

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 954**

51 Int. Cl.:

B21B 1/22	(2006.01)
B21B 27/00	(2006.01)
B21H 8/00	(2006.01)
B24C 1/06	(2006.01)
C21D 7/06	(2006.01)
B65D 88/28	(2006.01)
B65D 90/64	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2013 PCT/US2013/069188**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2014 WO14074844**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2013 E 13853281 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 2919925**

54 Título: **Aparato y método para impartir topografías seleccionadas a una lámina metálica de aluminio y aplicaciones para hacerlo**

30 Prioridad:

09.11.2012 US 201213673468
10.05.2013 US 201313892028

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.10.2019

73 Titular/es:

ACR II ALUMINIUM GROUP COOPERATIEF U.A.
(100.0%)
Prof J.H. Bavincklaan 2
1183 AT Amstelveen, NL

72 Inventor/es:

SHEU, SHEN;
WISE, JULIE A.;
KASUN, TOM J.;
WHITTLE, NEVILLE C.;
EPP, JUNE M.;
COLEMAN, DAVID E.;
PANSERI, NORMAN J.;
MARCILLA GOMIS, SALVADOR A.;
STEWART, PATRICIA A.;
ARMIGLIATO, ANTOINIO y
IOVANE, MARCO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 727 954 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

Aparato y método para impartir topografías seleccionadas a una lámina metálica de aluminio y aplicaciones para hacerlo

5

Campo

La presente invención se refiere a lámina metálica laminada y a la superficie de la misma, y más particularmente, a métodos y aparatos para producir texturas superficiales específicas que tienen características de fricción y ópticas asociadas, tales como una superficie isótropa sobre lámina de aluminio.

10

Antecedentes

Actualmente, los productores de láminas de aluminio usan a menudo un laminador en frío para producir láminas del grosor, la anchura y la superficie deseados. Los laminadores superficiales/por templado pueden usarse también con reducciones bajas (<10 %) para producir las superficies deseadas. La superficie de los rodillos cilíndricos (rodillos de trabajo) a través de los que pasa la lámina de aluminio puede prepararse para una operación de laminado mediante rectificado con una muela o cinta abrasiva. El rectificado deja la superficie del rodillo con una direccionalidad en propiedades de apariencia y fricción debido a las marcas de rectificado (grano), que se transfieren/imparten después a una lámina que se lamina por el rodillo de trabajo rectificado. La apariencia direccional de la lámina laminada por los rodillos de trabajo rectificados es visible y con frecuencia se puede ver a través de revestimientos pintados aplicados al material de lámina o a los productos fabricados a partir del material de lámina, tal como un panel de carrocería de automóvil.

15

20

25

30

Trenes de estampación se utilizan también para impartir una topografía superficial dada en la lámina, por ejemplo, para producir topografías no direccionales. El procesamiento de la lámina en un tren de estampación se realiza después del proceso de laminación y después de que la lámina se haya reducido en grosor a las dimensiones dianas que se aproximan a las dimensiones finales de la lámina. Los trenes de estampación se alinean para impartir textura superficial solamente, en lugar de tener un efecto de dimensionamiento sustancial en la lámina, y por lo tanto operan en una lámina que ya se ha laminado por los rodillos de trabajo de un laminador. La lámina de estampación en un tren de estampación representa etapas adicionales más allá del laminado, que requiriendo aparato adicional, manipulación de materiales y gestión de una mayor variedad de tipos de laminadores en comparación con los normales.

35

40

Además, la patente US2986193 (Pat Howell, 1961), que forma la base del preámbulo de la reivindicación 1 y la reivindicación 6, se refiere a una estructura de construcción metálica que se fabrica de una pluralidad de elementos metálicos corrugados ensamblados lado a lado (véase col. 2, líneas 39-51). La estructura de construcción metálica que se describe en la presente memoria se puede usar para edificios agrícolas, tiendas, garajes, almacenes y similares (sección 2, líneas 39-51). En las realizaciones particulares, la presente memoria se refiere a la formación de una estructura redonda, similar a un silo (96) con una longitud en espiral continua de metal corrugado como la pared lateral del edificio (véase columna 3, líneas 12-15).

45

El documento US2986193 describe también un método para obtener los elementos de construcción corrugados, en el que una tira de metal plano (21) tal como aluminio se curva laminándola a través de un sistema que comprende un rodillo cóncavo (35) que tiene una pluralidad de botones (55) y un rodillo convexo (36) (véase Figura 1 y columnas 3-4).

50

Además, la solicitud de patente WO95/07774 A1 (Sidmar NV et al., 1995) describe un método para producir láminas o tiras metálicas haciendo rodar en tándem una lámina o tira metálica con al menos un par de rodillos de trabajo, al menos uno de los cuales es un rodillo de trabajo texturizado para transferir el patrón de superficie del rodillo de trabajo texturizado a la superficie de dicha lámina o tira, caracterizado porque dicho patrón consiste en un patrón bidimensional determinista regular en forma de celdas unitarias de puntos donde cada punto tiene la forma de un cráter con un borde alrededor de él, dicho punto se obtiene a través de una irradiación con haz de electrones (ver la reivindicación 1).

55

Sumario

La presente divulgación se refiere a un método para fabricar un manipulador de material con al menos una superficie de contacto con el material, que incluye las etapas de:

60

obtener una lámina de aluminio que se ha laminado por un rodillo de trabajo que tiene una superficie que tiene del 50 % al 100 % cubierto por indentaciones que carecen de facetas y con un área central deprimida en relación con una altura media de la superficie y un reborde periférico liso y elevado que tiene una mayor altura en un vértice del mismo en comparación con la altura media de la superficie, teniendo la lámina de aluminio un coeficiente de fricción estático con al menos un material de entre 0,62 y 0,79; y dar a la lámina de aluminio la forma de al menos una superficie de contacto con el material.

65

En otra realización, las indentaciones tienen un diámetro en el intervalo de 150 μm a 400 μm y una profundidad relativa

al vértice del reborde periférico en el intervalo de $6 \pm 2,0 \mu\text{m}$.

En otra realización, el manipulador de material es un silo con un espacio interior para almacenar el material y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define el espacio interior.

5 En otra realización, la superficie de contacto con el material se forma en una porción de embudo del silo.

En otra realización, el material manejado por el silo es harina y comprende además la etapa de introducir la harina en el silo y poner en contacto la superficie de contacto con el material con la harina.

10 En otra realización, el material manejado por el silo es azúcar y comprende además la etapa de introducir el azúcar en el silo y poner en contacto la superficie de contacto con el material con el azúcar.

15 En otra realización, el manipulador de material es un embudo con un espacio interior para converger el material hacia una salida y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define el espacio interior.

20 En otra realización, el manipulador de material es un canal con un espacio interior para guiar el material y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define el espacio interior.

En otra realización, el manipulador de material es un conducto con un espacio interior para guiar el material y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define el espacio interior.

25 En otra realización, la lámina de aluminio tiene un coeficiente estático de fricción que difiere en no más del 5 % entre dos orientaciones dadas de la lámina con respecto a la dirección en que se mide el coeficiente.

30 En otra realización, un manipulador de material con al menos una superficie de contacto con material, incluye: una superficie formada a partir de una lámina de aluminio que define al menos parcialmente la superficie de contacto con el material, habiéndose laminado la lámina de aluminio con un rodillo de trabajo con una superficie con el 60 % al 100 % cubierta por indentaciones que carecen de facetas y con un área central deprimida en relación con una altura media de la superficie y un reborde periférico liso y elevado que tiene una altura mayor en su vértice que la altura media de la superficie, teniendo la lámina de aluminio un coeficiente estático de fricción entre 0,62 y 0,79.

35 En otra realización, las indentaciones tienen un diámetro en el intervalo de $200 \mu\text{m}$ a $400 \mu\text{m}$ y una profundidad relativa al vértice del reborde periférico en el intervalo de $0,5 \mu\text{m}$ a $2,0 \mu\text{m}$.

En otra realización, el manipulador de material es un silo con un espacio interior para almacenar el material y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define el espacio interior.

40 En otra realización, la superficie de contacto con el material se forma en una porción de embudo del silo.

En otra realización, el manipulador de material es un silo de harina.

45 En otra realización, el manipulador de material es un silo de azúcar.

En otra realización, el manipulador de material es un embudo con una superficie interior capaz de hacer converger el material hacia una salida y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define la superficie interior.

50 En otra realización, el manipulador de material es un canal con una superficie de guía capaz de guiar el material y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de la superficie de guía.

En otra realización, el manipulador de material es un conducto con una superficie de guía interior capaz de guiar el material y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define la superficie de guía interior.

55 En otra realización, la lámina de aluminio tiene un coeficiente estático de fricción que difiere en no más del 5 % entre dos orientaciones dadas de la lámina con respecto a la dirección en que se mide el coeficiente.

60 **Breve descripción de los dibujos**

Para una comprensión más completa de la presente invención, se hace referencia a la siguiente descripción detallada de realizaciones ilustrativas consideradas junto con los dibujos adjuntos.

65 Las Figuras 1a y 1b son una vista en planta y una vista en perspectiva (en 3D) de las representaciones gráficas, respectivamente, de la morfología superficial de una superficie de muestra de un rodillo de trabajo producido por

texturizado con EDT y medido por perfilometría óptica.

La Figura 2 es una vista esquemática de un aparato para tratar superficialmente un rodillo de trabajo de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

La Figura 3a es un mapeo gráfico en vista en planta de la morfología superficial de una superficie de muestra de un rodillo de trabajo producido por un proceso de acuerdo con una realización de la presente divulgación y medido por perfilometría óptica. La Figura 3b es una vista ampliada de un fragmento de la Figura 3a y las Figuras 3c y 3d son mapeos gráficos en perspectiva de las superficies mostradas en las Figuras 3a y 3b, respectivamente, según se mide por perfilometría óptica.

Las Figuras 4a y 4b son vistas en planta y vista en perspectiva (en 3D), mapeos gráficos, respectivamente, de la morfología superficial de una superficie de muestra de un rodillo de trabajo producido por un proceso de acuerdo con una realización de la presente divulgación, medido por perfilometría óptica.

La Figura 5a es un mapeo gráfico en vista en planta de la morfología superficial de una lámina de muestra aluminio laminada de acuerdo con una realización de la presente divulgación y laminada por un rodillo de trabajo producido por un proceso de acuerdo con una realización de la presente divulgación, medido por óptica perfilometría. La Figura 5b es una vista ampliada de un fragmento de la Figura 5a, y las Figuras 5c y 5d son mapeos en perspectiva de las superficies mostradas en las Figuras 5a y 5b, respectivamente, según se mide por perfilometría óptica.

Las Figuras 6a, 6b y 6c son mapeos gráficos de vista en planta de la morfología superficial de tres muestras de lámina de aluminio laminada de acuerdo con una realización de la presente divulgación y laminadas por un rodillo de trabajo producido por un proceso de acuerdo con una realización de la presente divulgación al 10 % de reducción, 20 % de reducción y 40 % de reducción, respectivamente, según se ha medido por perfilometría óptica. Las Figuras 6d, 6e y 6f son mapeos en perspectiva de las superficies que se muestran en las Figuras 6a, 6b y 6c, respectivamente, según se mide por la perfilometría óptica.

Las Figuras 7a y 7b son fotografías de rodillos de trabajo que se han tratado superficialmente de acuerdo con una realización de la presente invención y las Figuras 7c y 7d son fotografías ampliadas de fragmentos de las Figuras 7a y 7b, respectivamente.

La Figura 8 es un gráfico de la influencia de la textura superficial sobre el coeficiente de fricción.

La Figura 9 es un diagrama esquemático de un proceso para desarrollar una textura superficial de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente divulgación.

La Figura 10 es una vista esquemática de un aparato para tratar superficialmente un rodillo de trabajo de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

La Figura 11 es una vista esquemática de un aparato para tratar superficialmente un rodillo de trabajo de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

Las Figuras 12 y 13 son vistas en perspectiva y en sección transversal, respectivamente, de una lámina metálica para tratar superficialmente un rodillo de trabajo de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

La Figura 14 es una vista esquemática de un aparato para generar una cuña para tratar superficialmente un rodillo de trabajo de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

La Figura 15 es una vista esquemática de un aparato para tratar superficialmente un rodillo de trabajo de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

La Figura 16 es una vista esquemática de un aparato para tratar superficialmente un rodillo de trabajo de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

La Figura 17 es una vista en perspectiva de una textura superficial de una lámina producida por un rodillo que se rectifica de manera convencional.

La Figura 18 es una vista esquemática de una estructura de almacenamiento de material de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

La Figura 19 es una vista esquemática de una estructura de manejo de material de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

La Figura 20 es una vista esquemática de una estructura de manejo de material de acuerdo con otra realización de la presente divulgación.

La Figura 21 es una vista esquemática de un aparato de ensayo del coeficiente de fricción.

Descripción detallada de las realizaciones ilustrativas

Un aspecto de la presente divulgación es el reconocimiento de que para muchas aplicaciones de lámina metálica, es deseable tener un acabado superficial no direccional uniforme, es decir, una superficie que parezca isotrópica y refleje la luz de manera difusa. Además, la presente divulgación reconoce que, además de los efectos de apariencia, la rugosidad direccionalmente orientada de una superficie de lámina laminada por rodillos de trabajo rectificadas influye los procesos de formación que pueden usarse para formar la lámina metálica como un producto conformado, tal como un panel de automóvil, por ejemplo, atribuibles a las variaciones en la interacción de fricción entre la herramienta de conformación y el material de lámina debido a los patrones de grano/rectificación direccionalmente orientados en la superficie de la lámina metálica que fue impartida por el rodillo de trabajo. La presente divulgación reconoce también que una superficie más isotrópica es beneficiosa para realizar algunos procesos de conformación que operan en la lámina de aluminio.

Un método para producir una superficie más isotrópica en un rodillo de trabajo que se utiliza para laminar láminas de aluminio (principalmente para láminas de automóviles) es tratar superficialmente el rodillo con una máquina de texturizado por descarga eléctrica (EDT). Se puede colocar un cabezal de texturizado EDT con múltiples electrodos

cerca de la superficie del rodillo para generar una descarga eléctrica/chispa/arco de cada electrodo a la superficie del rodillo, fundiendo localmente la superficie del rodillo en cada ubicación de la chispa e induciendo al acero fundido a formar pequeños grupos de metal fundido dentro de los cráteres asociados. La operación de una máquina EDT a lo largo de la superficie de un rodillo giratorio produce una superficie isotrópica mejorada, pero que presenta numerosos cráteres microscópicos en el intervalo de hasta 100 µm de diámetro y con alturas de borde de hasta 15 ~ 20 µm (Figura 1).

Los solicitantes han reconocido que los bordes de los cráteres microscópicos formados por el proceso EDT pueden ser frágiles, de modo que cuando los rodillos texturizados por EDT se usan en un laminador, una alta presión de contacto, por ejemplo, hasta 200 Ksi, entre el rodillo de trabajo, la lámina y/o el rodillo trasero, pueden desgastar la textura isotrópica y producir residuos, que se depositan en la superficie de la lámina, en el tren y en el lubricante.

La Figura 1 muestra una morfología superficial de muestra de una superficie S1 de un rodillo de trabajo tratado con EDT utilizado para la laminación de lámina de aluminio. Como se puede apreciar, la morfología superficial podría caracterizarse como cubierta con numerosos picos y valles agudos de 5,0 µm en magnitud con respecto a un plano de referencia.

La Figura 2 muestra un aparato de tratamiento de rodillos 10 que tiene un armario 12 para contener un rodillo de trabajo 14. El rodillo de trabajo 14 puede soportarse en cojinetes 16, 18 para permitir el giro, por ejemplo, mediante un motor 20 acoplado al rodillo de trabajo 14. El armario 12 aloja también una boquilla de granallado 22 que puede montarse en un pórtico 24 que permite mover y situar selectivamente la boquilla 22, por ejemplo, por la acción de un motor 26 girando un mecanismo de tornillo o accionando una cadena, bastidor, transmisión por cable o accionamiento a través de una rueda de fricción accionada por motor asociada con la boquilla 22. La boquilla 22 es alimentada por un compresor 28 y una tolva de medios 30. La boquilla 22 mezcla gas comprimido, por ejemplo, el aire, del compresor 28 y el medio 32 de la tolva 30, impulsando y dirigiendo el medio 30 contra la superficie exterior S del rodillo 14. El medio puede estar en forma de bolas de acero, vidrio o cerámica, grano abrasivas u otros medios para granallar, como se describe más adelante. Se puede usar un ordenador 34 para controlar mediante programación: la posición de la boquilla 22 controlando el motor 26, el giro del rodillo controlando el motor 20, la operación del compresor 28 y la velocidad del medio de distribución 32 desde la tolva 30. Un sistema de visión 36 se puede alojar dentro del armario 12 para proporcionar una vista del estado de la superficie S con el fin de determinar si una textura superficial diana dada se ha logrado a través de la operación de la acción del aparato de tratamiento de rodillos 10. Este sistema de visión puede unirse a la boquilla 22 o moverse de forma independiente en el pórtico 24, puede incluir un aumento y un protector para proteger la abertura de entrada y la lente del impacto del medio 32. El medio 32 que se ha proyectado a través de la boquilla 22 se puede distribuir a través de una porción de embudo 38 del armario 12 a una línea de reciclaje 40 que devuelve el medio 32 a la tolva 30, por ejemplo, a través de una alimentación por tornillo o bajo la influencia de aire comprimido, soplador o aspiración. El armario 12 puede estar provisto de una puerta (no mostrada) y de una mirilla (no mostrada) para facilitar la transferencia del rodillo 14 dentro y fuera del armario 12 y para monitorear la operación del aparato de tratamiento de rodillos 10. La boquilla 22 y el compresor 28 pueden ser de un tipo comercial para lograr las intensidades de granallado dianas para crear la topografía superficial deseada.

