

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 464**

51 Int. Cl.:

H04N 7/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2012 PCT/IB2012/000588**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.11.2012 WO12153171**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2012 E 12781819 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2681910**

54 Título: **Procedimiento y aparato para imágenes de vídeo en tiempo real del interior de una tobera en una línea de recubrimiento por inmersión en caliente**

30 Prioridad:

28.02.2011 US 201161463993 P

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

18.03.2019

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (50.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU y
CONNORS INDUSTRIAL, INC (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ROTOLE, JOHN y
KRCMARIC, CHARLES**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 704 464 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 aparato para imágenes de vídeo en tiempo real del interior de una tobera en una línea de recubrimiento por inmersión en caliente

5

Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a procedimientos y a aparatos para obtener imágenes del interior de una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente de una línea de recubrimiento de metal fundido. Más específicamente, la invención se refiere a observar el interior de una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente sin el uso de iluminación externa. Más específicamente, los procedimientos y aparatos actuales utilizan sistemas de cámara que pueden tomar imágenes en el infrarrojo y preferentemente en el infrarrojo cercano a la región del infrarrojo de onda corta (es decir, una región de 0,7 a 3 μm del espectro IR).

15 **Antecedentes de la invención**

[0002] En las industrias manufactureras, existe una gran demanda y en continuo crecimiento de acero plano (láminas, tiras, bobinas, etc.) recubierto con aleaciones protectoras tales como aleaciones a base de zinc y aluminio. Para fabricar estos productos, se utiliza un procedimiento de recubrimiento conocido como recubrimiento de fusión por inmersión en caliente. Ahora se describirá una descripción simplificada del procedimiento.

[0003] El material de lámina de acero alargado es laminado en caliente y/o en frío para formar una "tira" que puede enrollarse en una "bobina". La tira de acero enrollada se desenrolla y pasa por un baño de metal fundido que cubre la superficie de la tira. La figura 1 muestra un diagrama altamente simplificado del aparato designado en lo sucesivo como un aparato de recubrimiento de fusión por inmersión en caliente 1. El aparato incluye un crisol de fusión 2 lleno de metal fundido 3 que va a ser recubierto en la tira de acero sin pintar 4. La tira de acero sin pintar 4 entra en el aparato de recubrimiento de fusión por inmersión en caliente 1 a través de una tobera 5. El interior de la tobera 5 tiene una atmósfera reductora o inerte para evitar que la tira de acero sin pintar 4 se oxide. La tira de acero sin pintar 4 se desplaza hacia abajo dentro del metal fundido 3 en la superficie de fusión 6. Esta región dentro de la tobera 5, en la que la tira de acero sin pintar 4 entra por primera vez en el metal fundido 6 es de importancia crítica para la calidad del producto recubierto final. Una vez que la tira de acero está completamente sumergida en el metal fundido 3, se pasa alrededor de un rodillo y sale del metal fundido 3. La tira emergente está recubierta con metal. Una vez que la tira recubierta sale del metal fundido 3, se utilizan diversos medios para controlar el espesor y la uniformidad del recubrimiento 8. Una vez que el recubrimiento fundido se ha enfriado y/o reaccionado con la superficie de la tira de acero, la tira de acero recubierta 4' se enrolla de nuevo (no se muestra) y las bobinas se venden a los clientes fabricantes.

[0004] Los estándares de calidad de la superficie para productos recubiertos son cada vez más rigurosos a medida que los requisitos de los clientes se vuelven más exigentes. Como resulta probablemente evidente, las condiciones bajo las cuales se deposita el metal fundido sobre la tira de acero desempeñan un gran papel en la calidad del recubrimiento y el producto final de la tira recubierta. Sin embargo, debido a las condiciones en las que se producen las operaciones de recubrimiento de fusión por inmersión en caliente, el "crisol de fusión" es básicamente una caja negra en la que se introducen la tira de acero sin pintar, el metal de recubrimiento y energía y la tira de acero recubierta es producida. Es extremadamente difícil controlar y supervisar las condiciones dentro de la "caja negra" y, como tal, cuando hay problemas referentes a la calidad, a menudo no se sabe de dónde surgen los problemas. Por ende, incluso cuando se realizan cambios en el sistema, los cambios para el producto acabado no se conocen rápidamente y requieren un análisis de calidad del producto. Si no se logran las mejoras deseadas o la calidad empeora, los operadores de la línea de recubrimiento por inmersión en caliente (HDCL, por sus siglas en inglés) han de realizar conjeturas adicionales sobre lo que está causando los errores de calidad. El alivio de los problemas de calidad es muy importante puesto que el material de tira que no es de calidad superior, en el mejor de los casos, se venderá a un precio muy desfavorable y, en el peor de los casos, se desechará suponiendo una pérdida significativa.

[0005] Como se describió anteriormente, el crisol de fusión por inmersión en caliente es básicamente una caja negra. En un intento por comprender mejor y controlar más fácilmente el funcionamiento interior de la caja negra, se han proporcionado ventanas de observación en lo que se conoce como "tobera" del aparato de recubrimiento. Estas ventanas de observación permiten el acceso visual al interior de la tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente. Desafortunadamente, el interior de la caja negra es relativamente oscuro y es muy difícil observar cualquier información útil. De este modo, se agregaron ventanas de iluminación a la tobera en la cual brillaban las fuentes de iluminación. Ahora, el interior está iluminado por una luz. Además, se montaron cámaras de

luz visible en las ventanas de observación para ver el interior de la tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente. El documento JP2000282201 describe un conjunto que comprende una tobera de crisol de fusión, una cámara de TV y una fuente luminosa.

- 5 **[0006]** Desafortunadamente, esta configuración también fue inadecuada para detectar información adecuada del interior de la tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente. El metal fundido y las superficies recubiertas de metal son altamente reflectantes y la luz de la fuente de iluminación elimina esencialmente cualquier detalle del interior de la caja negra. Las imágenes que se recibieron de la cámara eran esencialmente áreas ininteligibles de blanco y negro puro. No se pudieron observar datos útiles. Además, las ventanas de iluminación se cubrirían con polvo de metal fundido, lo que reduciría la iluminación con el tiempo. Por consiguiente, las ventanas deberían ser reemplazadas, lo que aumenta el riesgo de que el oxígeno y/o el vapor de agua entren en el interior del crisol de fusión, que es normalmente una atmósfera reductora o inerte. De manera similar, las ventanas de observación se cubrirían con el polvo y deberían limpiarse o reemplazarse.
- 10
- 15 **[0007]** Por lo tanto, existe la necesidad en la técnica de un sistema para observar de manera útil el interior de la tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente. El sistema ha de proporcionar un alto contraste visual y, preferentemente, imágenes de alta resolución.

