

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 954**

51 Int. Cl.:

<b>B05B 7/22</b>	(2006.01)
<b>B05B 15/55</b>	(2008.01)
<b>B05B 15/555</b>	(2008.01)
<b>B08B 9/00</b>	(2006.01)
<b>C23C 4/11</b>	(2006.01)
<b>C23C 4/134</b>	(2006.01)
<b>C23C 16/00</b>	(2006.01)
<b>H05H 1/42</b>	(2006.01)
<b>B05B 15/25</b>	(2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.12.2011 PCT/US2011/064919**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2012 WO12082902**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2011 E 11849545 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 2652168**

54 Título: **Sistema de alimentación de líquido a base de presión para recubrimientos por pulverización de plasma en suspensión**

30 Prioridad:

**15.12.2010 US 423428 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.11.2020**

73 Titular/es:

**SULZER METCO (US) INC. (100.0%)  
1101 Prospect Avenue  
Westbury, NY 11590, US**

72 Inventor/es:

**COTLER, ELLIOT M. y  
MOLZ, RONALD J.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 793 954 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

Sistema de alimentación de líquido a base de presión para recubrimientos por pulverización de plasma en suspensión

5 Referencia cruzada con solicitudes relacionadas

La presente solicitud es una solicitud internacional basada en la solicitud provisional de los Estados Unidos n.º 61/423,428, presentada el 15 de diciembre de 2010.

10 DECLARACIÓN EN RELACIÓN CON LA INVESTIGACIÓN O EL DESARROLLO PATROCINADO POR EL GOBIERNO FEDERAL

El trabajo resultante de la presente invención fue parcialmente financiado por fondos procedentes del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología bajo el Programa de Tecnología Avanzada número 70NANB7H7009.

15 REFERENCIA A UN APÉNDICE DE DISCO COMPACTO

No es aplicable.

20 Antecedentes de la invención

El proceso de pulverización térmica se ha utilizado ampliamente para depositar recubrimientos para aplicaciones industriales, incluyendo aeroespacial, automóvil, petróleo y petroquímica, biomédica, etc. Véase Mateyja D., *Plasma spraying of metallic and ceramic coatings*. 1989, Nueva York: John Wiley & Sons. Los recubrimientos cerámicos por pulverización térmica generalmente están hechos a partir de una materia prima en polvo. Sin embargo, las partículas ultrafinas individuales (generalmente  $<5\ \mu\text{m}$ ) no se pueden pulverizar térmicamente utilizando métodos de alimentación de polvo convencionales. Se requiere un alto caudal de gas portador para la penetración de las partículas ultrafinas dentro del chorro de plasma. Tal caudal de gas frío perturbará drásticamente el chorro de plasma. Véase Fauchais, P., et al., *Parameters controlling liquid plasma spraying: Solutions, sols, or suspensions*. *Journal of Thermal Spray Technology*, 2008 17(1): págs. 31-59. Por otra parte, estas partículas ultrafinas obstruirían las mangueras y los accesorios durante el abastecimiento desde el alimentador de polvo a la antorcha de pulverización térmica. Véase Lima, R.S. y B.R. Marple, *Thermal spray coatings engineered from nanostructured ceramic agglomerated powders for structural, thermal barrier and biomedical applications: A review*. *Journal of Thermal Spray Technology*, 2007 16(1): págs. 40-63 y Chen, Z., et al., *Air-plasma spraying colloidal solutions of nanosized ceramic powders*. *Journal of Materials Science*, 2004 39(13): págs. 4171-4178.

