte de la superficie o pared, presiones de Preston, presiones detrás y al frente de la superficie del ala, distribución de la velocidad corriente abajo de la topografía de los microsurcos o intensidad de turbulencia de pared, se cuantifica la reducción de la fricción (resistencia) que la superficie con textura de la invención puede proporcionar. En una realización, la reducción de la fricción es una reducción de la resistencia a la fricción superficial. A modo de determinar la reducción de la resistencia proporcionada por las láminas y placas metálicas de la presente invención, pueden realizarse experimentos al utilizar uno o más de los siguientes métodos incluyendo, a modo no taxativo, evaluación de túnel de agua, evaluación de túnel de viento y evaluación de flujo de canal (por ejemplo, aceite o agua). La reducción de la resistencia puede compararse con la de una lámina o placa metálica de superficie plana suave. Las láminas y placas metálicas que tienen superficies suaves pueden evaluarse simultáneamente con las láminas y placas metálicas de la presente invención para permitir una comparación uno a uno.

Tal como se utiliza en la presente, "aleación de aluminio" significa un material que incluye aluminio y otro metal aleado con el mismo, e incluye una o más de las aleaciones serie 1XXX, 2XXX, 3XXX, 5XXX, 6XXX, 7XXX y 8XXX de la Asociación del Aluminio y variantes de las mismas. En una realización, una aleación de aluminio de la presente

invención es "Alclad" o "revestida", lo que se define como una aleación de aluminio de molde que está revestida en una o ambas superficies con una capa fina unida metalúrgicamente de aluminio puro o aleación de aluminio, donde la combinación del núcleo y las aleaciones de revestimiento se seleccionan de modo que el revestimiento es anódico al núcleo.

5 Tal como se utiliza en la presente, "producto de aleación de aluminio" de la presente invención se refiere a una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene al menos una superficie que está básicamente ranurada, en donde la superficie básicamente ranurada está formada a partir de una topografía de microsurcos y en donde la topografía de microsurcos incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes que corren a lo largo de al menos una parte de la superficie.

10 Si bien por cuestiones de conveniencia de la presente divulgación se ha hecho referencia al uso de aluminio y aleaciones preferidas particulares para las láminas y placas metálicas que tienen topografía de microsurcos laminados de forma permanente, la invención no se limita al mismo. Otras aleaciones de aluminio y otros metales pueden emplearse de manera ventajosa. Por ejemplo, podrían utilizarse acero, cobre, hierro, titanio y combinaciones de los mismos.

15 En una realización, las láminas y placas metálicas que tienen la topografía de microsurcos laminados de forma permanente se fabrican a partir de una estructura de aleación de aluminio. En una realización, la estructura de aleación de aluminio es una aleación de aluminio de revestimiento, por ejemplo, una estructura de aleación de aluminio Alclad. En una realización, la estructura de aleación de aluminio Alclad es una lámina Alclad 2524. En una realización, la estructura de aleación de aluminio es una estructura de aleación de aluminio sin revestimiento o desnuda. En una realización, la estructura de aleación de aluminio desnuda es una lámina de Al-Li. En una realización, la estructura de aleación de aluminio desnuda es una aleación serie 5XXX. La estructura de aleación de aluminio puede ser una aleación de aluminio tratable con calor o una aleación de aluminio no tratable con calor. Aleaciones no tratables con calor constituyen un grupo de aleaciones que se basan en trabajo frío y fortalecimiento de solución sólida para sus propiedades de resistencia. Las mismas difieren de aleaciones tratables con calor porque no se basan en precipitados de segunda fase para una resistencia mejorada.

20 La estructura de aleación de aluminio puede ser cualquier aleación de aluminio adecuada, pero en algunas instancias es una aleación de aluminio forjado, tal como cualquiera de las aleaciones serie 1XXX, 2XXX, 3XXX, 5XXX, 6XXX, 7XXX y 8XXX, según lo definido por The Aluminum Association, Inc, y variantes de las mismas. En una realización, la estructura de aleación de aluminio es una aleación serie 2XXX. En una realización, la aleación serie 2XXX es una aleación serie 2524. En una realización, la estructura de aleación de aluminio es una aleación serie 5XXX. En una realización, la estructura de aleación de aluminio es una aleación de aluminio-litio.

25 Tal como se utiliza en la presente, la expresión "resistencia a la fricción superficial" se refiere a la resistencia que resulta de la interacción viscosa de un fluido (un líquido o un gas) con una superficie. Por ejemplo, la resistencia a la fricción superficial puede ser causada por el contacto real de partículas de aire contra una superficie de un avión. Debido a que la resistencia a la fricción superficial es una interacción entre un sólido (por ejemplo, la superficie de un avión) y un fluido (por ejemplo, el aire), la magnitud de la resistencia a la fricción superficial depende de las propiedades del sólido y el fluido. Para el avión sólido, la resistencia a la fricción superficial puede reducirse si la velocidad aerodinámica puede aumentarse un poco manteniendo la superficie de un avión altamente pulida y limpia. Para el fluido, la magnitud de la resistencia depende de la viscosidad del aire o líquido que está en contacto con la superficie sólida. Junto con la superficie sólida del avión, se genera una capa límite de bajo flujo de energía.

30 Tal como se utiliza en la presente, la expresión "topografía de microsurcos" se refiere a una textura que reduce la fricción que se ha laminado de forma permanente en una estructura de aleación de aluminio, tal como una lámina o placa. En una realización de la invención, una topografía de microsurcos incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes que se han laminado de forma permanente en una estructura de aleación de aluminio que resulta en una lámina o placa metálica que tiene una superficie con textura que reduce la fricción. En una realización, la superficie con textura que reduce la fricción es una superficie que reduce la resistencia a la fricción superficial de un objeto que incorpora la lámina o placa metálica de la presente invención. En una realización, las láminas y placas metálicas de la presente invención se utilizan para fabricar aeronaves, ya sea aeronaves comerciales, aeronaves militares o aeronaves espaciales. En una realización, las láminas y placas metálicas de la presente invención se utilizan para la fabricación de embarcaciones marítimas, ya sea buques de superficie o aquellos diseñados para ser operados en una condición sumergida. En una realización, las láminas y placas metálicas de la presente invención son utilizadas para fabricar trenes, tales como trenes rápidos o trenes de "alta velocidad". En una realización, las láminas y placas metálicas de la presente invención se utilizan para fabricar álabes del rotor, tales como aquellos encontrados en un helicóptero o en una turbina eólica. En una realización, las láminas y placas metálicas de la presente invención se utilizan para la fabricación de una pared de una cañería.

35 En una realización, un método para fabricar un producto metálico de la presente invención incluye proporcionar una lámina o placa básicamente plana; pasar la lámina o placa metálica básicamente plana a través de un laminador, en donde el laminador incluye al menos un rodillo que tiene una superficie externa grabada con una topografía de

microsurcos, en donde la topografía de microsurcos incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes; y al menos un rodillo que tiene una superficie externa básicamente plana sin alterar; producir una lámina o placa metálica básicamente ranurada que incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes que corren a lo largo de al menos una parte de la superficie que reviste la lámina o placa metálica básicamente ranurada con al menos un recubrimiento diseñado y aplicado suficientemente para conservar la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes; y obtener el producto metálico.

En una realización, cada microsurco en la topografía de microsurcos tiene una altura igual o uniforme. La geometría de los microsurcos en la topografía de microsurcos puede ser de muchas formas incluyendo, a modo no taxativo, microsurcos con forma de V, microsurcos rectangulares, microsurcos con forma de escama de tiburón (SS) y microsurcos con forma de escama de tiburón modificados. Los microsurcos de varias formas, tales como los microsurcos con forma de V y los microsurcos con forma de escama de tiburón son típicamente una serie integrada de picos y valles similares a ranuras. En una realización, cada microsurco en la topografía de microsurcos tiene una altura desigual o no uniforme. Los rangos para la altura pueden ser de aproximadamente 0,001 pulgadas (aproximadamente 25  $\mu\text{m}$ ) hasta aproximadamente 0,20 pulgadas (aproximadamente 5,0 mm). En una realización, cada microsurco en la topografía de microsurcos está separado uniformemente entre sí. En una realización, cada microsurco en la topografía de microsurcos está separado a una distancia irregular no uniforme entre sí. Los rangos para la altura pueden ser de aproximadamente 0,001 pulgadas (aproximadamente 25  $\mu\text{m}$ ) hasta aproximadamente 0,20 pulgadas (aproximadamente 5 mm). Los valores típicos para la altura y espaciado de los microsurcos son entre aproximadamente 25  $\mu\text{m}$  hasta aproximadamente 2 mm.

La lámina o placa de aleación de aluminio se pasa a través de los pares de rodillos, en donde los rodillos se separan una distancia entre sí. Tal como se utiliza en la presente, la expresión "intervalo de rodillo" se refiere a la distancia desde el rodillo de superficie externo básicamente plano sin alterar al pico de un microsurco en el rodillo grabado. En una realización, los rangos para el intervalo del rodillo pueden ser de aproximadamente 0,22 pulgadas hasta aproximadamente 0,27 pulgadas. El intervalo del rodillo tiene un efecto sobre la reducción de la lámina o placa de aleación de aluminio, y sobre la reducción de cada uno de los microsurcos en la topografía de microsurcos del producto de aleación de aluminio, como se describirá en detalle a continuación en relación con la FIGURA 4, FIGURA 5, FIGURA 6 y FIGURA 7. En una realización, la reducción de laminado puede ser de hasta aproximadamente 10% para una lámina superficial de Alclad. En una realización, la reducción de laminado puede ser de hasta 70% para una lámina o placa de aluminio desnuda (o sin revestimiento).

En una realización de la presente invención, una superficie circunferencial externa de un rodillo, por ejemplo un rodillo de acero, está grabada con una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes. Esto puede lograrse utilizando varios métodos incluyendo, a modo no taxativo, mecánica de precisión, grabado láser, moleteado, texturizado por descarga eléctrica (EDT), granallado al vacío, litografía de rayos X 3D y enmascaramiento con película. Por ejemplo, en grabado láser, los patrones generados por el ordenador se transfieren a un modulador láser y el tren de pulsos de haces de láser correspondiente se proyecta en la superficie del rodillo para realizar las proyecciones e indentaciones deseadas de una topografía de microsurcos. En una realización, la herramienta de corte utilizada para crear la multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes es un material de nitruro de boro cúbico policristalino (PCBN). En una realización, la superficie circunferencial externa del rodillo se graba con una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes utilizando una máquina de texturizado por descarga eléctrica. En una realización, la superficie circunferencial externa del rodillo se graba con una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes utilizando una máquina de texturizado por descarga eléctrica por cable. Al laminar el rodillo grabado de la presente invención en, por ejemplo, una placa o lámina de aleación de aluminio laminada en frío o laminada en caliente ya sea en tándem o simultáneamente, la misma topografía de microsurcos se laminará de forma permanente sobre la placa o lámina de aleación de aluminio.

En una realización, el rodillo que tiene la topografía de microsurcos grabada tiene un diámetro de entre aproximadamente tres pulgadas y aproximadamente cuarenta pulgadas. En una realización, el rodillo que tiene la topografía de microsurcos grabada tiene un diámetro de entre aproximadamente diez pulgadas y aproximadamente cuarenta pulgadas. En una realización, el rodillo que tiene la topografía de microsurcos grabada tiene un diámetro de aproximadamente media pulgada. En una realización, el rodillo que tiene la topografía de microsurcos grabada tiene una longitud de cara de entre aproximadamente cinco pulgadas a aproximadamente doscientas veinte pulgadas. En una realización, el rodillo que tiene la topografía de microsurcos grabada tiene una longitud de cara de entre aproximadamente veinte pulgadas a aproximadamente doscientas pulgadas. En una realización, el rodillo que tiene la topografía de microsurcos grabada tiene una longitud de cara de aproximadamente media pulgada. Los rodillos que pueden utilizarse para el laminado de microsurcos pueden tener un rango amplio de propiedades y rangos dimensionales. En una realización, el rodillo que tiene la topografía de microsurcos grabada tiene una dureza de entre aproximadamente cincuenta HRC de dureza Rockwell a aproximadamente ochenta HRC de dureza Rockwell. En una realización, el rodillo que tiene la topografía de microsurcos grabada tiene una dureza de aproximadamente 20 HRC de dureza Rockwell.

En una realización, para el laminado de microsurcos de una lámina superficial de Alclad, la velocidad de laminado puede estar en el rango de aproximadamente diez pies/minuto a aproximadamente quinientos pies/minuto. En una realización, para el laminado de microsurcos de una lámina superficial de Alclad, la temperatura de laminado puede estar en el rango de aproximadamente temperatura ambiente a aproximadamente 300°F. En una realización, para el laminado de microsurcos de una lámina superficial de Alclad, una fuerza de separación puede estar en el rango de unas pocas miles de libras a aproximadamente diez millones de libras, dependiendo de los anchos y las propiedades de las aleaciones núcleo de láminas superficiales de Alclad. En una realización, para el laminado de microsurcos de una lámina superficial de Alclad, la reducción puede estar en el rango de cero a aproximadamente diez por ciento. En una realización, el rodillo que tiene el bruñido de baja plasticidad (LPB) de microsurcos es una técnica de mejora de superficie que utiliza deformación por frío local en la superficie para generar estrés residual compresivo en y cerca de la superficie de componentes metálicos. El proceso de laminado de microsurcos de la presente invención también resulta en la deformación por frío del material cerca de la superficie de microsurcos y la cantidad de deformación por frío en la superficie varía localmente debido a la forma del microsurco. La variación local en la deformación durante el laminado de microsurcos es similar al LPB y se cree que esto puede conducir a la generación de estrés residual compresivo cerca de la superficie. El estrés de superficie residual compresivo inducido intencionalmente, ya sea introducido por LPB, granallado de álabes o potencialmente laminado de microsurcos, ha mostrado que resulta en mejoras significativas en el desempeño de inicio de rupturas. En una serie inicial de pruebas de fatiga de agujero abierto, dos materiales de lámina 2524-T3 de Alclad que tienen dos formas de microsurcos diferentes fabricados de acuerdo con los métodos de la presente invención mostraron que los microsurcos no disminuyen significativamente la resistencia a la fatiga y a niveles de estrés más bajos pueden incluso aumentar la resistencia a la fatiga. Estos efectos pueden atribuirse a estrés compresivo inducido que resulta del laminado de geometrías de microsurcos.

Las FIGURAS 1A a D muestran dos realizaciones de una topografía de microsurcos que se mecaniza con precisión en una superficie circunferencial externa de un rodillo. En una realización (FIGURA 1A), una superficie circunferencial externa de un rodillo 100 se ha grabado con ranuras con forma de V 105 que tienen una altura de aproximadamente 125  $\mu\text{m}$  y están separadas una distancia igual a aproximadamente 125  $\mu\text{m}$ . En una realización (FIGURA 1C), una superficie circunferencial externa de un rodillo 150 se ha grabado con ranuras con forma de V 155 que tienen una altura de aproximadamente 50  $\mu\text{m}$  y están separadas una distancia igual a aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ . Las FIGURAS 1B y 1D son imágenes con desplazamiento de fase de las superficies de rodillo grabadas correspondientes (FIGURAS 1A y 1C, respectivamente) que muestran la topografía de microsurcos.

La geometría de los microsurcos en la topografía de microsurcos puede estar en muchas formas incluyendo, a modo no taxativo, aquellas representadas en las FIGURAS 2A a D. La FIGURA 2A muestra microsurcos con forma de V 200 (también conocidos como microsurcos con bordes dentados), la FIGURA 2B muestra microsurcos rectangulares 220, la FIGURA 2C muestra microsurcos con forma de escama de tiburón 240 y la FIGURA 2D muestra microsurcos con forma de escama de tiburón modificados 260. Como se ilustra en la FIGURA 2A, las secciones transversales con forma de V 200 son típicamente una serie integrada de picos 205 y valles 210 similares a ranuras. La FIGURA 3 es una tabla que enumera varios parámetros (espaciado, altura, radio R, radio r y ángulo) de las geometrías de microsurcos ilustradas en las FIGURAS 2A a D.

Las FIGURAS 4A a H muestran imágenes de metalografía óptica transversales de topografías de microsurcos obtenidas en láminas de aleación de aluminio Alclad de calibre 0,270" al pasar la lámina de aleación de aluminio a través de un laminador que incluye al menos un rodillo que tiene una superficie externa grabada con una topografía de microsurcos con forma de "V", en donde la topografía de microsurcos en el rodillo incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes que tienen una altura de aproximadamente 250  $\mu\text{m}$  y están separados a una distancia de aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ , ilustrando una realización de la presente invención. La FIGURA 4A muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,221 pulgadas. La FIGURA 4B muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,230 pulgadas. La FIGURA 4C muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,241 pulgadas. La FIGURA 4D muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,249 pulgadas. La FIGURA 4E muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,251 pulgadas. La FIGURA 4F muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,257 pulgadas. La FIGURA 4G muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,260 pulgadas. La FIGURA 4H muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,264 pulgadas.

La FIGURA 5 es una gráfica que ilustra la relación entre el intervalo del rodillo (pulgadas) del laminador, la altura ( $\mu\text{m}$ ) de los microsurcos en la lámina de aleación de aluminio Alclad de calibre 0,270" después de la laminación, el revestimiento restante (pulgadas) en la lámina de aleación de aluminio después de la laminación y la reducción (%) en calibre de la lámina de aleación de aluminio después de la laminación, en base a las muestras de las FIGURAS 4A a H.

65



Las FIGURAS 6A a F muestran imágenes de metalografía óptica transversales de topografías de microsurcos obtenidas en láminas de aleación de aluminio Alclad de calibre 0,270" al pasar la lámina de aleación de aluminio a través de un laminador que incluye al menos un rodillo que tiene una superficie externa grabada con una topografía de microsurcos de escama de tiburón (SS) en donde la topografía de microsurcos en el rodillo incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes que tienen una altura de aproximadamente 260  $\mu\text{m}$  y están separados a una distancia de aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ , ilustrando una realización de la presente invención. La FIGURA 6A muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,239 pulgadas. La FIGURA 6B muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,249 pulgadas. La FIGURA 6C muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,254 pulgadas. La FIGURA 6D muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,259 pulgadas. La FIGURA 6E muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,263 pulgadas. La FIGURA 6F muestra la topografía de microsurcos obtenida utilizando un laminador que tiene un intervalo de rodillo de aproximadamente 0,266 pulgadas.

La FIGURA 7 es una gráfica que ilustra la relación entre el intervalo del rodillo (pulgadas) del laminador, la altura ( $\mu\text{m}$ ) de los microsurcos en la lámina de aleación de aluminio Alclad de calibre 0,270" después de la laminación, el revestimiento restante (pulgadas) en la lámina de aleación de aluminio después de la laminación y la reducción (%) en calibre de la lámina de aleación de aluminio después de la laminación, en base a las muestras de las FIGURA 6A a F.

Aunque las láminas y placas metálicas divulgadas en la presente se describen principalmente en relación con la industria de aeronaves comerciales, los métodos, procesos y productos descritos en la presente invención pueden utilizarse en relación con aeronaves militares, aeronaves supersónicas, aeronaves espaciales, vehículos terrestres tales como camiones y automóviles, trenes, trenes de alta velocidad, embarcaciones marítimas y buques, así como aplicaciones para turbinas eólicas.

En una realización, las láminas y placas metálicas divulgadas en la presente son una parte integrada de la estructura de aviones, vehículos terrestres, trenes, buques marítimos y embarcaciones, turbinas eólicas y cañerías más que unir adhesivamente películas de microsurcos a las superficies estructurales de las aeronaves, vehículos terrestres, trenes, buques marítimos y embarcaciones, turbinas eólicas y cañerías.

En una realización, los pasajes de flujo de fabricación para el laminado de microsurcos son laminados en frío al final de los procesos de fabricación debido a consideraciones de planitud, calidad de superficie y daños por manipulación. Como ejemplo, para el laminado de microsurcos de una lámina superficial de Alclad, como se muestra en los pasajes de flujo de las FIGURAS 8 y 9, la velocidad de laminado en frío puede estar en el rango de aproximadamente diez pies/minuto a aproximadamente quinientos pies/minuto, la temperatura de laminado puede estar en el rango de aproximadamente temperatura ambiente a aproximadamente 300° F (148,89° C), con fuerza de separación en el rango de unos pocos miles de libras a aproximadamente diez millones de libras, dependiendo de los anchos y las propiedades de las aleaciones de núcleo de lámina superficial Alclad. En una realización, la reducción de laminado en frío para laminar microsurcos en lámina superficial Alclad está en el rango de aproximadamente cero por ciento a aproximadamente diez por ciento.