Resumen de la invención

- 20 **[0008]** La presente invención es un aparato y un procedimiento para obtener imágenes del interior de una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente. El sistema proporciona un alto contraste visual y puede proporcionar imágenes de alta resolución, sin la necesidad de iluminación externa.
- 25 **[0009]** Un aspecto de la presente invención es un aparato para obtener imágenes del interior de la tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente de una línea de recubrimiento de acero por inmersión en caliente según la reivindicación 1.
- 30 **[0010]** El intervalo preferido de longitudes de onda infrarrojo dentro del espectro electromagnético puede ser de 0,7 a 3 micrómetros. La cámara puede incluir además una carcasa protectora, que protege la cámara del entorno térmico y físico local. La carcasa protectora puede proteger la cámara del entorno térmico local por el paso de refrigerante entre la cámara y la carcasa protectora y el aparato puede incluir además tanto un refrigerante como medios para pasar el refrigerante entre la cámara y la carcasa protectora. El refrigerante puede ser nitrógeno o aire.
- 35 **[0011]** La ventana de observación puede comprender vidrio, lo más preferentemente, un indicador para la ventana de observación de vidrio tipo Pyrex. La ventana de observación puede incluir una superficie adyacente a la cámara y una superficie que está alejada de la cámara, y el aparato puede incluir un medio para purgar los restos de las superficies de la ventana de observación. El medio para purgar los restos de la superficie adyacente puede incluir medio de soplado de nitrógeno, gas de proceso o un gas inerte en la superficie remota.
- 40 **[0012]** El monitor puede incluir además una carcasa protectora, que puede proteger la electrónica del monitor del entorno térmico y físico local. La carcasa protectora puede proteger la electrónica del monitor del entorno térmico local por el paso del refrigerante a través de la carcasa protectora del monitor, y el aparato puede incluir además tanto un refrigerante como medios para hacer pasar el refrigerante por la carcasa protectora del monitor. La carcasa protectora del monitor puede incluir además un medio para producir una cortina de aire frente de la superficie de observación del monitor para proteger la superficie de observación de los restos en el entorno local.
- 45 **[0013]** El aparato puede incluir además un dispositivo de grabación de datos para grabar datos y/o imágenes capturadas por la cámara. El dispositivo de grabación de datos puede grabar imágenes fijas y/o imágenes de vídeo en movimiento. El dispositivo de grabación de datos puede incluir uno o más dispositivos seleccionados del grupo que consiste en DVDs, CDs, discos magnéticos, cintas magnéticas o discos duros.
- 50 **[0014]** El aparato puede incluir además uno o más filtros espectrales. Los filtros pueden incluir uno o más filtros ópticos físicos. Los filtros pueden incluir uno o más filtros espectrales electrónicos. Los filtros pueden diseñarse para filtrar uno o más de: a) uno o más intervalos específicos del espectro electromagnético, y b) una o más frecuencias individuales del espectro electromagnético.
- 55 **[0015]** La cámara puede ser montada en un medio de montaje móvil que permita ajustar la posición de la cámara y/o el ángulo de visión de la cámara. El aparato de montaje móvil puede incluir un medio para mover automáticamente la cámara y también un medio de control remoto para dirigir el medio para mover automáticamente
- 60

la cámara. La cámara puede seleccionarse para que tenga una respuesta espectral apropiada a la aleación de metal fundido específica en el crisol de fusión.

5 **[0016]** El aparato puede incluir además uno o más seleccionados del grupo que consiste en líneas de gas, líneas líquida, líneas eléctricas, líneas de datos. Las líneas de datos pueden ser un cable coaxial, un cable de fibra óptica, Ethernet, par trenzado o RF inalámbrica.

10 **[0017]** Otro aspecto de la presente invención es un procedimiento de obtención de imágenes del interior de la tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente de una línea de recubrimiento de acero por inmersión en caliente según la reivindicación 17. El intervalo deseado de las longitudes de ondas en el infrarrojo dentro del espectro electromagnético puede ser preferentemente de 0,7 a 3 micrómetros.

15 **[0018]** El procedimiento incluye además la etapa que consiste en proteger la cámara del entorno térmico y físico local colocando la cámara en una carcasa protectora. La etapa que consiste en proteger la cámara del entorno térmico local puede incluir el paso de refrigerante entre la cámara y la carcasa protectora. El refrigerante puede ser nitrógeno o aire.

20 **[0019]** La ventana de observación puede comprender vidrio (preferentemente, un indicador para la ventana de observación de vidrio tipo Pyrex) y puede tener una superficie adyacente a la cámara y una superficie que está alejada de la cámara. El procedimiento puede incluir además las etapas que consisten en proporcionar un medio de purga y purga de los restos de las superficies de la ventana de observación. La etapa que consiste en purgar los restos de la superficie adyacente puede incluir soplar aire o nitrógeno en la superficie adyacente. La etapa que consiste en purgar restos de la superficie remota puede incluir soplar nitrógeno, gas de proceso o un gas inerte en la superficie remota.

25 **[0020]** El procedimiento puede incluir además la etapa que consiste en proteger la electrónica del monitor del entorno térmico y físico local colocando la electrónica del monitor en una carcasa protectora. La etapa que consiste en proteger la electrónica del monitor del entorno térmico local puede incluir además la etapa que consiste en pasar refrigerante a través de la carcasa protectora del monitor. El procedimiento puede incluir además la etapa que consiste en producir una cortina de aire frente a la superficie de visualización del monitor para proteger la superficie de visualización de los restos en el entorno local.

30 **[0021]** El procedimiento puede incluir además la etapa que consiste en grabar datos y/o imágenes capturadas por la cámara en un dispositivo de grabación de datos. La etapa que consiste en grabar datos y/o imágenes capturadas por la cámara puede incluir además la grabación de imágenes fijas y/o imágenes de video en movimiento. El dispositivo de grabación de datos puede incluir uno o más dispositivos seleccionados del grupo que consiste en DVDs, CDs, discos magnéticos, cintas magnéticas o discos duros.

40 **[0022]** El procedimiento puede incluir además la etapa que consiste en filtrar electrónica y/u ópticamente la imagen del interior del crisol de fusión. La etapa que consiste en filtrar electrónica y/u ópticamente la imagen puede incluir el filtrado de uno o más de: a) uno o más intervalos específicos del espectro electromagnético, y b) una o más frecuencias individuales del espectro electromagnético.

45 **[0023]** La etapa que consiste en proporcionar la cámara puede incluir la etapa que consiste en montar la cámara en un medio de montaje móvil que permita ajustar la posición de la cámara y/o el ángulo de visión de la cámara. El dispositivo de montaje móvil puede incluir un medio para mover automáticamente la cámara y un medio de control remoto para dirigir el medio para mover automáticamente la cámara. La etapa que consiste en proporcionar la cámara puede incluir seleccionar una cámara que tenga una respuesta espectral apropiada a la aleación de metal fundido específica en el crisol de fusión.

50 **[0024]** El procedimiento puede incluir además la etapa que consiste en proporcionar uno o más seleccionados del grupo que consiste en líneas de gas, líneas de líquido, líneas eléctricas o líneas de datos. Las líneas de datos pueden ser un cable coaxial, un cable de fibra óptica, Ethernet, un par trenzado o RF inalámbrica.

55 **Breve descripción de las figuras**

[0025]

60 La Figura 1 es un diagrama altamente simplificado de un aparato de recubrimiento de fusión por inmersión en caliente;

La Figura 2 es una imagen de longitud de onda visible de la técnica anterior del interior de una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente en la que la imagen tiene una iluminación inadecuada, que incluye áreas oscuras y áreas brillantes con reflexión especular;

5 La Figura 3 es una imagen de longitud de onda visible de la técnica anterior del interior de una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente que demuestra un contenido de información de imagen pobre debido a la saturación excesiva;

La Figura 4 es una imagen infrarroja de la presente invención del interior de una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente;

10 La Figura 5 es otra imagen infrarroja de la presente invención del interior de una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente; y

La Figura 6 representa un diagrama simplificado de una realización del presente sistema de cámara SWIR que tiene por objeto instalarse en una línea de recubrimiento por inmersión en caliente.