Recientemente, se ha desarrollado un proceso de suspensión por plasma (SPS) (*Spark Plasma Sintering* [sinterización de plasma por chispa]) para la deposición de recubrimientos nanoestructurados. Véase Chen, Z., et al., *Air-plasma spraying colloidal solutions of nanosized ceramic powders*. *Journal of Materials Science*, 2004 39(13): págs. 4171-4178, Fauchais, P., et al., *Suspension and solution plasma spraying of finely structured layers: potential application to SOFCs*. *Journal of Physics D-Applied Physics*, 2007 40(8): págs. 2394-2406, Burlacov, I., et al., *Induction plasma-sprayed photocatalytically active titania coatings and their characterisation by micro-Raman spectroscopy*. *Surface & Coatings Technology*, 2006 201(1-2): págs. 255-264, Tomaszek, R., et al., *Microstructural characterization of plasma sprayed TiO<sub>2</sub> functional coating with gradient of crystal grain size*. *Surface & Coatings Technology*, 2006 201(1-2): págs. 45-56, Toma, F.L., et al., *Nanostructured photocatalytic titania coatings formed by suspension plasma spraying*. *Journal of Thermal Spray Technology*, 2006 15(4): págs. 587-592, Berghaus, J.O., B. Marple y C. Moreau, *Suspension plasma spraying of nanostructured WC-12Co coatings*. *Journal of Thermal Spray Technology*, 2006 15(4): págs. 676-681, Fauchais, P., et al., *Understanding of suspension DC plasma spraying of finely structured coatings for SOFC*. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 2005 33(2): págs. 920-930, Wittmann-Teneze, K., et al., *Nanostructured zirconia coatings processed by PROSOL deposition*. *Surface & Coatings Technology*, 2008 202(18): págs. 4349-4354, Chen, D.Y., E.H. Jordan y M. Gell, *Microstructure of Suspension Plasma Spray and Air Plasma Spray Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> Composite Coatings*. *Journal of Thermal Spray Technology*, 2009 18(3): págs. 421-426, y Chen, D.Y., E.H. Jordan y M. Gell, *Suspension plasma sprayed composite coating using amorphous powder feedstock*. *Applied Surface Science*, 2009 255(11): págs. 5935-5938. En la SPS, las partículas ultrafinas o de tamaño nanométrico se dispersan en un medio líquido, tal como agua o etanol, para formar una suspensión y, luego, la suspensión se inyecta en la antorcha de plasma. Las gotículas de suspensión sufrirán evaporación líquida, un proceso de fusión en el chorro de plasma y la formación de los recubrimientos al impactar el sustrato. Chen, D.Y., E.H. Jordan y M. Gell, *Microstructure of Suspension Plasma Spray and Air Plasma Spray Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> Composite Coatings*. *Journal of Thermal Spray Technology*, 2009 18(3): págs. 421-426 y Chen, D.Y., E.H. Jordan y M. Gell, *Suspension plasma sprayed composite coating using amorphous powder feedstock*. *Applied Surface Science*, 2009 255(11): págs. 5935-5938, utilizó el polvo amorfo molecularmente mezclado como materia prima y preparó recubrimientos cerámicos distribuidos homogéneamente en fase utilizando el proceso de pulverización de plasma en suspensión. Waldbillig, D. y O. Kesler, *The effect of solids and dispersant loadings on the suspension viscosities and deposition rates of suspension plasma sprayed YSZ coatings*. *Surface & Coatings Technology*, 2009 203(15): págs. 2098-2101, estudió el efecto de la carga de sólidos y dispersantes sobre la tasa de deposición de los recubrimientos de YSZ pulverizados de plasma en suspensión. En el proceso de pulverización de plasma en suspensión informado, se utilizaron sistemas de

abastecimiento caseros con una bomba peristáltica para abastecer la suspensión al chorro de plasma.

Si bien la inyección de chorro líquido hacia el interior del plasma se observó y estudió bien (véase P. Fauchais y G. Montavon, *Latest Developments in Suspension and Liquid Precursor Thermal Spraying. Thermal Spray 2009: Proceedings of the ITSC, 2009, ASM International*: págs. 136-149, R. Etchart-Salas, V. Rat, J.F. Coudert y P. Fauchais, *Parameters controlling properties of coatings sprayed by suspension plasma spraying. Proceedings of the ITSC, 2008*: págs. 506-511, C. Marchand, C. Chazelas, G. Mariaux y A. Vardelle, *Liquid precursor plasma spraying: observation of liquid feedstock break-up. Proceedings of the ITSC, 2008*: págs. 512-516, y R. Vassen, H. Kassner, G. Mauer y D. Stover, *Suspension plasma spraying: Process Development and Applications. Thermal Spray 2009: Proceedings of the ITSC, 2009, ASM International*: págs. 162-167, la propensión de las suspensiones a obstruir las líneas y el orificio de inyector ganó notoriedad entre los investigadores y los profesionales por igual e hizo que el proceso de la SPS fuera poco confiable y poco práctico. Combinada con un alto coste de materia prima submicrónica y de tamaño nanométrico, cualquier pérdida significativa de material como consecuencia del despeje de la línea o al funcionamiento ininterrumpido disminuye aún más el ROI (por las siglas en inglés de *Return on Investment* [retorno de la inversión]) y las perspectivas de implementación práctica del proceso de la SPS. Para hacer una deposición de recubrimiento estable y robusta, existe una gran necesidad de desarrollar un sistema de abastecimiento de líquido disponible comercialmente para la pulverización térmica en suspensión/solución. El documento US 2004/226508 A1 divulga un aparato para el abastecimiento de pulverización térmica de una solución precursora y un método para depositar una solución precursora en un sustrato para formar un recubrimiento.