Como alternativa, la boquilla 22 se puede sujetar con la mano, como en un aparato de granallado convencional. El compresor 28 y la boquilla 22 se pueden cambiar para obtener la salida de presión de intensidad de granallado diana, es decir, mediante control manual o informático, para regular la velocidad del medio 32 proyectado desde la boquilla 22 para acomodar diferentes tipos de medios 32, también para adaptarse a diversas condiciones de operación, como la dureza del rodillo 14, la textura superficial inicial y el tipo de textura deseada para la superficie S, por ejemplo, atribuible a la profundidad y circunferencia de los hoyuelos/cráteres realizados en la superficie del rodillo por un medio dado 32, tal como bolas/granallas de acero. El número de impactos y las dimensiones de las impresiones realizadas por el medio en el área superficial del rodillo en relación con el área total se pueden describir como "% de cobertura" y se pueden ajustar mediante la configuración de salida del compresor, el caudal del medio y la velocidad de desplazamiento de la boquilla 22 con respecto al rodillo 14, cuando la boquilla 22 pasa sobre el rodillo 14 y/o cuando el rodillo 14 gira por el motor 20. El control del proceso de granallado puede ser automático o manual. Por ejemplo, una persona puede sujetar, situar y mover manualmente la boquilla 22 y/o el rodillo 14, como en las operaciones de granallado tradicionales, en las que la persona está dotada de un equipo de protección y entra parcial o totalmente en un armario que contiene la pieza de trabajo. Se puede realizar una inspección visual o microscópica del rodillo para verificar la operación adecuada o para ajustar el aparato 10 y para verificar un rodillo con superficie aceptable 14 al finalizar la operación de granallado/chorro.

Como otra alternativa, la boquilla 22 puede estar contenida dentro de un recipiente portátil de lado abierto (no mostrado) que se presiona contra la superficie S formando una cámara de granalla móvil que captura y redirige el medio gastado a un depósito de almacenamiento como la tolva 30. Esta cámara de granalla se puede colocar y mover de forma manual o mecánica, como por ejemplo, mediante un mecanismo de alimentación motorizado como el pórtico 24 y, opcionalmente, bajo el control de un ordenador 34.

El aparato y los métodos de la presente divulgación se pueden usar para resaltar un rodillo de trabajo que imparte una superficie deseada dada a una lámina a medida que se lamina para dimensionarse, por ejemplo, para proporcionar una lámina con una apariencia brillante o isotrópica difusa, eliminando la necesidad de grabar en relieve o usar un

pase de temple para crear una lámina con textura. En este contexto, "brillante" se refiere a especular y "difuso" se refiere a una apariencia no especular. Las texturas de la superficie se pueden variar para lograr una apariencia deseada dada y una funcionalidad de conformación asociada con las propiedades de fricción mediante la elección adecuada del medio y los parámetros operativos.

5 De acuerdo con un aspecto de la presente descripción, la textura deseada se aplica a una superficie del rodillo de trabajo, por ejemplo, S mediante un proceso de granallado/chorro que impulsa el medio seleccionado en la superficie del rodillo de trabajo a través de una boquilla 22 por presión de aire. La presión, el tiempo de procesamiento por unidad de área, por ejemplo, como una función de la velocidad de giro del rodillo de trabajo 14 y la velocidad de transversal de la boquilla 22, la configuración de la boquilla 22 y el tipo de medio 32 se controlan para producir la textura deseada del rodillo de trabajo, que se efectúa por el tamaño, la forma, la densidad, la dureza, la velocidad del medio 32 y la profundidad resultante del hoyuelo/cráter o indentación, ancho y forma y % de cobertura de los hoyuelos/cráteres en el área superficial tratada S. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación, el medio 32 elegido incluyen medios de indentación esféricos que producen cráteres suaves, tales como cojinetes de bolas de acero de alta calidad y precisión o granalla, perlas (vidrio, cerámica). Se pueden usar mezclas de perlas y granos, tales como óxido de aluminio, carburo de silicio u otros tipos de granos dependiendo de las propiedades deseadas en la superficie resultante.

20 Las Figuras 3a - 3d muestran mapeos gráficos de la morfología superficial medida por perfilometría óptica de una superficie de rodillo de trabajo que se ha tratado superficialmente de acuerdo con una realización de la presente divulgación. La superficie S₃ mostrada en las Figuras 3a-3d se ha granallado con cojinetes de bolas de acero de grado 1000 con un diámetro de $\leq 0,125"$ (3,175 mm) y una dureza de Rc ≥ 60 . El grado 1000 tiene 0,001" (0,025 mm) de tolerancia esférica y $\pm 0,005"$ (0,127 mm) de tamaño. También se pueden utilizar mejores grados de cojinetes de bolas. La distancia de separación de la boquilla 22 del rodillo 14 puede ser de aproximadamente 1 pulgada (25,4 mm) a 25 aproximadamente 12 pulgadas (304,8 mm), prefiriéndose una separación de aproximadamente 5 pulgadas (127 mm) para algunas aplicaciones. Como se puede apreciar, el uso de cojinetes de bolas como medio de granalla da como resultado cráteres de forma uniforme en la superficie del rodillo de trabajo y la ausencia de rebordes afilados y elevados que son típicos de las texturas EDT. Más particularmente, el uso de medios de indentación esféricos crea una pluralidad de depresiones centrales lisas que imitan la forma de las esferas/bolas que las forman, junto con un suave 30 afloramiento o reborde periférico alrededor de las depresiones formadas por el desplazamiento del material de las depresiones. A lo largo de la superficie hay un cambio gradual en la pendiente y se minimizan las salientes o discontinuidades abruptas. Por lo general, la profundidad de cada depresión en el centro está por debajo de la altura promedio o media de la superficie y el vértice del reborde periférico está por encima de la altura promedio. Para lograr una superficie lisa, el medio de indentación esférico no debe ser friable al nivel de la fuerza requerida para crear 35 cráteres de profundidad adecuada. De lo contrario, el medio esférico se fracturará y los bordes afilados y las facetas planas resultantes en el medio roto causarán la formación de facetas en la superficie del rodillo de trabajo. Estas impresiones facetadas pueden causar impacto o más adelante cuando el medio esférico se recicla y se vuelve a impactar contra la superficie. Además de evitar la rotura del medio esférico, es beneficioso si la fuerza ejercida por el medio, considerando el tamaño, la velocidad y la densidad de las esferas, no crea una trayectoria al impacto que 40 resulte en la formación de surcos laterales que tengan una componente significativa de dirección paralela a la superficie del rodillo de trabajo.

Las ondulaciones generalmente suaves en la superficie S₃ del rodillo de trabajo tienen una magnitud normalmente dentro del intervalo de +/- 3 a 6 μm , sin embargo, cráteres de cualquier magnitud deseada, por ejemplo, en exceso de 45 10 μm o menos de 3 μm se pueden conseguir, según se desee. Como se describe más detalladamente a continuación, la superficie de ondulación suave producida por el medio de indentación esférico, tal como los cojinetes de bolas, puede producirse en patrones aleatorios, por ejemplo, como se esperaría de una operación de granallado o en patrones discretos, como se explica a continuación. Una superficie EDT convencional tiene un mayor número de variaciones superficiales graves. Se puede usar un rodillo de trabajo con cojinetes de bolas, como se ha descrito 50 anteriormente, para producir una lámina brillante con una apariencia isotrópica, dependiendo de la superficie inicial del rodillo de fondo. Si bien los cojinetes de bolas de grado 1000 se han descrito anteriormente, se pueden usar otros tipos de bolas de precisión, dependiendo de la dureza del rodillo, tales como cojinetes de bolas de grado más alto. Como se ha señalado, los medios esféricos seleccionados para la indentación de la superficie del rodillo se seleccionan preferentemente con propiedades del material, tales como densidad, dureza, elasticidad, resistencia a la compresión 55 y resistencia a la tracción que permiten que las bolas impacten e indenten un rodillo de una dureza dada sin romper o desarrollar facetas debido al impacto.

Las Figuras 4a y 4b muestran una superficie S₄ del rodillo de trabajo producida de acuerdo con otra realización de la presente divulgación. Más particularmente, la Figura 4a es una vista en planta medida por la perfilometría óptica de la topología de una superficie del rodillo de trabajo que se ha granallado con mezcla de óxido de aluminio (2:3 de 60 proporción de grano 120:180) seguido de perlas de vidrio de grado AC (malla 60-120). El granallado de óxido de aluminio se transportó a fin de eliminar el patrón de rodillos previos al rectificado (según lo determinado por la evaluación visual), seguido del chorro con las perlas de vidrio para lograr una apariencia difusa de la superficie deseada. La Figura 4b es un mapeo gráfico en perspectiva (en 3D) de la morfología superficial de la superficie S₄ que se muestra en la Figura 4a, medido por perfilometría óptica. Como puede apreciarse en las Figuras 4a y 4b, el uso de 65 perlas de vidrio da como resultado una superficie S₄ que tiene menos picos severos que una superficie EDT y la

magnitud de las variaciones superficiales es menor que una superficie EDT. La Figura 4b muestra las variaciones superficiales en el intervalo aproximado de +/- 2,0 μm . Por consiguiente, uno podría caracterizar bastante la superficie S_4 resultante como más suave que una superficie EDT, pero aun teniendo una micro-rugosidad que puede usarse para impartir una apariencia superficial isotrópica difusa a una lámina de aluminio que se lamina con un rodillo de trabajo que tiene este tipo de superficie.

De acuerdo con la presente divulgación, el tratamiento superficial de un rodillo de trabajo mediante granallado da como resultado una superficie que es menos quebradiza que la superficie de un rodillo de trabajo tratada por el proceso EDT. Como resultado, la superficie (textura) del rodillo de trabajo dura más tiempo, puede soportar mayores presiones de carga en la superficie y crea menos residuos cuando se utiliza en operaciones de laminación. De acuerdo con una realización de la presente divulgación, cuando se usan medios esféricos, tales como cojinetes de bolas o perlas de vidrio, para la superficie del rodillo de trabajo, la textura de la superficie suavemente ondulada producida en el rodillo de trabajo proporciona ventajas en el proceso de laminación para producir una superficie isotrópica. En comparación con los rodillos de trabajo rectificadas, normales o los rodillos de trabajo con superficie EDT, las suaves ondulaciones promueven una menor fricción entre la lámina y los rodillos de trabajo, lo que permite que se realicen mayores reducciones en el espesor de la lámina antes del fallo por lubricante o en la superficie del rodillo. La textura de un rodillo de trabajo tratado superficialmente de acuerdo con la presente divulgación no se desgasta al mismo ritmo que un rodillo de trabajo rectificado convencional o un rodillo tratado superficialmente con EDT. Los experimentos han demostrado que en un tren accionado por rodillos de trabajo, las texturas impartidas al rodillo por los métodos de la presente divulgación, duran de 5 a 6 veces más que las superficies de rodillos normalmente rectificadas y que son posibles mayores reducciones que las realizadas por los rodillos de trabajo de EDT antes de superar las limitaciones de potencia del tren y experimentar un fallo por lubricante. Una morfología superficial del rodillo generada de acuerdo con una realización de la presente divulgación puede soportar una relación de reducción de espesor superior al 10 % para producir la lámina texturizada deseada, por ejemplo, de hasta el 60 %. Esto contrasta con los rodillos de trabajo con superficie de EDT que, por lo general, se operan en un intervalo de aproximadamente el 8 % al 10 % de reducción. Realizar reducciones más altas puede potencialmente permitir la eliminación de una o más pasadas necesarias a través del laminador para lograr el espesor deseado.

La Figura 5a muestra una superficie de muestra AS_5 de una lámina de aluminio laminada de acuerdo con la presente divulgación y laminada por un rodillo de trabajo 14 con una superficie de rodillo, tal como la superficie de rodillo ilustrada en las Figuras 3a-3d, producida por un proceso de acuerdo con una realización de la presente divulgación. La Figura 5b es una vista ampliada de la superficie mostrada en la Figura 5a, ambas ofrecidas por perfilometría óptica. Las Figuras 5c y 5d son mapeos gráficos en perspectiva (en 3D) de la muestra representada en las Figuras 5a y 5b, medido por perfilometría óptica. La lámina producida como se ilustra en las Figuras 5a-5d fue producida por granallado con cojinetes de bolas de acero de precisión. Como se ilustra y en general, la macro-textura, por ejemplo, hoyuelos/indentaciones granallados, impartidos a la lámina metálica por los rodillos de trabajo durante el laminado es lo inverso de la textura en el rodillo de trabajo. Sin embargo, tanto las características macro como las micro afectan el nivel final del brillo de la superficie, es decir, el nivel final de reflexión especular de la lámina.

Las Figuras 6a, 6b y 6c muestran una vista en planta de los mapas de la morfología superficial de tres muestras de superficie AS_{6a} , AS_{6b} y AS_{6c} de lámina de aluminio laminada de acuerdo con una realización de la presente divulgación y laminadas por un rodillo de trabajo producido por un proceso en de acuerdo con una realización de la presente divulgación al 10 % de reducción, 20 % de reducción y 40% de reducción, respectivamente, y según se mide por perfilometría óptica. El rodillo de trabajo utilizado para laminar estas muestras se trató superficialmente por granallado con óxido de aluminio, seguido por granallado con perlas de vidrio, como se ha descrito anteriormente en relación con las Figuras 4a y 4b. Las Figuras 6d, 6e y 6f son mapeos en perspectiva de las superficies que se muestran en las Figuras 6a, 6b y 6c, respectivamente, según se mide por la perfilometría óptica.

Las Figuras 7a y 7b son fotografías de rodillos de trabajo que se han tratado superficialmente de acuerdo con una realización de la presente invención. Las Figuras 7c y 7d son fotografías ampliadas de fragmentos de las Figuras 7a y 7b, respectivamente. El rodillo mostrado en las Figuras 7a y 7c fue granallado con cojinetes de bolas de acero de clase 1000 de 1,6 mm de diámetro. El rodillo se granalló en condiciones que produjeron una cobertura del 100 % de la superficie S_{7a} del rodillo con hoyuelos/hendiduras. El rodillo que se muestra en las Figuras 7b y 7d se granalló con cojinetes de bolas de acero de clase 1000 de 2,36 mm de diámetro. El rodillo se granalló en condiciones que produjeron una cobertura del 50 % de la superficie S_{7b} del rodillo con hoyuelos.

De acuerdo con una realización de la presente divulgación, la lámina se puede producir a través de programas de producción de laminación normales, eliminando la necesidad de estampar o usar una etapa de temple en el laminador. Las texturas resultantes de la superficie del rodillo de trabajo no se desgastan tan rápido como las superficies producidas por EDT ni las de rodillos rectificadas normales. Como resultado, la vida útil del rodillo excede de 5 a 6 veces la de los rodillos normales. En un tren impulsado por rodillos de trabajo, la producción no se limita a programas de producción de ancho a estrecho, puesto que la textura no desarrolla bandas debido al desgaste. Como se ha señalado anteriormente, la lámina producida por una superficie de rodillo de trabajo granallada con, por ejemplo, cojinetes de bolas, genera menos residuos que una superficie EDT o superficie rectificada normal, lo que da como resultado un lubricante y una lámina más limpios durante el laminado. La lámina resultante es de apariencia isotrópica.

La Figura 8 muestra el coeficiente de fricción dependiente de la dirección durante una operación de conformación de varias superficies cuando la conformación se realiza en las direcciones longitudinal (L) y transversal (T). En cuanto a la muestra 6022-T43, la superficie granallada mostró una reducción de la fricción en promedio y una menor variación en la fricción dependiente de la dirección de conformación. La interacción de fricción isotrópica con las herramientas de conformación, como las que se usan en el estirado y la embutición, puede representar una mejora en el rendimiento de conformación, por ejemplo, produciendo un estirado más uniforme y límites de estirado extendidos.