#### Método para fabricar un producto de aleación de aluminio que tiene una superficie con textura que reduce la fricción de una estructura Alclad tratable con calor

La FIGURA 8 muestra una realización de un pasaje de flujo para la fabricación de un producto de aleación de aluminio que tiene al menos una superficie que está básicamente ranurada que resulta en una superficie con textura que reduce la fricción. En una realización, el producto de aleación de aluminio es una lámina superficial de fuselaje. En la realización representada en la FIGURA 8, la lámina superficial de fuselaje resultante se fabrica a partir de una estructura de Alclad tratable con calor que ha sido fabricada mediante revestimiento con Alclad (Alcladding). Tal como se realiza la práctica de Alcladding hoy en día, un lingote de núcleo fundido de aluminio aleado se cubre en una o ambas caras con un lingote de camisa fundido de aluminio de mayor pureza o una aleación de aluminio. Tal como se esboza en la FIGURA 8, un lingote de núcleo 302 y un par de lingotes de camisa 301 se homogenizan ("Homo") 304 y 303, respectivamente. En una realización, la homogenización puede llevarse a cabo al calentar hasta una temperatura de metal en el rango de aproximadamente 900° F (482,22° C) o aproximadamente 910° F (487,78° C) o aproximadamente 920° F (493,33° C), a aproximadamente 945° F (507,22° C) o aproximadamente 950° F (510° C) o aproximadamente 960° F (515,56° C) o posiblemente tanto como aproximadamente 1050° F (565,55° C), durante un periodo de tiempo, típicamente al menos aproximadamente 1 hora hasta aproximadamente 8 horas o más, para disolver elementos solubles y para homogenizar la estructura interna del metal. Un periodo de tiempo adecuado es aproximadamente 4 horas o más en el rango de temperatura de homogenización. En una realización, la homogenización es un paso opcional. Luego de la homogenización, el lingote de núcleo 302 y los lingotes de camisa 301 se "descostran" 306 y 307, respectivamente, para retirar cualquier defecto de la superficie. Una vez que los defectos de la superficie se han eliminado, los lingotes de camisa fundidos 301 se recalientan 307. El

recalentamiento puede asegurar que los componentes de la aleación sean distribuidos de manera apropiada en toda la estructura metalúrgica. El recalentamiento también lleva al metal a una temperatura adecuada para el laminado en caliente 309. El lingote de núcleo descostrado se limpia 308. Luego se ensambla un sándwich de camisa y núcleo 310. El sándwich de camisa y núcleo que se comunica entre sí se precalienta y posteriormente se lamina en caliente 312 haciendo una losa o estructura de Alclad integral. El material de núcleo proporciona la resistencia y propiedades de material deseadas requeridas en el producto de láminas superficiales de fuselaje y la camisa proporciona la resistencia a la corrosión. Cabe destacar que algunos de los pasos pueden eliminarse, mientras que otros pasos pueden agregarse y aún encontrarse dentro del alcance y espíritu de la invención.

Después de que la estructura Alclad se ha laminado en caliente 312, el método continúa hacia el pasaje A o pasaje B a través del paso 320, dependiendo de si la lámina superficial de fuselaje resultante está en el formato de una espiral o una lámina plana, respectivamente. En el pasaje A, la estructura de Alclad tratable con calor se trata con calor en solución 322 y se lamina en frío 324 utilizando un laminador que incluye al menos un rodillo que tiene la superficie del rodillo que se ha grabado con una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes, como se describió anteriormente. Cuando la estructura de Alclad se pasa a través del rodillo que tiene la multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes grabados, una superficie de la estructura de Alclad se vuelve laminada de forma permanente con una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes. La lámina superficial de fuselaje resultante incluye una superficie con textura que reduce la fricción. La lámina superficial de fuselaje luego se enrolla. Alternativamente, como se muestra en el pasaje B, la estructura de Alclad tratable con calor se estira antes y después de ser laminada en frío y laminada de forma permanente para eliminar cualquier estrés interno, para aplanar la lámina superficial y/o mejorar las propiedades mecánicas de la lámina superficial del fuselaje resultante. La lámina superficial del fuselaje (lámina de ancho amplio) toma entonces la forma de una lámina o placa de rodillo plana.

La FIGURA 9 muestra un esquema de temperatura con respecto al tiempo de una realización de un pasaje de flujo para la fabricación de una lámina superficial del fuselaje que tiene al menos una superficie que está básicamente ranurada que resulta en una superficie con textura que reduce la fricción. En la realización representada en la FIGURA 9, la lámina superficial de fuselaje resultante se fabrica a partir de una estructura de Alclad tratable con calor que ha sido fabricada mediante Alcladding. Tal como se esboza en la FIGURA 9, un lingote se funde, descostra y ensambla para crear un sándwich de camisa-núcleo-camisa. Después de la fundición, puede realizarse un paso de alivio de tensión opcional. Después del sándwich de camisa-núcleo-camisa el ensamblaje se homogeniza, donde el paso de homogenización sirve como un calentamiento para el paso de rodillo. En una realización, la homogenización puede llevarse a cabo al calentar hasta una temperatura de metal en el rango de 900° F (482,22° C) o aproximadamente 910° F (487,78° C) o aproximadamente 920° F (493,33° C), a aproximadamente 945° F (507,22° C) o aproximadamente 950° F (510° C) o aproximadamente 960° F (515,56° C) o posiblemente tanto como aproximadamente 1000° F (5347,78° C), durante un periodo de tiempo, típicamente al menos aproximadamente 1 hora hasta aproximadamente 8 horas o más, para disolver elementos solubles y para homogenizar la estructura interna del metal. Un periodo de tiempo adecuado es aproximadamente 4 horas o más en el rango de temperatura de homogenización. En una realización, la homogenización no se realiza y a la aleación sólo se le proporciona un calentamiento para el paso de rodillo. En algunas realizaciones, después del laminado en caliente, hay un recalentamiento y un segundo paso de laminado en caliente. Los pasos opcionales están marcados con un asterisco en la FIGURA 9. En una realización, el material de núcleo proporciona la resistencia y tolerancia al daño requeridas en el producto de láminas superficiales del fuselaje y la camisa proporciona la resistencia a la corrosión. Cabe destacar que algunos de los pasos pueden eliminarse, mientras que otros pasos pueden agregarse y aún encontrarse dentro del alcance y espíritu de la invención.

Después de que el ensamblaje de Alclad se ha laminado en caliente, el ensamblaje se lamina en frío o se lamina en caliente hasta un espesor final. La estructura de Alclad tratable con calor se trata con calor en solución y se estira antes y después de laminarse en frío y se lamina de forma permanente para eliminar cualquier estrés interno o mejorar las propiedades mecánicas de la lámina superficial del fuselaje resultante. La lámina superficial del fuselaje (lámina de ancho amplio) toma la forma de una lámina o placa de rodillo plana. Un paso de envejecimiento artificial opcional puede emplearse en el pasaje de flujo, especialmente para un producto tipo T6, T7 o T8 de aleación de aluminio.

Método para fabricar un producto de aleación de aluminio que tiene una superficie con textura que reduce la fricción a partir de un material sin revestimiento tratable con calor

Las realizaciones descritas en relación con las FIGURAS 10 a 12 son similares a las descritas y se muestran en las FIGURAS 8 y 9, siendo la diferencia que se utiliza una estructura de aleación de aluminio (sin revestimiento) desnuda tratable con calor. En una realización, la estructura de aleación de aluminio desnuda tratable con calor es una estructura de Al-Li. Tal como se esboza en la FIGURA 10, un lingote fundido 402 se homogeniza 404, descostra 406, recalienta 408 y se lamina en caliente 410. Después de que la estructura de aleación de aluminio se ha laminado 410, el método continúa al pasaje A o pasaje B, que es idéntico al descrito anteriormente para la FIGURA 8. Las FIGURAS 11 y 12 ilustran un esquema de temperatura con respecto al tiempo de varias realizaciones de un pasaje de flujo para la fabricación de una lámina superficial del fuselaje que tiene al menos una superficie que está

básicamente ranurada que resulta en una superficie con textura que reduce la fricción. En la realización representada en la FIGURA 11, la lámina superficial del fuselaje resultante se fabrica a partir de una estructura desnuda tratable con calor y el paso de laminado de microsurcos ocurre después de un paso de tratamiento térmico en solución. Como se ilustra en la FIGURA 11, después de fundir un lingote, el procesamiento incluye un paso de alivio de estrés (opcional), un paso de descostrado, un paso de homogenización, que sirve como el calentamiento para el paso de rodillo, luego un paso de rodillo en caliente. También habría típicamente un recalentamiento y un segundo paso de rodillo en caliente, pero esto es opcional. Después de que la estructura se ha laminado en caliente, la estructura se lamina en frío o se lamina en caliente hasta un espesor final. La estructura desnuda tratable con calor se trata con calor en solución y se estira antes y después de laminarse en frío y se lamina de forma permanente para eliminar cualquier estrés interno, aplanar y/o mejorar las propiedades mecánicas de la lámina superficial del fuselaje resultante. La lámina superficial del fuselaje (lámina de ancho amplio) toma la forma de una lámina o placa de rollo plana. Un paso de envejecimiento artificial opcional puede emplearse en el pasaje de flujo para un producto tipo T6, T7 o T8.

Puede haber dificultad con el laminado de los microsurcos después del tratamiento térmico en solución si ocurre un envejecimiento natural significativo y el material se vuelve demasiado fuerte para laminar los microsurcos. Otra opción de procesamiento es recocer la lámina y laminar los microsurcos antes del tratamiento térmico en solución. El procesamiento para una lámina tratable con calor desnuda proporcionado en la FIGURA 12 es para el caso donde el laminado de microsurcos se lleva a cabo antes del paso de tratamiento térmico en solución. La práctica anterior al laminado en frío es la misma que la descrita anteriormente para la FIGURA 11. El procesamiento puede incluir una o más operaciones de recocido y laminado en frío (opcionales) seguidas por recocido y luego laminado de microsurcos. La lámina entonces puede procesarse por el Pasaje A o Pasaje B en la Figura 10. Para el Pasaje A no habría un paso de laminado de microsurcos y para el Pasaje B no habría un laminado de microsurcos o una segunda operación de estiramiento.

Método para fabricar un producto de aleación de aluminio que tiene una superficie con textura que reduce la fricción a partir de una estructura Alclad no tratable con calor

La FIGURA 13 muestra una realización del pasaje de flujo para la fabricación de un producto de aleación de aluminio que tiene al menos una superficie que está básicamente ranurada que resulta en una superficie con textura que reduce la fricción. En una realización, el producto de aleación de aluminio es una lámina superficial de fuselaje. La lámina superficial tiene uso, por ejemplo, en hidroaplicaciones. En la realización representada en la FIGURA 13, la lámina superficial resultante se fabrica a partir de una estructura de Alclad no tratable con calor que ha sido fabricada mediante Alcladding, como se ha descrito previamente antes para la FIGURA 8. El método entonces continúa al pasaje A o pasaje B, dependiendo de si la lámina superficial se debe enrollar o tomar la forma de una lámina/placa plana, respectivamente. La diferencia entre el pasaje A y B de la FIGURA 13, y el descrito en las FIGURAS 8 y 10, es que, dado que se está utilizando una estructura de Alclad no tratable con calor, el paso de tratar con calor en solución se elimina y los pasos restantes son equivalentes a los descritos anteriormente para las FIGURAS 8 y 10.

La FIGURA 14 muestra un esquema de temperatura con respecto al tiempo de una realización de un pasaje de flujo para la fabricación de una lámina superficial del fuselaje que tiene al menos una superficie que está básicamente ranurada que resulta en una superficie con textura que reduce la fricción. En la realización representada en la FIGURA 14, la lámina superficial de fuselaje resultante se fabrica a partir de una estructura de Alclad no tratable con calor que ha sido fabricada mediante Alcladding. Tal como se esboza en la FIGURA 14, un lingote se funde, descostra y ensambla para crear un sándwich de camisa-núcleo-camisa. Después de la fundición, puede realizarse un paso de alivio de tensión opcional. Después de que se ensambla el sándwich de camisa-núcleo-camisa, el ensamblaje se homogeniza, donde el paso de homogenización sirve como un calentamiento para el paso de rodillo, entonces se lamina en caliente. En una realización, la homogenización puede llevarse a cabo al calentar hasta una temperatura de metal en el rango de aproximadamente 900° F (482,22° C) o aproximadamente 910° F (487,78° C) o aproximadamente 920° F (493,33° C), a aproximadamente 945° F (507,22° C) o aproximadamente 950° F (510° C) o aproximadamente 960° F (515,56° C) o posiblemente tanto como aproximadamente 1000° F (534,78° C), durante un periodo de tiempo, típicamente al menos aproximadamente 1 hora hasta aproximadamente 8 horas o más, para disolver elementos solubles y para homogenizar la estructura interna del metal. Un periodo de tiempo adecuado es aproximadamente 4 horas o más en el rango de temperatura de homogenización. En una realización, el paso de homogenización no se realiza y a la aleación sólo se le proporciona un calentamiento para el paso de rodillo. En algunas realizaciones, después del laminado en caliente, hay un recalentamiento y un segundo paso de laminado en caliente. Los pasos opcionales están marcados con un asterisco en la FIGURA 14. En una realización, el material de núcleo proporciona la resistencia y propiedades mecánicas requeridas en el producto de láminas superficiales del fuselaje y la camisa proporciona la resistencia a la corrosión. Cabe destacar que algunos de los pasos pueden eliminarse, mientras que otros pasos pueden agregarse y aún encontrarse dentro del alcance y espíritu de la invención.

En una realización, después de que el ensamblaje de Alclad se ha laminado en caliente, el ensamblaje se lamina en frío hasta un espesor final. La estructura de Alclad no tratable con calor se estira antes y después del laminado con

microsurcos. El estiramiento elimina cualquier estrés interno, aplana la lámina y/o mejora las propiedades mecánicas de la lámina superficial de fuselaje resultante. La lámina superficial del fuselaje (lámina de ancho amplio) toma la forma de una lámina o placa de rollo plana.

5 Método para fabricar una aleación de aluminio que tiene una superficie con textura que reduce la fricción a partir de una estructura sin revestimiento no tratable con calor

10 La FIGURA 15 muestra una realización del pasaje de flujo para la fabricación de un producto de aleación de aluminio que tiene al menos una superficie que está básicamente ranurada que resulta en una superficie con textura que reduce la fricción. En una realización, el producto de aleación de aluminio es una lámina superficial de fuselaje. En la realización representada en la FIGURA 15, la lámina superficial resultante se fabrica a partir de una estructura desnuda (sin Alclad) no tratable con calor, como se ha descrito previamente antes para las FIGURAS 10 a 12. El método entonces continúa al pasaje A o pasaje B, como se describió anteriormente para la FIGURA 13.

15 La FIGURA 16 ilustra un esquema de temperatura con respecto al tiempo de un pasaje de flujo para la fabricación de una lámina superficial del fuselaje que tiene al menos una superficie que está básicamente ranurada que resulta en una superficie con textura que reduce la fricción. En la realización representada en la FIGURA 16, la lámina superficial del fuselaje resultante se fabrica a partir de una estructura desnuda no tratable con calor y el paso de laminado de microsurcos ocurre después de un paso de recocido opcional. Como se ilustra en la FIGURA 16, después de fundir un lingote, el procesamiento incluye un paso de alivio de estrés (opcional); un paso de descostrado, un paso de homogenización, que sirve como el calentamiento para el paso de rodillo, luego un paso de rodillo en caliente. Después de que se ha laminado en caliente el ensamblaje, puede haber una o más operaciones de recocido y laminado en frío, lo cual es opcional. El ensamblaje se estira antes y después del laminado de microsurcos. El estiramiento elimina cualquier estrés interno, aplana y/o mejora las propiedades mecánicas de la lámina superficial de fuselaje resultante. La lámina superficial del fuselaje (lámina de ancho amplio) toma la forma de una lámina o placa de rollo plana.

25 Método para fabricar un producto de aleación de aluminio que tiene una superficie con textura que reduce la fricción a partir de un material sin revestimiento tratable con calor

30 La FIGURA 17 muestra una realización de un pasaje de flujo para la fabricación de un producto de aleación de aluminio que tiene al menos una superficie que está básicamente ranurada que resulta en una superficie con textura que reduce la fricción. En una realización, el producto de aleación de aluminio es una lámina superficial de ala. En la realización representada en la FIGURA 17, la lámina superficial de ala resultante se fabrica a partir de una estructura desnuda (sin Alclad) tratable con calor que ha sido fabricada como se describe en la FIGURA 10. El método entonces continúa con el pasaje A o pasaje B, dependiendo de si la estructura desnuda tratable con calor debe laminarse en caliente o laminarse en frío, respectivamente. En el pasaje A la estructura desnuda tratable con calor se trata con calor en solución, se estira y lamina utilizando un laminador que incluye uno o más soportes de rodillos teniendo cada uno dos o más rodillos. Una superficie circunferencial entera de al menos uno de los rodillos incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales mecanizados con precisión adyacentes. Cuando la estructura desnuda tratable con calor se pasa a través de los rodillos, la multiplicidad de microsurcos longitudinales mecanizados con precisión adyacentes son presionados en la estructura desnuda tratable con calor, formando una multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes. Los microsurcos longitudinales corren en un patrón laminar junto con al menos parte de una superficie de la estructura desnuda tratable con calor, resultando en una lámina superficial de ala con propiedades que reducen la resistencia. Alternativamente, en el pasaje B, la estructura desnuda tratable con calor se trata con calor en solución y se lamina utilizando un laminador que incluye uno o más soportes de rodillos teniendo cada uno dos o más rodillos. Una superficie circunferencial entera de al menos uno de los rodillos incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales mecanizados con precisión adyacentes. Cuando la estructura desnuda tratable con calor se pasa a través de los rodillos, la multiplicidad de microsurcos longitudinales mecanizados con precisión adyacentes se presionan en la estructura desnuda tratable con calor, formando una multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes. Cabe destacar que para los pasajes A y B, el laminado de microsurcos puede ocurrir antes del tratamiento térmico en solución.

55 Las realizaciones divulgadas en la presente describen pasajes de flujo de fabricación para laminación en frío para el laminado de microsurcos. Sin embargo, cabe destacar que la presente invención también se refiere al laminado de microsurcos en láminas o placas metálicas durante procesos de laminado en caliente, especialmente para aleaciones duras y metales que tienen alto límite de elasticidad a temperatura ambiente. En una realización, para laminar microsurcos durante un laminado en caliente, la dureza de los rodillos puede ser típica para la dureza del laminado en caliente, y puede estar en el rango de aproximadamente cuarenta a aproximadamente setenta HRC de dureza Rockwell. El tamaño de los rodillos puede ser típico para el laminado en caliente con un diámetro de rodillo de aproximadamente veinte pulgadas a aproximadamente cuarenta pulgadas, y los anchos pueden estar en el rango de aproximadamente veinte pulgadas a aproximadamente doscientas veinte pulgadas. La velocidad del laminado puede estar en el rango de aproximadamente diez pies/minuto a aproximadamente cuatrocientos pies/minuto, mientras que el rango de temperatura de laminado está en el rango de aproximadamente 650° F (343,33° C) a

aproximadamente 975° F (523,89° C), con fuerza de separación en el rango de aproximadamente uno a aproximadamente diez millones de libras, dependiendo de la aleación, anchos y reducción. La reducción puede estar en el rango de aproximadamente cero por ciento a aproximadamente setenta por ciento.

5 Las FIGURAS 18A y 18B muestran dos realizaciones de una topografía de microsurcos laminada de manera permanente en una estructura de aleación de aluminio de Alclad utilizando los métodos de la invención para fabricar un producto de aleación de aluminio de la presente invención. La FIGURA 18A muestra una vista transversal de microsurcos con forma de V 800. La FIGURA 18B muestra una vista transversal de microsurcos con forma de escama de tiburón 850. Como se observa en ambas realizaciones, los microsurcos tienen una superficie básicamente suave.

10 A modo de prevenir o minimizar la corrosión y proporcionar una apariencia decorativa y atractiva al avión, el fuselaje y la capa externa son proporcionados a menudo con un recubrimiento protector que a menudo se aplica en una o más capas. En el caso de recubrimientos de múltiples capas, un primer recubrimiento base puede ser una capa base líquida anticorrosión, una segunda capa base intermedia puede ser un potenciador para adherirse y unirse al metal tal como aluminio o sus aleaciones, seguido por otras capas aplicadas sobre la capa base. Estas capas pueden incluir pigmentos coloreados para producir efectos decorativos y de apariencia, tales como los colores de la aerolínea y una apariencia brillante. Típicamente, estos recubrimientos de múltiples capas son aplicados a una superficie metálica, plana, suave y de este modo no se piensa mucho en mantener la topografía de la superficie plana. Típicamente es deseable que los recubrimientos de pintura llenen y nivelen la superficie que se desea cubrir.

15 En una realización, las láminas y placas metálicas divulgadas en la presente se utilizan en la fabricación de un avión. Se desea que el avión que tenga las láminas y placas metálicas se revista con al menos una capa de pintura, debiéndose poner especial atención al proceso de pintura completo. Para que las láminas y placas metálicas mantengan su superficie con textura que reduce la fricción, es crucial que la topografía de microsurcos sea mantenida en gran medida en todos los pasos de fabricación, tales como los procesos de limpieza, pretratamiento y pintura. Con respecto a la retención de la topografía, la meta es evitar que la pintura llene completamente en la topografía. Al controlar de manera cuidadosa la reología, viscosidad y patrón de flujo de la pintura, así como el sistema de pintado utilizado, la topografía de microsurcos puede mantenerse.

20 Los métodos de pintado divulgados en la presente conservan la topografía superficial a través de las capas de pintura tanto como sea posible. Al aplicar sistemas de pintado a la superficie, un número de variables define la operación de pintado, incluyendo, a modo no taxativo: tipo de pintura (nombre comercial/composición química), método de aplicación de la pintura (manual o robótico), método de administración de pintura (para la administración al atomizador), tipo de atomizador, tamaño de los orificios del atomizador, viscosidad de la pintura, tipo y cantidad de disolvente de reducción, cantidad de fluido administrado al atomizador (número de vueltas a la perilla de control de fluido), presión de aire para pintar, número de pasadas de pulverización y condición de curado de pintura.