Sumario de la invención

Teniendo en cuenta la investigación de antecedentes expuesta anteriormente, se desarrolló un prototipo de un alimentador de materia prima líquida que está basado en la plataforma de alimentador de polvo SULZER METCO 5MPE®. Se depositaron recubrimientos de TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub> mediante este sistema de abastecimiento de líquido utilizando un cañón de plasma SULZER METCO 9MB®. Se investigó la composición en fase y la microestructura de los recubrimientos tal y como quedarían después de ser pulverizados. Una exposición detallada de esto se puede encontrar en el artículo titulado "*Pressure-Based Liquid Feed System for Suspension Plasma Spray Coatings*" por Elliot M. Cotler, Dianying Chen, Ronald J. Molz impreso en *Journal of Thermal Spray Technology*, volumen 20, número 4, páginas 967 - 973 en mayo de 2011).

La investigación encontró que la proximidad del inyector al penacho de plasma hace que sea necesario mantener una gestión térmica en todo momento. Cualquier obstrucción aguas arriba del inyector disminuye el flujo de suspensión a través del orificio de inyector y reduce el efecto de enfriamiento de una materia prima en las superficies internas. El aumento resultante de la temperatura hierve la fase líquida y deja una costra de sólidos aglomerados que podrían sinterizarse adicionalmente para formar un tapón prácticamente inamovible. Teniendo esto en cuenta, se realizaron intentos para mantener el inyector fresco y limpio conmutando a purga de gas cuando no se alimentaba materia prima, especialmente durante los encendidos y las paradas del cañón de plasma. Asombrosamente, si bien el purgado de gas mantuvo limpio el inyector durante la purga de gas (poco después de conmutar de nuevo a la alimentación de la suspensión), en unos pocos segundos el orificio de inyector se había obstruido de manera consistente. Las autopsias de inyectores estropeados indicaron que la purga de gas condujo a la creación de una costra seca aglomerada de sólidos sobre las superficies internas expuestas al flujo de gas. El flujo posterior de materia prima levantó las escamas de la costra de las paredes y las transportó hacia el orificio de inyector. El tamaño y la forma de estas escamas promovieron la obstrucción rápida del inyector. Para solventar el problema de la obstrucción después de la purga, el sistema de purga recientemente desarrollado incluye un purgador por neblina mediante el cual se produce la inyección de una pequeña cantidad de líquido en un gas de purga antes de su entrada en el inyector de materia prima. Esta cantidad ínfima de líquido es introducida por una bomba de pistón de accionamiento neumático hacia el interior de un dispositivo generador de neblina, donde se forman pequeñas gotículas de líquido y se mezclan con gas de purga. La mezcla producida combina las ventajas de la alta velocidad del gas de purga con la alta capacidad de enfriamiento de la neblina y con las propiedades de mojar y lavar del líquido.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un aparato para inyectar un líquido en un área de un cañón de pulverización térmica o de termo (por ejemplo, de plasma o HVOF). El aparato comprende un dispositivo de limpieza de inyector que tiene una entrada conectable a al menos una línea de suministro de materia prima, una entrada conectable a al menos una línea de suministro de gas y una entrada conectable a al menos una línea de suministro de medio líquido. Un orificio de inyector está en comunicación fluida con el dispositivo de limpieza de inyector y está adaptado para inyectar al menos un chorro de líquido hacia el interior del área (por ejemplo, una corriente caliente o plasma creado en el área) del cañón de pulverización térmica y para recibir materia prima, gas y líquido que pasan hacia el interior de dichas entradas.