Descripción detallada de la invención

15 **[0026]** Los presentes inventores se propusieron proporcionar un sistema y un procedimiento útiles para proporcionar información que permitiría una producción por inmersión en caliente mejorada de los grados de acero recubierto convencional y avanzado de alta resistencia (AHSS, por sus siglas en inglés). Este sistema y procedimiento permite la formación de imágenes en video en tiempo real (imágenes fijas y en movimiento) del
20 entorno interior de una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente para que el personal de operaciones de recubrimiento pueda observar directamente las condiciones del procedimiento de la tobera y tomar las medidas necesarias para mejorar la calidad de la superficie de la tira de acero. La tobera es la ubicación en la línea de recubrimiento por inmersión en caliente en la que la tira de acero realiza el primer contacto con el metal líquido bajo una atmósfera reductora.

25 **[0027]** Los presentes inventores han analizado los problemas con los sistemas de la técnica anterior:

- 1) Imágenes deficientes e información inadecuada resultante proporcionada por los sistemas de cámara de tobera convencionales en la que la imagen está en la región visible del espectro.
- 30 2) Imágenes visibles de baja calidad debido a una iluminación visible interior inadecuada de la tobera que carece de intensidad y uniformidad suficientes.
- 3) La incapacidad para obtener imágenes de la superficie de metal líquido altamente reflectante, similar a un espejo, con luz visible debido a la reflexión especular que resulta en la saturación de píxeles y un intervalo dinámico deficiente.
- 35 4) Las ventanas de observación de la cámara de tobera son fuentes comunes de fugas de aire (es decir, oxígeno y punto de rocío) en la tobera en la que la tira de acero reducida es particularmente susceptible a la oxidación que puede ser la causa de defectos.
- 5) La acumulación de polvo y otros restos ambientales en el exterior del indicador de la ventana de observación de la cámara de tobera produce una severa degradación de la calidad de la imagen.
- 40 6) La acumulación de polvo de fusión u otros restos en el interior del cristal transparente de la vista de la tobera empleada para la iluminación visible del interior de la tobera produce una degradación severa de la imagen disponible con un sistema de cámara de tobera visible convencional, y
- 7) La acumulación de polvo de fusión u otros restos en el interior del indicador de la vista de la cámara de tobera se degrada y eventualmente bloquea la vista.

45 **[0028]** Los inventores han diseñado un procedimiento y un sistema para observar el interior de la tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente que elimina la mayoría de las desventajas del sistema de la técnica anterior, además de proporcionar información valiosa acerca del entorno interior de la tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente para el personal de operaciones de recubrimiento.

50 **[0029]** Antes del sistema de la invención, los operadores que realizaban ajustes en las condiciones del interior de la tobera o el equipo del interior de la tobera tenían que trabajar a ciegas ya que no podían ver manipulaciones en el interior de la tobera. Esto aumentó el tiempo y disminuyó la eficiencia de tales operaciones.

55 **[0030]** Un avance fue la observación de los inventores de que el metal fundido, la tira y el equipo de la línea de recubrimiento por inmersión en caliente están a una temperatura a la que emiten luz infrarroja. Por lo tanto, el interior del crisol de fusión por inmersión en caliente se autoilumina en la región del infrarrojo del espectro electromagnético. Por ende, en el sentido más amplio, la presente invención se refiere al procedimiento de uso de cámaras infrarrojas para producir imágenes de alto contraste del interior de la tobera de crisol de fusión de la línea
60 de recubrimiento por inmersión en caliente y el aparato para realizar este procedimiento. IR se encuentra en el

electromagnético arriba de la región de longitud de onda visible. El espectro de IR que generalmente es útil en esta invención se extiende de aproximadamente 0,75 a aproximadamente 15 micrómetros de longitudes de onda y no es detectado por el ojo humano. Como tal, los datos de iluminación infrarroja recibidos por la cámara IR se convierten y emiten de una manera que los humanos pueden observar, preferentemente en un monitor de video.

5

[0031] Por supuesto, la cámara infrarroja (IR) se montará de manera que se pueda observar el interior de la tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente. La cámara IR se montará de forma adyacente a una ventana en la tobera. La ventana está hecha de un material que es transparente a la luz IR. Desafortunadamente, la óptica de vidrio convencional es opaca a las regiones de longitud de onda media y larga del espectro IR (es decir, 3-8 μm y 8-15 μm , respectivamente). La formación de imágenes en estas longitudes de onda requiere costosos detectores, ópticas y ventanas de indicador de tobera hechas de materiales especiales. Por ejemplo, se requieren lentes de silicio o germanio costosas y sensibles a la temperatura en estos intervalos de longitud de onda.

10

[0032] Por lo tanto, en una realización preferida de la presente invención, la formación de imágenes IR del interior de la tobera está en el espectro infrarrojo de onda cercana y corta (en lo sucesivo denominado SWIR). El intervalo de longitud de onda para el espectro SWIR útil en la presente invención está en la región de 0,7 a 3 μm del espectro IR. En este intervalo, la radiación SWIR es transparente a las ópticas de vidrio estándar y de bajo costo, así como a las ventanas de indicador de tobera (tal como las ventanas de indicador de Pyrex), evitando así el uso de materiales caros para construir las ventanas de observación. Las imágenes de alta calidad resultantes (en las longitudes de onda SWIR) brindan al personal de operaciones de recubrimiento la capacidad de supervisar las condiciones del procedimiento de la tobera y tomar las medidas necesarias para mejorar la calidad de la superficie de la tira de acero.

15

20

[0033] Se debe tener en cuenta que, como el interior de la tobera se autoilumina en las longitudes de onda IR, no se requieren fuentes de iluminación separadas y, como tal, se requieren menos aperturas en el interior de la tobera. Es decir, la presente invención aprovecha la intensidad suficiente de la radiación emitida (en el IR) en el entorno operativo de la tobera que existe puesto que los objetos de interés están a temperaturas cercanas a la del baño de metal líquido. La radiación seleccionada proporciona imágenes de alto contraste del interior de la tobera y, por lo tanto, no se requerirán ventanas adicionales para las fuentes de iluminación. Esto, a su vez, reduce los riesgos de fugas de aire (especialmente el oxígeno y el vapor de agua que pueden oxidar la tira de acero) en el entorno de la tobera y elimina los problemas relacionados con la acumulación de polvo en las ventanas de observación de iluminación. Además, la presente invención elimina la cuestión de la técnica anterior de imágenes visibles de baja calidad debido a una iluminación visible interior de la tobera inadecuada debido a una intensidad y uniformidad insuficientes al eliminar completamente la necesidad de iluminación visible (es decir, no se requieren lámparas). Para un ejemplo de una imagen de luz visible de la técnica anterior que tiene una iluminación inadecuada, véase la Figura 2.

25

30

35

[0034] Como se mencionó anteriormente, los sistemas de luz visible de la técnica anterior también sufrieron la incapacidad de obtener imágenes de la superficie de metal líquido, altamente reflectante, similar a un espejo con luz visible debido a la reflexión especular que resulta de la saturación de píxeles y un intervalo dinámico pobre. Debido a que las imágenes de la invención sujeto en la región IR del espectro en lugar de con luz reflejada visible, esto no es un problema. Para un ejemplo de una imagen visible de la técnica anterior eliminada por la luz reflejada de la superficie del metal fundido, véase la Figura 3.