25 Las láminas y placas metálicas divulgadas en la presente pueden pintarse, manteniendo a la vez las propiedades superficiales con textura que reduce la fricción. Tal como se ilustra en la realización representada en la FIGURA 19, la superficie de un producto de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos tal como se divulga en la presente es preparada mediante limpieza 902, desoxidación 904 y anodización 906 antes de la pintura 908 (se muestra en la FIGURA 19 como una aplicación de una base y una aplicación de capa de acabado). En una realización, una lámina y placa metálica que tiene una topografía de microsurcos se fabrica como se divulga en uno de los pasajes de flujo de las FIGURAS 8 a 17 y luego se pinta utilizando las técnicas de la presente invención para conservar la topografía de microsurcos. En una realización, una lámina y placa metálica que tiene una topografía de microsurcos se fabrica, por ejemplo, en una instalación de OEM utilizando otros métodos y luego se pinta utilizando las técnicas de la presente invención para conservar la topografía de microsurcos.

30 Las FIGURAS 20 a 24 ilustran realizaciones de métodos de pintado utilizados para las aplicaciones de capa base y capa de acabado. En todos los casos, las superficies se pretrataron antes de pintarlas limpiando con el limpiador alcalino Henkel Ridoline 4355, seguido por desoxidación con un sistema de desoxidación cromado Henkel 6/16 y luego anodización a través de anodización con ácido bórico-sulfúrico estándar (8 g/l de ácido bórico y 45 g/l de ácido sulfúrico) durante aproximadamente veinte minutos a 15 voltios y aproximadamente 80° F (26,66° C), seguido por un sello de cromo diluido a aproximadamente 195° F (90,55° C) durante aproximadamente veinticinco minutos.

35 Los sistemas de pulverización electrostática utilizan gotas de pintura a las cuales se proporciona una carga negativa en la cercanía de un sustrato con carga positiva (tal como una aleación de aluminio). Las gotas son atraídas al sustrato y se forma un recubrimiento uniforme. Este sistema funciona bien en objetos cilíndricos, redondeados y ranurados debido a su efecto "envolvente" que casi permite que el objeto sea revestido de un lado. Muy poca pintura se pierde con la sobrepulverización y se ha notado que tiene una eficiencia de transferencia de casi noventa y cinco por ciento. El esparcimiento de las gotas de pintura cargadas sobre la superficie de aleación de aluminio está gobernada por al menos dos fuerzas: tensión superficial y atracción electrostática; por lo tanto, debe prestarse especial atención a estas dos fuerzas. La eficacia de los sistemas de pulverización electrostática convencionales depende en gran medida del monitoreo preciso de la viscosidad de la pintura. Si la viscosidad es demasiado grande,

el recubrimiento de pintura exhibe grumos. La conductividad de la pintura es una medida de la viscosidad de la pintura. Conductividad más alta indica viscosidad más baja. Además, la conductividad está relacionada con cuán bien se forman las gotas en la boquilla atomizadora. La alta conductividad permite un mejor control del tamaño de las gotas.

5 En una realización, un sistema de pulverización electrostático se utiliza para pintar la superficie con textura, donde el control cuidadoso de la conductividad/viscosidad de las pinturas ayuda a mantener la topografía de microsurcos. Típicamente, múltiples pases de microgotas cargadas de pintura se pulverizan sobre la superficie con textura resultando en finas capas de pintura que se adhieren y se envuelven alrededor de cada uno de la multiplicidad de  
10 microsurcos longitudinales de forma de revestir los microsurcos. La presión de la boquilla atomizadora puede ajustarse de modo que una fina bruma de pintura que tiene cierta viscosidad es suministrada para revestir la superficie con textura. Al modificar los parámetros de pintura, puede ser posible una mejor lectura de la topografía de microsurcos. Al utilizar varios sistemas de pintado puede ser posible una lectura efectiva de la topografía de microsurcos.

15 Como se describió anteriormente con referencia a la FIGURA 19, en una realización, la superficie con textura del producto de aleación de aluminio se anodiza 906 para revestir la superficie con una película de óxido de aluminio adaptada. Métodos adecuados para formar recubrimientos de óxido de aluminio adaptados incluyen, a modo no taxativo, oxidación electroquímica (por ejemplo, anodización) e inmersión química (por ejemplo tratamientos con Alodine). En una realización, la capa de película de óxido puede modificarse al agregar varias partículas/componentes, como se muestra en el paso 907. En una realización, las partículas anti-corrosión pueden agregarse a la película de óxido de aluminio. En una realización, pueden agregarse colorantes orgánicos a la película de óxido de aluminio. La adición de estas partículas y colorantes a la película de óxido de aluminio puede permitir que se eviten algunas o  
20 todas las aplicaciones de pintura. En una realización, las superficies pueden modificarse químicamente para incluir compuestos fotoactivos tales como anatasa para proporcionar propiedades de limpieza fácil/autolimpieza al óxido de aluminio. La modificación de óxido de aluminio podría inducirse ya sea mediante incorporación dentro de la estructura química del óxido o mediante impregnación física dentro de la morfología de la capa de óxido.

30 Las FIGURAS 20A, 20B y la tabla muestran una realización de un proceso de pintado para su uso con una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear un producto de aleación de aluminio de la presente invención después de la preparación de la superficie y de pintar con una capa base y una capa de acabado. En la realización representada en las FIGURAS 20A y 20B, el método de administración de pintura para ambos sistemas de pintado fue una ventosa, demostrada en la FIGURA 20A. Las condiciones de pintado específicas utilizadas se muestran en la tabla. La FIGURA 20B es una imagen de metalografía óptica transversal que demuestra una mala representación de la topografía a través de las capas de pintura.

40 Las FIGURAS 21A, 21B y la tabla muestran una realización de un proceso de pintado para su uso con una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear un producto de aleación de aluminio de la presente invención después de la preparación de la superficie y pintar con una capa base y una capa de acabado. En la realización representada en las FIGURAS 21A y 21B, el método de administración de pintura para ambos sistemas de pintado fue una ventosa, demostrada en la FIGURA 21A. Las condiciones de pintado optimizadas utilizadas se muestran en la tabla. La FIGURA 21B es una imagen de metalografía óptica transversal que demuestra una representación mejorada de la topografía a través de las capas de pintura en comparación con la FIGURA 20B.

50 Las FIGURAS 22A, 22B y la tabla muestran una realización de un proceso de pintado para su uso con una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear un producto de aleación de aluminio de la presente invención después de la preparación de la superficie y pintar con una capa base y una capa de acabado. Se utilizó un sistema de capa de acabado diferente (polisilazano Kion 1067A) en comparación con el sistema de capa de acabado de la FIGURA 20A y 20B. En el proceso de pintado electrostático robótico, la pintura se carga eléctricamente a través del suministro de energía electrostática, luego se aplica a través de un pulverizador con cuenco giratorio ITW Ransburg unido a un brazo robótico ABB como se esboza en la FIGURA 22A. La unidad de control electrostática ITW Ransburg RMA-101 también dirige el flujo de aire al atomizador con cuenco para controlar el patrón de pulverización, mientras que el movimiento robótico es controlado por una interfaz electrónica. La aplicación electrostática debería permitir una cobertura más concisa del recubrimiento en la superficie y, de este modo, una representación mejorada de la topografía. Las condiciones de pintura específicas se resumen en la tabla. La FIGURA 22B es una imagen de metalografía óptica transversal que demuestra una representación muy buena de la topografía superficial en virtud de la incorporación de un método de pintado electrostático robótico para la capa de  
60 acabado.

65 Las FIGURAS 23A, 23B y la tabla muestran una realización de un proceso de pintura para su uso con una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear un producto de aleación de aluminio de la presente invención después de la preparación de la superficie y pintar con una capa base y una capa de acabado. En la realización representada en las FIGURAS 23A y 23B, se emplea una operación electrostática

manual, donde la pintura se carga en el orificio del atomizador. Similar a la operación electrostática robótica de la FIGURA 22A, la aplicación de una carga a ambos sistemas de pintado debe maximizar la capacidad de "unirse" a la topografía superficial. Un esquema de la operación electrostática manual utilizando un método de administración con ventosa se muestra en la FIGURA 23A. Las condiciones de pintado electrostático para la capa base y capa de acabado se destacan en la tabla. La FIGURA 23B es una imagen de metalografía óptica transversal que demuestra la excelente representación de la topografía subyacente a través de capas de pintura en virtud del pintado electrostático manual de la capa base y capa de acabado.

El pintado electroforético (electrodeposición o recubrimiento electrónico) se refiere a un proceso que implica la parte de aluminio polarizada anódicamente (electropintado anódico) o polarizada catódicamente (electropintado catódico). El producto de aleación de aluminio limpio que tiene una superficie con textura que reduce la fricción se sumerge en un tanque de pintura de electrodeposición y se enciende la corriente, de modo que la polarización del aluminio se induce con respecto a un contraelectrodo y las partículas de pintura son atraídas a la superficie.

Las FIGURAS 24A, 24B y la tabla muestran una realización de un proceso de pintura para su uso con una lámina o placa de aleación de aluminio que tiene una topografía de microsurcos para crear un producto de aleación de aluminio de la presente invención después de la preparación de la superficie y pintar con una capa base y una capa de acabado. En la realización representada en las FIGURAS 24A y 24B, se empleó un proceso electroforético. El proceso electroforético implica la difusión de la pintura a través del electrolito mediante atracción a la parte cargada negativa (cátodo), de modo que se logra una fuerte adhesión de la pintura; el proceso se representa en la FIGURA 24A. Las condiciones de pintura utilizadas en este caso están presentes en la tabla. La FIG. 24B es una imagen de metalografía óptica transversal que demuestra que la representación parcial del sistema de pintado se logra primero utilizando un sistema de pintado con epoxi depositado electroforéticamente para la capa base, seguido por una aplicación de ventosa de una capa de acabado de poliuretano.

En una realización de la presente invención, las láminas y placas metálicas son de limpieza fácil/autolimpieza de modo que se evita que los contaminantes se acumulen en la superficie con textura que reduce la fricción. Se ilustran dos realizaciones que pueden impartir una capacidad de "limpieza fácil/autolimpieza" a la superficie con textura que reduce la fricción. Los pasajes de flujo del método se muestran en la FIGURA 25A y 25B. Los procedimientos químicos específicos a utilizar para cualquiera de estos dos métodos pueden depender al menos en parte de la forma y las dimensiones de la topografía de microsurcos. En una realización, una lámina y placa metálica que tiene una topografía de microsurcos se fabrica como se divulga en uno de los pasajes de flujo de las FIGURAS 10 a 17 y luego se imparte con una capacidad de limpieza fácil/autolimpieza utilizando las técnicas de la presente invención para conservar la topografía de microsurcos. En una realización, una lámina y placa metálica que tiene una topografía se fabrica, por ejemplo, en una instalación de OEM utilizando otros métodos y luego se imparte con una capacidad de limpieza fácil/autolimpieza utilizando las técnicas de la presente invención para conservar la topografía de microsurcos.

Tal como se muestra en la realización representada en la FIGURA 25A, se emplean las prácticas de pintado de la invención 908 (ver FIGURA 19) seguido por la aplicación de pulverización 909 de un recubrimiento superhidrófilo o recubrimientos sobre la capa de acabado de pintura. Alternativamente, el recubrimiento superhidrófilo puede pulverizarse directamente sobre el producto de aleación de aluminio o aleación de titanio de la presente invención sin requerir primero una capa base o una capa de acabado. Un recubrimiento superhidrófilo se moja completamente e instantáneamente con agua, es decir, exhibe gotas de agua que avanzan en ángulos de contacto de menos de aproximadamente cinco grados en 0,5 segundos o menos tras el contacto con el agua. Los materiales fotoquímicamente activos, tales como dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), pueden volverse superhidrófilos después de su exposición a radiación UV o, si se tratan con modificaciones químicas adecuadas, radiación visible. En una realización, el recubrimiento superhidrófilo es un sistema activado por luz que contiene dióxido de titanio de anatasa (sistema TO-TO), que se basa en gran medida en una interacción de este material con luz y agua para prevenir que contaminantes se acumulen en la superficie. Si bien el agua es un elemento clave en el mecanismo de autolimpieza, los materiales tratados con este tipo de sistema de autolimpieza también pueden exhibir una capacidad inherente para repeler la suciedad en cierto grado incluso sin la presencia de agua.

Tal como se muestra en la realización representada en la FIGURA 25B, una capa base 908a se aplica primero a la superficie que tiene la topografía de microsurcos como se describió anteriormente para la FIGURA 19 y luego la capa de acabado 908b se mejora con un aditivo químico 910, potencialmente utilizado en todo un rango de concentraciones en la pintura. Este tipo de sistema se diseñaría para impartir una característica química y topográficamente (en una micro escala) hidrófoba a la superficie de topografía de microsurcos. Este componente hidrófobo permitiría que el agua cubra de gotas la superficie de topografía de microsurcos. Esta acción de cubrir con gotas a su vez permite que las gotas de agua eliminen fácilmente los contaminantes de la superficie de topografía de microsurcos mientras ruedan por la superficie. En una realización, el aditivo químico 910 es un sistema de siloxano funcionalizado tal como BYK Silclean 3710 que resulta en una superficie superhidrófoba (que repele el agua). Nuevamente, los materiales tratados de esta manera pueden exhibir una capacidad inherente para repeler la suciedad en cierto grado incluso sin la presencia de agua.

Además de las diferencias químicas y mecánicas entre los sistemas, el método en el cual se aplican a la superficie es diferente. Las FIGURAS 26A a C demuestran que un producto de aleación de aluminio que tiene superficies con textura que reduce la fricción de la presente invención aumentado con un componente de limpieza fácil/autolimpieza es capaz de exhibir una limpieza mejorada en una topografía pintada sin componente de limpieza fácil. En una realización, el sistema TOTO se basa en la aplicación de pulverización o inmersión de varias capas de las soluciones de TOTO por encima de la capa de pintura de capa de acabado, como se ilustra en la FIGURA 26B. El sistema de Silclean se aplica al mezclarlo en la pintura de capa de acabado antes de la aplicación de capa de acabado y luego pulverizando la capa de acabado sobre la superficie, como se ilustra en la FIGURA 26C. La pintura y las condiciones de aplicación de agente de limpieza fácil/autolimpieza para los paneles en el deslizador se muestran en la tabla de la FIGURA 27. En los tres casos, los paneles se limpiaron primero en un limpiador alcalino Henkel Ridoline 4355, se desoxidaron con desoxidante ácido Henkel Ridoline 6/16, luego se anodizaron con ácido bórico-sulfúrico (8 g/l de ácido bórico, 45 g/l de ácido sulfúrico) durante aproximadamente veinte minutos a 15 voltios, seguido por un sello de cromo diluido a 195° F (90,55° C) durante aproximadamente veinticinco minutos.

Como se ilustra en las FIGURAS 26A a C, después de una exposición al aire libre por 3 semanas en un ambiente "polvoriento", el producto de aleación de aluminio que tiene superficies con textura que reduce la fricción con el agente de limpieza fácil/autolimpieza TOTO (FIGURA 26B) es más limpio que otros productos de aleación de aluminio que tienen superficies con textura que reduce la fricción (FIGURA 26A y 26C). El producto de aleación de aluminio que tiene una superficie con textura que reduce la fricción con el agente de limpieza Silclean (FIGURA 26C) también exhibe una superficie más limpia que el panel de control sin agente de limpieza fácil/autolimpieza (FIGURA 26A). Se cree que los productos de aleación de aluminio de la presente invención con mejora de limpieza fácil/autolimpieza son probablemente más limpios que los productos de aleación de aluminio sin mejora de limpieza fácil/autolimpieza, de este modo mitigando los posibles efectos de suciedad en el uso y residuo en el desempeño de resistencia aerodinámica.

La estructura porosa y composiciones adaptadas de óxidos anódicos pueden explotarse adicionalmente para fomentar adicionalmente las capacidades de la superficie con textura que reduce la fricción en aplicaciones aeroespaciales. En oposición a emplear prácticas de sellado anódico y de capa base/capa de acabado estándar, el óxido anódico puede dejarse sin sellar, permitiendo el uso de tratamientos orgánicos o inorgánicos, denominados compuestos de sello de impregnación (ISC). Los ISC pueden incluir recubrimientos que no sean recubrimientos aeroespaciales estándares, tales como silazanos o siloxanos, los tratamientos de limpieza fácil/autolimpieza presentados en las FIGURAS 26A a 26C o combinaciones de los mismos. Los métodos de aplicación para estos ISC podrían ser de tipo pulverización o inmersión, dependiendo de los requisitos de desempeño específicos. Se cree que este abordaje podría obviar la necesidad de sistemas de capa base/capa de acabado en uso para aplicaciones aeroespaciales. Dos realizaciones de anodización, ambas con una afinidad para el uso potencial de ISC se ilustran a continuación. Tal como se ilustra en las FIGURAS 28A y 28B, el óxido anódico puede adaptarse específicamente para generar una estructura nodular en la cual los nódulos son aproximadamente dos órdenes de magnitud más delgados que la estructura en columna de núcleo observada en la anodización con ácido bórico-sulfúrico o sulfúrico. La estructura nodular se genera a través del uso de otro método de anodización del "electrolito mezclado", que consiste en una combinación de ácidos sulfúrico, fosfórico y bórico. La estructura nodular puede impartir capacidades de desempeño mejoradas y una afinidad para varios ISC. En las FIGURAS 29A y 29B, la anodización de ácido bórico-sulfúrico o sulfúrico estándar puede emplearse sin un paso de sellado posterior. Un ISC seleccionado puede introducirse entonces en la estructura anódica en columna asociada con estos métodos de anodización. En las FIGURAS 30A a 30D, puede observarse el desempeño de limpieza fácil/autolimpieza de combinaciones de óxido anódico/ISC/limpieza fácil/autolimpieza seleccionadas en comparación con un escenario de pintada estándar con y sin componentes de limpieza fácil/autolimpieza. En esta prueba, los productos metálicos de la presente invención (con superficies con textura que reduce la fricción) se sometieron a incursión de suciedad a través de una incidencia de baja presión de ceniza de madera húmeda. Las superficies de especímenes se sometieron a esta incidencia al colocar la ceniza de madera húmeda en un gravelómetro Q-Panel QGR y "disparándola" a los paneles utilizando aire suministrado a 10 psi durante aproximadamente 10 segundos. Luego se evaluó visualmente la capacidad inherente de los especímenes de resistir la incidencia de la suciedad (FIGURAS 30A a 30D). Los sistemas anodizados con los ISC (polisiloxano y polisilazano) aumentados con un componente de limpieza fácil/autolimpieza claramente repelieron la ceniza de madera más efectivamente que los sistemas con sistemas de pintura aeroespaciales con y sin un componente de limpieza fácil/autolimpieza.

En otras realizaciones, los productos metálicos de la presente invención pueden utilizarse para fabricar porciones de una nave de transporte, incluyendo, a modo no taxativo, un avión o vehículo aéreo (tal como un aeroplano, un helicóptero, un misil, un planeador, un globo aerostático y un dirigible), un vehículo terrestre (tal como un automóvil y un tren), un vehículo marítimo (tal como un submarino, un yate, un vehículo no tripulado superficial, un vehículo submarino autónomo, etc.). Debido a la formación de granallado y otras operaciones para fabricar superficies de alas y el requisito de alineación de microsurcos con el movimiento circular de las alas (de otro modo los efectos de la reducción de la resistencia disminuyen) puede no ser viable para laminar microsurcos directamente en una placa/lámina superficial de ala. Sin embargo, los productos de aleación de aluminio de microsurcos laminados en el formato de aplique de la presente divulgación pueden unirse mecánicamente y/o adhesivamente a superficies de ala superior e inferior producidas de forma convencional. Los microsurcos en los productos de aleación de aluminio de



microsurcos laminados de la presente divulgación están alineados con el movimiento circular de las alas. Los productos de aleación de aluminio de microsurcos laminados para alas de avión pueden variar en ancho, calibre y aleación por cuestiones de factibilidad de fabricación fácil y económica, desempeño de corrosión, fabricante/modelo de avión, requisito de peso de avión e integridad estructural/ de resistencia, etc. Por ejemplo, si la aleación seleccionada para el producto de microsurcos laminados es una aleación serie 1XXX, el producto puede proporcionar buenos beneficios de corrosión. Los anchos del producto de microsurcos laminados pueden estar en el rango de aproximadamente cinco pulgadas a aproximadamente doscientas pulgadas. La dirección de los microsurcos (ranura) está típicamente en la dirección del laminado (perpendicular a la dirección del ancho) pero es posible cortar piezas de la lámina de aleación de aluminio y laminar los microsurcos en la dirección transversal o en algún ángulo con respecto a la dirección de laminado de la lámina. En algunas realizaciones, la aleación puede ser aleaciones serie 1XXX, 3XXX, 5XXX, 6XXX, 7XXX, 8XXX de aluminio, así como aleación de Al-Li. La aleación de aluminio utilizada puede ser una aleación tratable con calor o una aleación no tratable con calor. Para la lámina no tratable con calor, el laminado de microsurcos puede llevarse a cabo en una condición endurecida por estiramiento (temple H) o una condición de recocido (temple O). El laminado de microsurcos para la lámina tratable con calor puede realizarse ya sea antes o después del tratamiento térmico en solución. Para el caso donde el laminado de microsurcos se lleva a cabo antes del tratamiento térmico en solución, el laminado de microsurcos puede realizarse en el material en estado tosco de laminación (temple F) o material recocido (temple O) y la laminación de microsurcos puede realizarse ya sea a temperatura fría o elevada. Luego del laminado de microsurcos la lámina puede tratarse con calor, aplicarse y envejecerse mediante envejecimiento natural o envejecimiento artificial. Para el caso donde el laminado de microsurcos se realiza después del tratamiento térmico en solución, el laminado puede realizarse en material recientemente aplacado (temple W), material naturalmente envejecido (temple T3) o en un temple envejecido artificialmente tal como temples T6 o T7. La lámina de microsurcos laminados puede estar desnuda o ser de Alclad. El calibre puede estar en el rango de, por ejemplo, aproximadamente 0,0010 pulgadas a aproximadamente 0,300 pulgadas. La lámina de microsurcos de aluminio laminado puede aplicarse a alas de avión de aluminio nuevas o existentes.

