

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 230**

51 Int. Cl.:

B08B 3/12 (2006.01)

C23G 1/19 (2006.01)

C23G 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2019 PCT/IB2019/059489**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2021 WO21090045**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2019 E 19804855 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2024 EP 4054772**

54 Título: **Procedimiento y equipo para la limpieza continua de una tira de acero en movimiento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
07.10.2024

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**RICHET, PIERRE y
SPONEM, FLORENT**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 981 230 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

Procedimiento y equipo para la limpieza continua de una tira de acero en movimiento

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un tanque de limpieza que comprende al menos un transductor para la limpieza continua de una tira. Dicha invención mejora la eficiencia de limpieza del proceso de limpieza.

[0002] En el campo metalúrgico, la producción de tiras con una alta calidad superficial es de gran importancia. Durante la etapa de laminación, hierro, partículas metálicas, suciedad y grasa se adhieren a la tira metálica. Dichas
10 adherencias generan una degradación de la calidad de la superficie de la tira después del recubrimiento porque quedarán atrapadas debajo del recubrimiento y, por lo tanto, la superficie no será lisa. Con el fin de evitar tales inconvenientes, la tira se limpia antes de la etapa de recubrimiento. Generalmente, esto ocurre después de la operación de laminación y antes del recocido o el recubrimiento. Para ello, la mayoría de las líneas de limpieza utilizan un procedimiento electrolítico entre sus operaciones de limpieza. Sin embargo, tal técnica presenta un alto riesgo de
15 seguridad debido a la acumulación de H_2 que conduce a peligros de seguridad como incendios. En consecuencia, se han desarrollado líneas de limpieza con ultrasonido para reemplazar el procedimiento electrolítico.

[0003] La limpieza por ultrasonido funciona gracias a la propagación de una onda de ultrasonido (o más generalmente una onda acústica) a través de una solución acuosa que induce variaciones locales de la presión de la
20 solución acuosa. Cuando la presión negativa es lo suficientemente baja (menor que la presión de vapor de la solución acuosa), las fuerzas cohesivas de la solución acuosa se descomponen y se forman burbujas de gas (también llamadas burbujas de cavitación). Estas burbujas a continuación son sometidas a variaciones de presión (debido a la propagación de ondas acústicas), que hacen que se expandan y se contraigan sucesivamente hasta que colapsan. Las ondas ultrasónicas inducen un efecto térmico, pero también un efecto mecánico debido a la cavitación. De hecho,
25 dos fenómenos ocurren cuando las burbujas de cavitación se rompen:

- ondas de choque debidas a la compresión violenta del gas presente en la burbuja,
- microchorros: cerca de una superficie sólida, la implosión de la burbuja se vuelve disimétrica y la onda de choque resultante produce microchorros de solución acuosa que se dirigen hacia la superficie sólida. Los impactos de los
30 microchorros en la superficie sólida son ricos en energía, y este efecto mecánico se puede utilizar en la galvanización para la limpieza de la superficie de la tira después del laminado en frío.

[0004] La patente KR 2005 006 3145 describe un aparato que limpia una lámina de acero. Dicha lámina de acero se hace pasar a través de un tanque lleno de una solución alcalina en el que se colocan cajas o cajones emisores
35 de ultrasonidos a cada lado de la lámina que pasa. Esas cajas emisoras de ultrasonido comprenden medios emisores de ultrasonido, tales como transductores piezoeléctricos, pegados en los lados de los cajones. Cuando los transductores piezoeléctricos vibran, la vibración se transmite a los lados de los cajones y a continuación a la solución. En consecuencia, las ondas de ultrasonido se propagan en el baño de limpieza y sobre la tira. Esto aumenta la eficiencia de la limpieza.

40 **[0005]** Sin embargo, mediante el uso del procedimiento anterior y su equipo, la eficiencia de limpieza no es óptima.

[0006] El propósito de esta invención es proporcionar una solución que resuelva los problemas mencionados
45 anteriormente.