De acuerdo con la presente divulgación, los requisitos iniciales de acabado superficial para el rodillo de trabajo antes del granallado, por ejemplo, con cojinetes de bolas, dependen del requisito de apariencia de lámina final, por ejemplo, altamente especular o algo especular. Se prefiere que la rugosidad de fondo sea <1 μ pulgada ($0,0254$ μ m) si se desea una superficie isotrópica altamente especular. Si se requiere una superficie menos especular, el rectificado inicial del rodillo de trabajo puede ser cualquier rectificado deseado de hasta 50 μ pulgada ($1,27$ μ m). La cantidad de rectificado previo deseado afecta el coste final de todo el proceso, puesto que es generalmente más costoso producir un acabado superficial de <1 μ pulgada ($0,0254$ μ m) de rugosidad. Los requisitos iniciales de acabado superficial para el rodillo de trabajo antes del granallado con perlas de vidrio u otros medios para producir una superficie difusa se prefieren que sean <15 μ pulgada ($0,381$ μ m) o una rugosidad tal que el patrón de rectificado del rodillo no sea visible en el rodillo de trabajo granallado después del procesamiento. La eliminación del rectificado del rodillo de fondo durante el granallado con perlas de vidrio dependerá de los parámetros de procesamiento del granallado elegidos para producir el acabado difuso. La presente divulgación se ilustra adicionalmente mediante los siguientes ejemplos.

Ejemplo 1

Las Figuras 3a-d, 7a y 7c muestran imágenes de una superficie ilustrativa S_3 , S_{7a} de un rodillo de trabajo realizado de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente divulgación. Para generar la superficie mostrada, se crea una topografía de rodillo de fondo con procesos de rectificado estándar (rectificado previo) de aproximadamente <5 μ pulgada ($0,127$ μ m) de rugosidad. Una serie de hoyuelos que varían en diámetro de 200 a 300 μ m se producen en la superficie del rodillo por granallado con bolas de acero de clase 1000 de $1,6$ mm de diámetro y dureza $R_c \geq 60$. Las bolas son impulsadas contra la superficie de un rodillo que tiene una dureza de aproximadamente 58 a 62 R_c , a una velocidad que causa un diámetro de hoyuelo de aproximadamente 200 μ m a 400 μ m y una profundidad de hoyuelo de aproximadamente $0,5$ μ m a aproximadamente 4 μ m. El diámetro y la profundidad del hoyuelo se ven afectados por las condiciones de procesamiento (velocidad de la bola) y dependen de la dureza inicial del rodillo de trabajo. En este ejemplo, aproximadamente el 100 % del área superficial se cubre por hoyuelos, según se mide por inspección visual, pero la cobertura puede variar de aproximadamente el 10 % a aproximadamente el 250 %, dependiendo del acabado de apariencia superficial deseada. Una cobertura del 60 % al 100 % proporciona una superficie del rodillo de trabajo que produce láminas de aluminio con propiedades ópticas y mecánicas deseables. El % de cobertura medido puede variar dependiendo del método de medición. Los métodos ópticos tienden a sobreestimar la cobertura en comparación con la medición física de imágenes topográficas.

De acuerdo con otra realización, la velocidad de las bolas puede ajustarse para producir indentaciones que tengan un diámetro de 150 μ m a 400 μ m y una profundidad relativa al vértice del reborde periférico en el intervalo de 6 ± 2 μ m.

Los beneficios experimentados con el uso de estos rodillos en el laminado primario incluyen: eliminación de pasadas (1 pasada eliminada en laminación en frío, 3 pasadas eliminadas en laminación en caliente); la capacidad de laminar de estrecho a ancho; mayor vida útil del rodillo; menos revestimiento del rodillo desarrollado en el laminado en caliente debido a la menor transferencia de material; y menor generación de residuos durante la laminación en frío.

Ejemplo 2

De acuerdo con otra realización ilustrativa de la presente divulgación, se puede fabricar un rodillo de trabajo de superficie difusa granallando un rodillo de trabajo que está previamente rectificado a <5 micropulgadas ($0,127$ μ m) de rugosidad. El medio puede ser una perla de vidrio, otras perlas de "cerámicas" de grado A a AH, que son tamaños de malla de $20-30$ a $170-325$ u otras partículas abrasivas duras, como el óxido de aluminio (tamaños de grano de 12 a 400). Puede requerirse una combinación de perlas de vidrio, perlas de cerámica y medios de óxido de aluminio, aplicados en sucesión, para producir un acabado superficial como el que se muestra en las Figuras 4a y 4b. Por ejemplo, la superficie del rodillo primero se procesa con óxido de aluminio de tamaños de grano mezclado (proporción de $2:3$ de 120 y 180 granos) con una boquilla de $5/16$ " ($7,94$ mm) y 65 PSI a una velocidad transversal de $1,5$ " ($38,1$ mm) por minuto, seguido de perlas de vidrio de grado AC (tamaño de malla $60-120$) a 100 PSI usando una boquilla de $3/8$ " ($9,53$ mm) y una velocidad transversal de $1,5$ " ($38,1$ mm) por minuto. La distancia de separación se ajustó en función de las longitudes de las cerdas de la boquilla del sistema de granallado particular. La elección de las boquillas, las presiones y las velocidades transversales dependerían del aparato utilizado para el granallado. El porcentaje de área de cobertura puede oscilar entre el 10 % y el 250 %, según el acabado superficial deseado.

Un rodillo de trabajo tratado superficialmente de acuerdo con los parámetros anteriores se puede operar con reducciones de entre el 10 % y el 60 % (en contraste con los rodillos tratados con EDT que normalmente se operan con una reducción de aproximadamente el 8 % al 10 %). El nivel más alto de reducción puede utilizarse para eliminar una o más pasadas de reducción que de otro modo podrían requerirse para lograr un espesor y apariencia superficial

deseados. La lámina resultante tiene una apariencia isotrópica y una funcionalidad isotrópica.

La Figura 9 muestra un diagrama de un proceso para desarrollar una textura superficial de acuerdo con una realización ilustrativa de la presente divulgación. En una primera etapa (I) (no mostrada), se predicen las topologías superficiales que se obtienen al utilizar un intervalo de condiciones de granallado y tipos de medios. Para una superficie del rodillo de trabajo tratada por granallado, se puede seleccionar el tamaño del medio, la composición y las condiciones del proceso de granallado, como la velocidad y el % de cobertura, para controlar la textura final deseada del rodillo, que después se imparte al producto laminado. Las relaciones entre estas variables (tamaño del medio, composición y condiciones del proceso de granallado) y los resultados de la superficie obtenidos se pueden registrar y utilizar como base para el modelado informático predictivo en la etapa I para cualquier conjunto dado de parámetros para producir la textura superficial del rodillo.

En la siguiente etapa (II) (que se muestra en la Figura 9), se predice la dispersión de luz y la apariencia para un conjunto dado de topografías de superficie reales o hipotéticas. Como se muestra en la Figura 9, el modelado puede incluir la selección de una superficie "diana" que tenga propiedades ópticas específicas, como la dispersión de luz predicha, por ejemplo, para obtener un grado de brillo dado. Un método para generar una lámina de aluminio que tenga las propiedades ópticas deseadas puede ser perseguido por las siguientes etapas.

(A) acumular un archivo de datos que asocia una pluralidad de perfiles de superficie dados con las propiedades ópticas correspondientes de cada perfil de superficie, incluidos los parámetros de dispersión de luz, escala de longitud y tratamiento superficial utilizados para realizar cada una de la pluralidad de superficies; (B) prescribir implícitamente una superficie virtual especificando las propiedades ópticas dianas; (C) modelar la superficie virtual mediante la recuperación de datos pertenecientes a al menos un perfil de superficie con las propiedades ópticas medidas o predichas más similares a las propiedades ópticas dianas; (D) comparar las propiedades ópticas dianas con las propiedades ópticas de al menos un perfil de superficie; (E) en el caso de que la comparación en la etapa (D) no indique identidad, recuperar a continuación los datos pertenecientes a otro perfil de superficie en el archivo de datos que ha medido o predicho las propiedades ópticas que son similares a las propiedades dianas pero que están en desacuerdo con las propiedades dianas en un sentido opuesto con respecto a cómo las propiedades ópticas de al menos un perfil de superficie dado difieren de las propiedades dianas; (F) muestrear de las propiedades ópticas de al menos un perfil de superficie y de otro perfil de superficie en proporción a la magnitud de sus respectivas diferencias de las propiedades dianas para llegar a las propiedades ópticas corregidas de una superficie virtual corregida y registrar las contribuciones de la composición muestreada compuesta de al menos un perfil de superficie y del otro perfil de superficie; (G) comparar las propiedades ópticas de la superficie virtual corregida con las propiedades ópticas dianas para determinar la reducción de las diferencias entre las mismas, y repetir después las etapas (E) - (G) hasta que se perciba poca o ninguna mejora, tras lo que la mejor superficie virtual relativa al objetivo se ha determinado.

Tenga en cuenta que las etapas (C) a (G) se pueden ejecutar como se describe o se pueden reemplazar por un algoritmo de optimización de mínimos cuadrados no lineales para automatizar el proceso. Para completar el proceso, se combinan las etapas de Modelado (I) y (II). En concreto, al: (1) determinar los parámetros de tratamiento superficial utilizados para realizar cada una de la pluralidad de superficies mediante la composición de dichos parámetros en proporción a la contribución de las propiedades ópticas de cada perfil de superficie compuesto en la mejor superficie virtual, definiendo así los mejores parámetros de tratamiento superficial; (2) realizar el tratamiento superficialmente de un rodillo de acuerdo con los mejores parámetros de tratamiento superficial; y (3) laminar la lámina de aluminio con el rodillo tratado superficialmente en la etapa (I). Como se puede ver, tras alcanzar una solución modelada, los parámetros de granallado asociados con la misma pueden implementarse en el tratamiento superficialmente de un rodillo de trabajo. Los resultados reales de la implementación se pueden almacenar en la base de datos junto con los parámetros del proceso haciendo que expandan la capacidad de modelado.

La Figura 10 muestra un aparato 110 alternativo para tratar superficialmente los rodillos de trabajo 114a, 114b de acuerdo con otra realización de la presente divulgación. Durante el proceso de tratamiento superficialmente que se describirá a continuación, los rodillos de trabajo 114a, 114b se disponen en paralelo y pueden girar entre sí, soportándose en los extremos por cojinetes adecuados (no mostrados), como 16, 18 de la Figura 2 y accionados por un motor o motores (no mostrados) como el motor 20 mostrado en la Figura 2. Una boquilla de medios 122 como la boquilla 22 de la Figura 2 puede retenerse en un pórtico para mover o colocar la boquilla 122 a lo largo de los rodillos 114a, 114b cerca de donde convergen, lo que puede denominarse línea de contacto N. La boquilla 122 puede distribuir medios, por ejemplo, cojinetes de bolas 132 en el área de contacto N, de manera que cuando los rodillos 114a, 114b se hacen girar en las direcciones mostradas por las flechas, las bolas 132 se introducirán entre los rodillos. A diferencia de la boquilla 22, la boquilla 122 no necesita impulsar las bolas 132 a presión para alcanzar una alta velocidad, sino que simplemente puede distribuir las bolas 132 de forma controlada. Si el espacio entre los rodillos 114a, 114b es más pequeño que el diámetro de las bolas 132, entonces se consigue un estado de interferencia mecánica cuando se introducen en la línea de contacto N. Puesto que las bolas 132 tienen una dureza comparable o mayor que la superficie de los rodillos 114a, 114b y son lo suficientemente elásticas, teniendo una resistencia a la compresión adecuada para pasar a través de la línea de contacto N sin romperse, inducirán la formación de cráteres en la superficie de los rodillos 114a, 114b a medida que pasan a través de la línea de contacto N. Los cráteres se forman en la superficie de los rodillos 114a, 114b por compresión en lugar de por la fuerza de impacto de las bolas proyectadas en la superficie a

alta velocidad. Después de pasar a través de la línea de contacto N, las bolas 132 pueden recogerse en un canalón o tolva 138 para su reutilización. Los rodillos 114a, 114b pueden ser ajustables para permitir que se muevan más cerca o más alejados entre sí, estrechando o ensanchando la línea de contacto N, para ajustarse a bolas de diferentes tamaños 132 y/o para controlar la profundidad de los cráteres que se forman en los rodillos 114a, 114b.

5 La Figura 11 muestra un aparato similar al de la Figura 10 con otro tipo de mecanismo de alimentación de bola, en concreto, una tolva/embudo 230 alargado, que es capaz de sostener y distribuir un suministro de bolas 232, de manera que el área entre la línea de contacto N y la tolva/embudo 230 está llena hasta su capacidad con bolas 132 en todo momento. Más particularmente, las bolas 232 que pasan a través de la línea de contacto actúan como una línea de
10 tope haciendo que las bolas que caen a través del embudo 230 de la tolva retrocedan e impidan que más bolas caigan. El embudo/tolva 230 puede ajustarse estrechamente al área generalmente en forma de V definida por los rodillos 214a, 214b sobre la línea de contacto N, de modo que las bolas 232 no pueden pasar entre los rodillos 214a, 214b y el embudo/tolva 230. A medida que las bolas 232 pasan a través de la línea de contacto N, más bolas salen de la tolva/embudo 230 para reemplazarlas. Las bolas 232 usadas se recogen en el canal 238 y se reciclan a través de las líneas 240a, 240c y el aparato de reciclaje 240b. Se puede usar una barrera 242 en cada extremo de los rodillos 214a, 214b (solo se muestra una) para evitar que las bolas 232 fluyan sobre los extremos de los rodillos 214a, 214b, que contienen las bolas 232 en el área en forma de V.

20 Las Figuras 12 y 13 muestran una lámina 344 del medio para recargar un rodillo de trabajo de acuerdo con otra realización de la presente divulgación. La lámina 344 del medio puede tener una porción de banda 344a, por ejemplo, fabricada de un elastómero, en la que se incrustan medios superficiales, tales como indentadores esféricos 332 como cojinetes de bolas. Como alternativa, la porción de banda 344a podría fabricarse de una lámina de papel o polímero a la que se adhiere el medio de tratamiento superficialmente con pegamento. La lámina 344 del medio puede emplearse con un aparato de tratamiento superficialmente 110, 210 como los mostrados en las Figuras 10 y 11, es decir, haciendo
25 pasar la lámina 344 del medio a través de la línea de contacto N en lugar de bolas sueltas 132, 232. Si la porción de banda 344a es lo suficientemente resistente y sostiene las bolas 332 firmemente, puede ser posible hacer un bucle continuo con la lámina 344 del medio permitiendo que se realice el ciclo entre los rodillos 214a, 214b hasta que se realice la cobertura deseada del cráter. Como se muestra en la Figura 12, las bolas 332 pueden distribuirse sobre la lámina 344 del medio en cualquier patrón deseado, tal como una cobertura completa y uniformemente separada de
30 toda la lámina 344 del medio, un patrón más disperso o una distribución aleatoria.

La Figura 14 muestra esquemáticamente una superficie de soporte 446, por ejemplo, vidrio, revestida con una capa fotoresistente o un fotopolímero 448. Una fuente de radiación 452, tal como una luz UV, un haz de electrones o un láser, emite radiación, R1. En el caso de la luz, un elemento de distribución de radiación opcional 450, tal como una
35 máscara o una matriz de lentes, distribuye la radiación R1 en una matriz distribuida de radiación R2 que incide en la capa fotoresistente 448 creando un patrón ondulado 448a de mayor y menor exposición de luz. Tras el desarrollo del fotoprotector, se puede formar una superficie que tenga una textura suavemente perfilada deseada. Como alternativa, la capa fotoresistente puede estar expuesta/formada por un escáner láser o un escáner de haz de electrones para generar el patrón de exposición deseado y el perfil de superficie resultante tras el desarrollo.

40 Como se describe en la Patente de Estados Unidos n°. 7.094.502 de Schaefer *et al*, que es propiedad del cesionario de la presente solicitud y que se incorpora aquí en su totalidad por referencia, una cuña 453 se puede realizar a partir del perfil de superficie de la capa fotoresistente desarrollada 448. Como se describe más detalladamente en el documento 7.094.502, la cuña 453 se puede endurecer mediante varios procesos de chapado y revestimiento para permitir que se imprima sobre la superficie de un rodillo metálico para permitir que la textura de la superficie del mismo se transfiera a la superficie del rodillo, y después, posteriormente, a una superficie del producto. De acuerdo con un
45 aspecto de la presente divulgación, se puede usar una cuña 453 que tiene un perfil de superficie suavemente ondulado para impartir esa textura a un rodillo de trabajo, como el rodillo 114a y 114b. Por ejemplo, una cuña 453 de esta naturaleza podría usarse como la lámina 344 del medio haciendo pasar la cuña 453 entre los rodillos 214a, 214b del aparato 210 de la Figura 11. Para tratar superficialmente los dos rodillos 214a, 214b simultáneamente, se podrían emplear dos cuñas 453 colocadas espalda con espalda o una cuña 453 con dos caras texturizadas. Como otra alternativa, una cuña texturizada 453 podría fijarse a la superficie de un rodillo de trabajo, por ejemplo, 214a adhiriéndolo al rodillo mediante adhesivos, soldadura fuerte o soldadura y luego usarse para laminar la lámina de aluminio.