40

45

50

55

60

[0035] Si bien el problema de la acumulación de polvo en las ventanas de iluminación se ha eliminado al eliminar la necesidad de iluminación (y, por lo tanto, las ventanas de iluminación), el sistema actual aún requiere al menos una ventana de observación. La acumulación de polvo y otros restos de entorno en el exterior del indicador de la ventana de observación de la cámara de tobera podrían aún producirse y podría resultar en una degradación severa de la calidad de la imagen. Para minimizar este problema, la presente invención resuelve este problema mediante el uso de una carcasa de cámara diseñada para purgar la superficie externa de la ventana de observación de la cámara de tobera con un exceso de refrigerante de la cámara, tal como nitrógeno o aire. Debe tenerse en cuenta que el entorno exterior de la tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente es muy cálido/caliente, especialmente cuando la cámara va a ser montada. Para proteger la cámara, se coloca en una carcasa que permite que la cámara se bañe en refrigerante. El refrigerante a una temperatura más baja entra en la carcasa de la cámara, se calienta por intercambio con la cámara y la carcasa y el refrigerante a mayor temperatura sale de la carcasa. Cuando este refrigerante caliente sale de la carcasa de la cámara, se puede utilizar para facilitar la purga de polvo de la superficie exterior de la ventana de observación de la cámara al ser soplado en o enfrente de la cámara. Alternativamente, el gas para la corriente de purga de la ventana puede tomarse de la corriente de suministro de refrigerante antes de que entre en la carcasa de la cámara, siempre que quede suficiente refrigerante para proteger adecuadamente la cámara. Además, el gas para la corriente de purga de la ventana puede ser suministrado por una

entrada separada no vinculada con la carcasa de la cámara.

[0036] Por supuesto, todavía existe el problema de la acumulación de polvo de fusión u otros restos en el interior del indicador de la ventana de observación de la cámara de tobera. La presente invención reduce significativamente este problema mediante el uso de un anillo de purga ideado específicamente para inhibir la acumulación en el interior y reducir la frecuencia de mantenimiento del indicador de la ventana de la cámara de tobera. El anillo de purga funciona de manera similar a la purga en el exterior, pero utiliza nitrógeno, gas de proceso (la atmósfera gaseosa reductora de la tobera, normalmente una mezcla de hidrógeno y nitrógeno) o un gas inerte como gas de purga, ya que el aire contendría oxígeno y/o vapor de agua que oxida la tira de acero reducida, dando como resultado un producto inferior.

[0037] La salida de video del sistema de la cámara se puede grabar en cualquier medio electrónico, tal como, por ejemplo, discos ópticos (CD, DVD), cintas o discos magnéticos, discos duros o similares. La salida de video también se puede enviar a pantallas de video de alta temperatura, que se pueden colocar de forma remota o cerca del crisol para que los operadores puedan ver en tiempo real a medida que se realizan correcciones o ajustes a las condiciones del procedimiento dentro de la tobera. Los monitores pueden estar, según sea necesario, alojados en cubiertas exteriores selladas y refrigeradas (similar a la carcasa de la cámara y por el mismo motivo) y, además, pueden estar equipados con una cortina de aire para enfriar la superficie de observación del monitor y mantenerla libre de restos ambientales.

[0038] La presente invención emplea una o más cámaras IR adecuadas que se seleccionan y configuran según sea necesario (software, óptica, filtros) para imágenes de video en tiempo real dentro de la región de 0,7 a 3 μm (SWIR) del espectro electromagnético. Dependiendo de la química del metal fundido, la temperatura y las propiedades de contraste, las imágenes se pueden realizar en toda la región SWIR de 0,7 a 3 μm , una banda más pequeña de longitudes de onda dentro de la región SWIR, o en una o más longitudes de onda específicas dentro de la región SWIR. La óptica y los filtros pueden diseñarse y seleccionarse para un campo de visión óptimo (FOV, por sus siglas en inglés) y características de imagen.

[0039] La cámara/carcasa puede montarse en un sistema de entrega/montaje según lo requiera la geometría de la tobera. Los aparatos de soporte (líneas de refrigeración, cableado, electricidad y pantalla) también pueden instalarse según sea necesario. Las líneas de datos del sistema pueden configurarse con uno o más de cable coaxial, cable de fibra óptica, Ethernet, par trenzado o RF inalámbrica. Todos los equipos electrónicos y otros están alojados en recintos de protección resistentes, tales como las jaulas de Faraday o las cajas Hoffman.

[0040] La geometría de las ventanas de observación de la cámara de tobera (ángulo, longitud, diámetro del video transparente, etc.) puede optimizarse para el campo de visión. Las configuraciones comunes de la cámara de tobera incluyen el campo de visión desde el centro de la tobera hasta el borde opuesto o desde el centro de la tobera al mismo borde según sea necesario por el personal de operaciones de recubrimiento.

[0041] Las Figuras 4 y 5 son imágenes del interior de una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente típica capturada en las longitudes de onda SWIR. El sistema de la cámara se monta en un lado de la observación de la tobera a través de la superficie de fusión del metal líquido en el lado opuesto de la tobera. Algunos objetos de interés dentro del campo de visión típico del sistema de cámara de la invención incluyen (a) las paredes delantera y trasera de la tobera, (b) la pared lateral de la tobera opuesta a la cámara, (c) la tira de acero, (d) la superficie de fusión de metal líquido interior de la tobera, y (e) cualquier equipo adicional presente dentro de la tobera.

[0042] En general, la derecha y la izquierda de cada imagen están enmarcadas en negro por las caras frontal y posterior de la tobera y la pared lateral de la tobera opuesta se ve en la parte superior central de la imagen. La tira de acero se puede ver descendiendo en el centro de la imagen desde la región superior de la tobera a la superficie de fusión del metal líquido. Las lentes de la cámara se seleccionan de modo que la superficie de fusión de metal líquido ocupa una parte significativa del campo de visión. Cualquier otro equipo presente en la tobera es fácilmente observable. Por ejemplo, el objeto blanco detrás de la tira cerca de la pared lateral de la tobera en la Figura 4 es una boquilla de la bomba de la tobera.

[0043] Como se demuestra en las Figuras 2 y 3, el personal de operaciones de recubrimiento por inmersión en caliente no pudo observar, supervisar y controlar de manera efectiva las condiciones del procedimiento de la tobera cuando se utilizaba un sistema de cámara de luz visible de la técnica anterior. La presente invención proporciona imágenes de alta calidad de características críticas del procedimiento que tienen un impacto práctico en la calidad del producto. Los ejemplos de estas características críticas del procedimiento de la tobera incluyen: (a) acumulación de metal líquido solidificado u otros restos depositados en el interior de la pared de la tobera; (b)

amontonamiento de los restos a través de la atmósfera de la tobera; (c) características de la tira de acero que incluyen posición, forma y movimiento; (d) ondas estacionarias y movimiento del patrón de flujo del metal líquido; (e) acumulación y movimiento de escorias y otros restos de la superficie de fusión del metal líquido; y (f) posición y rendimiento del equipo de la tobera.