En realizaciones adicionales, todas las topografías de microsurcos divulgadas en la presente también pueden laminarse en lámina o papel de titanio. El proceso de laminado puede estar en el formato de laminado en caliente o laminado en frío. En una realización, el proceso de laminado es laminado en caliente. Para el laminado en caliente, el rango de temperatura de laminado está entre aproximadamente 400° C (752° F) y aproximadamente 1100° C (2012° F). La reducción de laminado está en el rango de aproximadamente 20% hasta aproximadamente 75%. Para reducciones altas, los efectos de endurecimiento por acritud pueden minimizarse con una temperatura de laminado por encima de 800° C (1472° F). La temperatura de recristalización es aproximadamente 600° C (1112° F), mientras que para el laminado en frío la reducción está en el rango de aproximadamente 0,5% hasta aproximadamente 20%. El calibre de la lámina o papel de aplique de microsurcos de Ti puede ser de aproximadamente 0,002 pulgadas a aproximadamente 0,200 pulgadas.

Otros métodos para fabricar una lámina o papel de aplique de microsurcos de Ti de la presente divulgación puede tomar el formato de formación de superplástico. Las topografías de microsurcos pueden laminarse en lámina o papel de Ti con una temperatura de aproximadamente 840° C (1544° F) a aproximadamente 870° C (1598° F) con velocidad de laminado extremadamente lenta con tasa de deformación de aproximadamente 0,0001/s a aproximadamente 0,001/s. La reducción puede estar en el rango de aproximadamente 20% hasta aproximadamente 300%.

En otras realizaciones, los productos metálicos de la presente divulgación pueden utilizarse para fabricar porciones de un vehículo marítimo, incluyendo, a modo no taxativo, un submarino, un yate, un vehículo no tripulado superficial y un vehículo submarino autónomo. En una realización, la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes resulta en una superficie con textura que reduce la fricción suficientemente diseñada para proporcionar una reducción de la resistencia en el rango, por ejemplo, de aproximadamente cinco por ciento hasta aproximadamente quince por ciento. En una realización, el producto metálico es un acero de alta resistencia de baja aleación que está cubierto por las especificaciones de SAE J410, J1392 y J1442, así como las especificaciones de ASTM A242, A440, A441, A572, A588, A606, A607, A618, A633, A656, A 690, A709, A714, A715, A808, A812, A841, A860 y A871. El proceso de laminado puede estar en el formato de laminado en caliente o laminado en frío. Para el laminado en caliente, el rango de temperatura de laminado está entre aproximadamente 720° C (1328° F) y aproximadamente 1050° C (1922° F). La reducción de laminado puede variar en un rango amplio con una reducción de pase de rodillo de microsurcos final típica que excede aproximadamente 50%. El enfriamiento después del laminado de microsurcos puede comenzar en un rango de entre aproximadamente 10° C (50° F) por minuto y aproximadamente 300° C (572° F) por minuto. Una tasa de enfriamiento rápida es deseable para lograr un tamaño de grano de ferrita más fino y de este modo una resistencia más alta. Para el laminado en frío a temperatura ambiente, la reducción de laminado se encuentra en el rango de aproximadamente cinco (5%) a aproximadamente ochenta (80)%. El proceso de laminado en frío es seguido por un proceso de recocido con un rango de temperatura de recocido de aproximadamente 400° C (752° F) a aproximadamente 700° C (1292° F). El tiempo de recocido varía dependiendo de la microestructura especificada y los requisitos de propiedad.

5 Tanto ingenieros de aviones que construyen alas y hélices de aviones como ingenieros de turbinas eólicas que diseñan álabes del rotor están preocupados por la resistencia aerodinámica. Un avión debería tener buena economía de combustible y los álabes del rotor de la turbina eólica deben tener altas velocidades periféricas para trabajar de manera eficiente. Por lo tanto, es importante que las alas del avión y los álabes del rotor tengan resistencia aerodinámica. En una realización, la presente invención se dirige a un álabe de rotor que incluye al menos un producto metálico que tiene al menos una superficie que está básicamente ranurada, en donde la superficie básicamente ranurada forma una topografía de microsurcos, incluyendo la topografía de microsurcos una multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes que corren a lo largo de al menos una parte de la superficie y en donde la topografía de microsurcos está revestida con al menos un recubrimiento diseñado y aplicado suficientemente para conservar la topografía de microsurcos. En una realización, la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes resulta en una superficie con textura que reduce la fricción suficientemente diseñada para proporcionar una reducción de la resistencia en el rango de aproximadamente cinco por ciento hasta aproximadamente quince por ciento. En una realización, la resistencia reducida aumenta la energía que puede generarse a la misma velocidad eólica.

10 La pérdida de presión por fricción o resistencia, en un sistema de cañerías es una pérdida de energía y puede afectar económicamente la operación de un sistema de cañerías. Los agentes que reducen la resistencia (DRA) son utilizados por algunas compañías que operan con cañerías de líquidos y gases para minimizar la turbulencia de flujo y, de este modo, aumentar el rendimiento y así reducir los costos operativos de las cañerías. Aunque los DRA son un agente que aumenta la capacidad efectiva, su uso es costoso a largo plazo. En otras realizaciones adicionales, los productos metálicos de la presente divulgación pueden utilizarse para fabricar un sistema de cañerías. En una realización, la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes resulta en una superficie con textura que reduce la fricción suficientemente diseñada para proporcionar una reducción de la resistencia en el rango, por ejemplo, de aproximadamente cinco por ciento hasta aproximadamente treinta por ciento. En una realización, la resistencia reducida disminuye la pérdida de energía al reducir la fricción a lo largo de la pared de cañería.

25 Se apreciará que varias características y funciones divulgadas anteriormente y otras, o alternativas de las mismas, pueden combinarse de manera deseable en muchos otros sistemas o aplicaciones diferentes. Varias alternativas, modificaciones, variaciones o mejoras imprevistas o inesperadas en la presente podrán ser realizadas posteriormente por los expertos en la técnica y se pretende que las mismas también estén comprendidas por las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Una nave de transporte **caracterizada por que:**

5 - al menos un producto metálico que tiene al menos una superficie que es básicamente ranurada, en donde la superficie básicamente ranurada forma una topografía de microsurcos, incluyendo la topografía de microsurcos una multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes (200, 220, 240, 260, 800, 850) que corren a lo largo de al menos una parte de la superficie, y

10 en donde la topografía de microsurcos está revestida con al menos dos capas que comprenden una capa base y una capa de acabado y en donde estas capas están diseñadas y son aplicadas suficientemente para conservar la topografía de microsurcos, en donde la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes (200, 220, 240, 260, 800, 850) resulta en una superficie con textura que reduce la fricción.

15 2. La nave de transporte de la reivindicación 1, en donde el producto metálico se selecciona del grupo que consiste en una lámina tratable con calor de aleación de aluminio, una placa tratable con calor de aleación de aluminio, una lámina no tratable con calor de aleación de aluminio, una placa no tratable con calor de aleación de aluminio, una lámina de titanio, una placa de titanio, una lámina de acero y una placa de acero.

20 3. La nave de transporte de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el producto metálico es al menos uno de una lámina de aleación de aluminio Alclad o una placa de aleación de aluminio Alclad.

25 4. La nave de transporte de la reivindicación 1, en donde la topografía de microsurcos incluye al menos cien microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes.

30 5. La nave de transporte de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada uno de la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes (200, 220, 240, 260, 800, 850) tiene una altura pico de entre aproximadamente 25 µm y aproximadamente 5,0 mm, y en donde la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes están separados uniformemente entre sí una distancia en el rango de aproximadamente 25 µm y aproximadamente 5,0 mm.

35 6. La nave de transporte de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde un aditivo químico hidrófobo se agrega a la capa de acabado y el aditivo químico hidrófobo es opcionalmente un sistema de siloxano funcionalizado.

40 7. La nave de transporte de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el producto metálico se utiliza para fabricar al menos una porción de un álabe de rotor o para fabricar al menos una porción de un avión seleccionado del grupo que consiste en un ala del avión, un fuselaje del avión y un estabilizador del avión.

45 8. Un método para fabricar una nave de transporte de la reivindicación 1 **caracterizado por que:**

- proporcionar una lámina o placa metálica básicamente plana;
- pasar la lámina o placa metálica básicamente plana a través de un laminador,

en donde el laminador incluye:

50 - al menos un rodillo que tiene una superficie externa grabada con una topografía de microsurcos, en donde la topografía de microsurcos incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales adyacentes (200, 220, 240, 260, 800, 850), en donde los valores típicos para la altura y separación de los microsurcos (200, 220, 240, 260, 800, 850) son de entre aproximadamente 25 µm y aproximadamente 2mm, y

55 - al menos un rodillo que tiene una superficie externa básicamente plana sin alterar;

- producir una lámina o placa metálica básicamente ranurada que incluye una multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes (200, 220, 240, 260, 800, 850) que corren a lo largo de al menos una parte de la superficie;
- revestir la lámina o placa metálica básicamente ranurada con al menos un recubrimiento (908a, 908b, 910) diseñado y aplicado suficientemente para conservar la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes (200, 220, 240, 260, 800, 850); y
- obtener el producto metálico,

60 en donde la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes de la lámina o placa metálica básicamente ranurada resulta en una superficie con textura que reduce la fricción.

65

- 5 9. El método de la reivindicación 8, en donde la lámina o placa metálica se selecciona del grupo que consiste en una lámina tratable con calor de aleación de aluminio, una placa tratable con calor de aleación de aluminio, una lámina no tratable con calor de aleación de aluminio, una placa no tratable con calor de aleación de aluminio, una lámina de titanio, una placa de titanio, una lámina de acero y una placa de acero.
10. El método de la reivindicación 8 o 9, en donde la lámina o placa metálica es al menos una de una lámina de aleación de aluminio Alclad o una placa de aleación de aluminio Alclad.
- 10 11. El método de la reivindicación 8, en donde la multiplicidad de microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes que corren a lo largo de al menos una parte de la superficie de la lámina o placa metálica básicamente ranurada incluye al menos cien microsurcos longitudinales laminados de forma permanente adyacentes.
- 15 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en donde al menos un recubrimiento se selecciona del grupo que consiste en una capa base, una capa de acabado y un recubrimiento de limpieza fácil/autolimpieza.
13. El método de la reivindicación 12,
- 20 en donde un aditivo químico hidrófobo se agrega a la capa de acabado y el aditivo químico hidrófobo es opcionalmente un sistema de siloxano funcionalizado.
14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13,
- 25 en donde el producto metálico se utiliza para fabricar al menos una porción de un álabe de rotor o para fabricar al menos una porción de un avión seleccionado del grupo que consiste en un ala del avión, un fuselaje del avión o un estabilizador del avión.

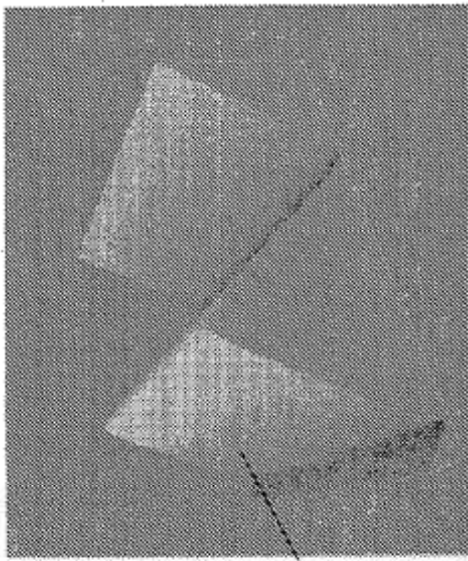


FIG. 1B

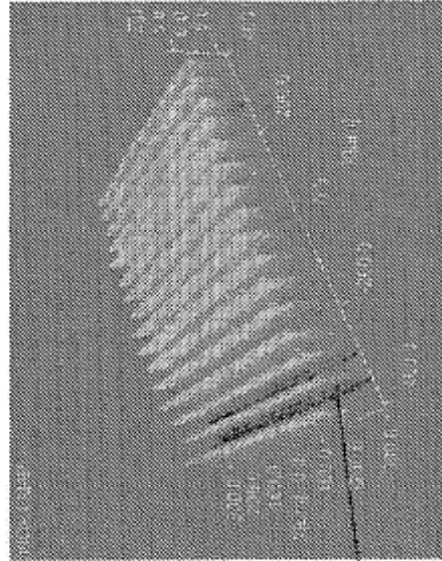


FIG. 1D

100

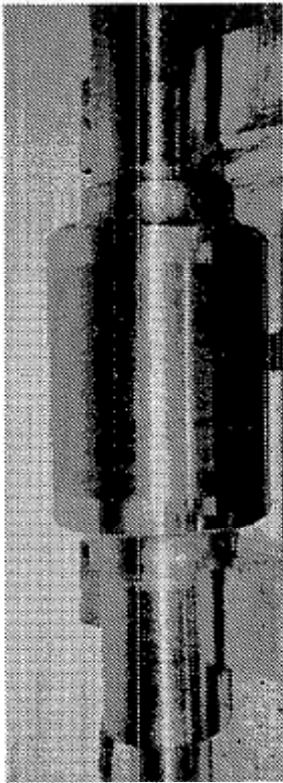


FIG. 1A

150

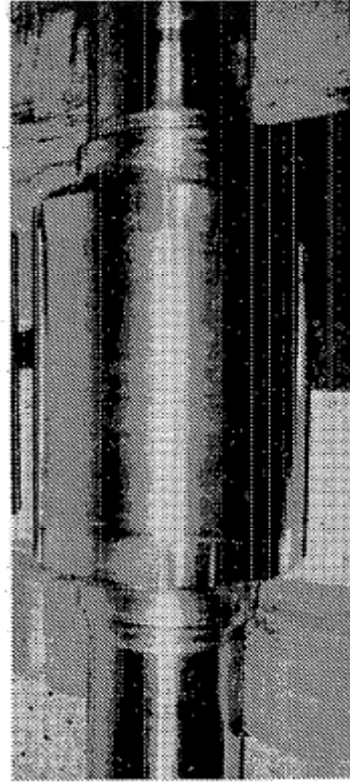


FIG. 1C

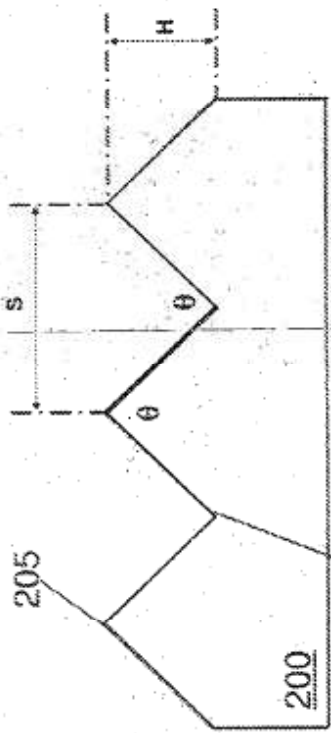


FIG. 2A

210

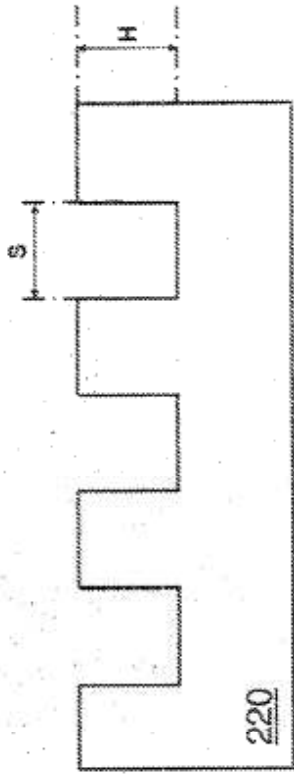


FIG. 2B

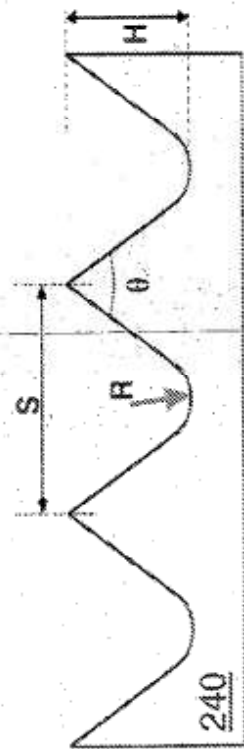


FIG. 2C

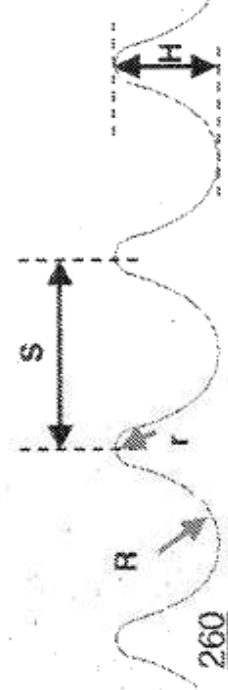


FIG. 2D

Tipo de microsurco	Separación S ( $\mu\text{m}$ )	Altura H ( $\mu\text{m}$ )	Radio R ( $\mu\text{m}$ )	Radio r ( $\mu\text{m}$ )	Ángulo $\theta$ (grado)
Microsurcos con forma de V	50 - 2000	25-1000	—	—	90
Microsurcos rectangulares	50 - 2000	25-1000	...	...	
Microsurcos con forma de escama de tiburón	50 - 2000	25-1000	75-250	—	60-90
Microsurcos con forma de escama de tiburón modificados	50 - 2000	25-1000	250-400	50-150	

FIG. 3



FIG. 4A

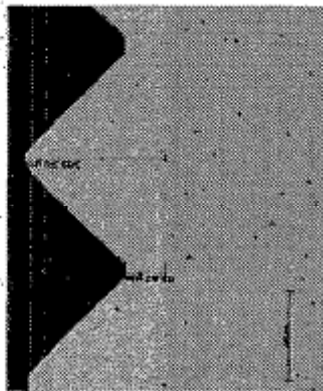


FIG. 4B

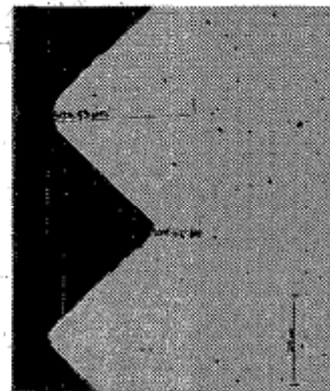


FIG. 4C

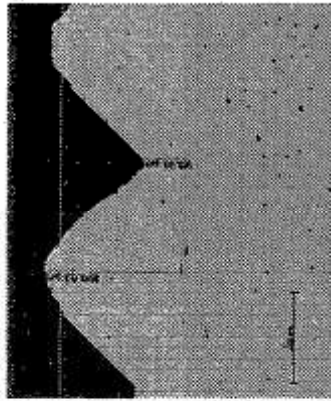


FIG. 4D

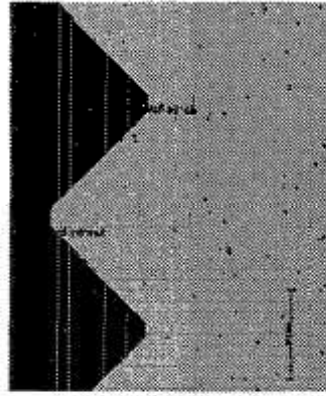


FIG. 4E

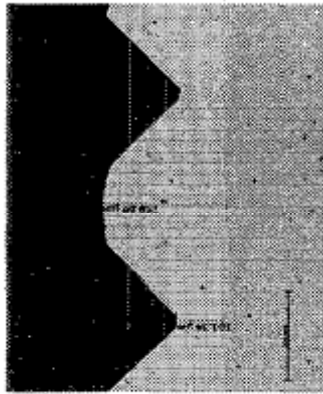
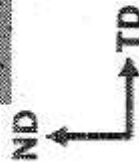