55 La Figura 15 muestra esquemáticamente un aparato de granallado de bolas por ultrasonidos 510 para tratar superficialmente un rodillo de trabajo 514 de acuerdo con otra realización de la presente divulgación. Los dispositivos de granallado de bolas por ultrasonidos están comercialmente disponibles, por ejemplo, por Sonats SA, Nantes, Carquefou, Francia. De acuerdo con la presente divulgación, dichos dispositivos de granallado de bolas pueden aplicarse con la finalidad de tratar superficialmente rodillos de trabajo para laminar aluminio, es decir, si la velocidad, la densidad, el tamaño, la elasticidad y la resistencia a la compresión de las bolas son tales que la profundidad adecuada del cráter se realiza en la superficie del rodillo tratado sin dañar la rotura/degradación del medio.
60

La Figura 16 muestra un aparato 610 para tratar superficialmente un rodillo de trabajo 614 de acuerdo con otra realización de la presente divulgación. Un cabezal de moleteado 662 soporta una rueda de moleteado 664 que tiene una superficie texturizada 664a. La rueda de moleteado 664 puede girar en un eje 664b y se introduce en la superficie
65

del rodillo de trabajo 614 bajo la influencia de una fuerza sustancial F. Puesto que el área de la rueda de moleteado 664 y del rodillo de trabajo 614 es muy pequeña, la fuerza F se concentra en un área pequeña, permitiendo que la textura de la superficie 664a se transmita al rodillo 614, como se muestra en el área 614a. Se puede usar un pórtico 624 para permitir que el cabezal de moleteado 662 atraviese el rodillo de trabajo 614 para impartir la textura deseada sobre todo el rodillo 614. El rodillo de trabajo 614 puede hacerse girar mediante un motor eléctrico que induce a la rueda de moleteado 664 a girar mientras texturiza el rodillo de trabajo 614. Un aspecto de la presente divulgación es asegurar que la superficie resultante 614a (o las superficies resultantes de un rodillo de trabajo procesado por el aparato descrito con referencia a las Figuras 10-15) tenga una conformación consistente con la textura beneficiosa descrita anteriormente, por ejemplo, aquella conseguida por medio de un granallado con cojinetes de bolas, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a las Figuras 3a-3d. El texturizado de un rodillo de trabajo 614 usando el aparato 610 puede requerir más de un pase transversal por el cabezal de moleteado 662, dependiendo de la densidad de la textura superficial de la superficie 664a (ondulaciones por área de unidad) y el porcentaje de cobertura deseado.

La Figura 17 muestra una superficie de lámina de aluminio M con una rugosidad superficial producida por un rodillo que se trata superficialmente rectificándose. Tenga en cuenta que el eje X se expresa en mm y los ejes Y Z en μm . Los rodillos rectificadores imparten a la lámina un patrón que tiene una pluralidad de surcos alargados y paralelos. La superficie de la lámina M es áspera en todas las direcciones y la rugosidad varía con la dirección, dando lugar a una direccionalidad de fricción cuando la lámina interactúa con otro objeto u objetos. Normalmente, la rugosidad del rodillo que se transfiere a la lámina laminada convencional puede estar en el intervalo de aproximadamente 0,5 a 1 μm Ra. Un aspecto de la presente divulgación es el reconocimiento de que la rugosidad y la direccionalidad de una lámina convencional laminada mediante rodillos de trabajo rectificadores tiene un impacto en la funcionalidad de la lámina cuando se usa en ciertas aplicaciones. Además, una lámina producida de acuerdo con la presente divulgación, por ejemplo, producida por un rodillo que se granalla con cojinetes de bolas como se ha descrito anteriormente, puede usarse ventajosamente en relación con una lámina convencional para ciertas aplicaciones. Por ejemplo, cuando la lámina se usa en una estructura para almacenar y/o dirigir el flujo de materiales, como granos, azúcar, harina u otro material finamente dividido, una lámina producida de acuerdo con la presente divulgación, puede disminuir la interacción de fricción con el material y reducir la variación por fricción debido a la dirección, lo que conduce a un mejor flujo y una mayor flexibilidad en el diseño de la estructura de manejo de materiales.

La Figura 18 muestra un receptáculo de almacenamiento 705, tal como un depósito o silo para almacenar granos, harina, cereal, alimentos en polvo como leche, chocolate, especias, huevos, azúcar, café, té u otro material sólido, fluido y dividido 707, como el aserrín. El material 707 llena el receptáculo 705 hasta un nivel L1 y puede asumir varios niveles, por ejemplo, L2, dentro del receptáculo 705 a medida que se distribuye o llena el receptáculo 705. Se muestra un tubo de relleno 709 colocado cerca de una abertura superior 711 para depositar el material 707 en el receptáculo 705. El receptáculo 705 puede tener una porción en forma de embudo 713 que converge en una salida 715. La salida 715 puede alojar un dispositivo de control/movimiento de material, como una válvula, una turbina mecánica, un distribuidor helicoidal o un distribuidor neumático o de aspiración. Depósitos 717, tamicos 719 y boquillas de salida 721 de diversos tipos pueden utilizarse dependiendo del material almacenado en el receptáculo 705. Las paredes interiores 723 del receptáculo 705 se pueden fabricar de lámina metálica, por ejemplo, acero o aluminio. Un aspecto de la presente divulgación es el reconocimiento de que el laminado de aluminio fabricado mediante las técnicas divulgadas en la presente memoria puede ser ventajosa cuando se usa para formar las paredes interiores de los receptáculos de almacenamiento 705. Más particularmente, el bajo coeficiente de fricción asociado con la lámina de aluminio producida por los rodillos tratados como se ha descrito en la presente memoria, por ejemplo, haciendo referencia al Ejemplo 1 anterior, puede promover el llenado y la distribución de material, por ejemplo, harina o azúcar del receptáculo 705. Usando harina como ejemplo, cuando se introduce en el receptáculo 705 (que en este caso puede ser un silo de harina), un bajo coeficiente estático de fricción permite que la harina se desprenda de las superficies interiores, por ejemplo, 723 y caiga al punto más bajo del receptáculo que está desocupado por el material 707. Un bajo coeficiente estático de fricción del interior 723 promueve la auto distribución del material 707 en el receptáculo 705. El material 707 presente en el receptáculo 705 quiere asumir la posición más baja y menos energética debido a la gravedad (peso W del material 707), pero el peso del material 707 hace también que el material se propague o expanda lateralmente, ejerciendo una fuerza F_E contra el interior 723 del receptáculo 705. Cuando el material 707 se mueve en relación con la superficie interior 723, surge una fuerza de fricción F_F , que resiste el movimiento del material 707. Por ejemplo, si el material 707 se distribuye desde el receptáculo 705, haciendo que se mueva desde el nivel L2 al nivel L1, el área de superficie del material 707 en contacto con la superficie interior 723 ejercería una fuerza de fricción F_F a lo largo del área de contacto, impidiendo el movimiento del material 707 y su distribución desde el receptáculo 705. La fuerza de fricción F_F es más significativa en la porción de embudo 713, puesto que una componente más pequeña del peso W se dirige en paralelo a la superficie interior 723 para oponerse a la fuerza de fricción F_F . Al utilizar el material de lámina de aluminio de la presente divulgación para formar la superficie interior 723, el coeficiente estático de fricción se reduce con respecto al material de lámina que tiene una superficie convencional (como la Figura 17) que facilita el llenado y la distribución del material desde el receptáculo 705. El coeficiente estático de fricción para un material depende de la rugosidad del material, que para una lámina convencional sería normalmente de 0,5 a 1,0 μm . Una lámina de material comparable producida por rodillos tratada superficialmente de acuerdo con la presente divulgación, por ejemplo, indentada con cojinetes de bolas, etc., como se ha descrito anteriormente, exhibirá una rugosidad superficial reducida y una mejora del 10 al 30 % en el coeficiente estático de fricción. Esta mejora se traduce en una orientación (pendiente) trabajable para una superficie de guía/almacenamiento que encuentra un material tal como una harina de aproximadamente 40 a 70 grados con respecto a la horizontal, por

ejemplo, para la porción de embudo 713.

La reducción del coeficiente estático de fricción reduce la energía generada debido a la fricción cuando se manejan materiales a granel como la harina, lo que reduce el riesgo debido a la explosión de polvo. Además, reducir el coeficiente de fricción del interior 723 del receptáculo con el material 707 puede, al promover el llenado y la distribución, reducir la necesidad de equipos para mover material (paletas, sopladores, unidades de accionamiento, etc.) y la energía para alimentarlos. Además, una mayor capacidad para desprender el material 707 puede promover la limpieza de la superficie interior 723 y la distribución de material de primero en primero en entrar, primero en salir. En el caso de la harina y otros materiales alimentarios 707, el tránsito de primero en entrar, primero en salir evita que el material permanezca en el recipiente durante un período indeseablemente largo, causando su deterioro. La harina se volverá rancia si se adhiere a las superficies interiores 723 del receptáculo 705 y permanecerá allí durante un tiempo excesivo. Un interior 723, que desprende el material almacenado permite que caiga al fondo para su más pronta distribución. Además, este desprendimiento también puede alargar el tiempo entre la limpieza requerida del recipiente, que en el caso de un recipiente grande de almacenamiento como un silo de harina, conlleva considerables gastos e inconvenientes.

Además de las estructuras de almacenamiento, los atributos del material de lámina con bajo coeficiente estático de fricción realizado de acuerdo con la presente divulgación se pueden usar también ventajosamente para fabricar estructuras móviles de material. La Figura 19 muestra un canal 805 que tiene una forma helicoidal compuesta y se forma a partir de lámina metálica, por ejemplo, aleación de aluminio tratada por los rodillos descritos en la presente divulgación. Puesto que las superficies del canal 805 tienen un coeficiente estático de fricción más bajo, hará pasar materiales, por ejemplo, granos, harina, azúcar, objetos, etc., más fácilmente que un canal de forma similar fabricado de un material que tenga un coeficiente de fricción estático más alto. Como resultado, el canal 805 puede usar una pendiente más baja y se puede hacer en dimensiones más pequeñas que un canal comparable fabricado de láminas con un mayor coeficiente estático de fricción. Si bien el canal 805 sugiere el transporte por gravedad, las láminas con un bajo coeficiente de fricción promoverían también el movimiento sobre el mismo que es inducido por un dispositivo móvil, como un empujador, una paleta u otro dispositivo automatizado.

La Figura 20 muestra un tubo o conducto 905 que tiene una forma helicoidal compuesta y se forma por una lámina metálica, por ejemplo, una aleación de aluminio tratada por los rodillos descritos en la presente divulgación. Puesto que el canal 805 tiene un bajo coeficiente estático de fricción, hará pasar los materiales por allí más fácilmente que un canal de forma similar fabricado de un material que tenga un mayor coeficiente estático de fricción, relajando así las restricciones de diseño impuestas por el laminado que tiene un mayor coeficiente estático de fricción. La estructura de transporte de material no necesita tener una forma compuesta y puede ser una superficie plana inclinada, un tubo recto u otra forma simple y aun exhibir los beneficios de un coeficiente de fricción estático más bajo.

La Figura 21 muestra un aparato de prueba 1003 para probar el coeficiente estático de fricción μ_s de una lámina de muestra 1023 en relación con un material determinado 1007, tal como harina. Para simplificar la ilustración, se supone que la muestra del material 1007 tiene un peso que emana de un solo punto que genera fuerza gravitacional (peso) F_W . F_W puede resolverse en una fuerza normal a la superficie de la lámina 1023 F_N y una fuerza paralela a la lámina 1023 F_P , a la que se opone la fuerza de fricción F_F . La fuerza de fricción F_F está relacionada con la fuerza normal F_N por el coeficiente estático de fricción expresado en la ecuación $F_F = \mu_s F_N$. Cuando la fuerza paralela F_P excede la fuerza de fricción F_F , el material 1007 se deslizará hacia abajo de la superficie inclinada de la lámina 1023. Como se muestra en los ángulos A y B, la lámina 1023 puede colocarse en ángulos seleccionados con respecto a la horizontal para determinar el ángulo en el que se deslizará el material 1007. Como se describe en los siguientes ejemplos, una lámina de aluminio formada de acuerdo con la presente divulgación exhibe un coeficiente estático de fricción más bajo que el laminado convencional y, por lo tanto, el material 1007 que se coloca sobre la superficie de la lámina 1023 se desliza en ángulos más bajos con respecto a la horizontal (en una pendiente menor) que el material de lámina convencional comparable.

Ejemplo 1

Una lámina de aleación de aluminio de 60 cm por 30 cm producida por un rodillo rectificado con una rugosidad de 0,78 m con direccionalidad convencional y un coeficiente estático de fricción de 0,88 en relación con la harina cuando se prueba en paralelo a la dirección del grano y un coeficiente estático de fricción de 0,92, cuando se prueba perpendicular a la dirección del grano, se colocó sobre una superficie en posición horizontal. Una lámina de aleación de aluminio de dimensiones similares formada de acuerdo con la presente divulgación (tratada superficialmente por un rodillo que se ha granallado con cojinetes de bolas de acuerdo con el proceso descrito anteriormente en el Ejemplo 1) y con un coeficiente estático de fricción de 0,72 en relación con la harina cuando se ensaya en una primera dirección y un coeficiente estático de fricción de 0,73 cuando se probó en una segunda dirección perpendicular a la primera dirección, se colocó al lado de la primera lámina. Una taza de harina, que pesaba 25 g, se vertió sobre la superficie de cada lámina aproximadamente en la misma posición. Las láminas se inclinaron entonces en ángulos crecientes con respecto a la horizontal. Se observó que la harina dispuesta en la lámina de acuerdo con la presente divulgación se deslizo hacia abajo de la lámina en un ángulo de 46°. La harina dispuesta en la lámina convencional no se deslizó hacia abajo de la lámina hasta que el ángulo de elevación alcanzó 61°. La lámina convencional se colocó con la dirección del grano paralela al movimiento de la harina.