5

[0044] La Figura 6 representa un diagrama simplificado de una realización del presente sistema de cámara SWIR que tiene por objeto instalarse en una línea de recubrimiento por inmersión en caliente. La línea de recubrimiento tiene un crisol de fusión por inmersión en caliente 2 y una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente 5. La tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente 5 tiene una o más ventanas de observación 9. Las

10

ventanas de observación incluyen un indicador de ventana de observación 11 y un anillo de purga 10. Además de las ventanas de observación, el sistema incluye una o más cámaras 12 que captan imágenes en la región IR del espectro electromagnético (preferentemente en la región SWIR). Las cámaras están conectadas por las líneas de datos 13 a un sistema de supervisión 14 y/o a un sistema de grabación de datos 15.

15

[0045] Debe entenderse que la descripción expuesta en esta invención se presenta en forma de realizaciones detalladas descritas con el fin de realizar una descripción entera y completa de la presente invención, y que tales detalles no deben interpretarse como limitantes del verdadero alcance de esta invención como se establece y se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto que comprende una tobera de crisol de fusión (5) y un aparato para obtener imágenes del interior de la tobera de crisol de fusión (5) de una línea de recubrimiento de acero por inmersión en caliente, que
5 comprende:
- una cámara infrarroja (12) que detecta imágenes en un intervalo deseado de longitudes de onda infrarrojas en el espectro electromagnético;
una ventana de observación (9) transparente a al menos dicho intervalo deseado de longitudes de ondas en el
10 infrarrojo; dicha ventana de observación (9) está colocada para permitir la observación de las regiones deseadas en el interior de dicha tobera de crisol de fusión (5);
dicha cámara infrarroja (12) está colocada con relación a dicha ventana de observación (9) y a dicha tobera de crisol de fusión (5) de tal manera que la cámara (12) puede tomar imágenes de dichas regiones deseadas en el interior de dicha tobera de crisol de fusión (5) en dicho intervalo deseado de longitudes de ondas en el infrarrojo;
15 y un dispositivo de supervisión (14) sobre el cual se pueden proyectar las imágenes infrarrojas detectadas procedentes de dicha cámara (12), dichas imágenes se muestran en una forma visible en el dispositivo de supervisión.
2. El conjunto de la reivindicación 1, en el que dicho intervalo deseado de longitudes de ondas en el infrarrojo en el espectro es de 0,7 a 3 micrómetros.
20
3. El conjunto de la reivindicación 1, en el que dicha cámara (12) incluye además una carcasa protectora.
4. El conjunto de la reivindicación 1, en el que dicha ventana de observación (9) comprende un indicador
25 de ventana de observación de vidrio de tipo Pyrex.
5. El conjunto de la reivindicación 1, en el que dicha ventana de observación (9) incluye una superficie adyacente a dicha cámara (12) y una superficie que está alejada de dicha cámara (12), y dicho aparato incluye un medio (10) para purgar los restos de las superficies de dicha ventana de observación (9).
30
6. El conjunto de la reivindicación 5, en el que dicho medio para purgar los restos de dicha superficie adyacente incluye un medio de soplado de aire o nitrógeno en dicha superficie adyacente.
7. El conjunto de la reivindicación 5, en el que dicho medio (10) para purgar los restos de dicha superficie remota incluye un medio de soplado de nitrógeno, gas de proceso o un gas inerte en dicha superficie remota.
35
8. El conjunto de la reivindicación 1, en el que dicho aparato incluye además un dispositivo de grabación de datos para grabar datos y/o imágenes capturadas por dicha cámara.
- 40 9. El conjunto de la reivindicación 8, en el que el dispositivo de grabación de datos graba imágenes fijas y/o imágenes de video en movimiento.
10. El conjunto de la reivindicación 1, en el que dicho aparato incluye además uno o más filtros espectrales.
45
11. El conjunto de la reivindicación 10, en el que dicho uno o más filtros espectrales incluyen uno o más filtros ópticos físicos.
12. El conjunto de la reivindicación 10, en el que dicho uno o más filtros espectrales incluyen uno o más
50 filtros electrónicos.
13. El conjunto de la reivindicación 10, en el que dicho uno o más filtros espectrales están diseñados para filtrar uno o más de:
- 55 a) uno o más intervalos específicos del espectro electromagnético, y
b) una o más frecuencias individuales del espectro electromagnético.
14. El conjunto de la reivindicación 1, en el que dicha cámara (12) está montada en un medio de montaje móvil que permite ajustar la posición de la cámara (12) y/o el ángulo de visión de la cámara (12).
60

15. El conjunto de la reivindicación 14, en el que dicho aparato de montaje móvil incluye un medio para mover automáticamente dicha cámara (12) y un medio de control remoto para dirigir dicho medio para mover automáticamente dicha cámara (12).

5 16. El conjunto de la reivindicación 1, en el que dicha cámara (12) se selecciona para tener una respuesta espectral apropiada a la aleación de metal fundido específica en dicho crisol de fusión (2).

17. Un procedimiento de obtención de imágenes del interior de una tobera de crisol de fusión por inmersión en caliente (5) de una línea de recubrimiento de acero por inmersión en caliente que comprende las
10 etapas que consisten en:

proporcionar una cámara infrarroja (12) que detecta imágenes en un intervalo deseado de longitudes de ondas en el infrarrojo en el espectro electromagnético;

15 proporcionar una ventana de observación (9) transparente a al menos el intervalo deseado de longitudes de ondas en el infrarrojo;

colocar dicha ventana de observación (9) para permitir la observación de las regiones deseadas en el interior de la tobera de crisol de fusión (5);

20 colocar la cámara infrarroja (12) con respecto a dicha ventana de observación (9) y a la tobera de crisol de fusión (5) de manera que la cámara (12) pueda capturar las imágenes de las regiones deseadas en el interior de la tobera de crisol de fusión (5) en dicho intervalo deseado de longitudes de ondas en el infrarrojo;

proporcionar un dispositivo de supervisión (14) sobre el cual se pueden proyectar las imágenes infrarrojas capturadas procedentes de dicha cámara (9);

capturar imágenes de dichas regiones deseadas en el interior de dicha tobera de crisol de fusión (5) en el intervalo deseado de longitudes de ondas en el infrarrojo; y

25 mostrar dichas imágenes capturadas en una forma visible en dicho dispositivo de supervisión (14).