FIG. 4F

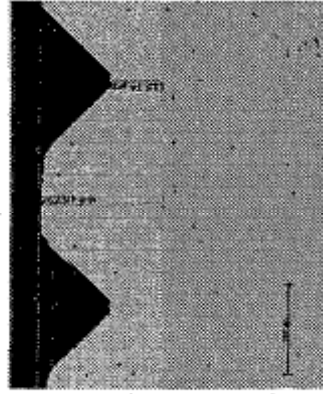


FIG. 4G

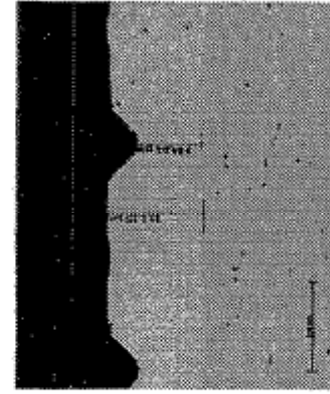


FIG. 4H



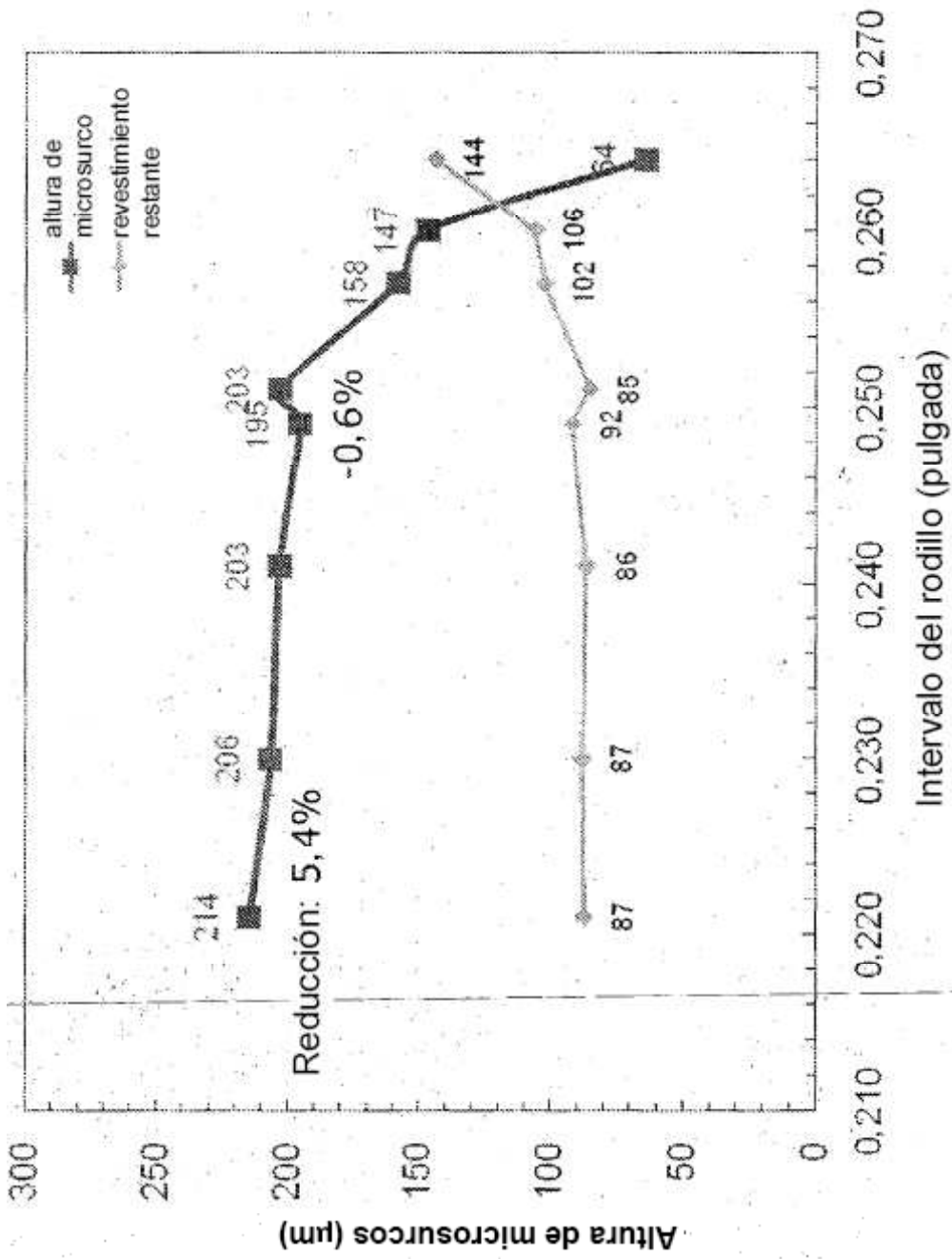


FIG. 5

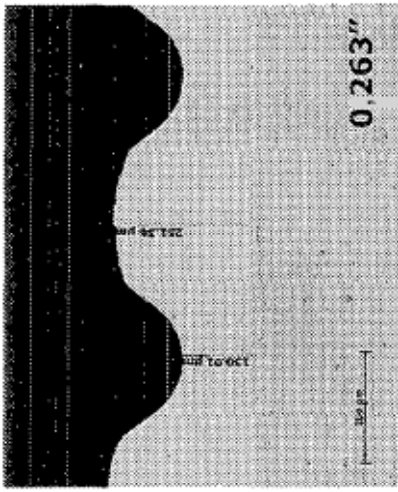


FIG. 6E

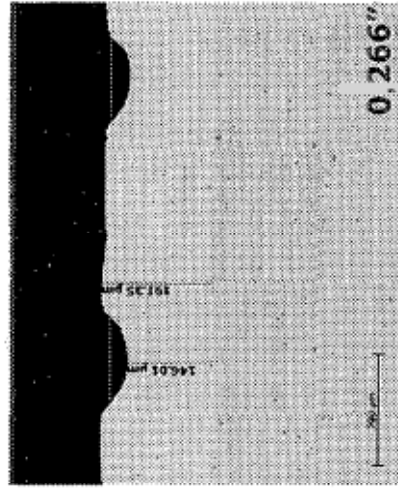


FIG. 6F

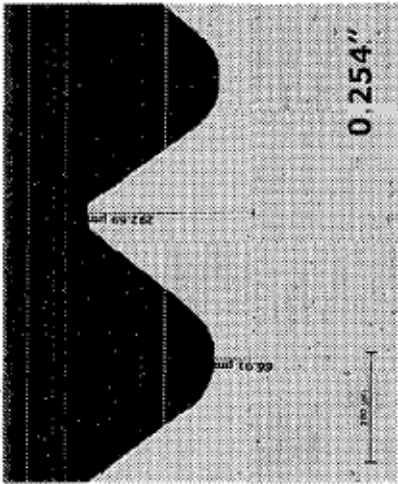


FIG. 6C

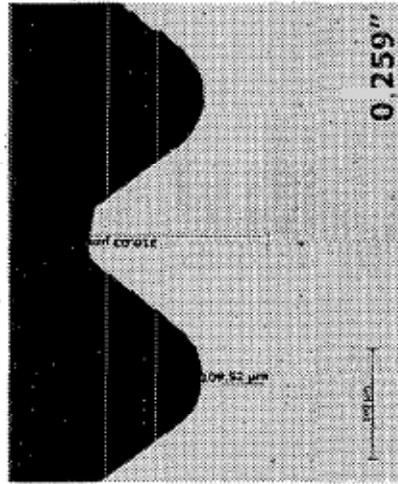


FIG. 6D

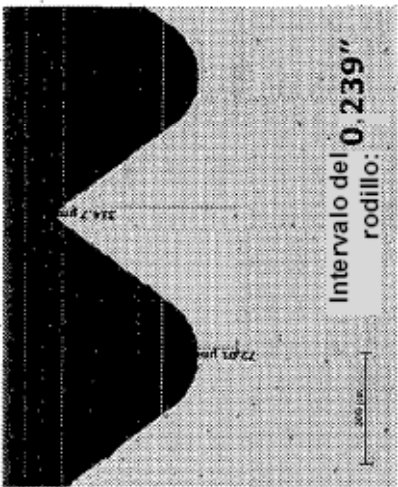


FIG. 6A

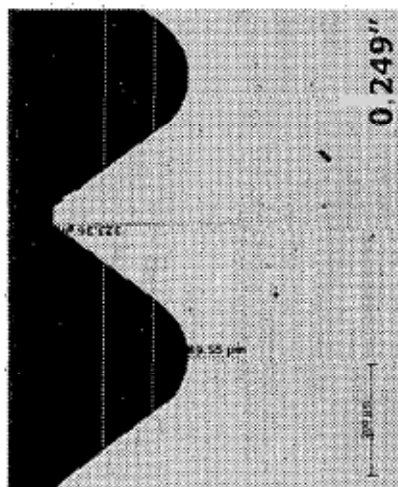


FIG. 6B



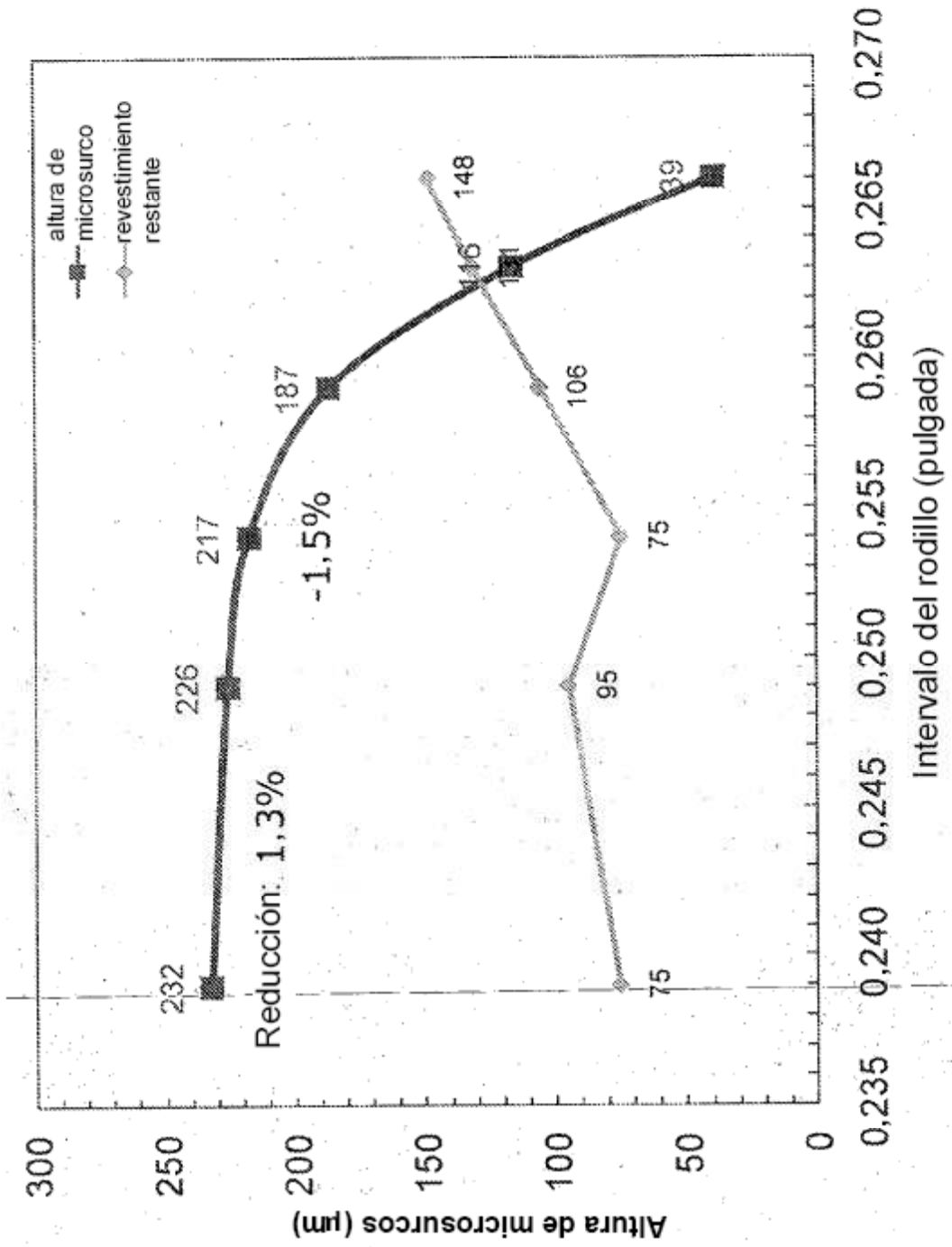


FIG. 7

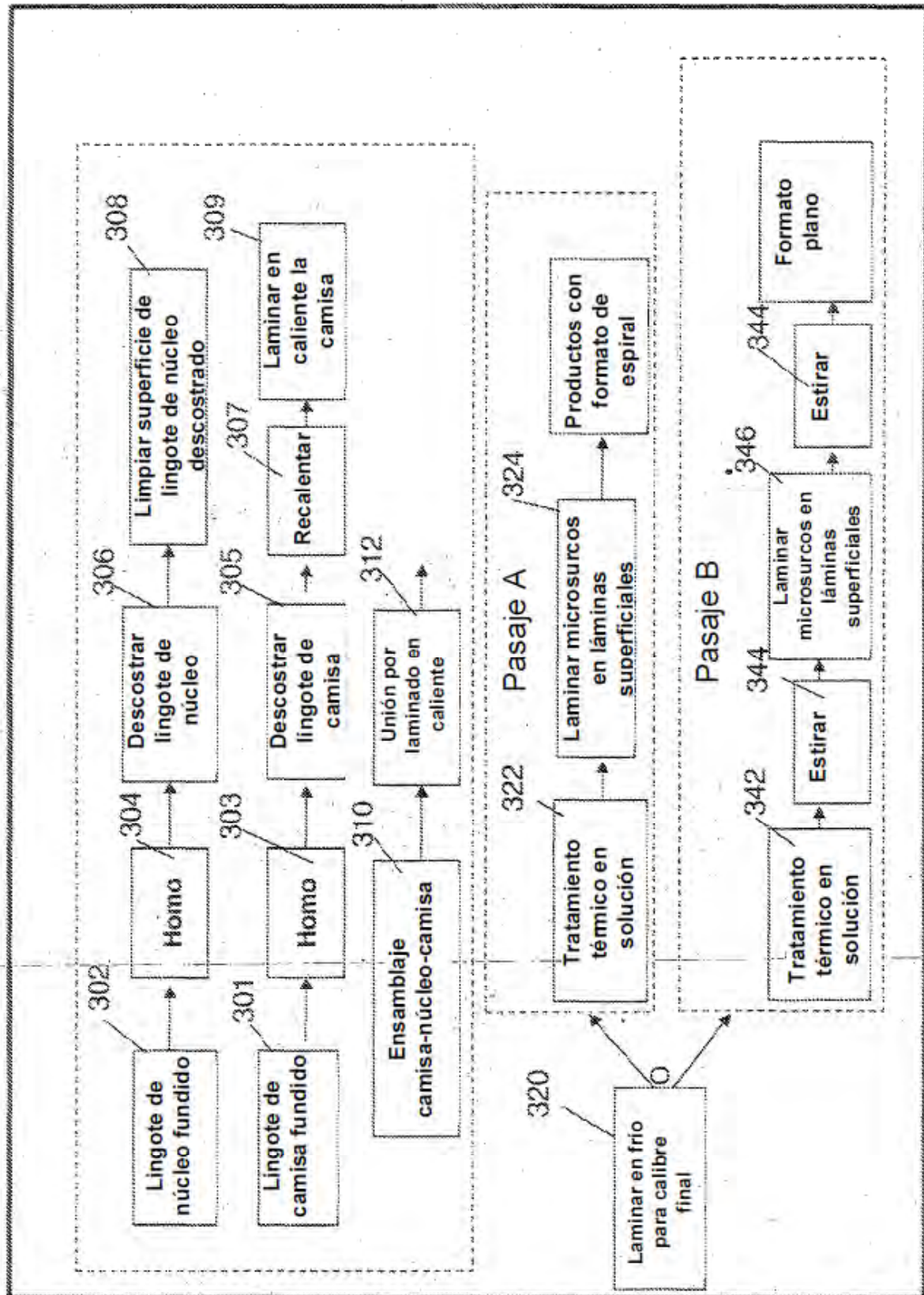


FIG. 8

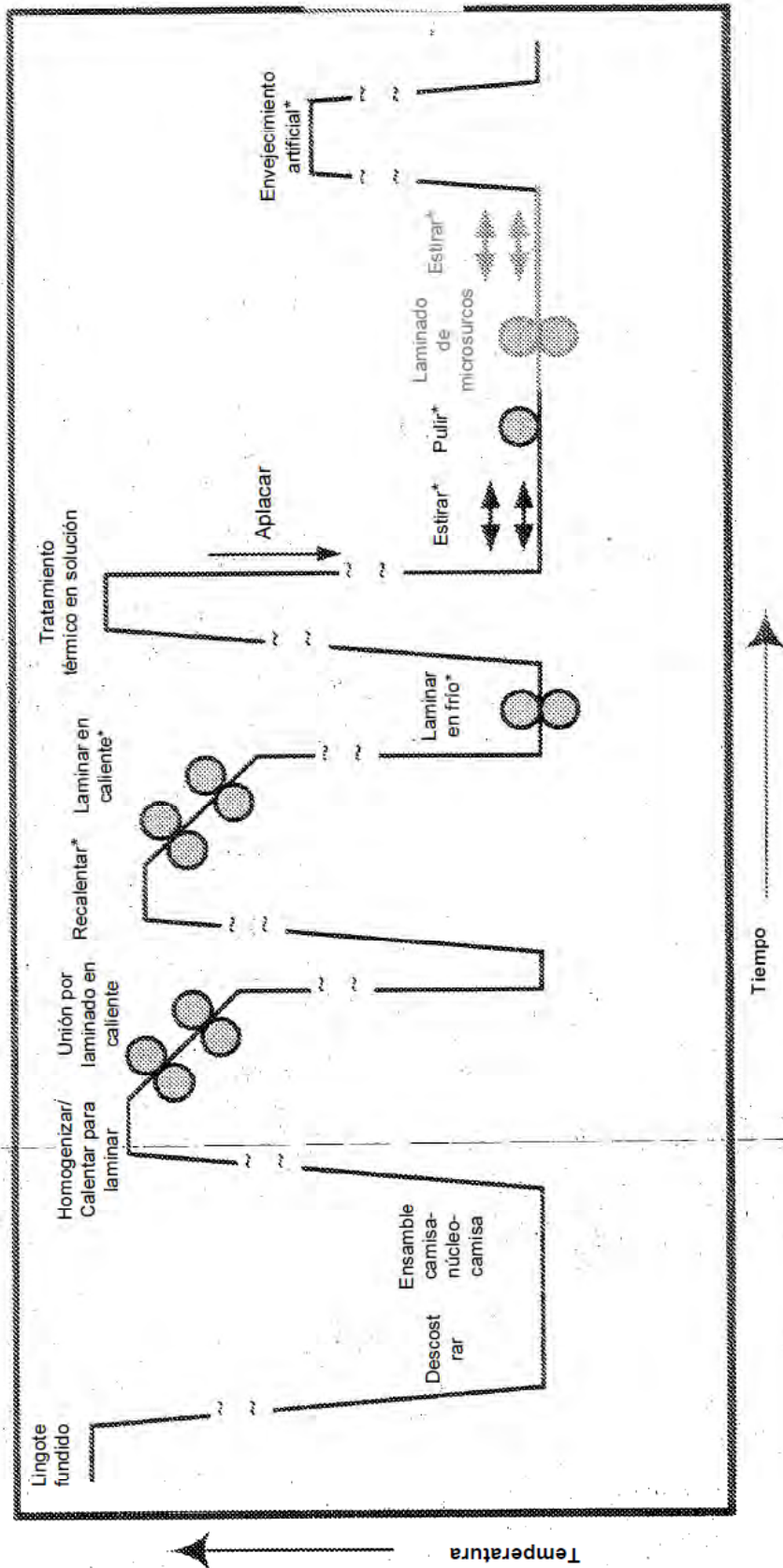


FIG. 9

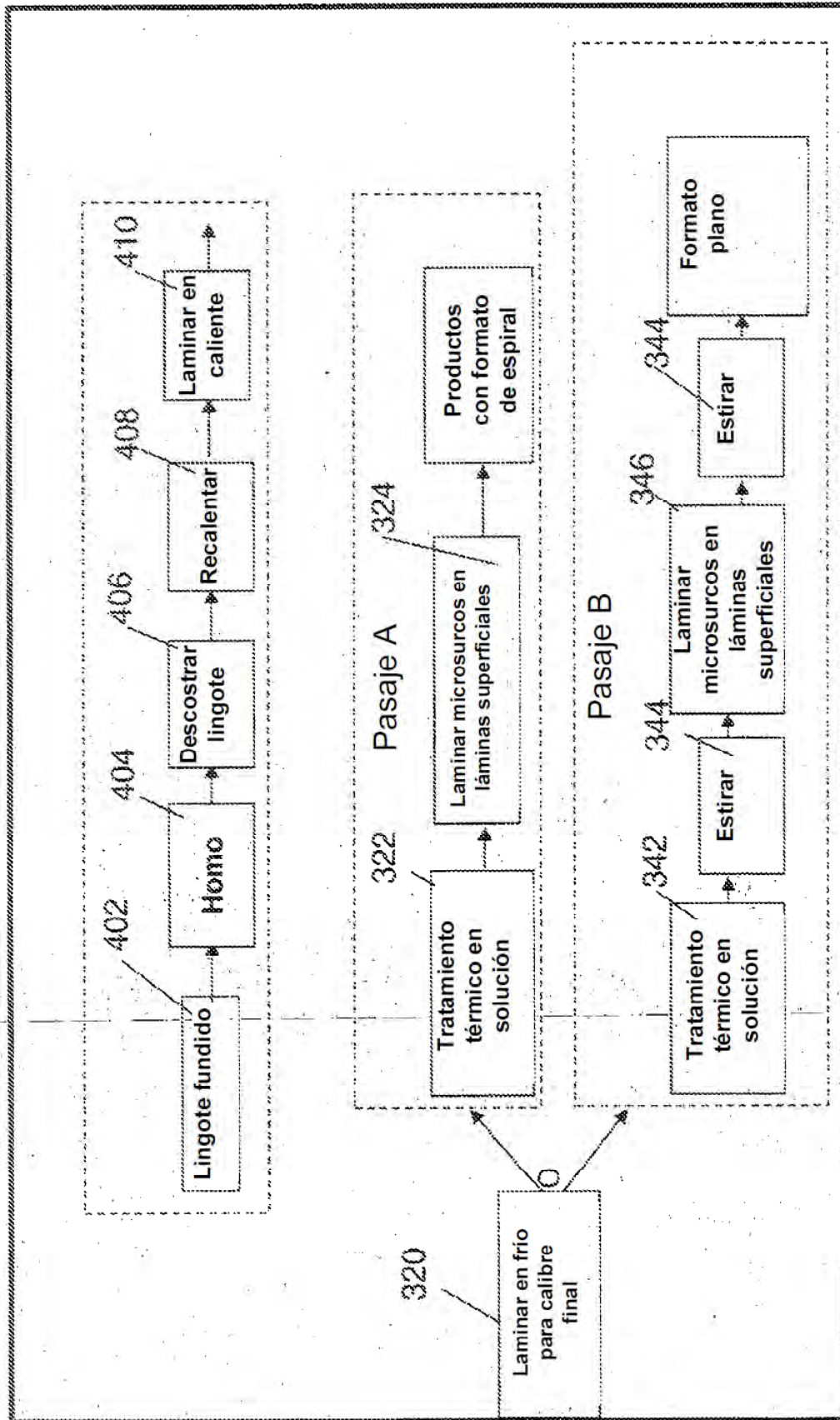


FIG. 10

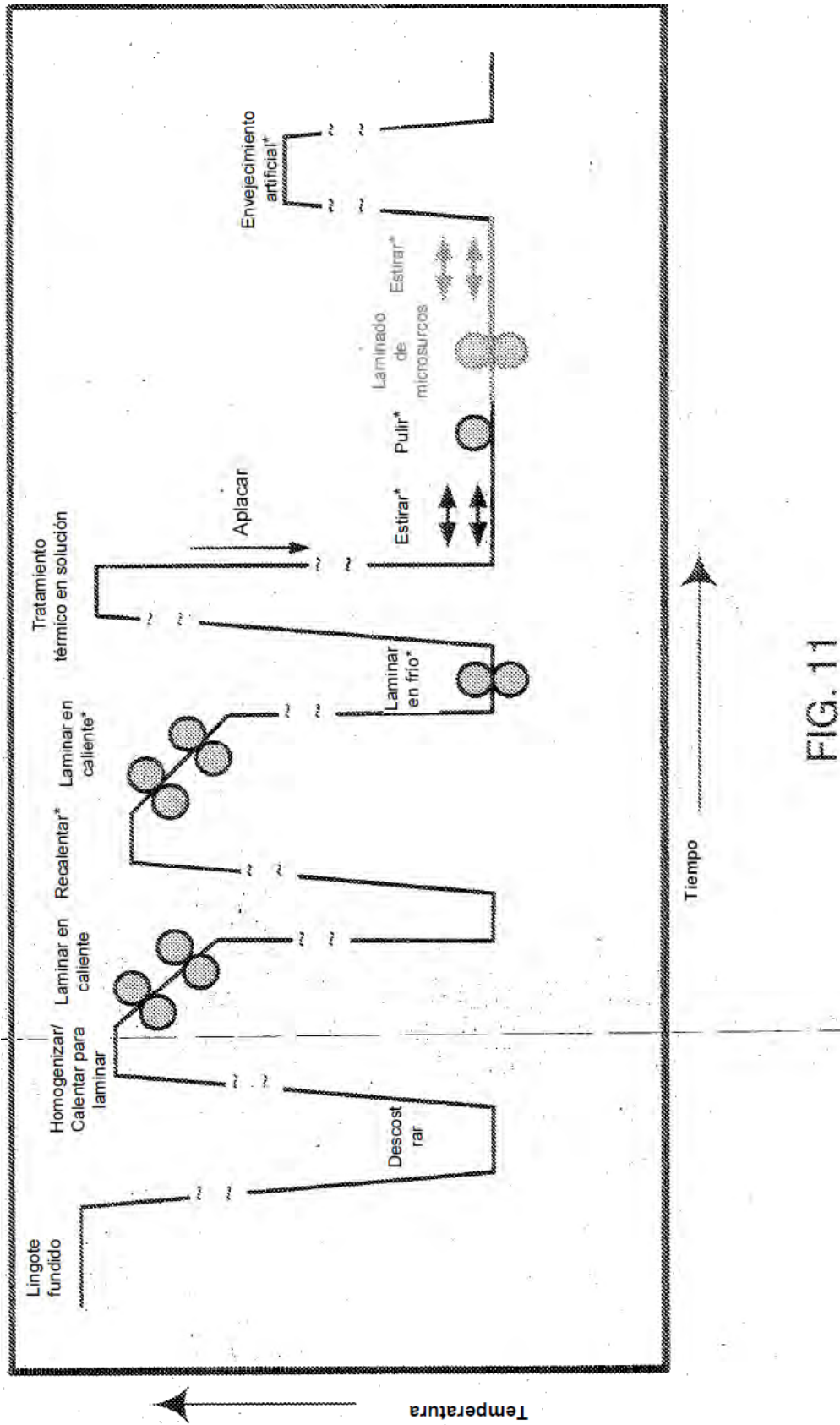


FIG. 11

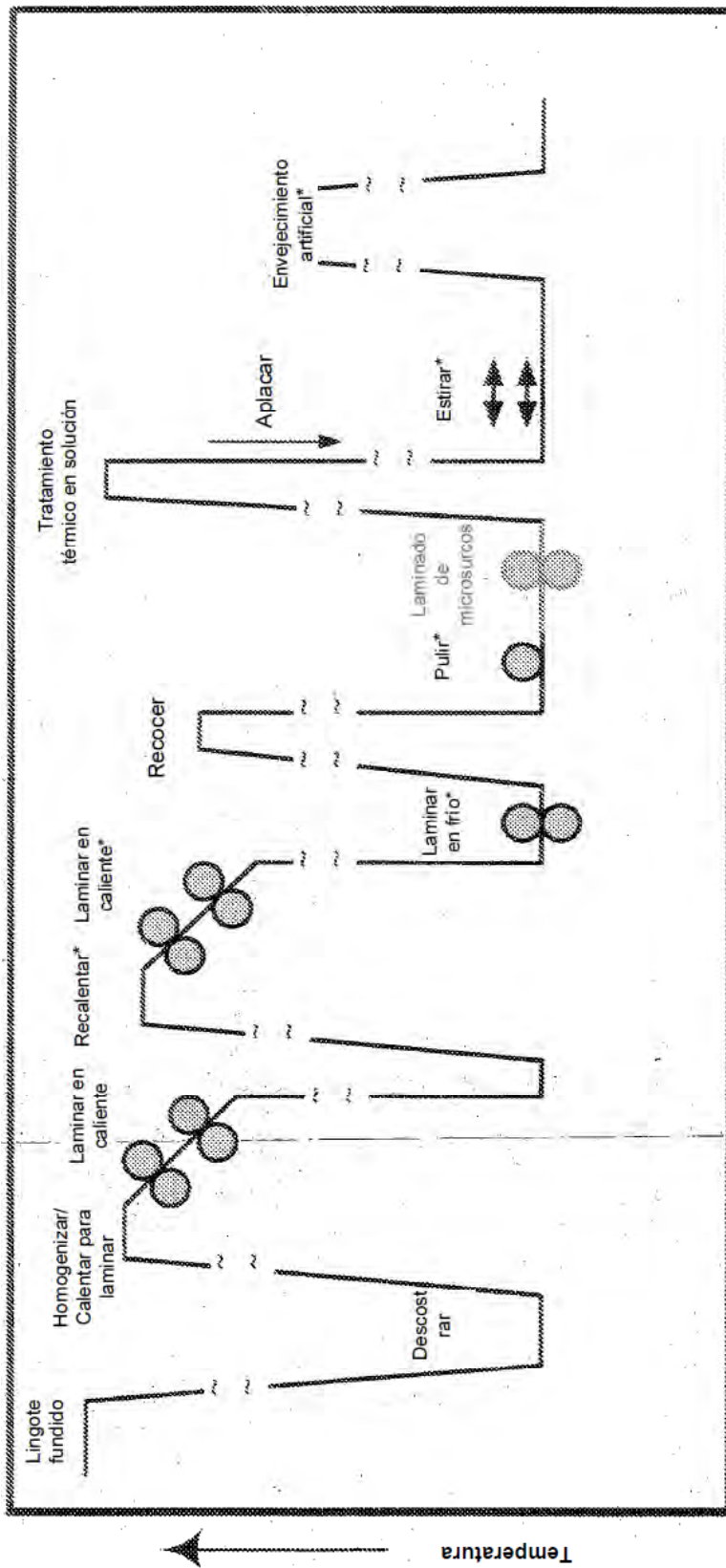


FIG. 12



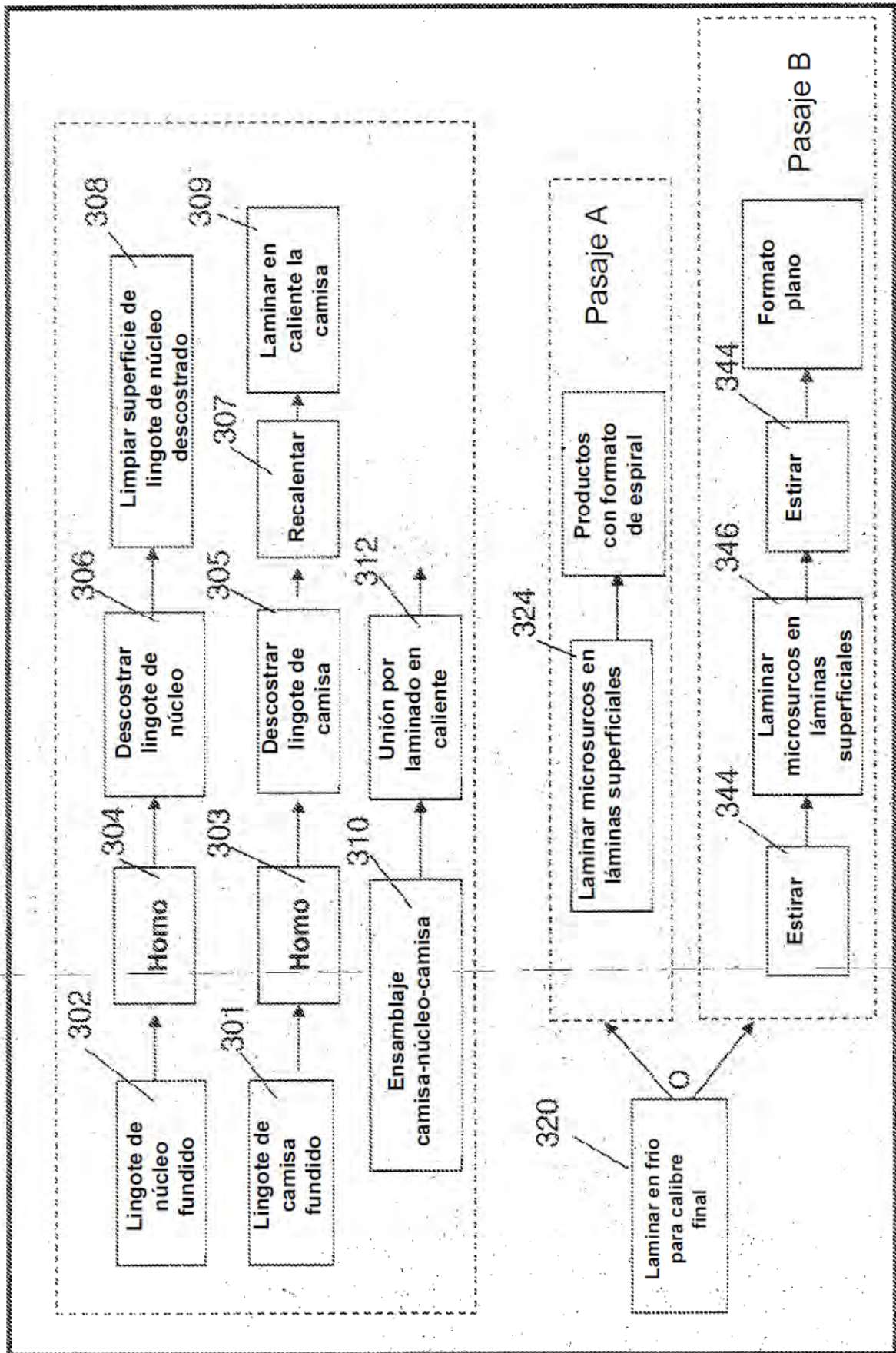


FIG. 13

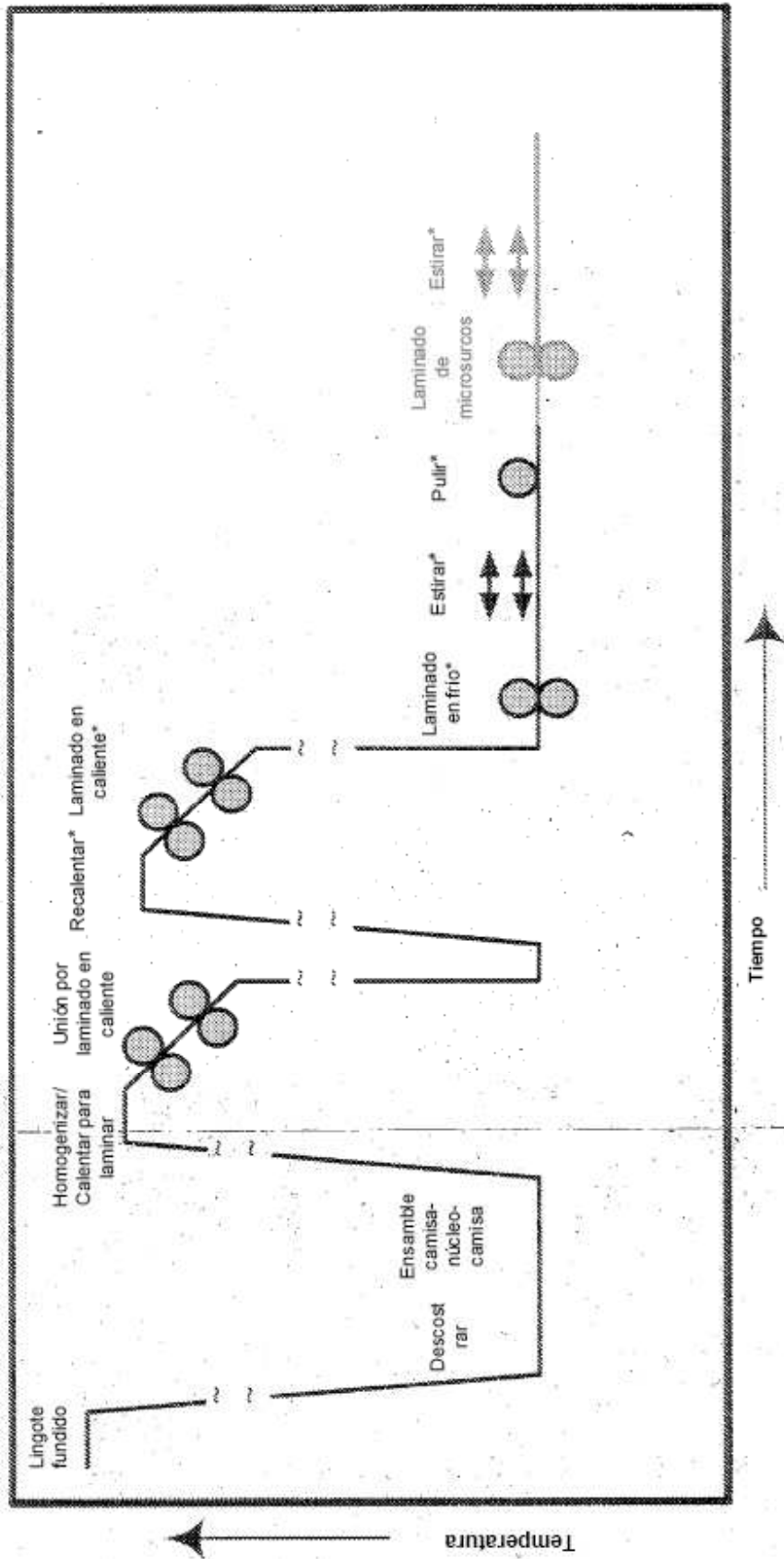


FIG. 14

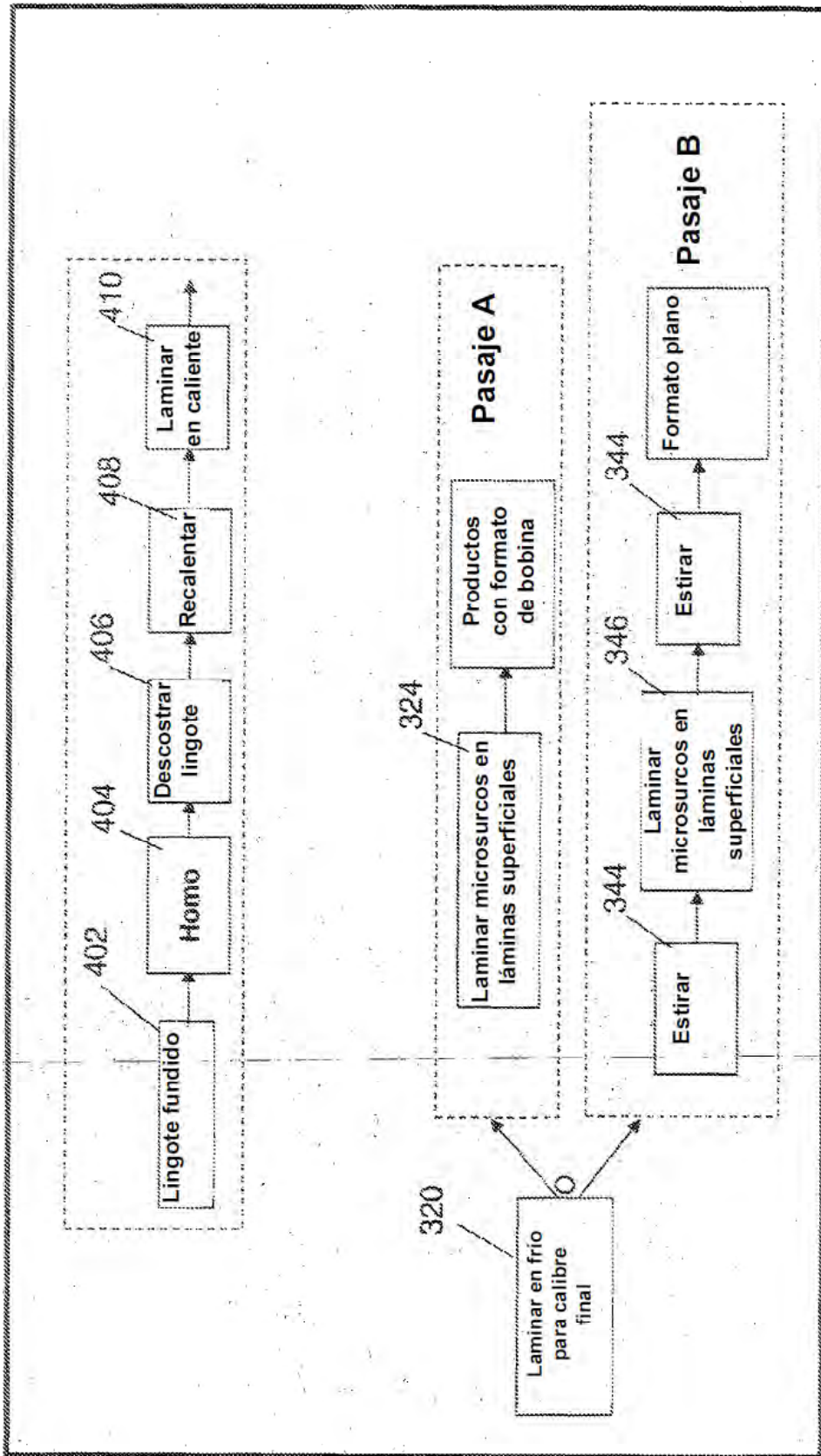


FIG. 15

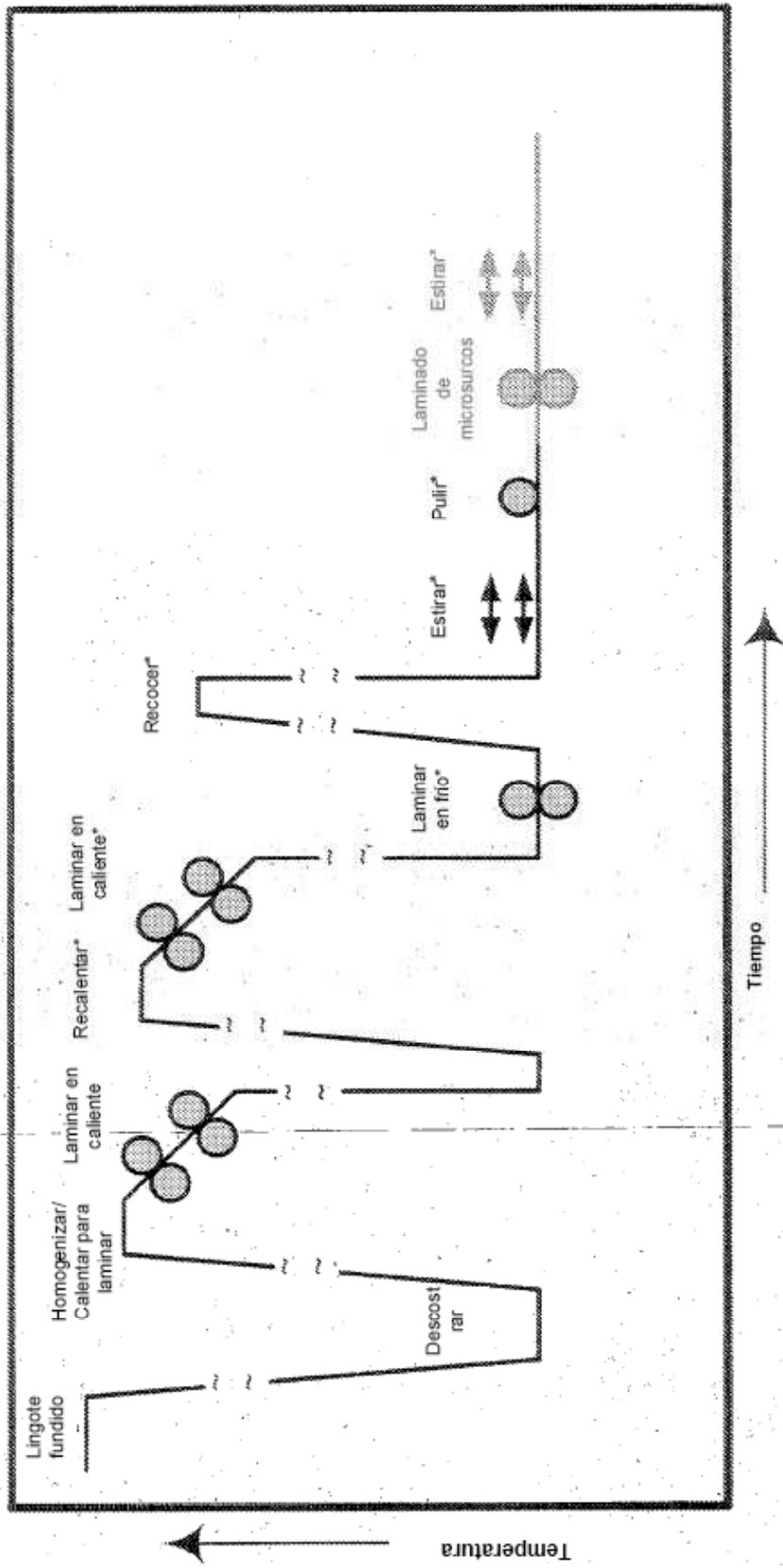


FIG. 16

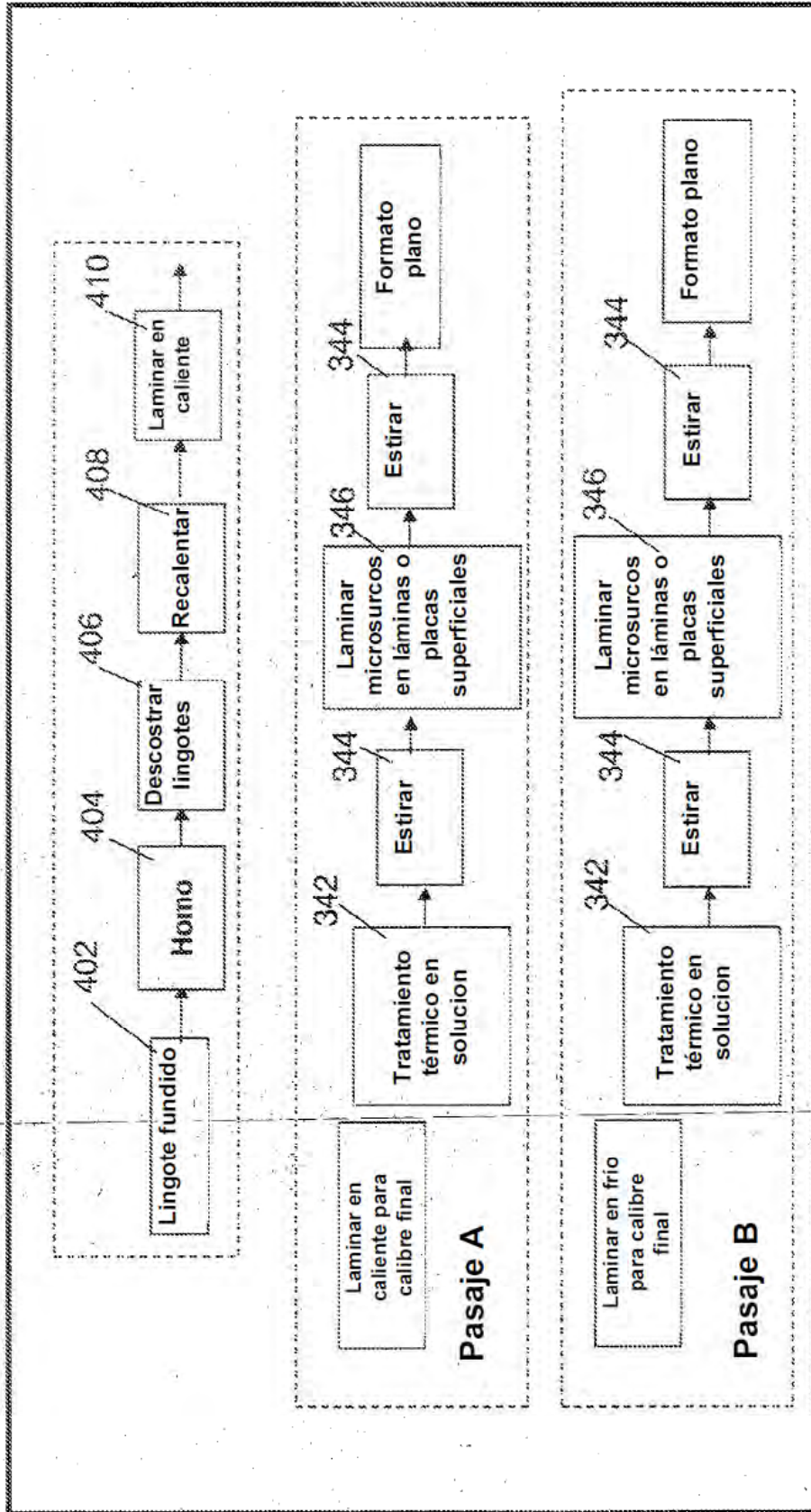


FIG. 17

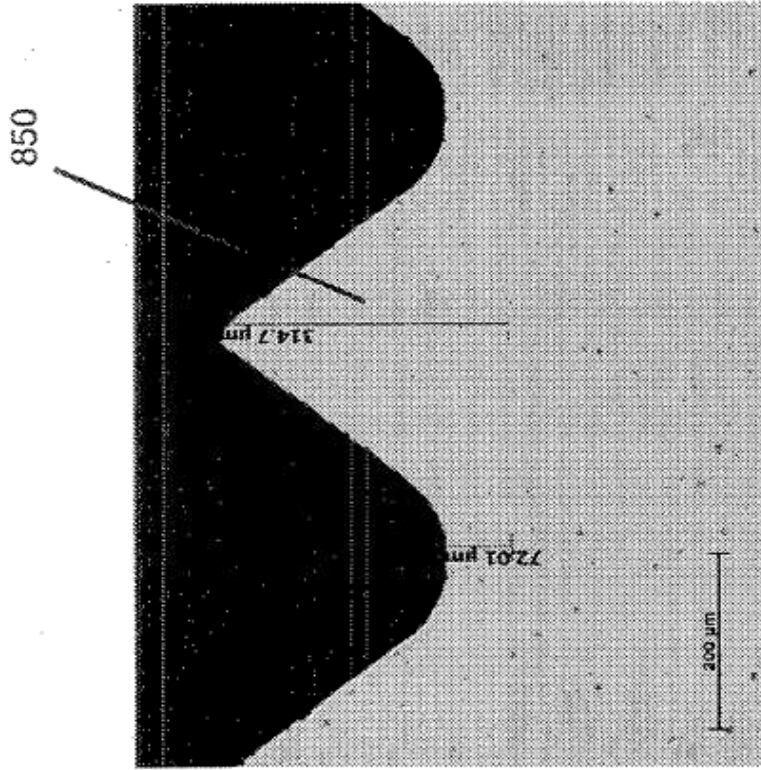


FIG. 18B

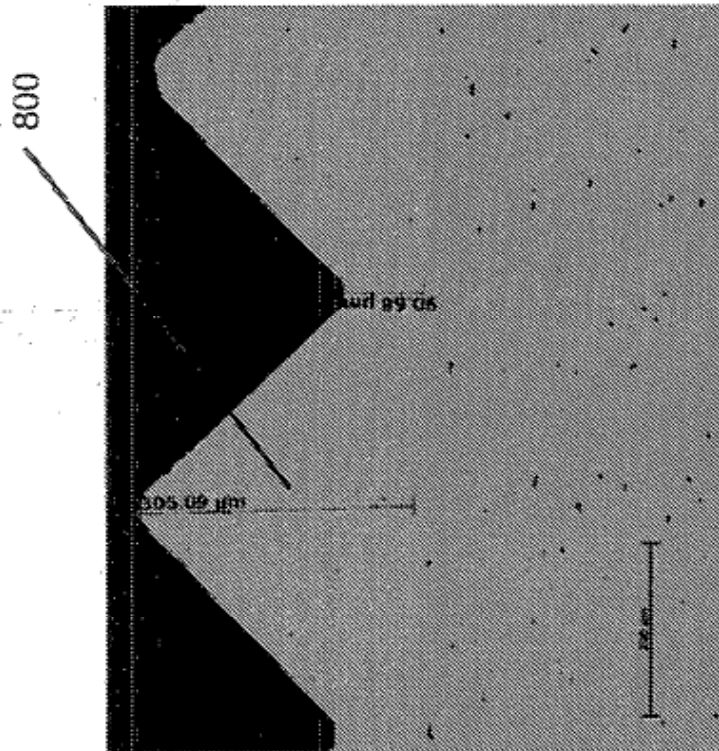


FIG. 18A

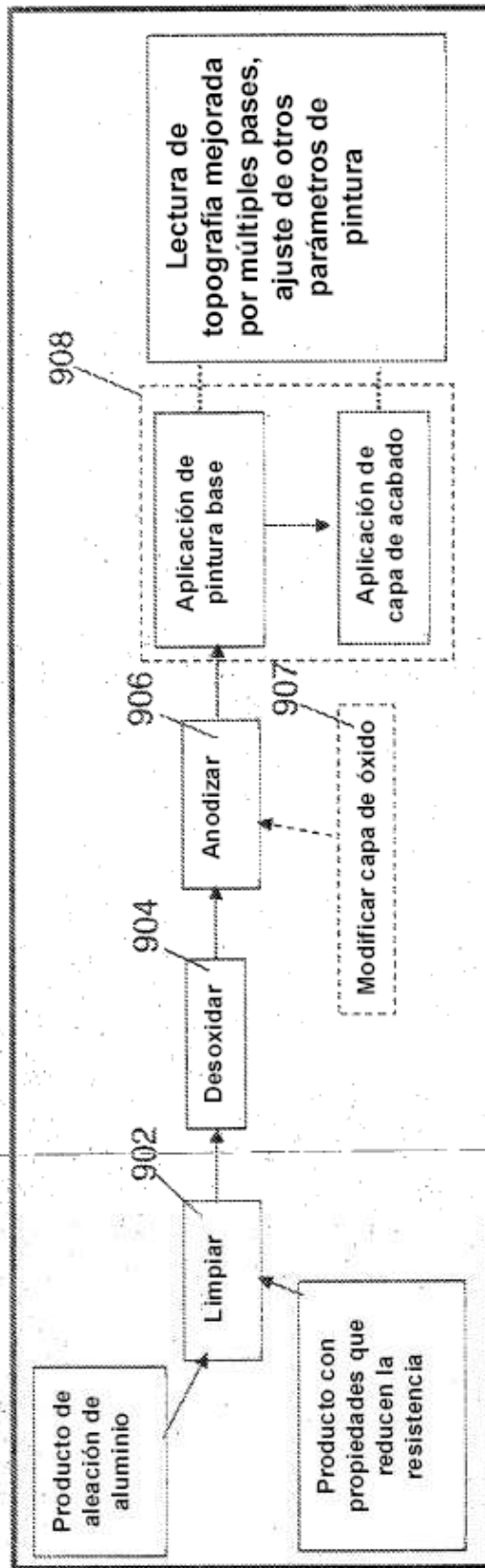


FIG. 19

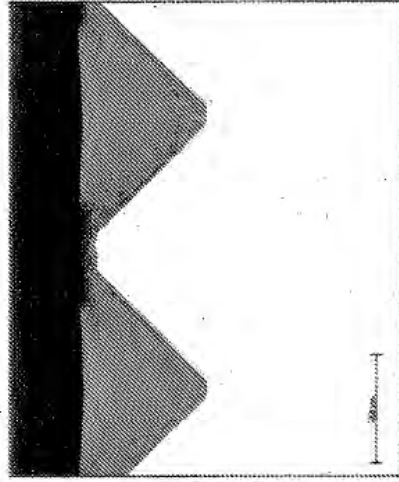


FIG. 20B

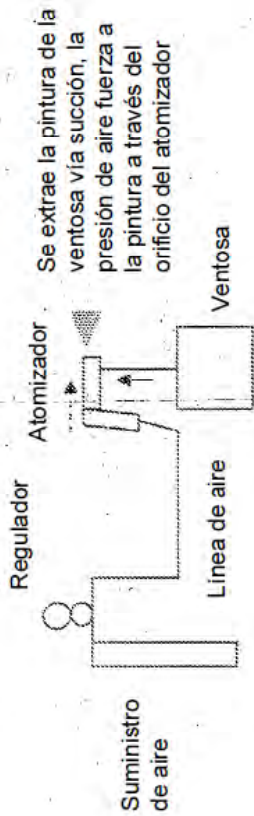


FIG. 20A

Variable	Capa base	Capa de acabado