Ejemplo 2

- En un segundo ejemplo, tanto la lámina convencional del primer ejemplo como la lámina fabricada de acuerdo con la presente divulgación se reutilizaron con la misma cantidad y tipo de harina que antes, pero ambas se reorientaron a 90 grados con respecto a su posición original (de tal manera que la dirección del grano de la lámina convencional se orientó de lado a lado cuando se inclinó). El experimento se repitió. La harina se deslizó hacia abajo de la lámina de acuerdo con la presente divulgación cuando la lámina alcanzó un ángulo de 47°, mientras que la harina sobre la lámina convencional se deslizó en un ángulo de 67°.
- Los ejemplos anteriores ilustran que el laminado de aluminio fabricado de acuerdo con la presente divulgación tiene un coeficiente estático de fricción más bajo que las láminas convencionales y que el coeficiente depende menos de la orientación de la lámina. Además, la interacción de la lámina con un menor coeficiente de fricción con la harina permitió que la harina se deslizara en un ángulo menos severo que la lámina convencional. Esta diferencia en la facilidad de deslizamiento se puede usar de manera beneficiosa en estructuras utilizadas para dirigir, mover y almacenar materiales, como granos, harina, azúcar, sal, productos químicos en polvo o granulados, como bicarbonato de sodio, aserrín o cualquier otro material similar. Se puede emplear una interacción de fricción reducida para aumentar el caudal de los materiales a través de canaletas, tubos, embudos, tuberías y otras estructuras huecas, lo que acelera la transferencia de material, eliminando o reduciendo los requisitos de energía de la maquinaria tales como sopladores y paletas para mover tales materiales junto con la disminución de la complejidad de aparatos de manejo de materiales, costes de fabricación y mantenimiento y uso de energía. Las mayores tasas de transferencia de material reducen el tiempo y el coste para realizar la transferencia. Por ejemplo, con respecto al llenado de un silo con granos, harina o azúcar desde un vehículo de carga, una tasa de transferencia mejorada del 10 % se traducirá en una reducción del 10 % en el tiempo requerido del vehículo, la tripulación, los almacenistas, etc. todo lo cual supone un ahorro significativo de costes, un aumento en la tasa de transferencia y una menor fricción permite también un llenado más eficaz de un receptáculo como un silo, puesto que las partículas como la harina o los granos pueden deslizarse más fácilmente a lo largo de las superficies interiores del silo a medida que se introduce material adicional. Este deslizamiento acomoda el material agregado, lo que permite que se propague y no se concentre en áreas, por ejemplo, debajo del conducto de llenado, que de otro modo conducirían a áreas de empaque de baja densidad y de empaque de alta densidad del material. La disminución de la interacción de fricción entre los materiales y las estructuras de almacenamiento y movimiento de materiales se traduce también en una mayor libertad de diseño de dichas estructuras, por ejemplo, reduciendo las pendientes necesarias para mantener un material dado fluyendo a través de la estructura de manejo de materiales. Lo mismo puede decirse de la naturaleza isotrópica del coeficiente de fricción de la lámina producida de acuerdo con la presente divulgación, en que la calidad isotrópica permite que las estructuras de manejo de materiales se fabriquen sin preocuparse por la orientación del grano del laminado. Además de asegurar una interacción de fricción reducida sin importar la dirección del grano, la calidad isotrópica permite también predecir más fácilmente el movimiento del material. Por ejemplo, una trayectoria de material puede determinarse en función de la geometría y las fuerzas estáticas y dinámicas, independientemente de la dirección del grano del laminado utilizado para fabricar la estructura.
- Se entenderá que las realizaciones descritas en la presente memoria son meramente a modo de ejemplo y que un experto en la materia puede realizar muchas variaciones y modificaciones sin apartarse del espíritu y alcance del objeto reivindicado. Por ejemplo, alguna divulgación anterior indicó que el intervalo de rugosidad (rectificado del rodillo) que se aplica normalmente a las operaciones de laminación de aluminio que cubren aplicaciones de laminación en caliente y en frío abarcan <1 μpulgada (0,0254 μm) a 50 μpulgada (1,27 μm) y que la dureza normal del rodillo de trabajo para las operaciones de Al es de 50 a 70 Rc. No obstante, los métodos y el aparato de la presente divulgación podrían aplicarse a cualquier acabado superficial por encima de 50 μpulgada (1,27 μm) y cualquier dureza del rodillo para lograr los mismos resultados ajustando los medios de granallado y los parámetros de granallado, tales como la presión y el tiempo de permanencia para afectar el % de cobertura. Todas estas variaciones y modificaciones pretenden incluirse dentro del alcance de la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar un manipulador de material (705, 805, 905) con al menos una superficie de contacto con el material (723, 823, 923), que comprende las etapas de:
- 5 obtener una lámina de aluminio que ha sido laminada por un rodillo de trabajo; y dar a la lámina de aluminio la forma de al menos una superficie de contacto con el material (723, 823, 923); en donde el método se **caracteriza por que:**
- 10 el rodillo de trabajo tiene una superficie con el 50 % al 100 % cubierta por indentaciones que carecen de facetas y que tienen un área central deprimida en relación con una altura media de la superficie y un reborde periférico liso y elevado que tiene una altura mayor en su vértice que la altura media de la superficie, y la textura deseada se aplica al rodillo de trabajo mediante un proceso de granallado o chorro;
- 15 la lámina de aluminio tiene un coeficiente de fricción estático de entre 0,62 y 0,79, medido con respecto a la harina; y la lámina de aluminio tiene un coeficiente de fricción estático que difiere en no más del 5 % entre dos orientaciones dadas de la lámina con respecto a la dirección en la que se mide el coeficiente.
2. El método de la reivindicación 1, en el que las indentaciones tienen un diámetro en el intervalo de 150 μm a 400 μm y una profundidad relativa al vértice del reborde periférico en el intervalo de $6 \pm 2,0 \mu\text{m}$.
3. El método de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el manipulador de material es un silo (705) con un espacio interior para almacenar el material (707) y la superficie de contacto con el material (723) forma al menos una porción de una superficie que define el espacio interior, y en donde a la superficie de contacto con el material (723) se le ha dado preferentemente la forma de una porción de embudo del silo (713).
- 25 4. El método de la reivindicación 3, en el que el material manejado por el silo (707) es harina y comprende además la etapa de introducir la harina en el silo (705) y poner en contacto la superficie de contacto con el material (723) con la harina; o en donde el material manejado por el silo (707) es azúcar y que comprende además la etapa de introducir el azúcar en el silo (705) y poner en contacto el material de contacto con la superficie (723) con el azúcar.
- 30 5. El método de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el manipulador de material es un embudo con un espacio interior para converger el material hacia una salida y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define el espacio interior; o en el que el manipulador de material es un canal con un espacio interior para guiar el material y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define el espacio interior; o en el que el manipulador de material es un conducto con un espacio interior para guiar el material y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define el espacio interior.
- 35 6. Un manipulador de material (705, 805, 905) con al menos una superficie de contacto con el material (723, 823, 923), que comprende:
- 40 una superficie formada a partir de una lámina de aluminio que define al menos parcialmente la superficie de contacto con el material (723, 823, 923), y habiéndose laminado la lámina de aluminio con un rodillo de trabajo, en donde el manipulador de materiales (705, 805, 905) se **caracteriza por que:**
- 45 el rodillo de trabajo tiene una superficie con el 50 % al 100 % cubierta por indentaciones que carecen de facetas y que tienen un área central deprimida en relación con una altura media de la superficie y un reborde periférico liso y elevado que tiene una altura mayor en su vértice que la altura media de la superficie, y la textura deseada se aplica al rodillo de trabajo mediante un proceso de granallado o chorro;
- 50 la lámina de aluminio tiene un coeficiente estático de fricción de entre 0,62 y 0,79, medido con respecto a la harina; y la lámina de aluminio tiene un coeficiente de fricción estático que difiere en no más del 5 % entre dos orientaciones dadas de la lámina con respecto a la dirección en la que se mide el coeficiente.
- 55 7. El manipulador de material de la reivindicación 6, en el que las indentaciones tienen un diámetro en el intervalo de 200 μm a 400 μm y una profundidad relativa al vértice del reborde periférico en el intervalo de 0,5 μm a 2,0 μm .
- 60 8. El manipulador de material de las reivindicaciones 6 o 7, en el que el manipulador de material es un silo (705) con un espacio interior para almacenar el material (707) y la superficie de contacto con el material (723) forma al menos una porción de una superficie que define el espacio interior.
9. El manipulador de material de una de las reivindicaciones 6 a 8, en el que a la superficie de contacto con el material (723) se le ha dado la forma de una porción de embudo de un silo (713).
- 65 10. El manipulador de material de las reivindicaciones 6 o 7, en donde el manipulador de material (705) es un silo de

harina; o en donde el manipulador de material (705) es un silo de azúcar.

5 11. El manipulador de material de las reivindicaciones 6 o 7, en donde el manipulador de material es un embudo con una superficie interior capaz de converger el material hacia una salida y la superficie de contacto con el material forma al menos una porción de una superficie que define la superficie interior.

10 12. El manipulador de material de las reivindicaciones 6 o 7, en donde el manipulador de material es un canal (805) con una superficie de guía capaz de guiar el material y la superficie de contacto con el material (823) forma al menos una porción de la superficie de guía.

13. El manipulador de material de las reivindicaciones 6 o 7, en donde el manipulador de material es un conducto (905) con una superficie de guía interior capaz de guiar el material y la superficie de contacto con el material (923) forma al menos una porción de una superficie que define la superficie de guía interior.