En las realizaciones, la al menos una línea de suministro de materia prima, la al menos una línea de suministro de gas y la al menos una línea de suministro de medio líquido están ubicadas aguas arriba del orificio de inyector.

En las realizaciones, el aparato comprende además una disposición de bastidor adaptada para acoplar el dispositivo de limpieza de inyector a una porción del cañón de pulverización de plasma.

- En las realizaciones, el dispositivo de limpieza de inyector comprende una sección de bloque de purga y una sección de cámara de nebulización.
- 5 En las realizaciones, el dispositivo de limpieza de inyector comprende una sección de cámara de nebulización y la entrada conectable a al menos una línea de suministro de gas y la entrada conectable a al menos una línea de suministro de medio líquido están dispuestas al menos una en la sección de cámara de nebulización y acopladas a la sección de cámara de nebulización.
- 10 En las realizaciones, el dispositivo de limpieza de inyector comprende una sección de bloque de purga y la entrada conectable a al menos una línea de suministro de materia prima está dispuesta al menos en la sección de bloque de purga y acoplada a la sección de bloque de purga.
- 15 En las realizaciones, el aparato comprende además una disposición de bastidor adaptada para acoplar el dispositivo de limpieza de inyector a un extremo de descarga del cañón de pulverización de plasma.
- 20 En las realizaciones, la disposición de bastidor comprende un bastidor de cañón asegurable al cañón de pulverización de plasma.
- 25 En las realizaciones, la disposición de bastidor comprende al menos uno de un bastidor de cañón asegurable al cañón de pulverización de plasma un bloque de bastidor y una placa de soporte adaptada para conectar el bloque de bastidor al dispositivo de limpieza de inyector.
- 30 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un aparato de limpieza de inyector para un cañón de pulverización de plasma. El aparato comprende al menos una línea de suministro de materia prima, al menos una línea de suministro de gas y al menos una línea de suministro de medio líquido. La al menos una línea de suministro de materia prima, la al menos una línea de suministro de gas y la al menos una línea de suministro de medio líquido están ubicadas aguas arriba de un orificio de inyector ubicado en un área del cañón de pulverización de plasma.
- 35 En las realizaciones, al menos una de la línea de suministro de materia prima, la línea de suministro de gas y la línea de suministro de medio líquido están conectadas de manera extraíble a un conjunto de inyector.
- 40 En las realizaciones, la al menos una línea de suministro de medio líquido está conectada a un suministro de medio líquido que contiene un medio líquido.
- 45 En las realizaciones, el medio líquido es un agente de enjuague.
- 50 En las realizaciones, el medio líquido es un líquido estructurado y dispuesto para limpiar un inyector para inyectar materia prima.
- 55 En las realizaciones, la línea de suministro de materia prima está conectada a una tolva que contiene una materia prima.
- 60 En las realizaciones, la materia prima es al menos una de una suspensión, un precursor y una solución.
- 65 En las realizaciones, el aparato comprende además un nebulizador que nebuliza un medio líquido antes de la entrada del medio líquido hacia el interior de un inyector para inyectar materia prima.
- En las realizaciones, el aparato comprende además una disposición de purgado que tiene dos modos conmutables de la siguiente manera; un primer modo en donde la alimentación de líquido se alimenta al orificio de inyector y un segundo modo en donde el medio líquido se alimenta al orificio de inyector.
- En las realizaciones, el aparato comprende además un dispositivo de limpieza de inyector adaptado para combinar un medio líquido y un gas de purga aguas arriba del orificio de inyector.
- En las realizaciones, el aparato comprende además un controlador adaptado para controlar el flujo de al menos uno de una materia prima, un gas, un medio líquido y un fluido de purgado.
- En las realizaciones, se proporciona un sistema para inyectar un chorro de líquido hacia el interior de un plasma de un cañón de pulverización de plasma, que comprende un cañón de pulverización de plasma y un aparato de limpieza de inyector de cualquiera de los tipos descritos anteriormente.
- En las realizaciones, se proporciona un método para inyectar un chorro de líquido hacia el interior del plasma de un cañón de pulverización de plasma que comprende disponer el aparato de limpieza de inyector de cualquiera de los

tipos descritos anteriormente en un cañón de pulverización de plasma y descargar un líquido a través del orificio de inyector.