[0007] Este objeto se logra proporcionando un equipo según la reivindicación 1. Este objeto también se logra proporcionando un procedimiento según las reivindicaciones 8 a 10.

50 **[0008]** Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención.

[0009] Para ilustrar la invención, se describirán diversas realizaciones y ensayos de ejemplos no limitantes, en particular, con referencia a la siguiente figura:

55 Las Figuras 1A y 1B exhiben una vista lateral y una vista frontal de una realización de un tanque equipado con transductores.
Las Figuras 2A y 2B muestran una vista lateral y una vista superior de una segunda realización de un tanque equipado con transductores.
60 Las Figuras 3A y 3B muestran dos realizaciones de transductores.
Las Figuras 4A y 4B exhiben dos realizaciones de medios para soportar los transductores.
La Figura 5 muestra una disposición preferida de los transductores y las ondas asociadas.
La Figura 6 muestra el efecto del tipo de medio emisor de ultrasonido sobre la eficiencia de limpieza.

65 **[0010]** La invención se refiere a un equipo 1 para la limpieza continua de una tira de acero que se mueve S

que comprende:

- un tanque 2 que contiene una solución acuosa 3,
- al menos un rodillo 4 para guiar dicha tira hacia dicho tanque 2,
- 5 - al menos un transductor 5 sumergido en la solución acuosa 3.

[0011] La Figura 1A es una vista lateral y la Figura 1B es una vista frontal de la instalación de limpieza continua. Como se ilustra en las Figuras 1A y 1B, la instalación de limpieza continua 1 de una tira en movimiento S comprende un tanque 2, una solución acuosa 3 dentro de dicho tanque. También comprende al menos un rodillo 4 sumergido en
10 dicha solución acuosa 3 y al menos un transductor 5. La solución acuosa puede contener un producto alcalino o una solución ácida o una solución neutra para mejorar la eficiencia de limpieza. La selección de la solución depende de los sustratos y de los contaminantes.

[0012] El tanque también puede comprender medios para alimentar 6 una solución acuosa en el tanque y para
15 vaciar 7 el tanque.

[0013] Como se ilustra en la Figura 1A, los medios de alimentación 6 están situados preferentemente en la porción superior del tanque o en la parte superior del tanque permitiendo un mejor llenado del tanque, por lo que el tiempo de limpieza y la distancia recorrida por la tira a través de la solución acuosa es aumentada. Los medios de
20 vaciado 7 se colocan en la porción inferior del tanque y preferentemente en su parte de abajo con el fin de vaciar el tanque tanto como sea posible, dichos medios pueden ser tuberías y válvulas conectadas a un vertedero, un procedimiento de reciclaje o regeneración.

[0014] El al menos un rodillo 4 se encuentra preferentemente en la parte inferior del tanque, pero por encima
25 del medio de vaciado 7, tal disposición aumenta la distancia recorrida por la tira S a través de la solución acuosa 3 y el tiempo de limpieza, mejorando así la limpieza.

[0015] La solución acuosa 3 se introduce en el tanque mediante el medio de alimentación 6 tal como tuberías y válvulas, preferentemente conectadas a otro tanque lleno con la solución (no representado).
30

[0016] Como se ilustra en la Figura 1 A, la instalación de limpieza 1 comprende preferiblemente al menos dos rodillos externos 8 colocados encima de dicho tanque 2, al menos uno a cada lado del tanque, por ejemplo: uno en el lado aguas arriba 9, el otro en el lado aguas abajo. 10 de la instalación de limpieza por ultrasonidos. Los rodillos 8 y 4 tienen preferentemente la misma orientación, por ejemplo, sus ejes de rotación son paralelos. El posicionamiento de
35 los rodillos debe permitir que la tira S pase a través de la solución acuosa 3 sin torcerse.