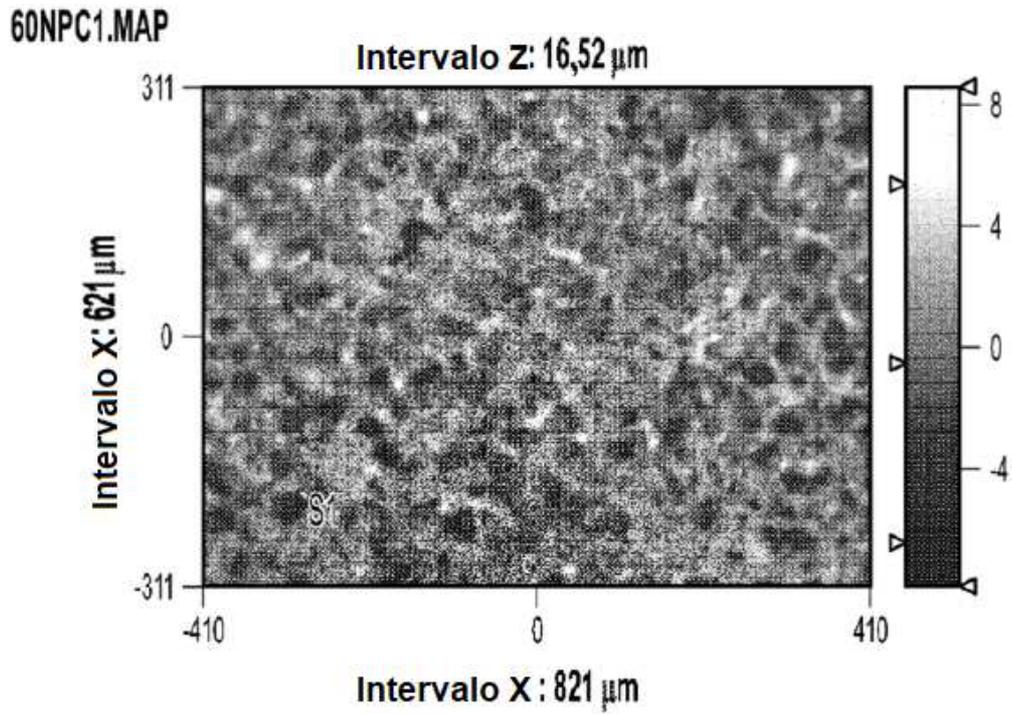


FIG. 1A

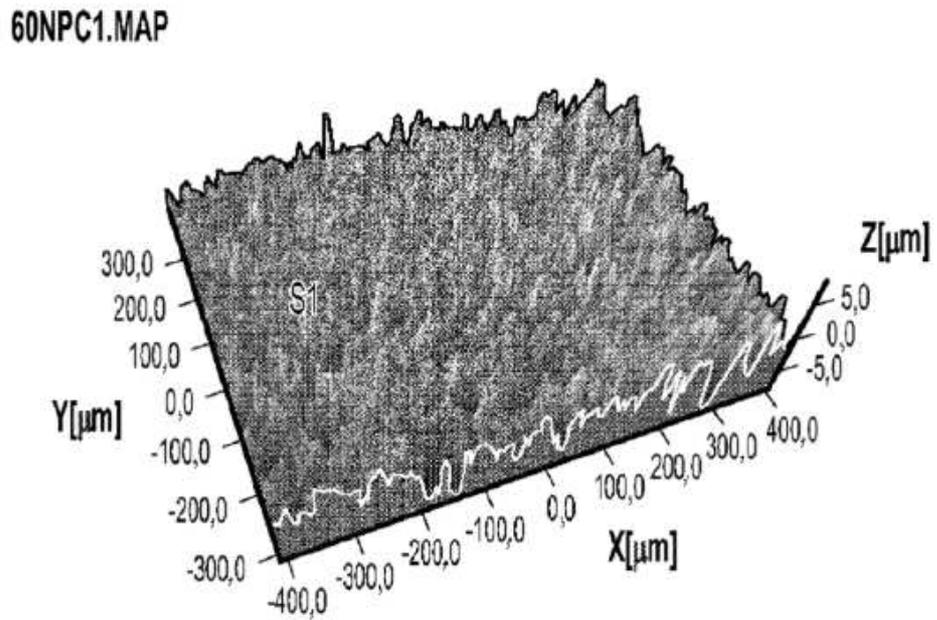


FIG. 1B

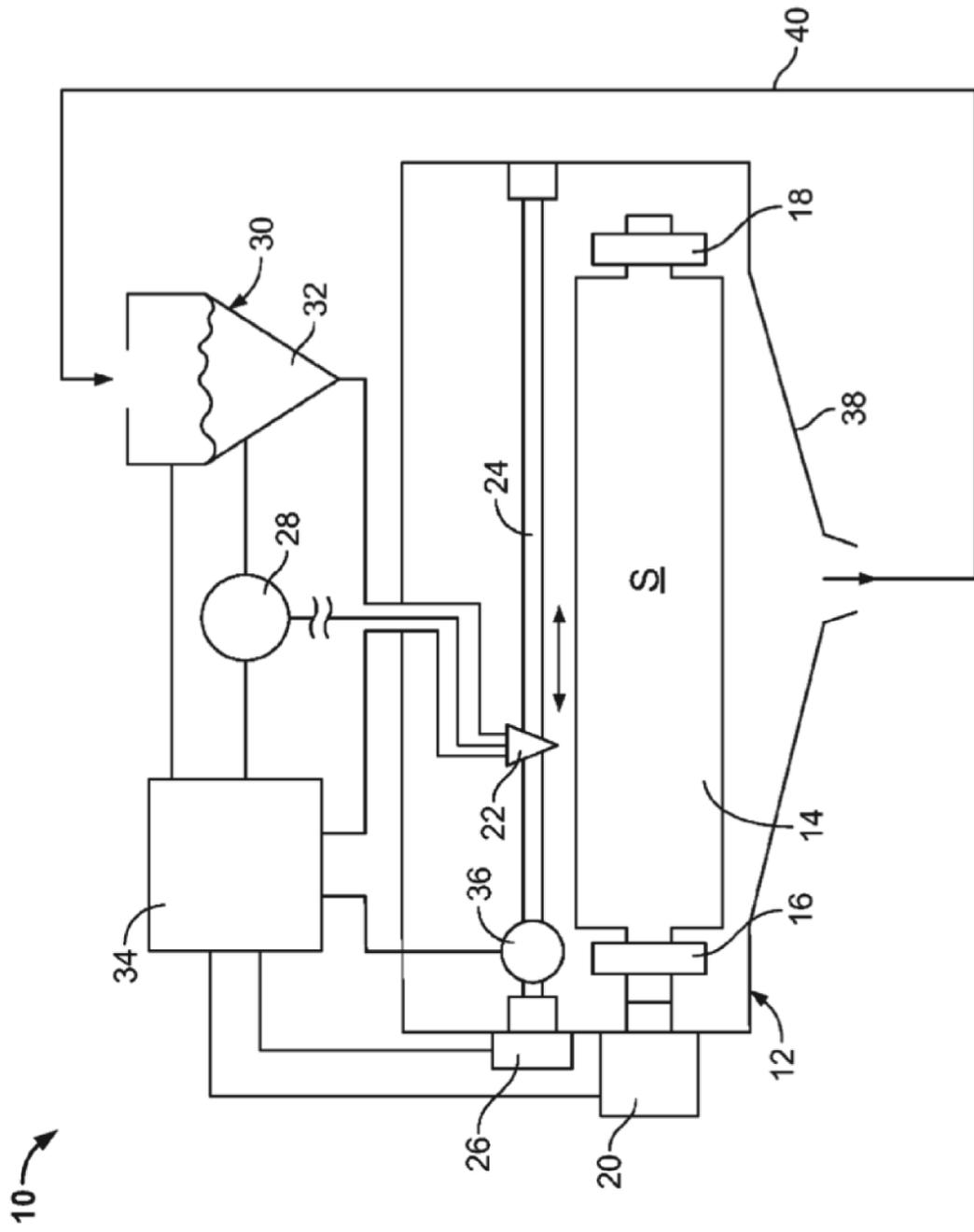


FIG. 2

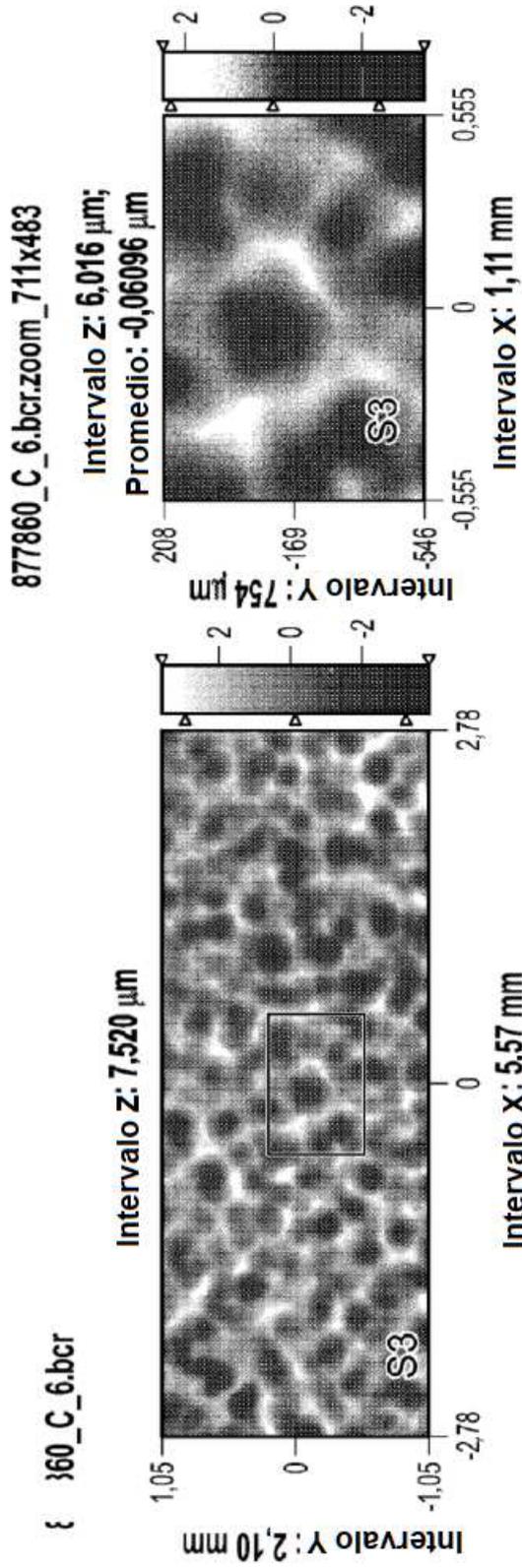


FIG. 3A

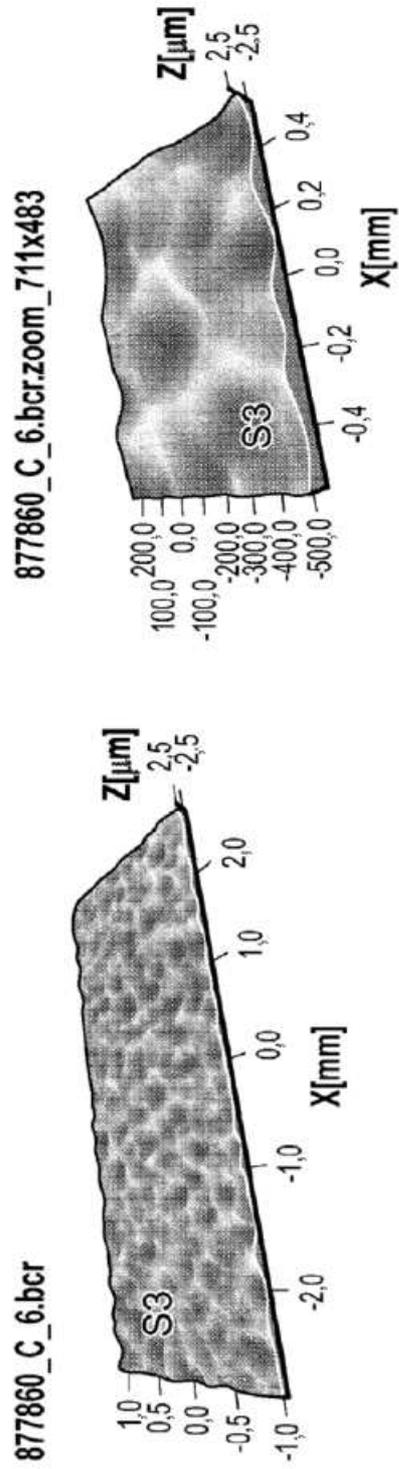


FIG. 3C

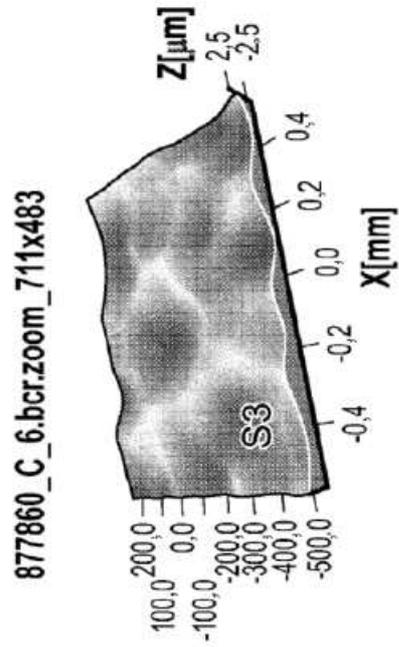


FIG. 3D

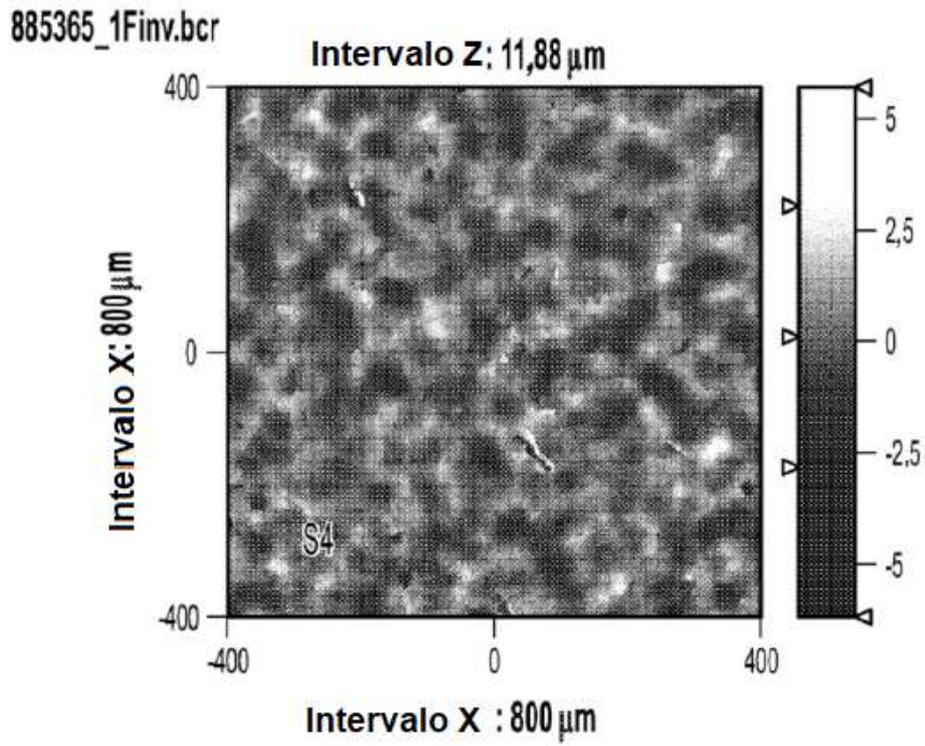


FIG. 4A

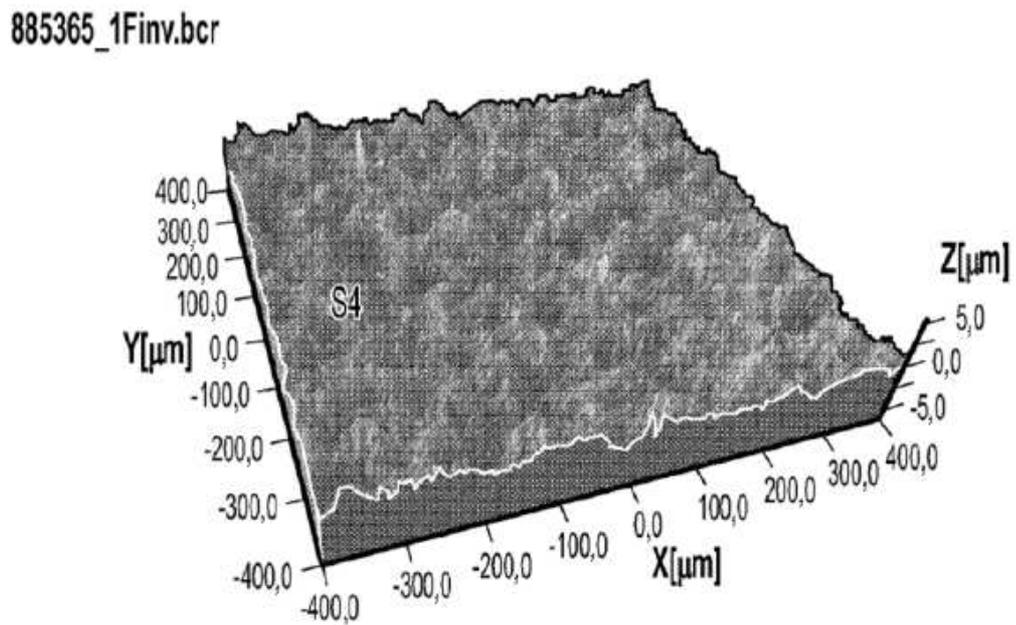


FIG. 4B

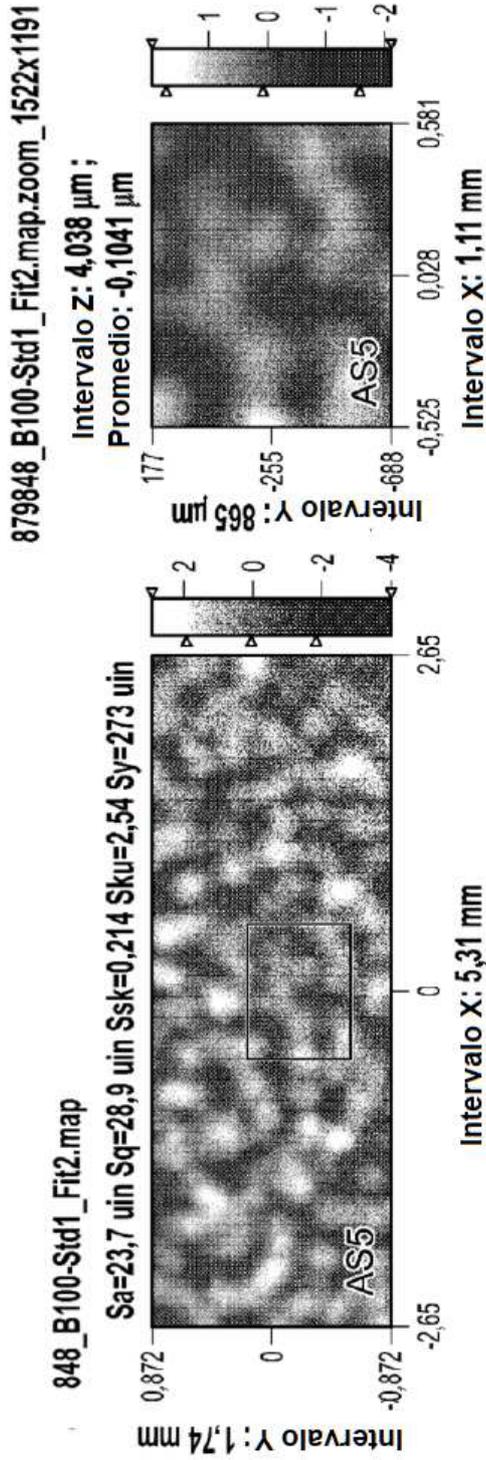


FIG. 5A

FIG. 5B

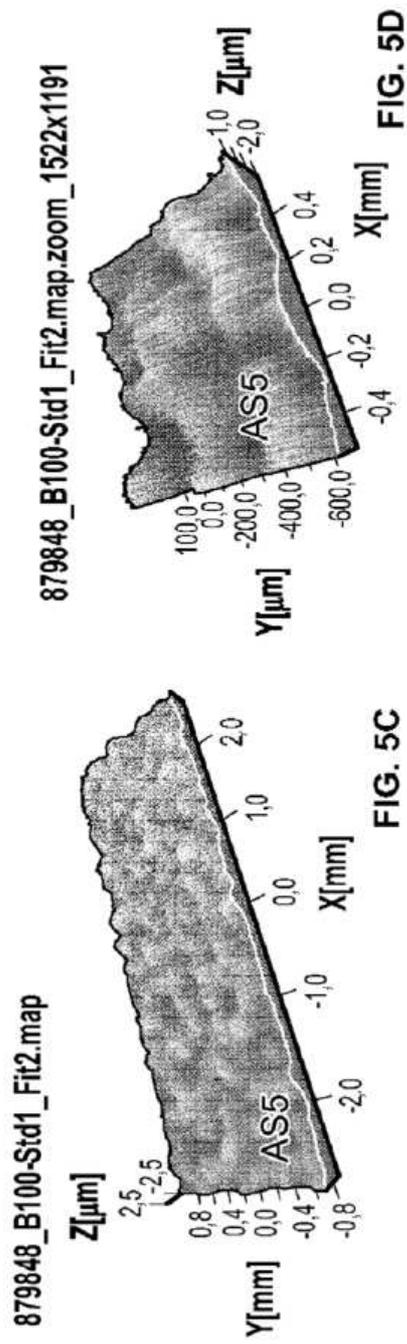
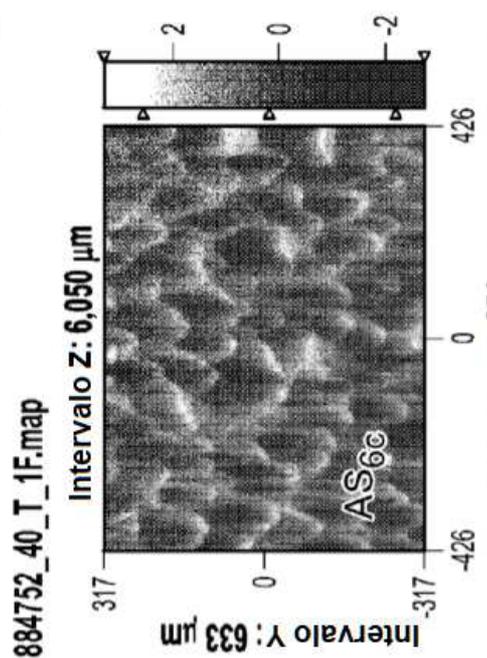
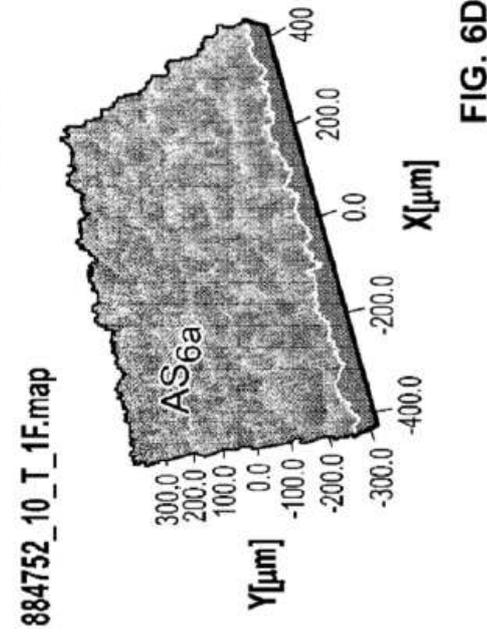
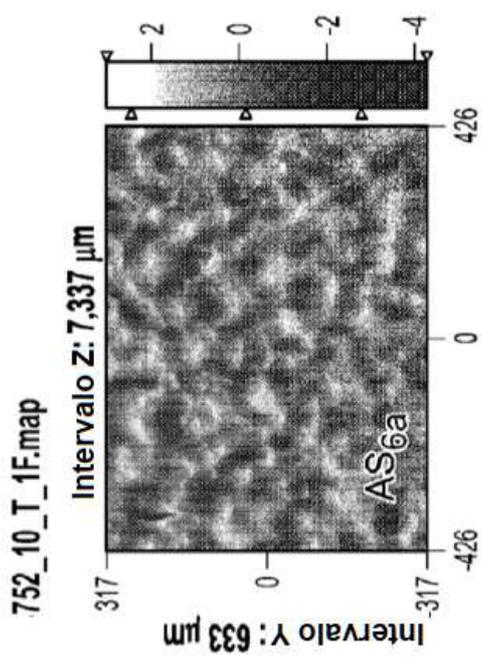
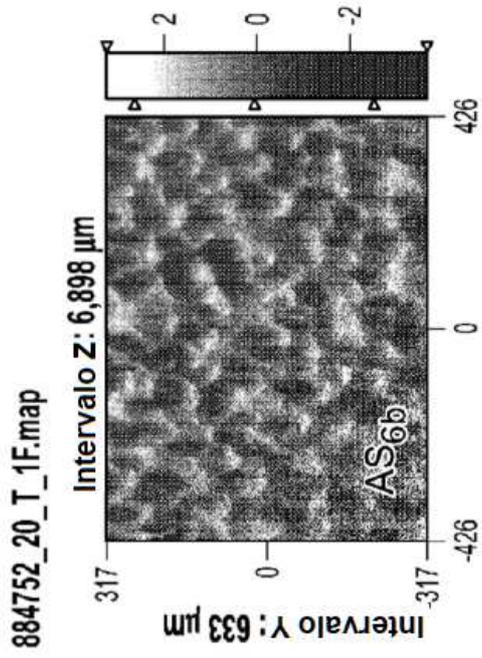