Tipo de pintura	Akzo Nobel 10P20-44, epoxi de altos sólidos (75%) cromado con agente de curación EC-265	Akzo Nobel 24F20-101, poliuretano gris de 72% de sólidos con agente de curación PC-226
Método de aplicación de pintura	Manual	Manual
Método de administración de pintura	Ventosa	Ventosa
Tipo de atomizador	Badger Modelo 400	Badger Modelo 400
Orificio del atomizador	Designación media	Designación media
Viscosidad de la pintura	18 s utilizando copa de viscosidad Zahn N° 2	26 s utilizando copa de viscosidad Zahn N° 2
Diolevante de reducción	Ninguno	Ninguno
Número de vueltas de alimentación	1,5 vueltas	1,25 vueltas
Presión de aire	20 psi	20 psi
Número de pasadas de pulverización	1	4
Condición de curado de pintura	Temperatura ambiente durante 24 horas	Temperatura ambiente durante 24 horas



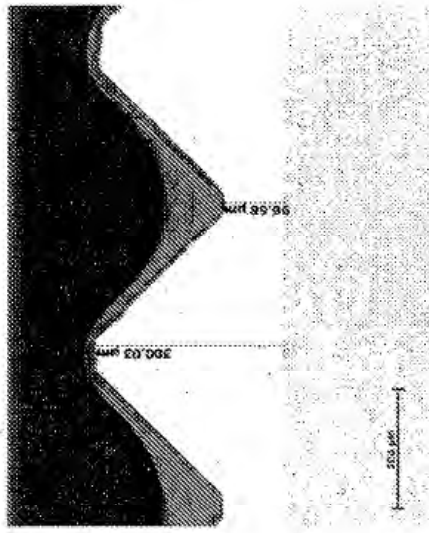


FIG. 21B

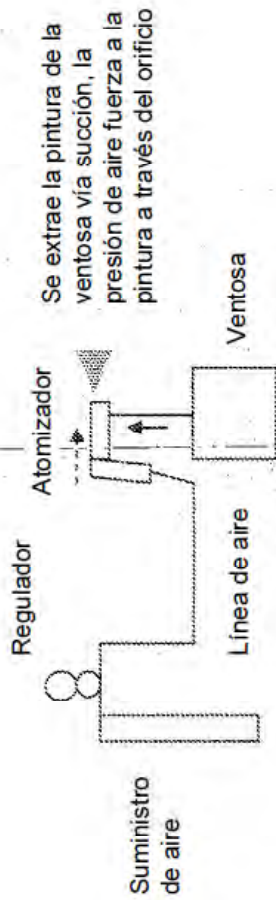


FIG. 21A

Variable	Capa base	Capa de acabado
Tipo de pintura	Akzo Nobel 10P20-44, epoxi de altos sólidos (75%) cromado con agente de curación EC-265	Akzo Nobel 24F20-101, poliuretano gris de 72% de sólidos con agente de curación PC-226
Método de aplicación de pintura	Manual	Manual
Método de administración de pintura	Ventosa	Ventosa
Tipo de atomizador	Badger Modelo 400	Badger Modelo 400
Orificio del atomizador	Designación media	Designación media
Viscosidad de la pintura	19 s utilizando copa de viscosidad Zahn N° 2	24 s utilizando copa de viscosidad Zahn N° 2
Disolvente de reducción	Ninguno	Ninguno