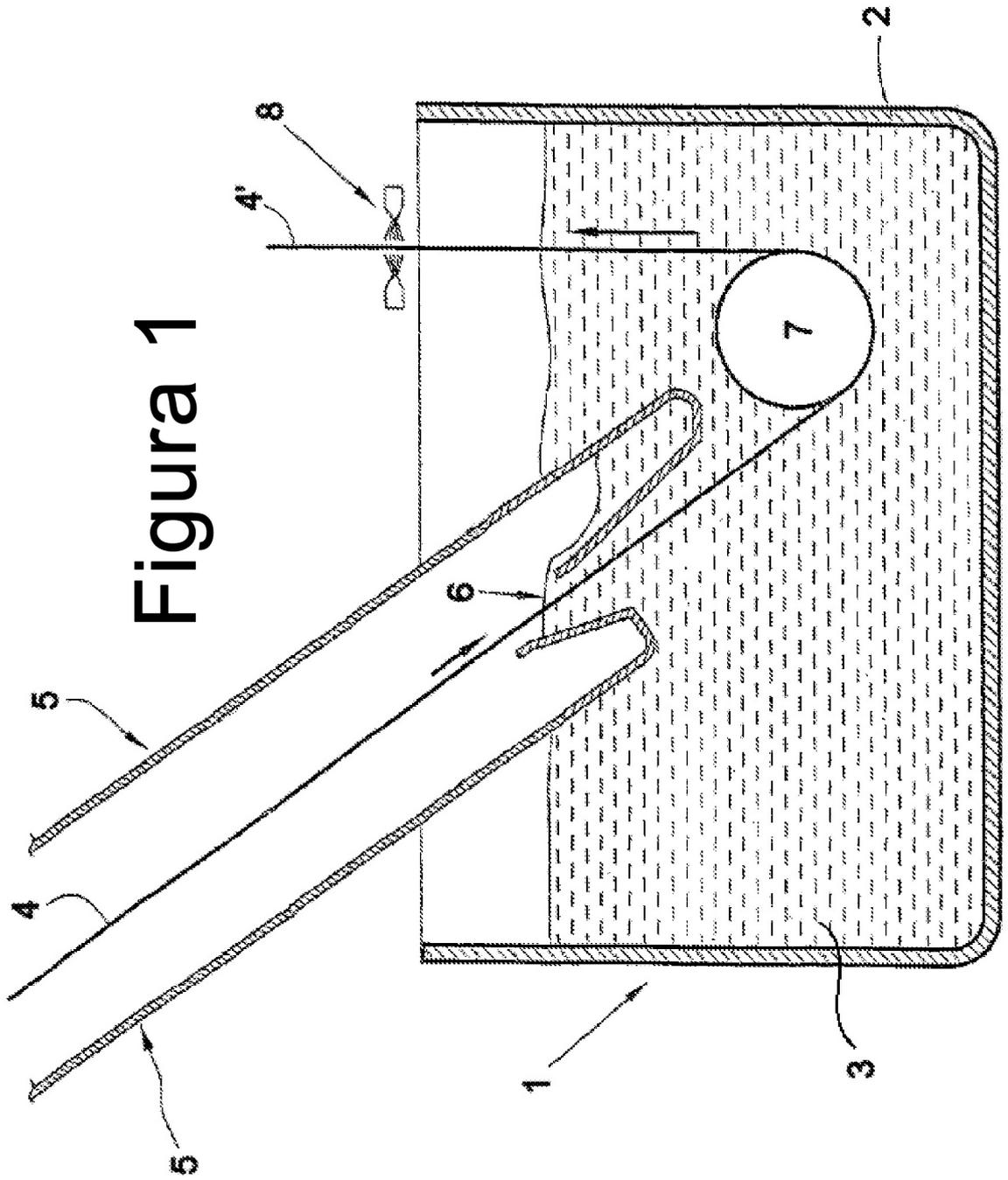


Figura 1

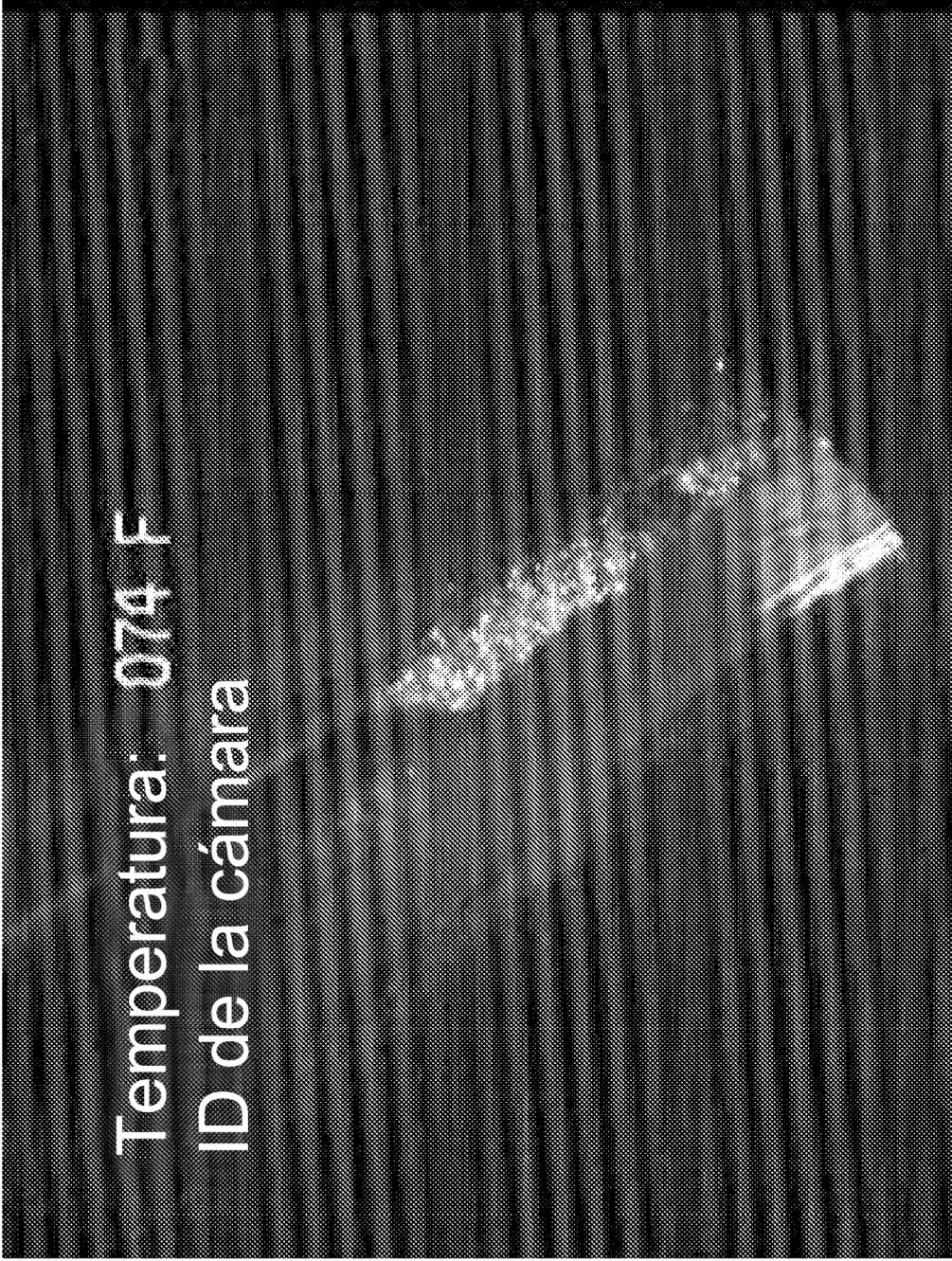


Figura 2 (Técnica Anterior)