FIG. 5C

FIG. 5D



884752_20_T_1F.map

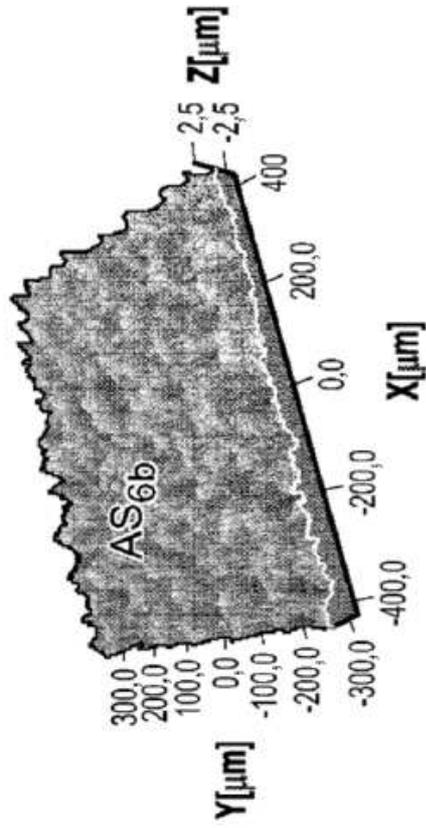


FIG. 6E

884752_40_T_1F.map

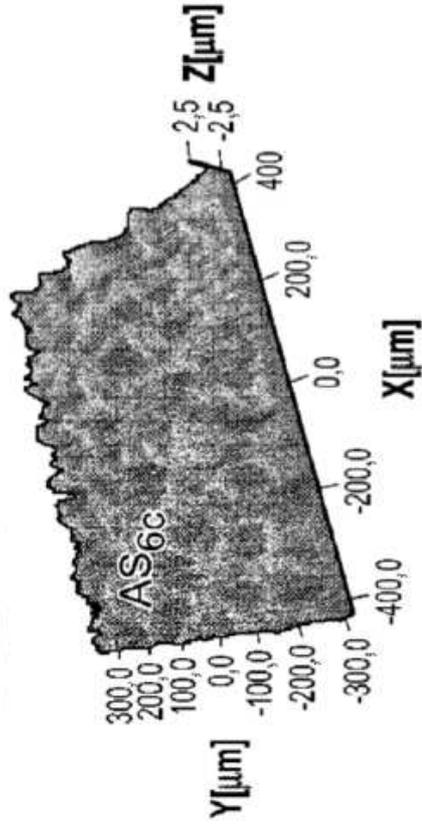


FIG. 6F

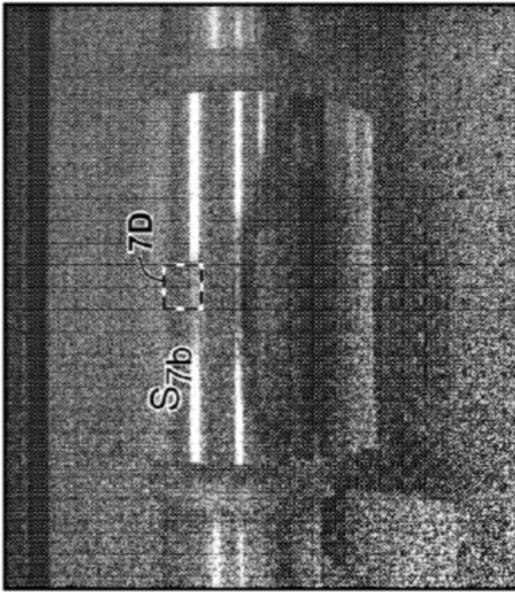


FIG. 7B

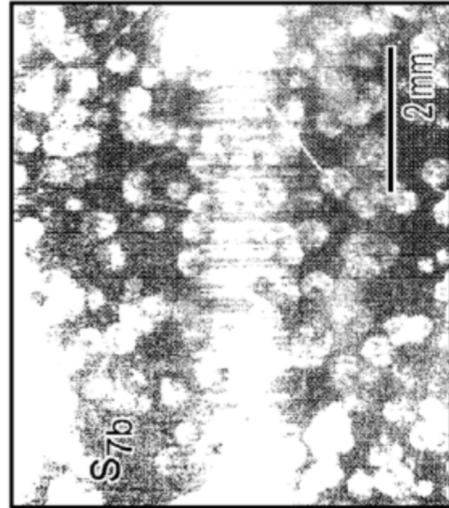


FIG. 7D

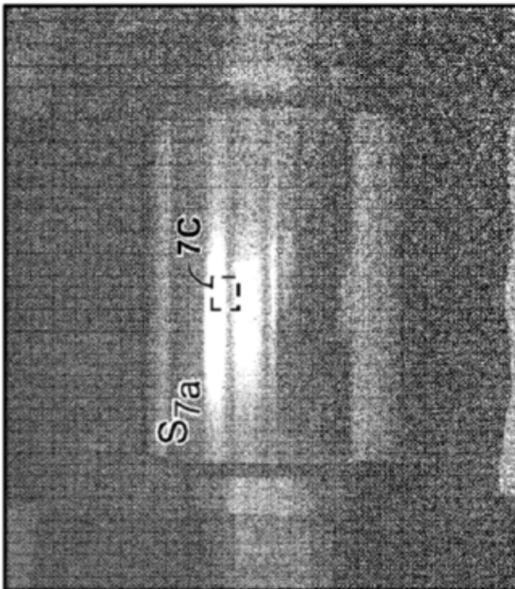


FIG. 7A

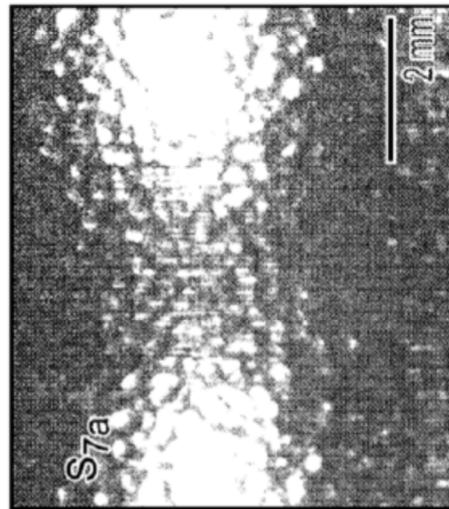


FIG. 7C

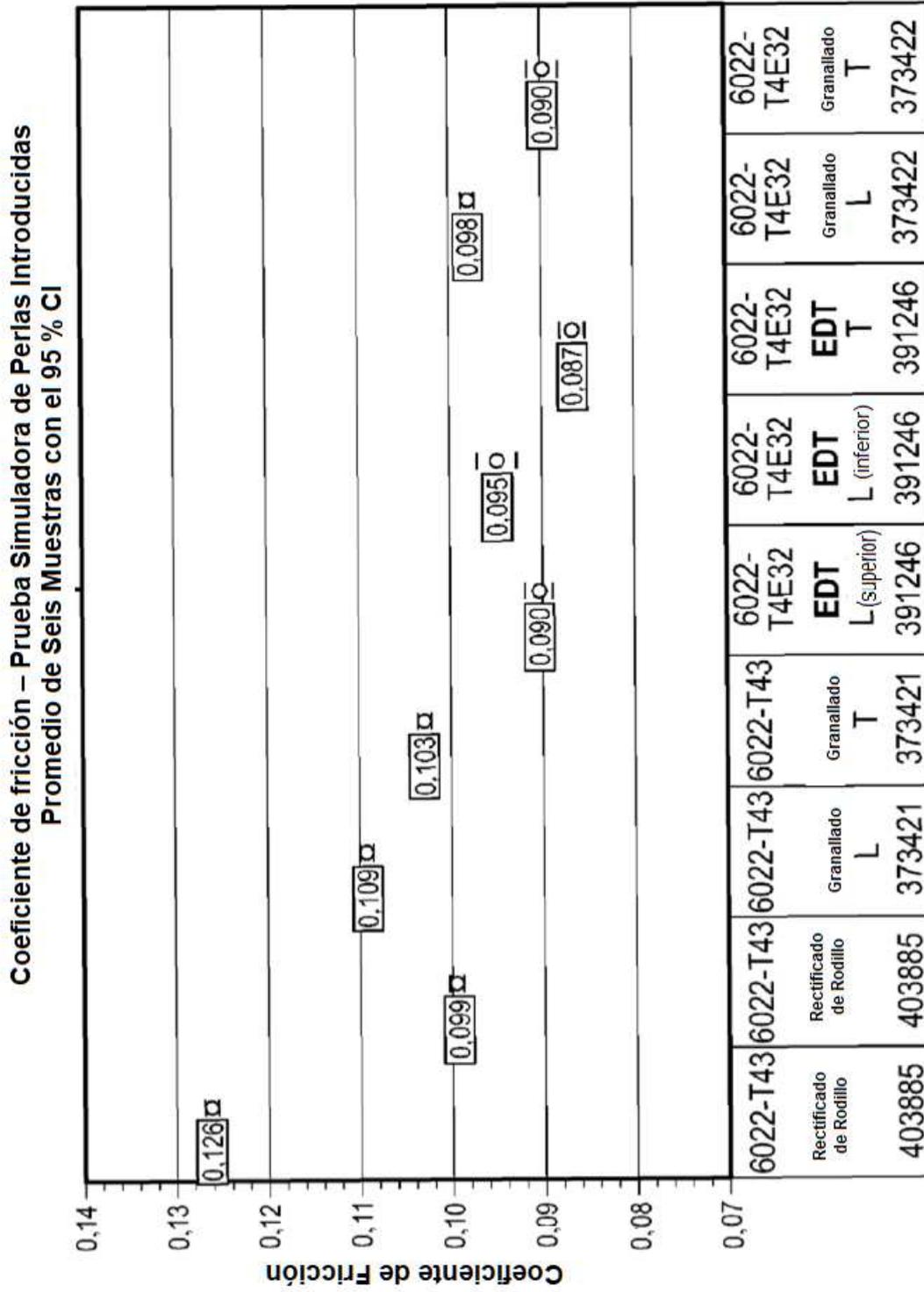


FIG. 8

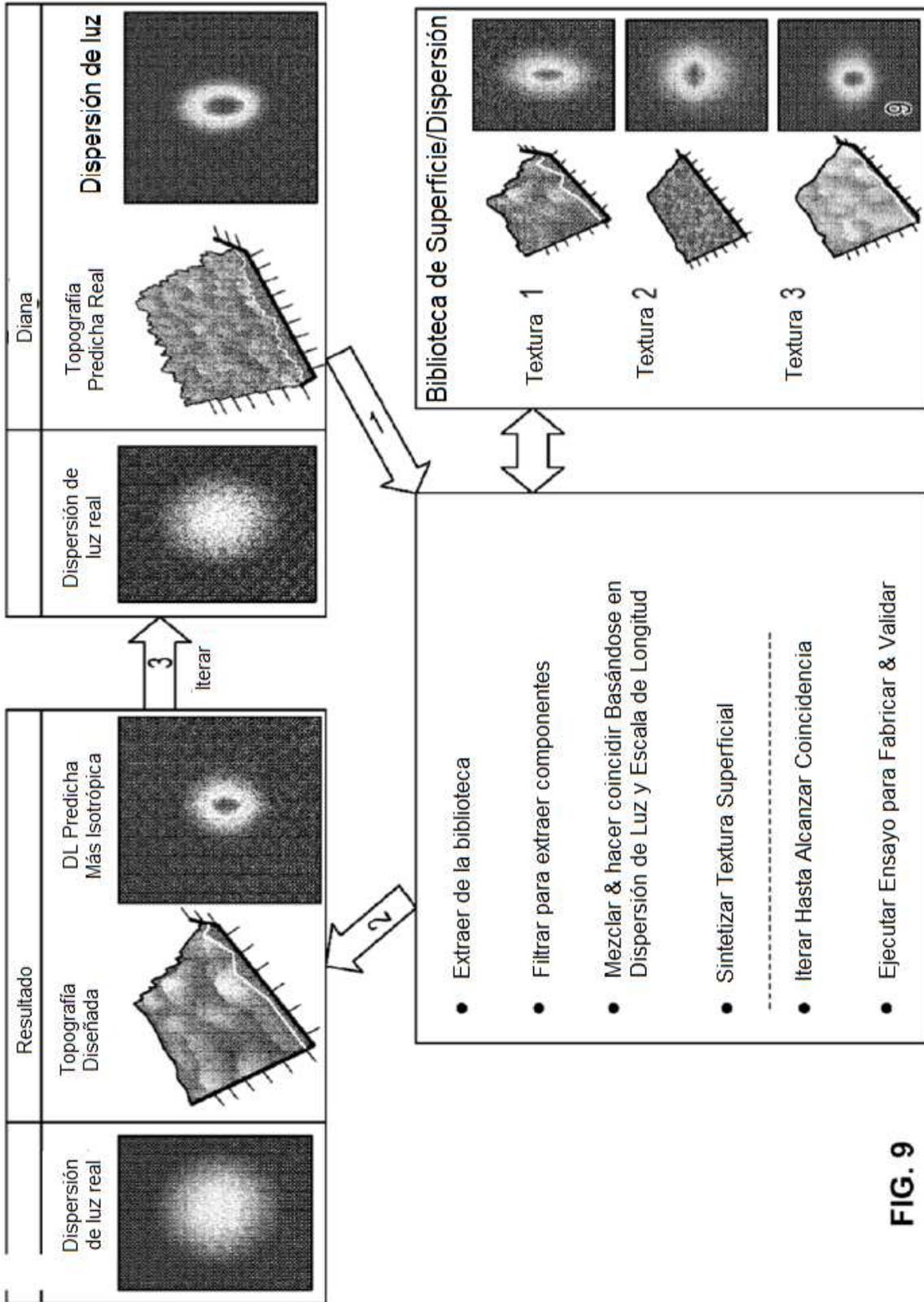


FIG. 9

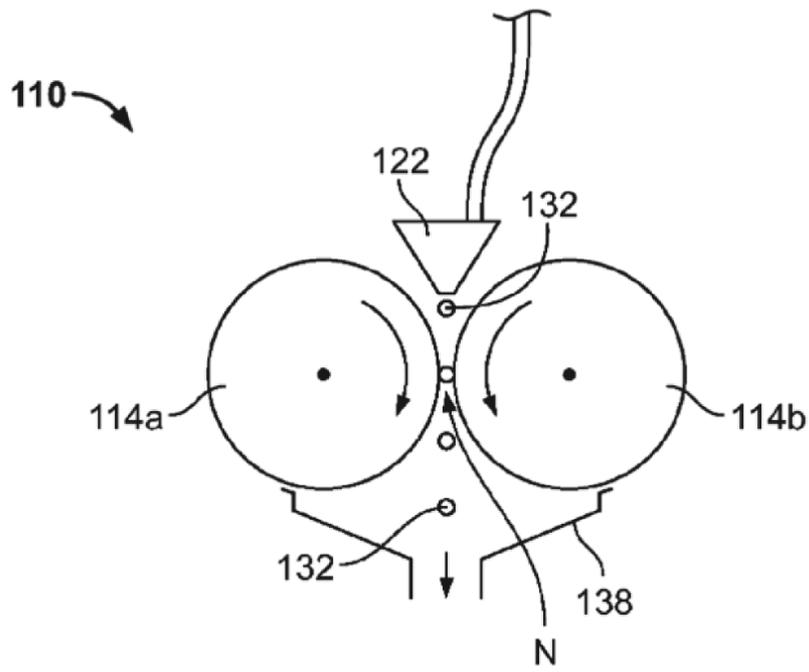


FIG. 10