[0017] Además, también puede comprender medios para estimar 11 el nivel de la solución acuosa. Los medios para estimar 11 el nivel de la solución acuosa puede ser un captador de presión diferencial, conmutadores de nivel vibratorios o cualquier medio utilizado en un procedimiento hidrostático.
40

[0018] El al menos un transductor 5 está colocado dentro de dicho tanque 2 preferiblemente debajo del medio de alimentación 6 y preferiblemente encima del rodillo 4.

[0019] Las Figuras 2A y 2B exhiben la vista lateral y superior de una segunda realización preferida de la
45 invención de la instalación de limpieza continua en la que la tira S se mueve principalmente horizontalmente a través de la solución acuosa en comparación con las Figuras 1A y 1B donde la tira S pasa principalmente verticalmente.

[0020] Los transductores, como se ilustra en la Figura 3A y 3B, están hechos de una varilla del resonador 12 que tiene en uno o ambos extremos un cabezal de accionamiento 13, como los transductores piezoeléctricos de empuje-tracción. Dicho cabezal de accionamiento 13 generalmente comprende varios transductores piezoeléctricos 130. La varilla del resonador 12 vibra gracias, al menos, a un cabezal de accionamiento 13. Dicho sistema emite ultrasonido omnidireccional. Cuando el transductor comprende solo un cabezal de accionamiento, la otra extremidad 14 es preferiblemente redonda o puntiaguda como se ilustra en la Figura 3B.
50

[0021] Como se ilustra en las Figuras 4A y 4B, los transductores 5 están soportados preferentemente por la pared del tanque 2 o las piezas de soporte 15, 150 y 151 fijadas a la pared del tanque. Preferentemente, los cables eléctricos 16 conectados a dichos cabezales de accionamiento 13 pasan a través de la pared del tanque 2 y no están sumergidos ni en contacto con la solución acuosa.
55

[0022] El trabajo de los transductores es capaz de trabajar a una frecuencia entre 20 y 60 kHz. Preferentemente, los transductores funcionan a una frecuencia de al menos 25 kHz. Preferentemente, los transductores funcionan a una frecuencia máxima de 40 kHz. Cada transductor es preferiblemente capaz de trabajar a una potencia de 500 a 3 000 kW. Aún más preferentemente, cada transductor tiene una potencia de al menos 2 000 kW.
60
65

[0023] Durante el proceso de limpieza, el nivel del baño puede variar hasta un punto en el que un transductor ya no esté sumergido, en ese caso es preferible apagar el resonador no sumergido para evitar daños debido al sobrecalentamiento. Durante la operación de mantenimiento, el tanque se puede vaciar, en ese caso es preferible apagar el resonador para evitar daños debido al sobrecalentamiento. En general, cuando un resonador no está sumergido a al menos 3 cm por debajo de la superficie de la solución acuosa, es preferible apagarlo para reducir el riesgo de daños debido al sobrecalentamiento.

[0024] Un tanque de limpieza según la invención, que comprende al menos un transductor, permite mejorar la eficiencia de limpieza en comparación con el tanque de limpieza como se conoce en la técnica, que comprende cajas sumergidas con medios emisores ultrasónicos que tienen la misma frecuencia de trabajo.

[0025] Se han realizado varias pruebas para demostrar la eficiencia mejorada de un tanque de limpieza equipado con transductores, como transductores de empuje-tracción, en comparación con uno equipado con cajas sumergibles. En esas pruebas, se ha medido el grado de limpieza de una muestra de tira antes y después de una etapa de limpieza. En esos experimentos, una tira se sumerge durante 24 segundos en una caja que contiene un baño de limpieza, que tiene 10 g.L⁻¹ de NaOH, a 65 °C y ya sea un conjunto de dos transductores piezoeléctricos de empuje-tracción que tienen una potencia de 2 kW o una caja sumergible que tiene una potencia de 2 kW. Se asume que un tiempo de inmersión de 24 segundos en las condiciones del experimento corresponde a un tiempo de exposición directa de aproximadamente 6 segundos debido a que una porción de tira está enfrentada por un medio emisor de ultrasonido solo durante un cuarto del tiempo del experimento debido a su desplazamiento a través de la solución acuosa.