5 En las realizaciones, se proporciona un método para inyectar un chorro de líquido hacia el interior del plasma de un cañón de pulverización de plasma que comprende disponer el aparato de limpieza de inyector de cualquiera de los tipos descritos anteriormente en un cañón de pulverización de plasma e inyectar, a través del orificio de inyector, un chorro de líquido hacia el interior de un plasma creado en el área del cañón de pulverización de plasma.

10 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método para utilizar el aparato o el sistema de uno cualquiera de los tipos descritos anteriormente. El método comprende al menos uno de; activar un flujo de fluido de limpieza líquido en un dispersante de gas después de detener un flujo de materia prima líquida, producir automáticamente un flujo de un fluido de limpieza líquido atomizado después de parar un flujo de materia prima líquida, y activar un flujo de fluido de limpieza líquido en un dispersante de gas cada vez que se detiene o se para un flujo de materia prima líquida. La activación o la producción impiden sustancialmente la acumulación de material de obstrucción o la formación de costras sobre al menos una superficie de flujo dispuesta aguas arriba del orificio de inyector.

15 En las realizaciones, preferentemente se utiliza la menor cantidad de líquido posible para purgar o limpiar el sistema. Las opciones de gas incluyen al menos una de argón, nitrógeno, helio, metano y otros gases adecuados. Las opciones de medio líquido incluyen agua, alcoholes, glicol, glicerina, líquidos orgánicos (por ejemplo, queroseno) y otros disolventes de limpieza. Los ejemplos de una cantidad de medio líquido por impulso de purga incluyen: mínimo aproximadamente 0,001 cc a ilimitado (lo que da como resultado un flujo casi continuo o continuo), preferentemente aproximadamente 0,01 a aproximadamente 1 cc de líquido. Utilizar una cantidad mínima de líquido es preferentemente para lograr al menos el punto de rocío del gas que se utiliza. Es preferente la neblina en vez del líquido porque el líquido pasa demasiado lento a través del orificio y la neblina puede estar bajo una presión mayor. Se puede utilizar nebulización u otras maneras similares a la nebulización. Los impulsos de purga pueden variar de aproximadamente 1 a aproximadamente 400 por minuto, preferentemente de aproximadamente 20 a aproximadamente 100 impulsos por minuto. Se puede utilizar un atomizador de gas en lugar de nebulización y es otra manera de limpiar el inyector. En una realización preferente, es preferente el uso de menos líquido con una frecuencia de impulsos mayor.

20 Se pueden determinar otras realizaciones y ventajas a modo de ejemplo de la presente invención revisando la presente divulgación y los dibujos adjuntos.

30 Breve descripción de los dibujos

35 La presente invención se describe adicionalmente en la descripción detallada que sigue, en referencia a los dibujos indicados a modo de un ejemplo de una realización de la presente invención, y en donde:

40 la figura 1 muestra un esquema de un prototipo experimental de un sistema de alimentación de líquido presurizado de acuerdo con la invención;  
 la figura 2 muestra una fotografía del prototipo experimental ilustrado esquemáticamente en la figura 1;  
 la figura 3 muestra un gráfico que describe un caudal de abastecimiento de alimentación líquida para agua desionizada a temperatura ambiente. La curva superior se refiere al orificio de inyector de 0,3 mm (0,012") de D.I., mientras que la curva inferior se refiere al orificio de inyector de 0,2 mm (0,008") de D.I.;

45 la figura 4 muestra una fotografía del chorro de suspensión en ralentí montado en un cañón de pulverización de plasma 9MB de acuerdo con la invención;  
 la figura 5 muestra una vista en perspectiva de un aparato de limpieza de materia prima del inyector que se puede utilizar con el sistema de alimentación de líquido presurizado de la figura 1 y de acuerdo con la invención;  
 la figura 6 muestra una vista frontal de la figura 5;

50 la figura 7 muestra una vista en perspectiva del dispositivo de limpieza de inyector utilizado en el aparato de la figura 5;  
 la figura 8 muestra una vista frontal del dispositivo de limpieza de inyector de la figura 7;  
 la figura 9 muestra una vista lateral en sección transversal de la sección A-A de la figura 8;

55 la figura 10 muestra un método para utilizar el aparato de la invención de acuerdo con un modo de funcionamiento a modo de ejemplo; y  
 la figura 11 muestra un método para utilizar el aparato de la invención de acuerdo con otro modo de funcionamiento a modo de ejemplo.