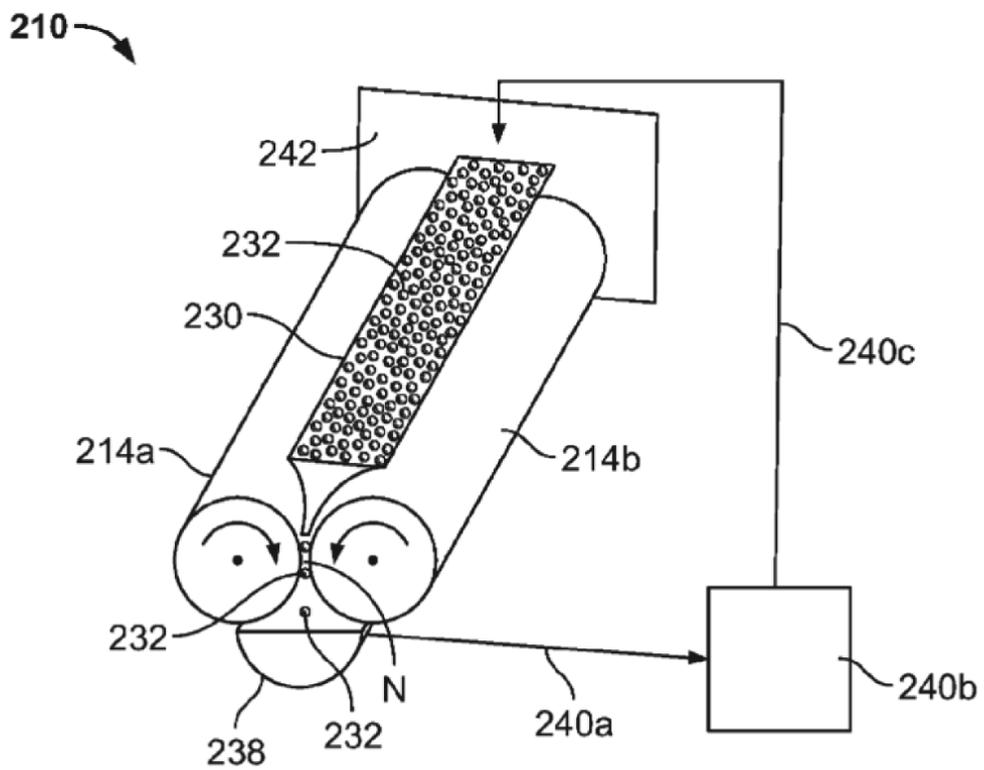


FIG. 11

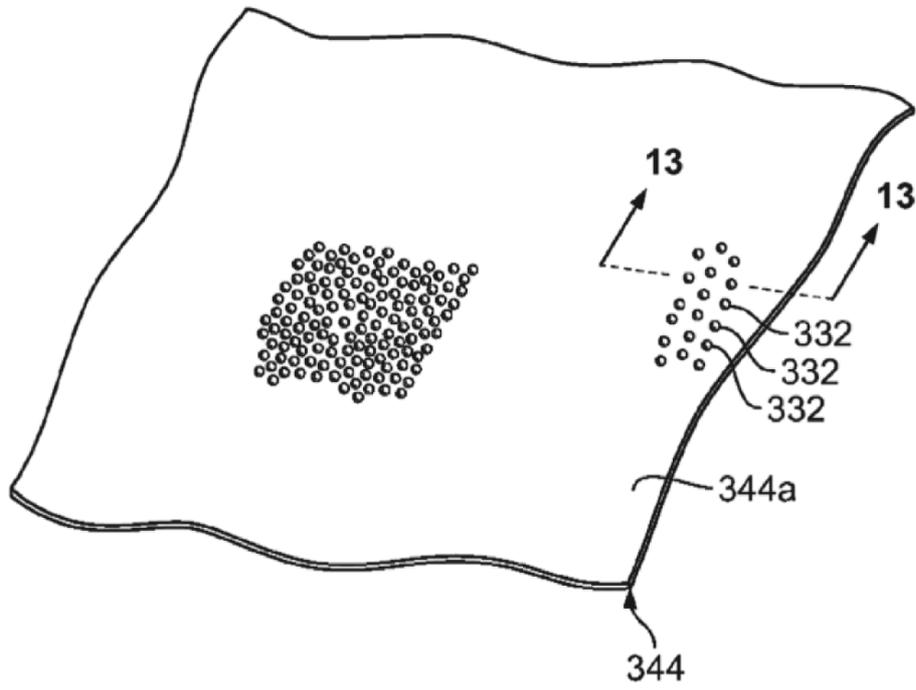


FIG. 12

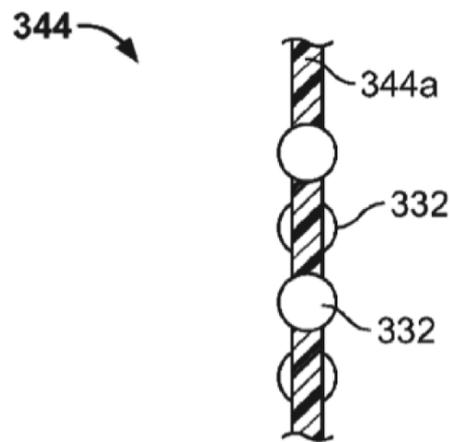


FIG. 13

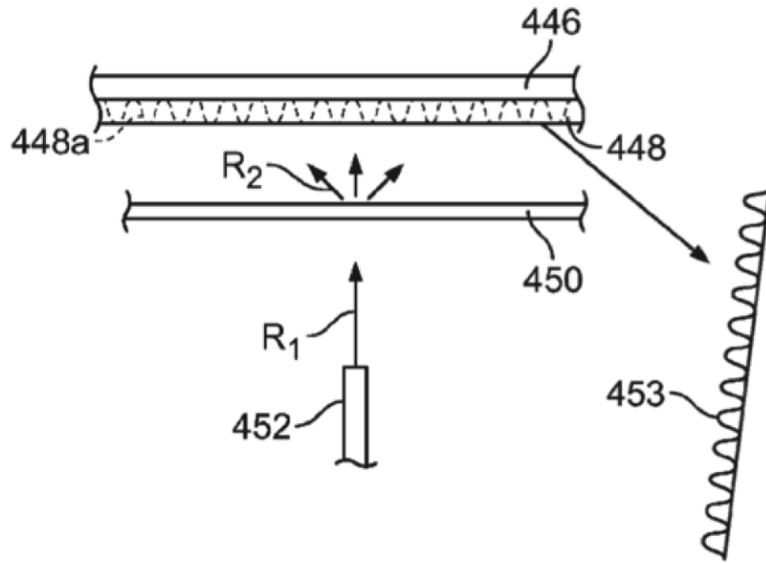


FIG. 14

510

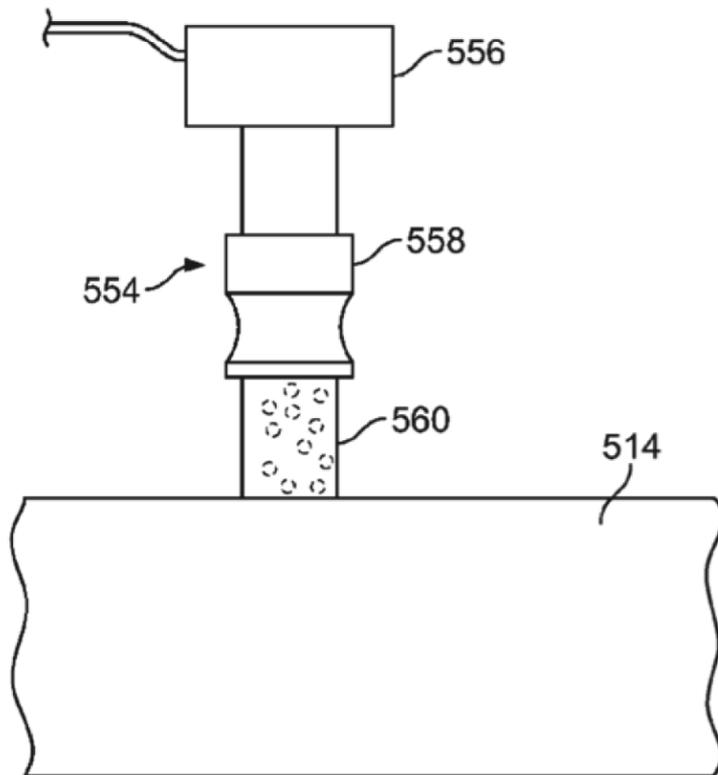
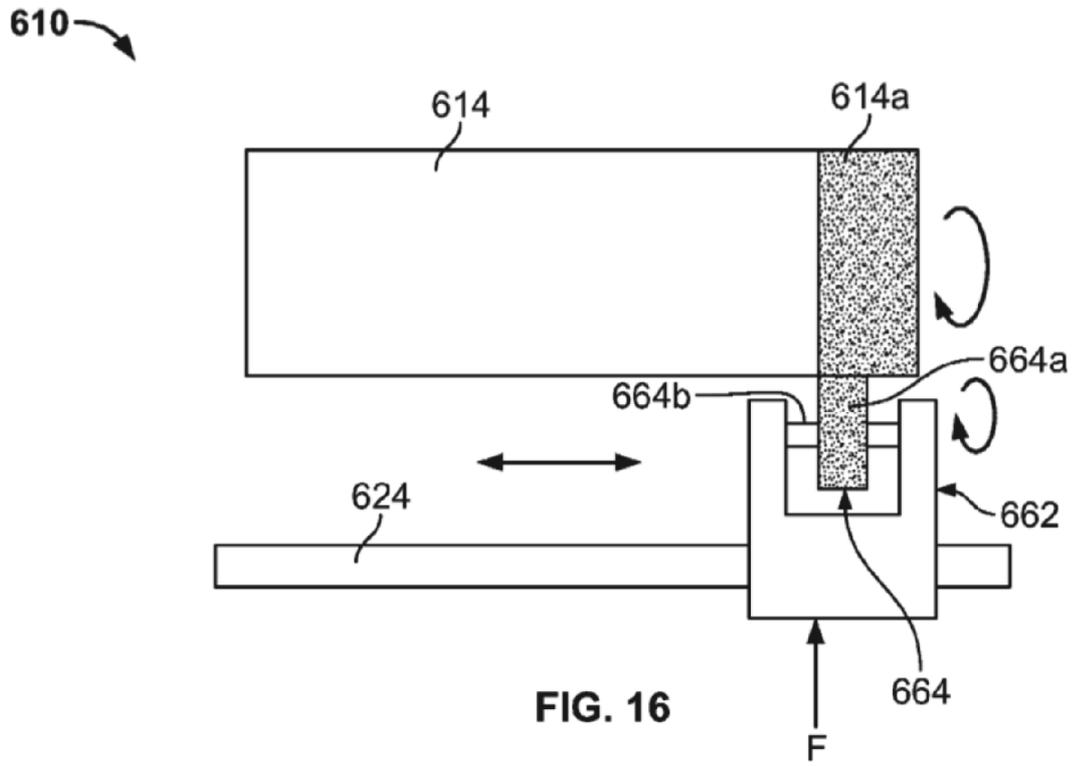


FIG. 15



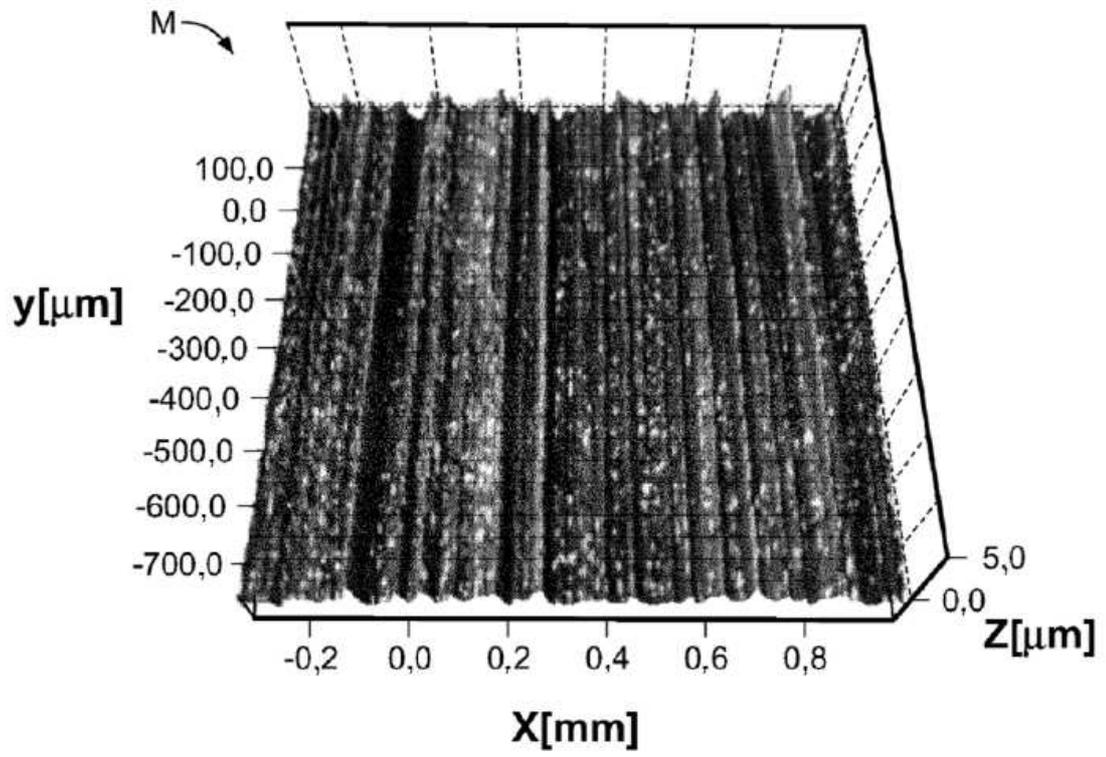


FIG. 17

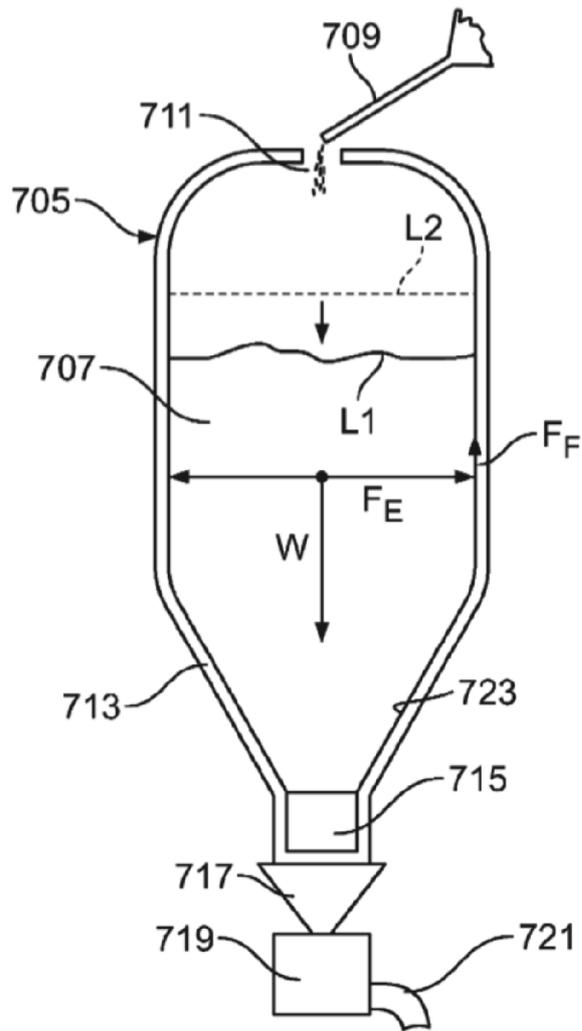


FIG. 18

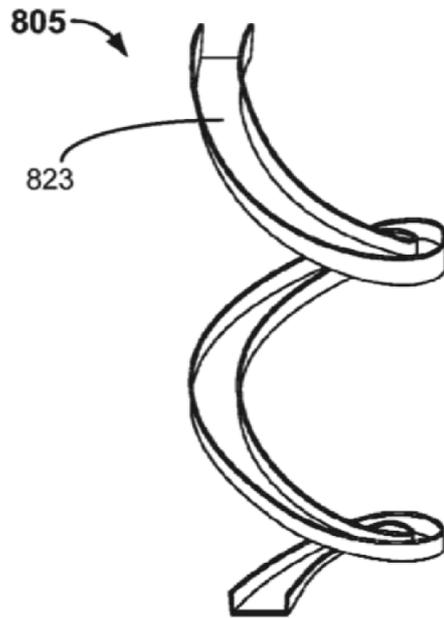


FIG. 19

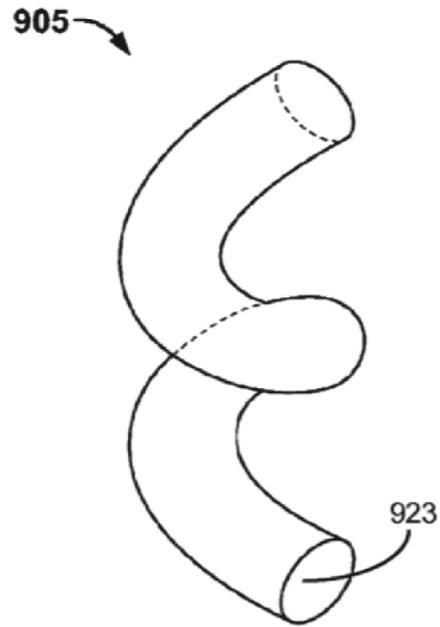


FIG. 20

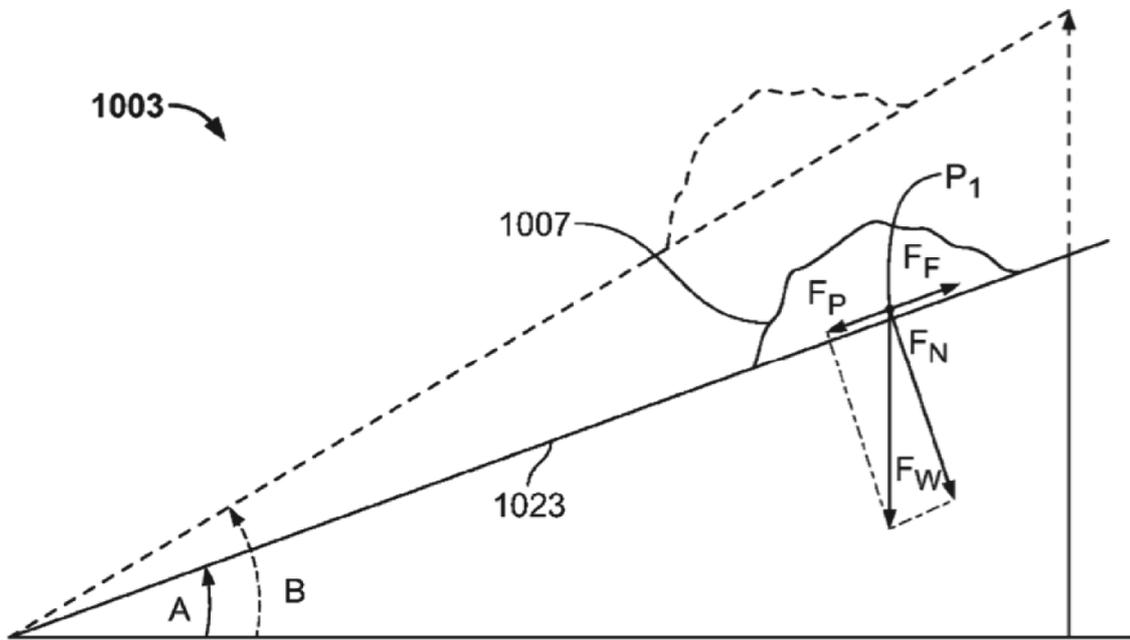


FIG. 21