[0026] La eficiencia de limpieza, como se indica en la siguiente tabla, es: "el grado de limpieza estimado antes de la etapa de limpieza" dividido por "el grado de limpieza estimado después de la etapa de limpieza". Para estimar el grado de limpieza, se presiona un adhesivo 3M 595 Scotch™ sobre una superficie de la tira para pegar partículas finas de hierro y el aceite sobre el adhesivo. A continuación, la reflectancia de la cinta adhesiva se mide mediante un reflectómetro. Esta reflectancia está relacionada con la densidad de los finos de hierro por metro cuadrado. Cuanto más finos de hierro se hayan adherido al adhesivo, menor será su reflectancia. En consecuencia, cuanto mayor sea la reflectancia del adhesivo, más limpia estará la tira. La siguiente tabla contiene los parámetros principales del experimento. En la Figura 6, la eficiencia de la limpieza se traza, para varias velocidades de la tira, para ambos tipos de medios emisores de ultrasonido: los tubos de empuje-tracción y las cajas sumergibles.

Tipo	Frecuencia (kHz)	Potencia (kW)	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de la tira (m.min ⁻¹)	Tiempo de inmersión(s)	Grado de limpieza Antes de limpieza	Grado de limpieza después de limpiar	Eficiencia de limpieza(%)
Caja	25	2	65	50	24	9,50	7,00	26
PP	25	2	65	50	24	9,04	4,15	54
Caja	25	2	63	100	24	10,55	7,62	28
PP	25	2	62	100	24	11,99	6,02	50
Caja	25	2	64	150	24	10,00	8,09	19
PP	25	2	66	150	24	10,95	6,53	40
Caja	40	2	67	100	24	8,51	6,61	22
PP	40	2	67	100	24	10,70	7,30	32

[0027] Preferentemente, todos los resonadores en funcionamiento están completamente sumergidos a al menos 3 cm bajo la superficie de la solución. Esto permite reducir el riesgo de sobrecalentamiento de los resonadores.

[0028] Preferentemente, como se puede observar en la Figura 5, dicho transductor 5 tiene su longitud paralela al ancho de la tira 17. En otras palabras, la varilla del resonador 12 tiene su longitud paralela al ancho de la tira 17. Aún más preferentemente, el transductor está colocado paralelo al ancho de la tira 17 de manera que cubra todo el ancho de la tira. Dicha disposición debería mejorar la eficiencia de la limpieza y la homogeneidad de la limpieza en todo el ancho de la tira.

[0029] Cuando el tanque comprende al menos dos varillas de resonador que tienen una longitud de varilla de resonador menor que el ancho de la tira, las varillas de resonador se desplazan para cubrir todo el ancho de la tira.

[0030] Preferentemente, como se ilustra en las Figuras 1A y 2A, el tanque comprende al menos dos

transductores 5. Incluso más preferentemente, el tanque comprende 5, 10 o 15 transductores.

[0031] Cuando hay dos transductores en el mismo lado de la tira, preferentemente se desplazan entre sí una distancia correspondiente a (0,5) veces la longitud de onda producida por los transductores de empuje-tracción.

5 Cuando el número de medios emisores de ultrasonido es igual a m , cada uno de ellos puede desplazarse adicionalmente una distancia similar, $(1/m)$ veces la longitud de onda hacia sus vecinos. Por ejemplo, si se utilizan seis transductores que funcionan a una frecuencia de 25 kHz en un entorno comparable al agua, la velocidad de la onda, que depende de numerosos factores (por ejemplo: la temperatura y la presión) es de aproximadamente 1500 m.s^{-1} . La longitud de onda es igual a la velocidad de onda dividida por la frecuencia de onda, por lo que en este caso, 1
10 $500/25\ 000 = 0,06$, la longitud de onda es de aproximadamente 6 cm. En el caso en que los medios emisores de ultrasonido produzcan ultrasonido con una longitud de onda de 6 cm, deben estar desplazados lateralmente de, $(1/6)$ $\times 6 = 1$ cm entre sí.