Número de vueltas de alimentación	1,5	3
Presión de aire	20 psi	20 psi
Número de pasadas de pulverización	3	3
Condición de curado de pintura	Temperatura ambiente durante 24 horas	Temperatura ambiente durante 24 horas

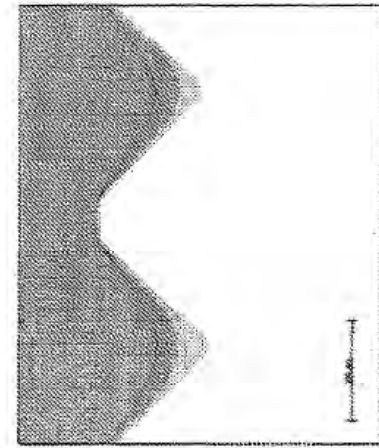


FIG. 22B

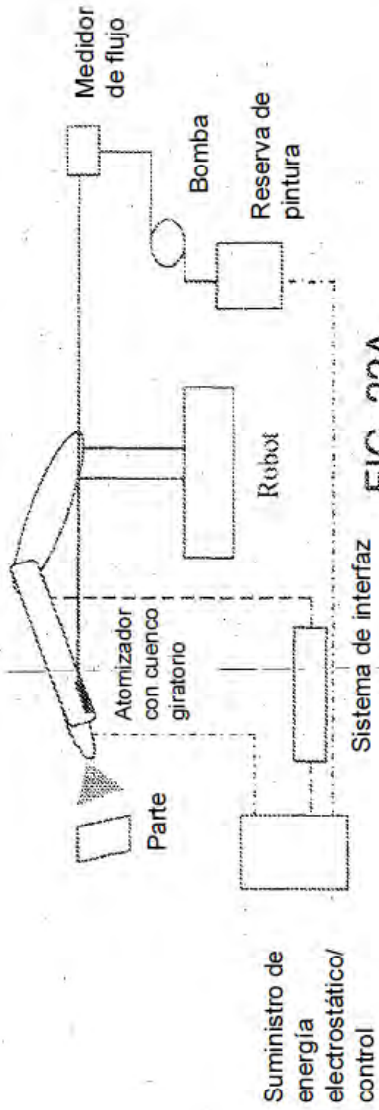


FIG. 22A

Variable	Capa base	Capa de acabado
Tipo de pintura	Akzo Nobel 10P20-44, epoxi de altos sólidos (75%) cromado con agente de curación EC-265	Polisilazano Kion 1067 A
Método de aplicación de pintura	Manual	Robótico
Método de administración de pintura	Ventosa	Robótico giratorio
Sistema robótico	N/C	ABB
Tipo de atomizador	Badger Modelo 400	N/C
Orificio del atomizador	Designación media	N/C
Viscosidad de la pintura	18 s utilizando copa de viscosidad Zahn N° 2	77 s utilizando copa Ford N° 1
Tipo de atomizador con cuenco	N/C	ITW
Voltaje	N/C	30 kV
Disolvente de reducción	Ninguno	Butil acetato
Número de vueltas de alimentación	1,5	N/C
Presión de aire	20 psi	N/C
Número de pasadas de pulverización	1	10
Condición de curado de pintura	Temperatura ambiente durante 24 horas	310 F durante 30 minutos

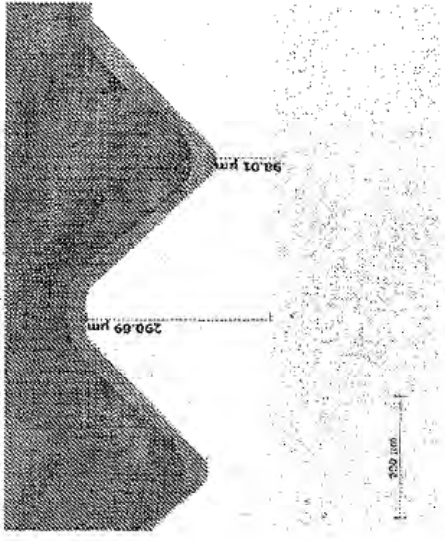
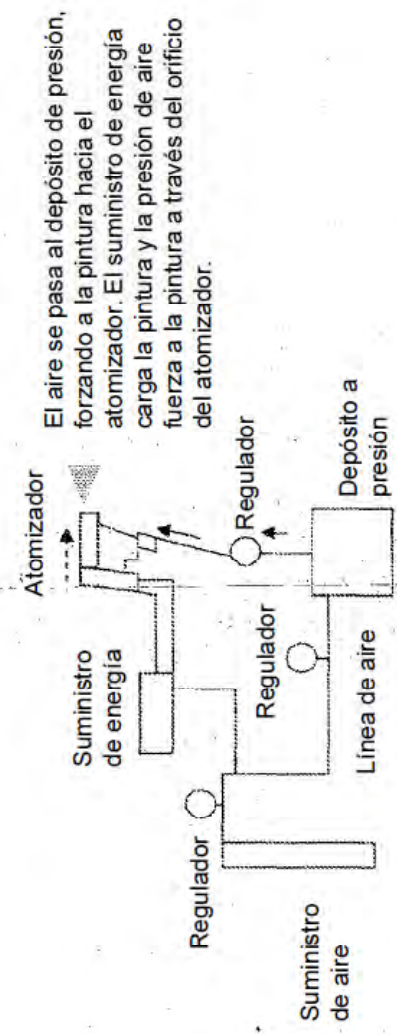


FIG. 23B



El aire se pasa al depósito de presión, forzando a la pintura hacia el atomizador. El suministro de energía carga la pintura y la presión de aire fuerza a la pintura a través del orificio del atomizador.