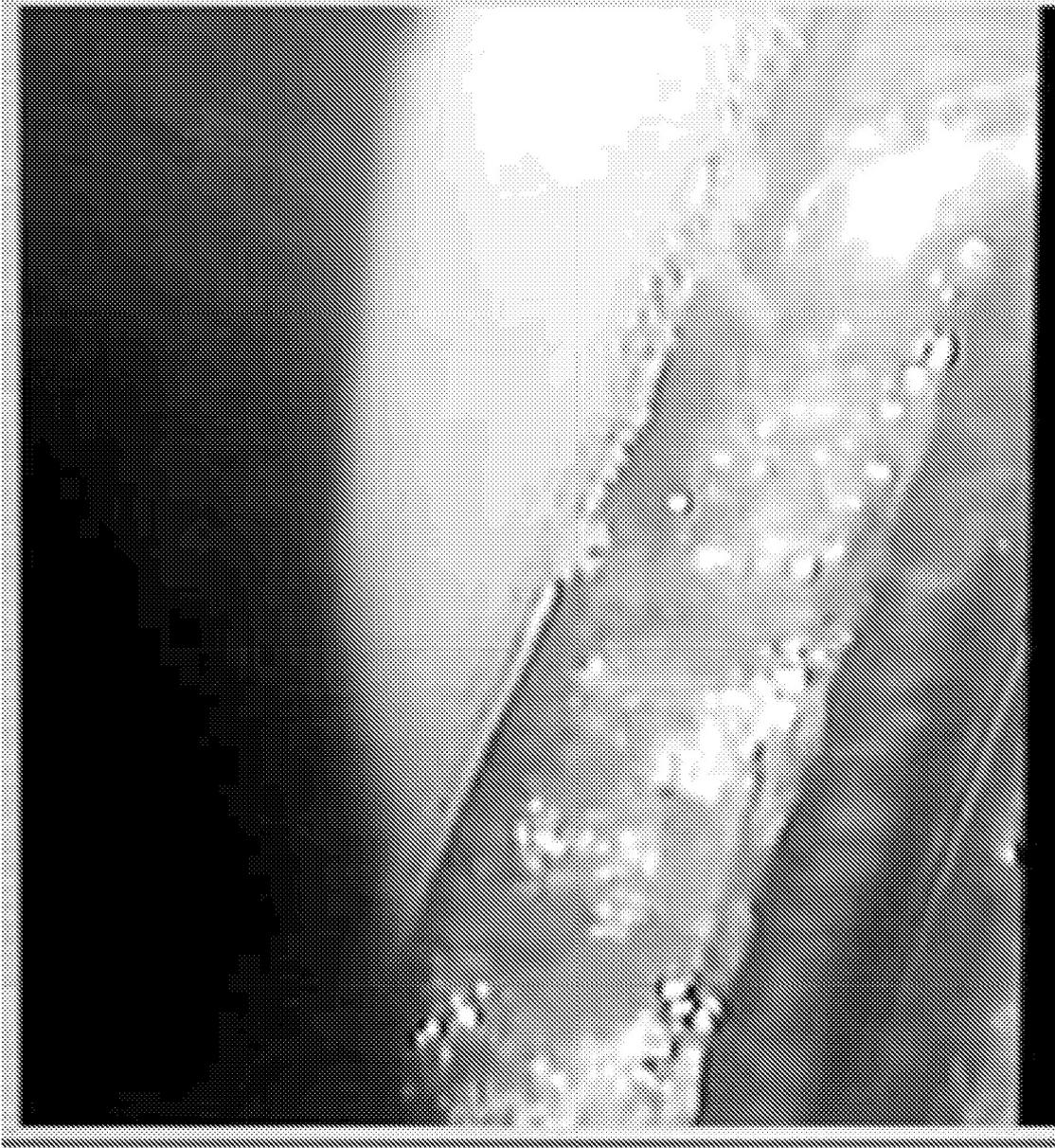


Figura 3 (Técnica anterior)