[0032] Como se puede observar en la Figura 5, dicha disposición evita tener dos nodos 18 alineados en la dirección de movimiento de la tira. Dicho desplazamiento permite mejorar la homogeneidad de la limpieza, ya que garantiza que todos los puntos de la tira estén expuestos a al menos una onda de ultrasonido.

[0033] Preferiblemente, los transductores 5 y la tira S están separados una distancia comprendida entre 40 mm y 250 mm. Tal espaciamiento permite utilizar eficientemente el medio emisor de ultrasonidos. Dicha distancia de separación mejora la instalación 1 porque si la separación es inferior a 40 mm, el medio emisor de ultrasonido eventualmente será roto por la tira debido, por ejemplo, a irregularidades en la flexión de la tira o en la planitud de la tira. Pero si la separación es mayor que 200 mm, entonces la eficiencia de la potencia de limpieza media emitida por el ultrasonido parece ser severamente reducida.

25 **[0034]** Preferentemente, cada superficie de dicha tira S está orientada por al menos un transductor. Aunque un medio emisor de ultrasonidos colocado en un lado de una tira limpia ambas superficies, tener medios emisores de ultrasonidos enfrentados a cada superficie aumenta la calidad de la limpieza. En otras palabras, en una instalación similar a la representada en las Figuras 1A y 1B, al menos un transductor 5 se coloca entre una pared del tanque y la tira S y al menos un transductor se coloca entre una porción de la tira que baja y una porción de la tira que sube. De
30 manera similar, en una instalación similar a la representada en las Figuras 2A y 2B, al menos un transductor se coloca encima y al menos otro se coloca debajo de la tira.

[0035] Preferentemente, dicho equipo tiene una densidad de potencia entre 5 vatios por litro y 25 vatios por unidad de volumen de dicha solución acuosa. Aún más preferentemente, la potencia por litro está entre 10 y 20 vatios por litro. Utilizar una densidad de potencia en este intervalo parece ser el mejor compromiso entre eficiencia de limpieza y ahorro de energía, permite una buena y suficiente limpieza de la tira y evita el desperdicio de energía.

[0036] Esta invención también se refiere a un procedimiento de limpieza de una tira en movimiento en una instalación de limpieza que comprende un tanque 2 que contiene una solución acuosa 3, al menos un rodillo 4 para
40 guiar dicha tira al interior de dicho tanque 2, al menos un transductor sumergido en la solución acuosa que comprende las etapas de

- sumergir dicha tira móvil en dicha solución acuosa 3,
- emitir ultrasonido, en dicha solución acuosa, con dicho al menos un transductor sumergido en la solución acuosa.

[0037] Preferentemente, dicha solución acuosa contiene entre 10 gramos por litro y 40 gramos por litro de producto alcalino. Aparentemente, una concentración de producto alcalino en esta gama mejora la limpieza y utiliza eficientemente el producto alcalino.

50 **[0038]** Preferiblemente, dicha solución acuosa se mantiene a una temperatura entre $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aparentemente, cuanto mayor es la temperatura de la solución de limpieza, mejor es la eficiencia de limpieza del procedimiento, pero más corta es la vida útil del transductor. Esta gama parece ser el mejor compromiso entre la eficiencia de la limpieza y la vida útil del medio emisor de ultrasonido.