60 Descripción detallada de la invención

Los detalles que se muestran en el presente documento son a modo de ejemplo y para fines de exposición ilustrativa de las realizaciones de la presente invención únicamente y se presentan en aras de proporcionar lo que se cree que es la descripción más útil y fácil de entender de los principios y de los aspectos conceptuales de la presente invención. A este respecto, no se intenta mostrar detalles estructurales de la presente invención con más detalle del necesario para la comprensión fundamental de la presente invención, haciendo la descripción, junto con los dibujos, que sea evidente para los expertos en la materia cómo pueden realizarse en la práctica las distintas formas de la presente

invención.

Se desarrolló y probó con éxito un prototipo de prueba de concepto de un alimentador de líquido. Este demostró que es posible un funcionamiento continuo y estable de un alimentador de materia prima a base de líquido. Se desarrolló un enfoque novedoso para la limpieza de inyector semiautomatizada y mostró robustez en un nivel necesario para aplicaciones industriales de pulverización térmica.

El prototipo de sistema de alimentación se utilizó para producir recubrimientos con salpicaduras ultrafinas a partir de suspensiones líquidas de materia prima de alúmina, Titania e YSZ. El análisis de la estructura y la composición del recubrimiento resultante mostraron resultados favorables con la posibilidad de una mayor optimización para aplicaciones específicas.

La figura 1 muestra un esquema principal del prototipo del sistema o disposición desarrollado de acuerdo con una realización no limitante de la invención. En el sistema, una materia prima está contenida en un depósito de materia prima presurizada que está montado fuera de una celda de carga conectada a un analizador diferencial de medidor de caudal de alimentación de polvo (PFRM, por las siglas en inglés de *Powder Feed Rate Meter*). Esta muestra una pérdida de peso real del depósito de materia prima en g/min o lb/h, según lo que seleccione el operario.

Una cubierta superior del depósito tiene un motor de agitador de accionamiento neumático incorporado que mantiene la suspensión de materia prima ligeramente agitada para impedir la sedimentación y para mantener la uniformidad de la concentración de sólidos en todo momento. El agitador funciona con aire comprimido tomado desde una línea de suministro de aire del taller. Esta se enciende o se apaga por medio del solenoide de control de agitador y permite un ajuste de velocidad. Para facilitar esta operación, el sistema se sirve de un regulador de presión del panel frontal. Una lectura del manómetro sirve como un indicador indirecto de la velocidad del agitador.

Se utiliza una única fuente de gas (argón o nitrógeno) tanto para la purga del inyector como para las funciones de alimentación de materia prima. Cuando el solenoide de control de alimentación está encendido, un regulador de presión ajusta el nivel de presión deseado aplicado al depósito. La materia prima presurizada carga la línea de materia prima 18 y sale a través del inyector 30 hacia el interior del penacho de plasma. Para detener la alimentación, un solenoide de control de alimentación se apaga y un solenoide de control de purga y un solenoide de escape se encienden, permitiendo que una línea de gas de purga 16 se presurice y que el depósito de materia prima y la línea de materia prima 18 se despresuricen. Un temporizador de retardo sobre apertura mantiene los solenoides de purga y de escape encendidos para permitir que el depósito se despresurice por completo. De manera simultánea, un temporizador de reciclaje enciende y apaga un solenoide de control por impulsos que suministra impulsos de presión a una bomba de inyección de líquido. La cantidad de líquido abastecido con cada carrera se puede ajustar de aproximadamente 0 a aproximadamente 0,1 cc mediante el tornillo de ajuste que limita el recorrido del pistón de la bomba. Un líquido de lavado desde el depósito de bomba carga la línea de líquido de lavado 20 y entra en el generador de neblina donde se mezcla con el gas de purga y lava los pasos internos del inyector de materia prima. Una válvula de retención en la línea de materia prima 18 impide que la mezcla de purga entre y diluya la materia prima.