FIG. 23A

Variable	Capa base	Capa de acabado
Tipo de pintura	Akzo Nobel 10P20-44, epoxi de altos sólidos (75%) cromado con agente de curación EC-265	Akzo Nobel 24F20-101, poliuretano gris de 72% de sólidos con agente de curación PC-226
Método de aplicación de pintura	Electrostático manual	Electrostático manual
Método de administración de pintura	Ventosa	Ventosa
Tipo de atomizador	Vector R70	Vector R70
Orificio del atomizador	0,028"	0,028"
Viscosidad de la pintura	19 s utilizando copa de viscosidad Zahn N° 2	24 s utilizando copa de viscosidad Zahn N° 2
Disolvente de reducción	Ninguno	Ninguno
Número de vueltas de alimentación	3	5
Presión de aire	15 psi	18 psi
Número de pasadas de pulverización	3	3
Condición de curado de pintura	Temperatura ambiente durante 24 horas	Temperatura ambiente durante 24 horas

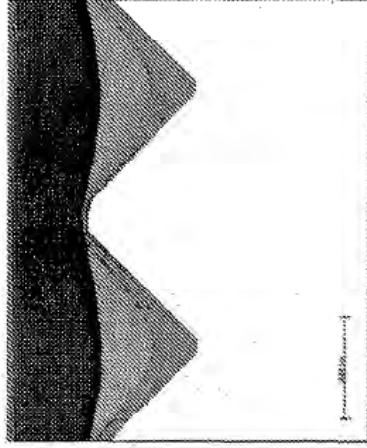
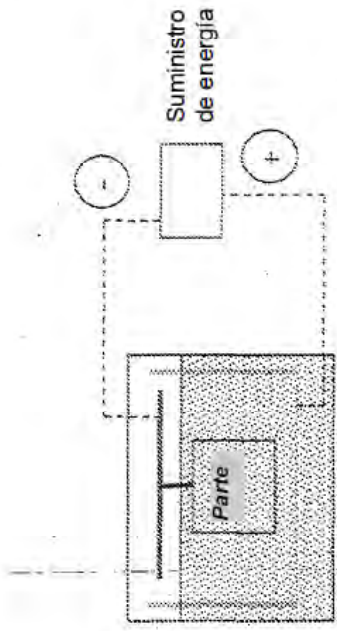


FIG. 24B



Se aplica una carga negativa a la parte y se aplica una carga positiva a la pintura a través de ánodos. Esto resulta en que las partículas de pintura son atraídas eléctricamente a la parte y se depositan sobre la superficie de la parte

FIG. 24A

Variable	Capa base	Capa de acabado
Tipo de pintura	Electrodeposición de epoxi gris PPG ED6100C	Akzo Nobel 24F20-101 de poliuretano gris de 72% de sólidos con agente de curación PC-226
Método de aplicación de pintura	Revestimiento de electrodeposición (revestimiento electrónico)	Manual
Método de administración de pintura	Revestimiento electrónico por inmersión	Ventosa
Tipo de atomizador	N/C	Devilbiss
Orificio del atomizador	N/C	0,070"
Viscosidad de la pintura	N/C	21 s utilizando copa de viscosidad Ford N° 1
Solvente de reducción	Agua	Ninguno
Número de vueltas de alimentación	N/C	2 vueltas
Presión de aire	N/C	20 psi
Número de pasadas de pulverización	N/C	2
Voltaje aplicado	190 voltios	N/C
Tiempo de aplicación	3 min	N/C
Temperatura del baño de pintura	90 F	N/C
Condición de curado de pintura	350 F durante 30 minutos	Temperatura ambiente durante 24 horas

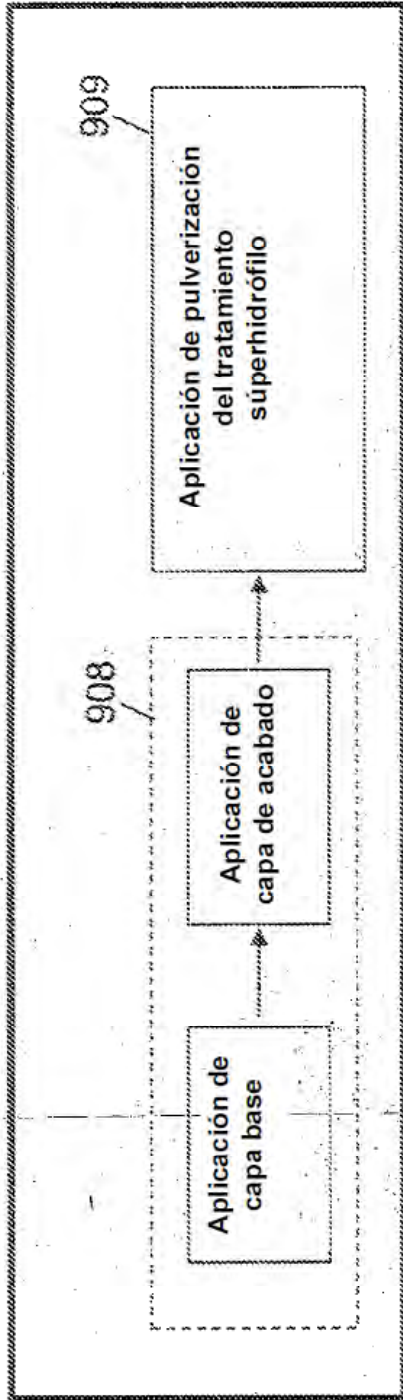


FIG. 25A

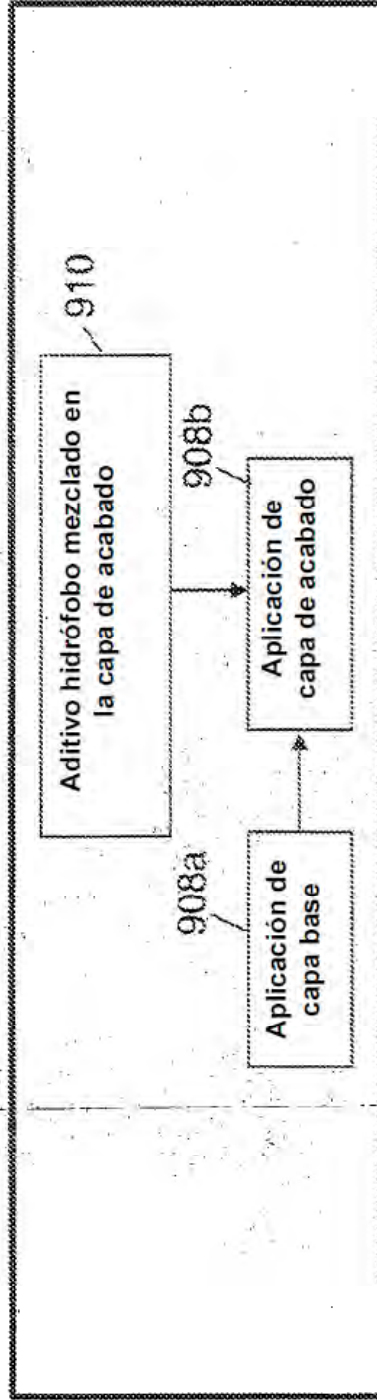
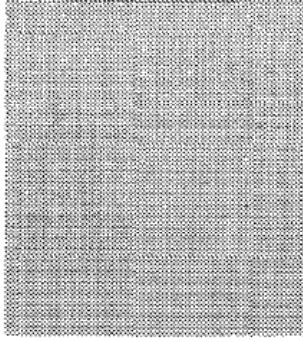


FIG. 25B



TESTIGO

FIG. 26A

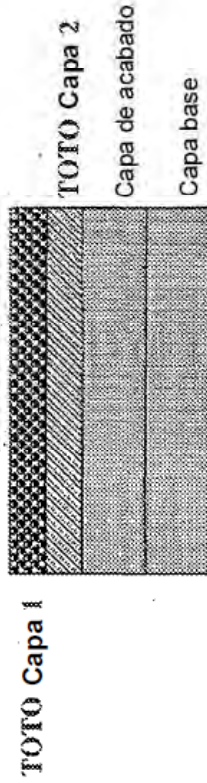
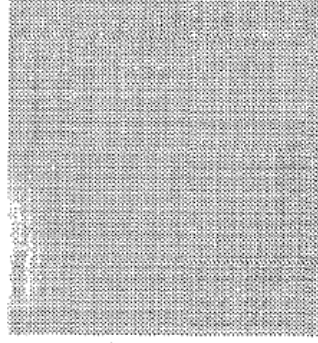


FIG. 26B

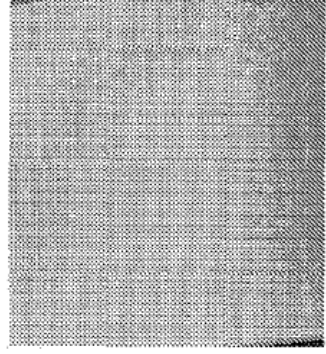
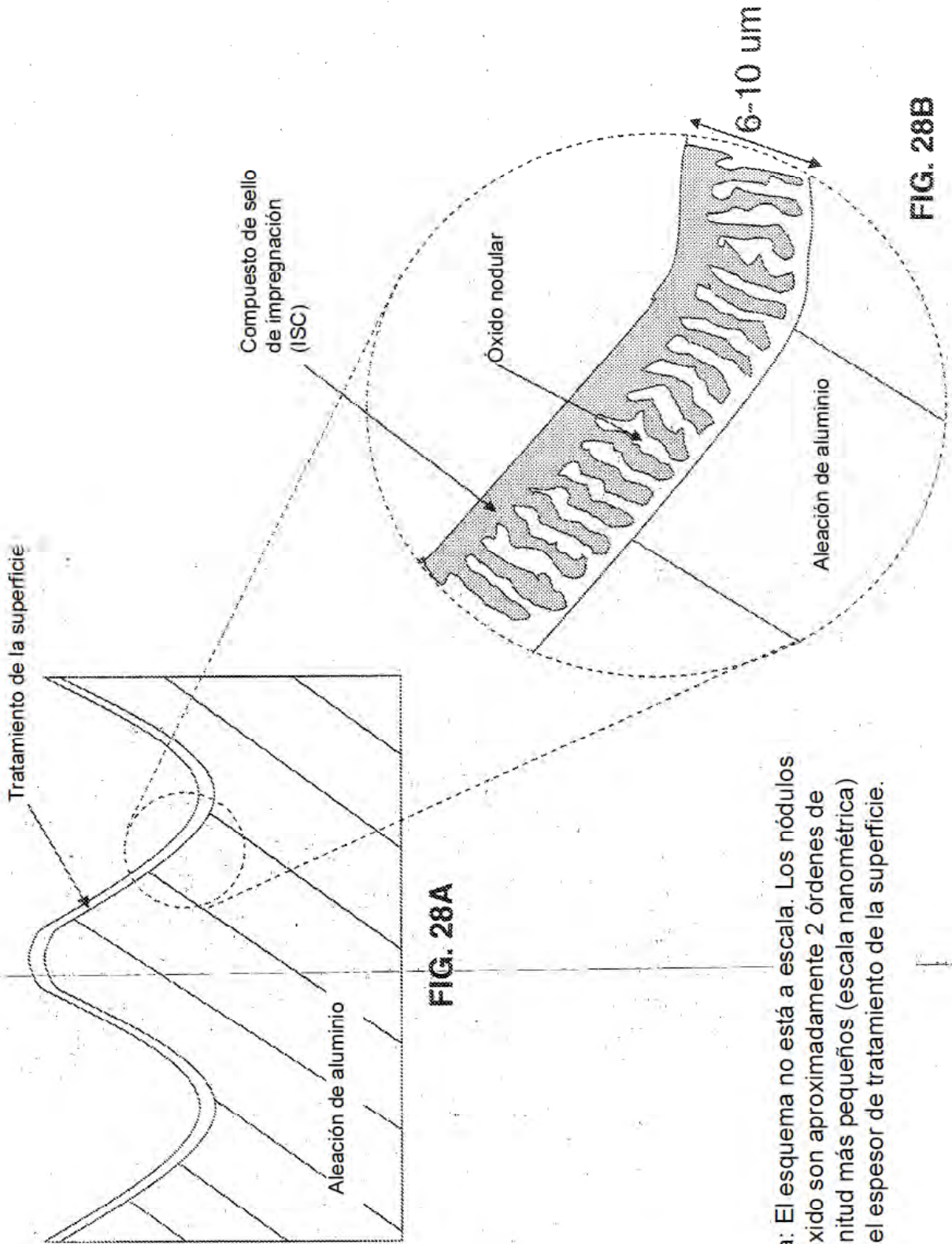


FIG. 26C

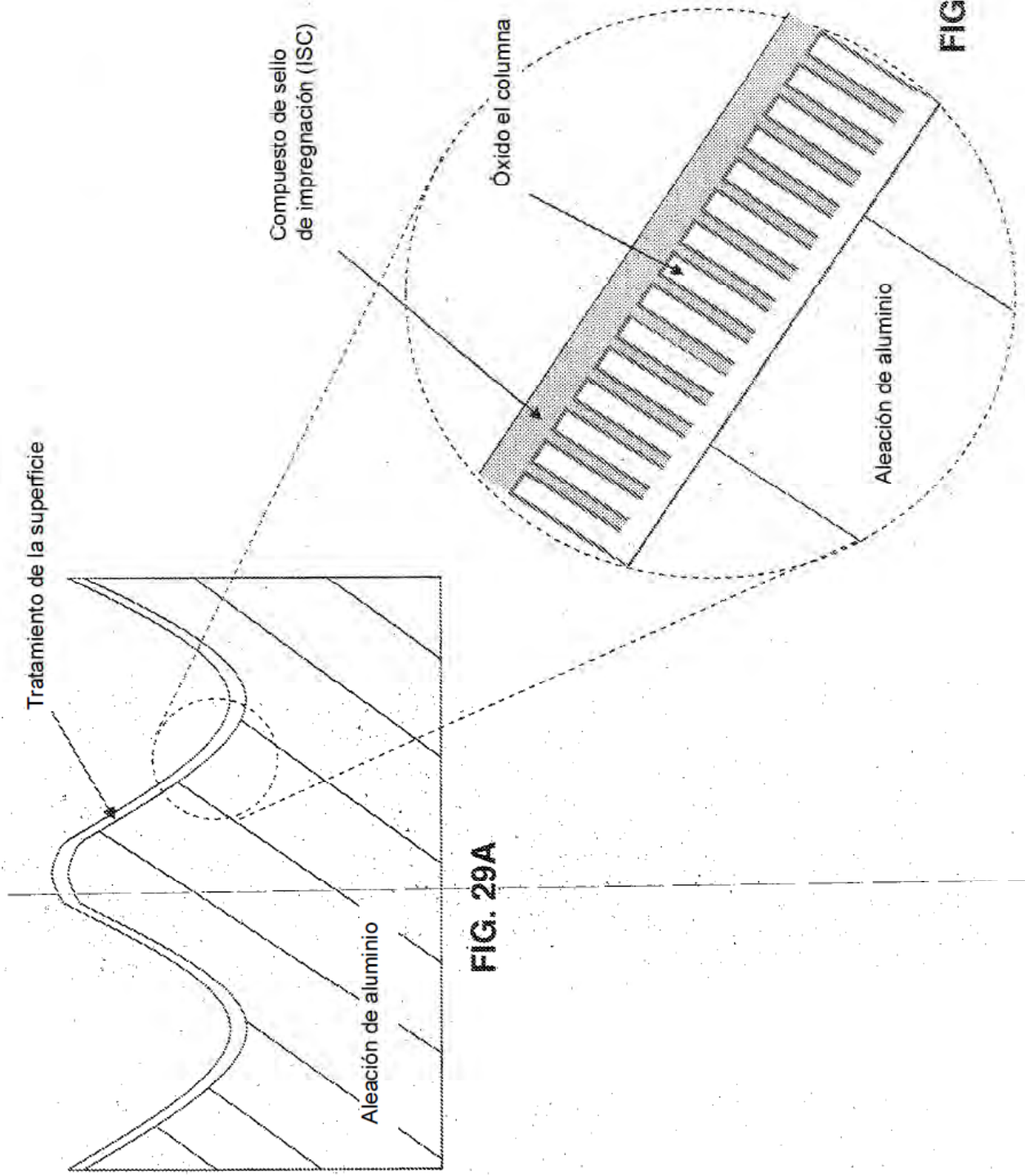
Variable	Capa base	Capa de acabado	FIG. 26A	FIG. 26B	FIG. 26C
Tipo de pintura	Akzo Nobel 10P20-44 de epoxi de altos sólidos (75%) cromado con agente de curación EC-265	Akzo Nobel 24F20-101 de poliuretano gris de 72% de sólidos con agente de curación PC-226	No se aplica agente de autolimpieza (panel de control)	Múltiples capas del sistema de autolimpieza TOTO (0,85% de solución de ingrediente activo en alcohol) aplicadas por aplicación de pulverización utilizando un sistema de alimentación gravitacional en tandas con un atomizador de presión baja/volumen alto	BYK Silclean 3710 mezclado en capa de acabado 24F20-101 a 2% de nivel, pulverizado en superficie con tratamiento previo
Método de aplicación de pintura	Manual	Manual			
Método de administración de pintura	Ventosa	Ventosa			
Tipo de atomizador	Badger Modelo 400	Badger Modelo 400			
Orificio del atomizador	Designación media	Designación pesada			
Viscosidad de la pintura	18 s utilizando copa de viscosidad Zahn N° 2	18 s utilizando copa de viscosidad Zahn N° 2			
Disolvente de reducción	Ninguno	Ninguno			
Número de vueltas de alimentación	2 vueltas	4 vueltas			
Presión de aire	25 psi	25 psi			
Número de pasadas de pulverización	4	6 pasadas			
Condición de curado de pintura	Temperatura ambiente durante 24 horas	Temperatura ambiente durante 24 horas			

FIG. 27



Nota: El esquema no está a escala. Los nódulos en óxido son aproximadamente 2 órdenes de magnitud más pequeños (escala nanométrica) que el espesor de tratamiento de la superficie.





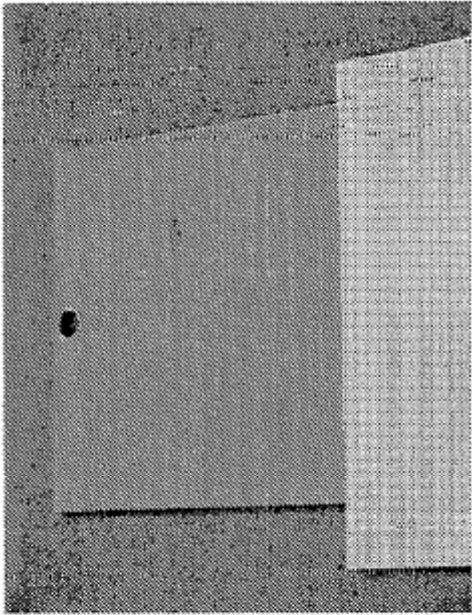


FIG. 30B

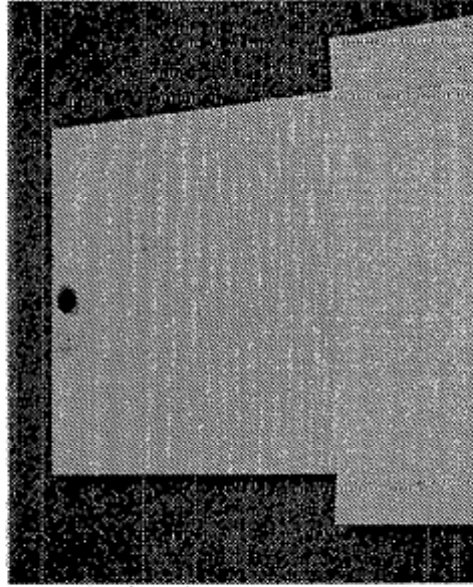


FIG. 30D

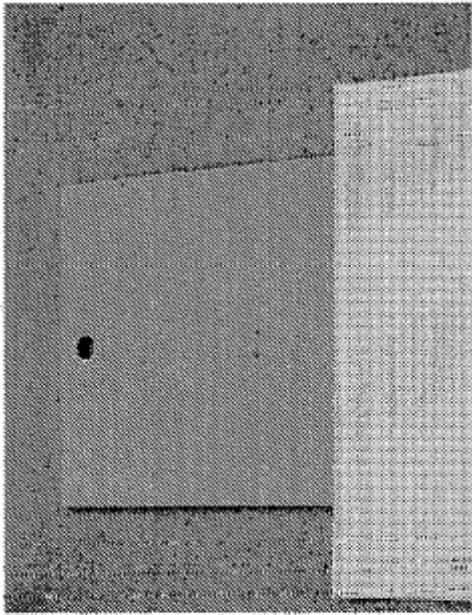


FIG. 30A

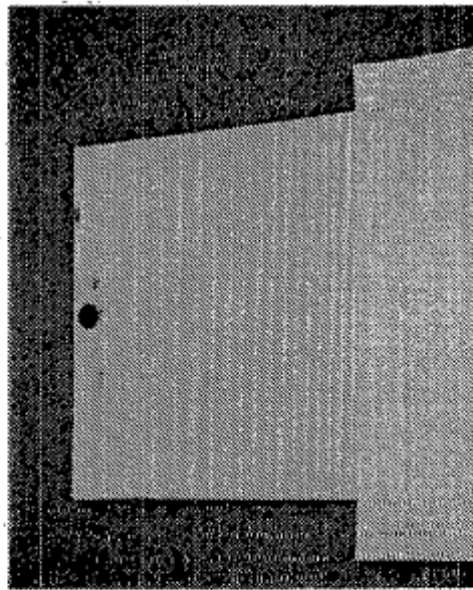


FIG. 30C