55

REIVINDICACIONES

1. Un equipo (1) para la limpieza continua de una tira de acero en movimiento (S) que comprende:
- 5 - un tanque (2) que contiene una solución acuosa (3),
 - al menos un rodillo (4) para guiar dicha tira hacia dicho tanque (2),
 - al menos un transductor (5), que comprende una varilla de resonador (12) que tiene en uno o ambos extremos un cabezal de accionamiento (13), sumergido en la solución acuosa.
- 10 2. Equipo según la reivindicación 1, donde dicho al menos un transductor (5) puede funcionar a una frecuencia entre 20 y 60 kHz.
3. Equipo según la reivindicación 1, donde dicho al menos un transductor (5) puede funcionar a una potencia de 500 a 3 000 kW.
- 15 4. Equipo según la reivindicación 3, donde dicho transductor (5) tiene su longitud paralela al ancho de la tira.
5. Equipo según cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4, donde dicho transductor (5) y la tira (S) están
20 separados por una distancia comprendida entre 40 mm y 250 mm.
6. Equipo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde cada superficie de dicha tira S está enfrentada por al menos un transductor (5).
- 25 7. Equipo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde dicho equipo tiene una capacidad de potencia de entre 5 vatios por litro y 25 vatios por litro de unidad de volumen de dicha solución acuosa.
8. Un procedimiento para limpiar una tira de acero móvil en una instalación de limpieza que comprende un tanque (2) que contiene una solución acuosa (3), al menos un rodillo (4) para guiar dicha tira en dicho tanque (2), al
30 menos un transductor (5), que comprende una varilla de resonador (12) que tiene en uno o ambos extremos un cabezal de accionamiento (13), sumergido en la solución acuosa que comprende las etapas de
- sumergir dicha tira móvil en dicha solución acuosa (3),
 - emitir ultrasonido, en dicha solución acuosa, por dicho al menos un transductor sumergido en la solución acuosa.
- 35 9. Procedimiento según la reivindicación 8, donde dicha solución acuosa contiene entre 10 gramos por litro y 40 gramos por litro de un producto alcalino.
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 ó 9, donde dicha solución acuosa se mantiene
40 a una temperatura de entre 30 °C y 80 °C.