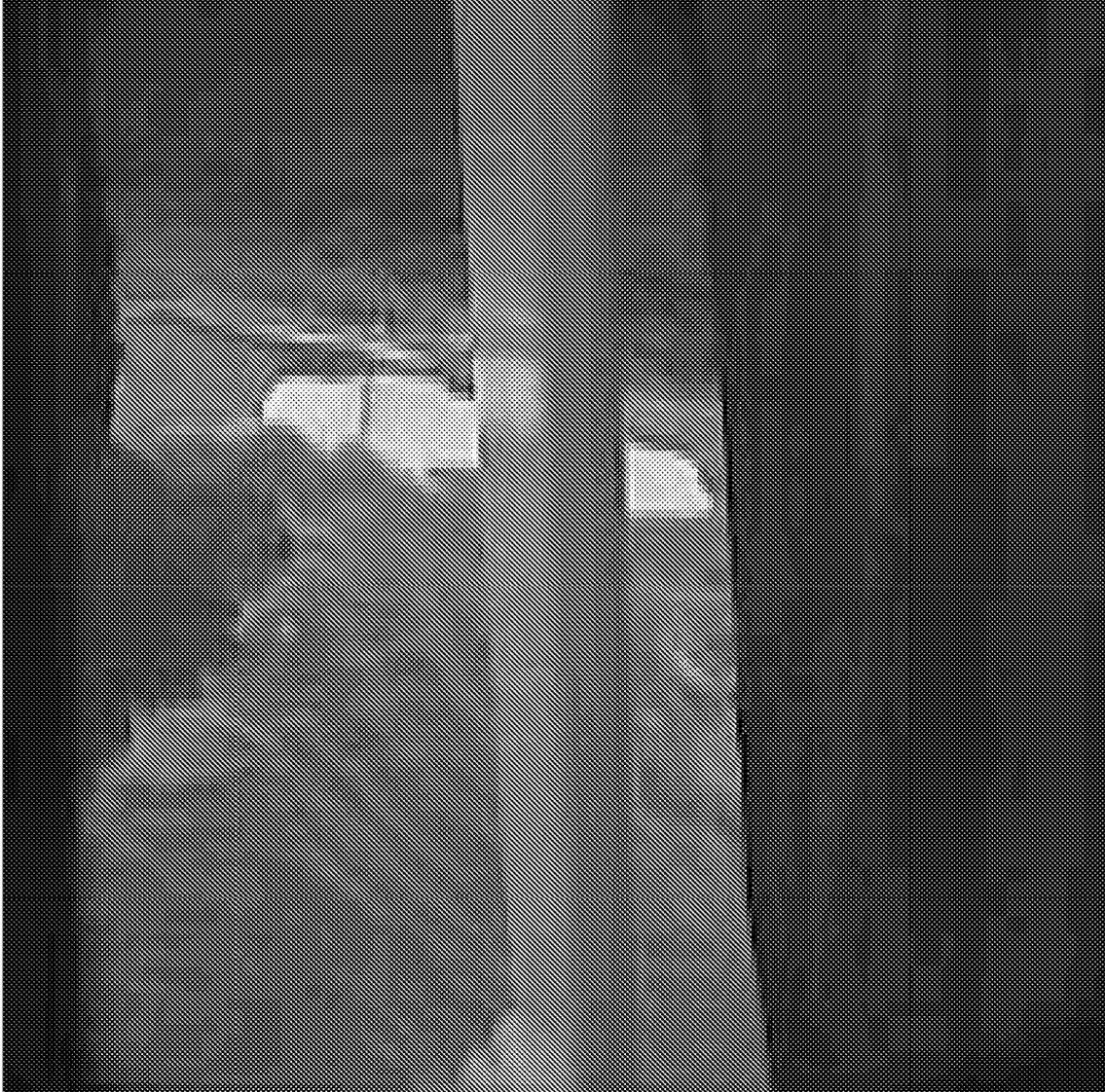


Figura 4

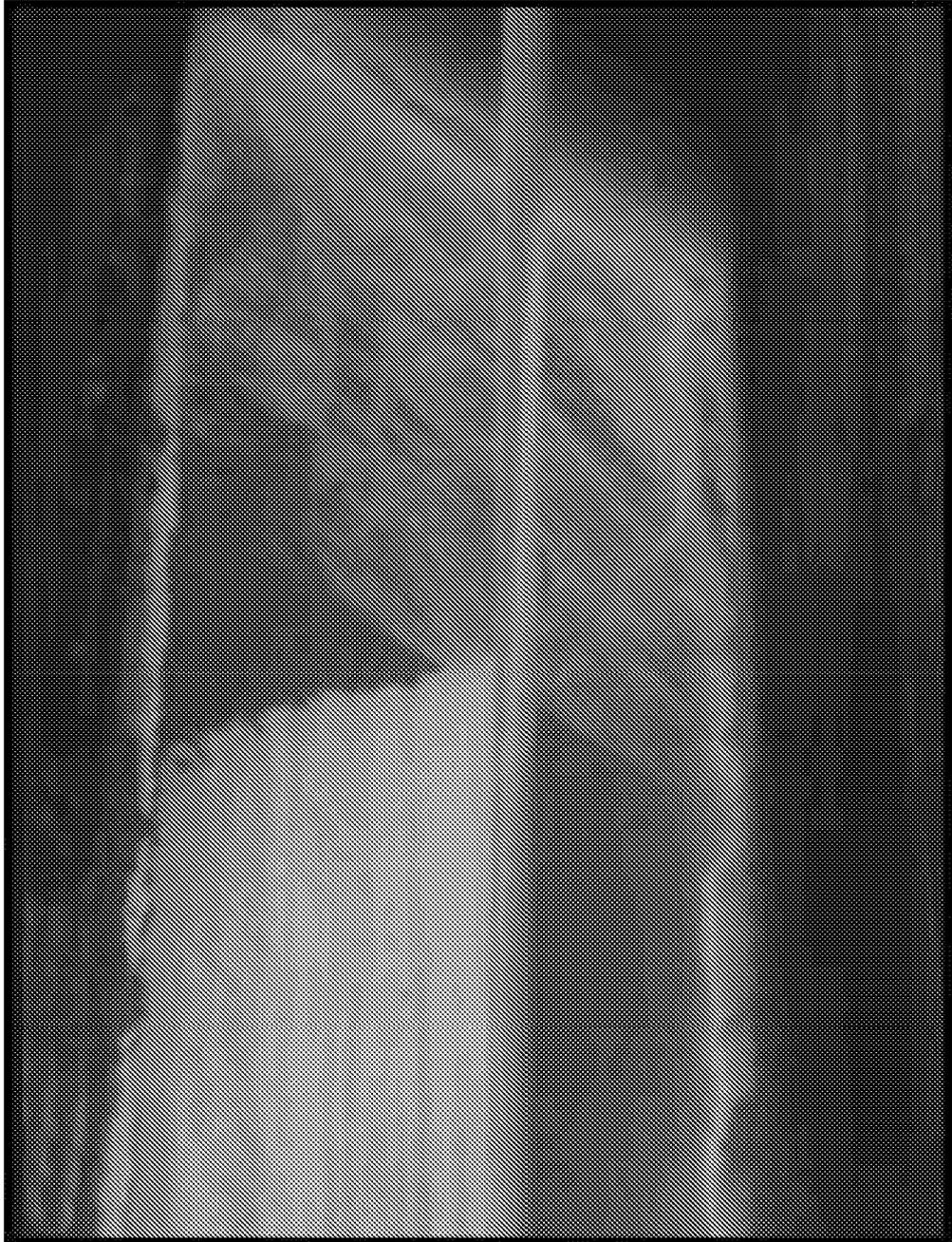


Figura 5

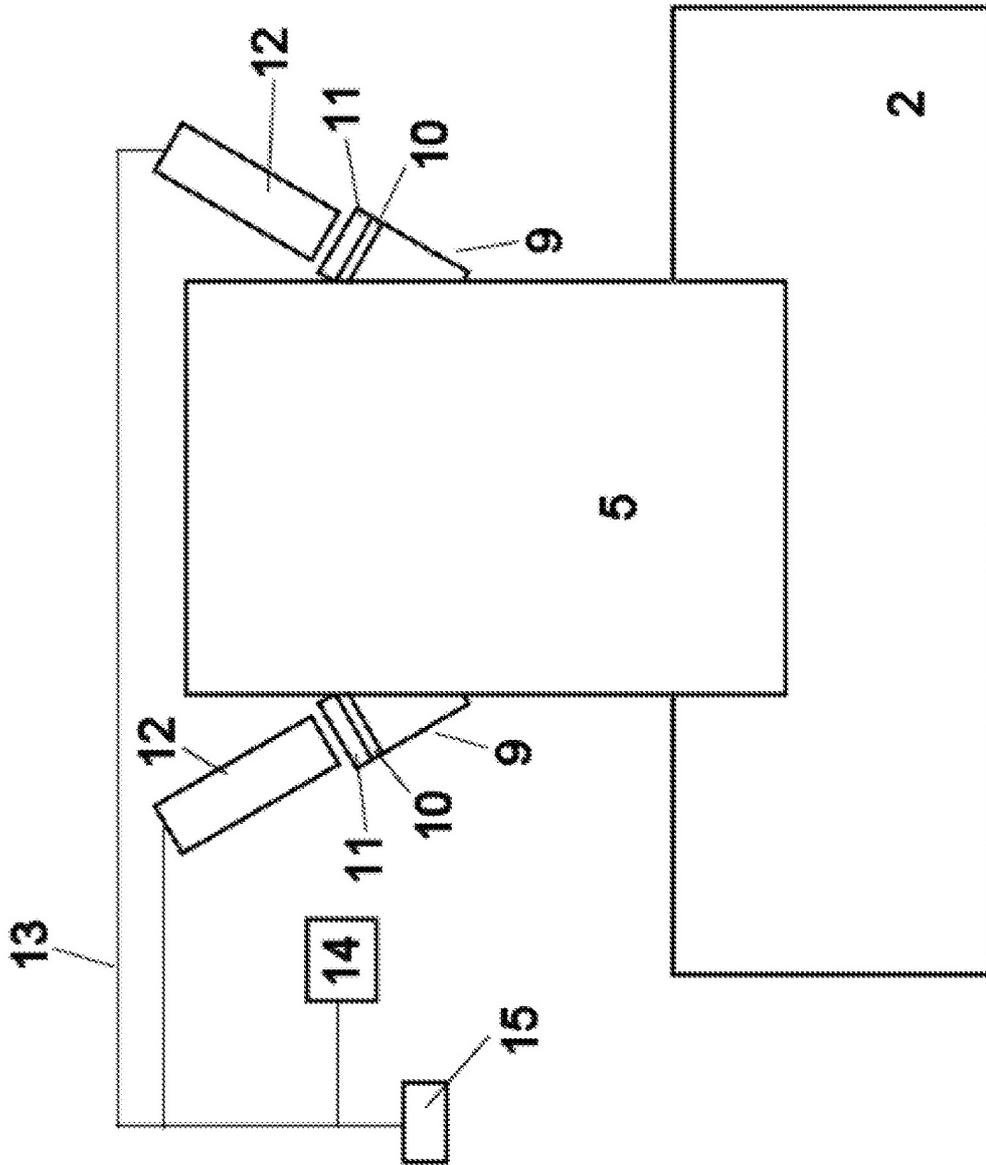


Figura 6