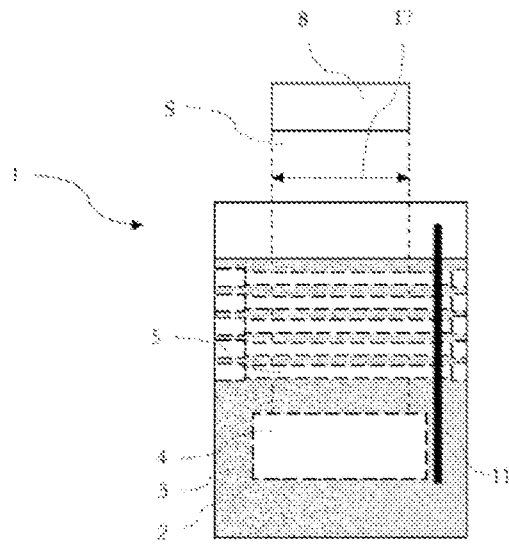


Figura 1A

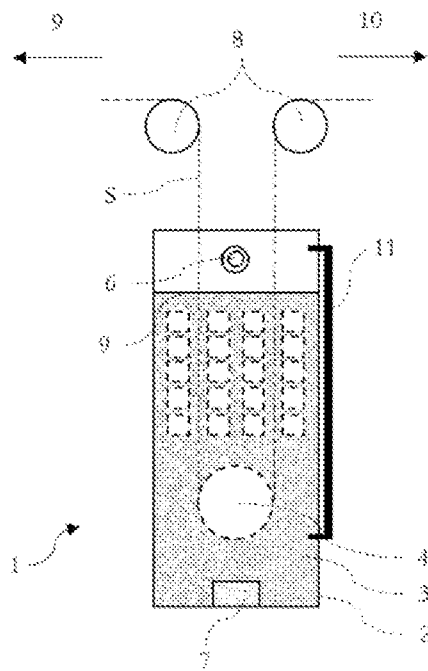


Figura 1B

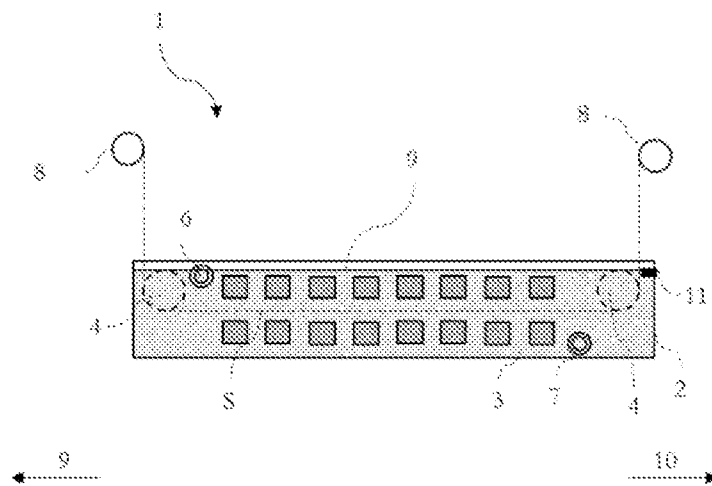


Figura 2A

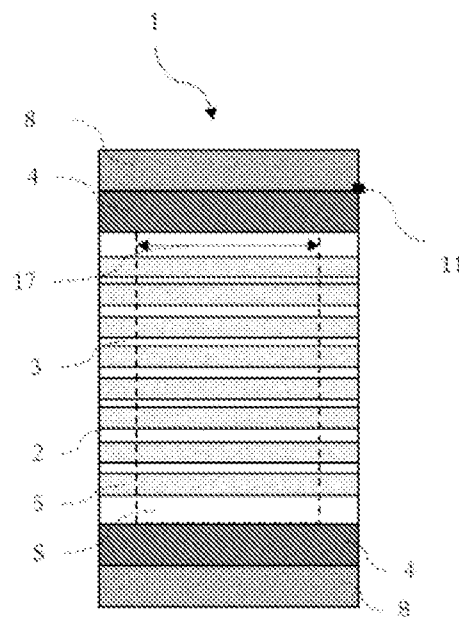


Figura 2B

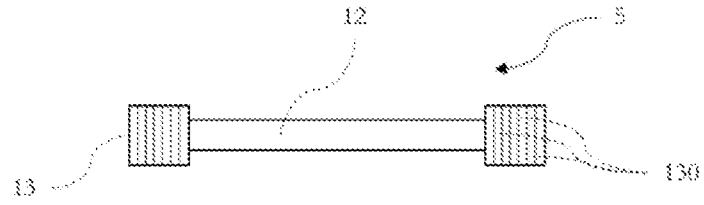


Figura 3A

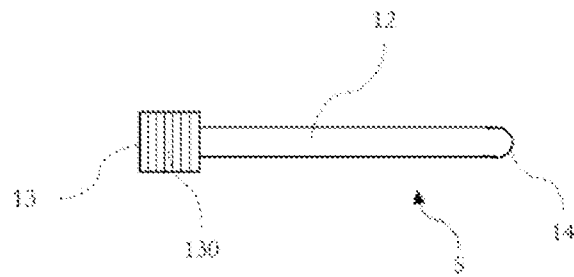


Figura 3B

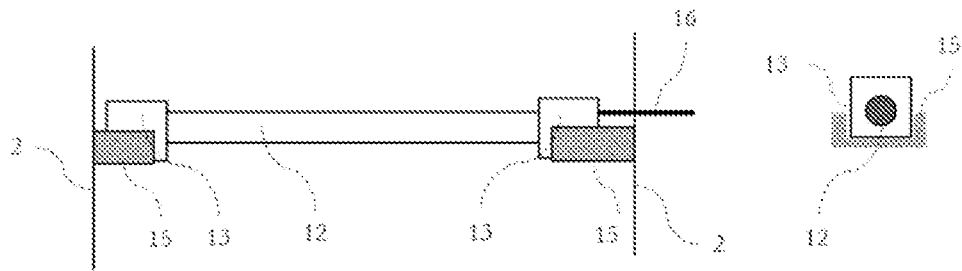


Figura 4A

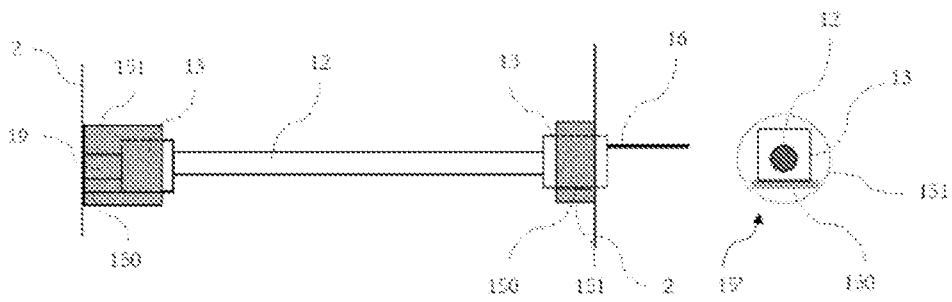


Figura 4B

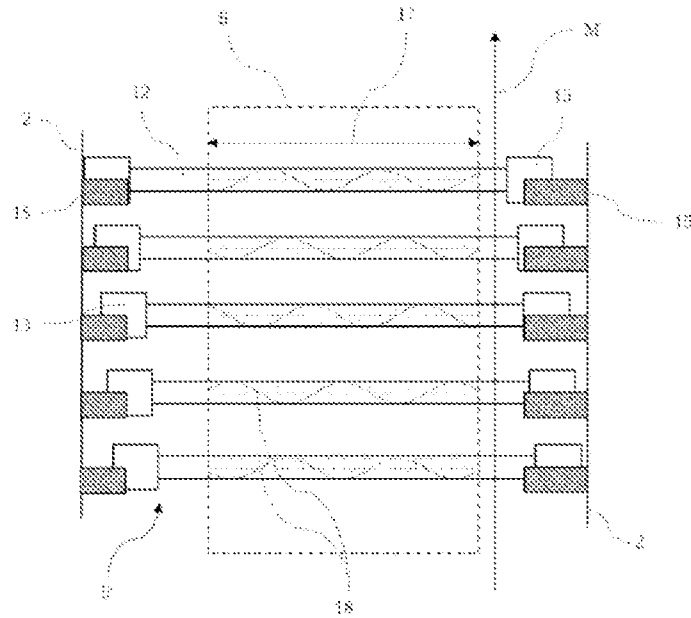


Figura 5

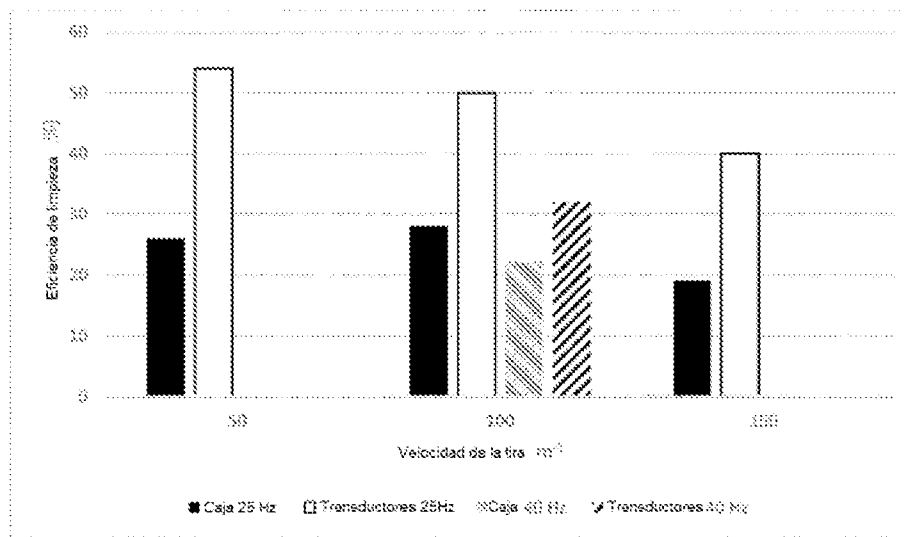


Figura 6