El sistema completo creado y utilizado se muestra en la figura 2. Todas las pruebas se han realizado con un depósito de materia prima de 2 litros de capacidad y una línea de materia prima de 7,62 m (25 pies) de largo de 1,6 mm (0,062") de D.I. (diámetro interior). el caudal de abastecimiento real depende en gran medida de la viscosidad de la materia prima y del tamaño del inyector y del perfil interno. La figura 3 muestra una comparación de referencia entre los caudales de agua desionizada a través de inyectores con orificios de 0,2 mm (0,008") y 0,3 mm (0,012"). Un chorro de suspensión desde un inyector 30 montado fuera de la boca de cañón de plasma 9MB se muestra en la figura 4.

#### Pruebas de rendimiento del sistema

El prototipo experimental del sistema de alimentación de líquido de las figuras 1 y 2 ha demostrado un rendimiento bastante robusto para todas las suspensiones probadas. Un sistema de purga novedoso mantuvo limpio el inyector e incluso permitió que la línea de alimentación se mantuviese completamente cargada y esperando durante entre 1 y 1,5 horas sin desmontar el inyector durante breves descansos de trabajo. Para los descansos nocturnos, se sacó todo el bastidor del inyector del cañón y se ubicó en un recipiente lleno de agua. Al día siguiente, estaba listo para funcionar justo después de volver a montarlo en la boca de cañón de plasma. Los períodos más largos de almacenamiento o los cambios entre la materia prima requieren una limpieza completa del depósito, de las líneas y del bastidor de inyector de materia prima.

#### Aparato de limpieza de materia prima del inyector

Un aparato de limpieza de materia prima del inyector que se puede utilizar con el sistema no limitante de la figura 1 se muestra en las figuras 5-9. El aparato 1 se utiliza para inyectar un líquido en un área de un cañón de pulverización de plasma 100 (véase la figura 1). Como se muestra en la figura 5, el aparato 1 tiene tres componentes principales. Un primer componente es un dispositivo de limpieza de inyector 10 que incluye una entrada (véase la figura 9) conectable a un conector 19 de al menos una línea de suministro de materia prima 18, una entrada conectable a un conector 17 de al menos una línea de suministro de gas 16, y una entrada conectable a un conector 21 de al menos una línea 20

de suministro de medio líquido. También incluye una sección de cámara de nebulización 12 a la que están conectadas las líneas 16 y 20 y una sección de bloque de purga 11 a la que está conectada la línea 18. Un paso interno 22 (véase la figura 9) forma una trayectoria de conexión de fluido entre un espacio interno acoplado a las líneas 16 y 20 y a un paso de salida en la sección de bloque de purga 11 que conduce a un inyector 30. Las líneas 16 y 20 alimentan gas y líquido hacia el interior de una cámara de atomización 23. Una vez que el líquido desde la línea 20 se dispersa en el gas desde la línea 16, este puede pasar por una válvula de retención 24 y luego viajar a través del paso 22. La válvula de retención 24 es una válvula de una sola dirección que impide flujos de retorno y que, específicamente, impide que cualquier materia prima pase hacia el interior de la cámara 23 cuando la materia prima se está siendo alimentada hacia el exterior del inyector 30. La línea 18 alimenta la materia prima a una cámara que contiene otra válvula de retención 25 que luego viaja a través del paso que contiene un filtro 26, por ejemplo, un filtro de cribado final que puede atrapar partículas o contaminación que pueden obstruir el inyector 30. La válvula de retención 25 es una válvula de una sola dirección que impide flujos de retorno y que, específicamente, impide que cualquier fluido que pase a través del paso 22 pase hacia el interior de la línea de alimentación 18 cuando el fluido de limpieza dispersado está siendo alimentado hacia el exterior del inyector 30.

El inyector 30 forma un segundo componente principal del aparato 1. Un conector de tubo acodado 13 tiene unos conectores 14 y 15 que conectan el puerto de salida del bloque de purga 11 a una entrada 31 del inyector 30. De esta manera, la materia prima y/o el fluido que pasa hacia el exterior del bloque de purga 11 puede pasar a través de un cuerpo de inyector 32 y hacia el exterior de un orificio de inyector 33.

Un tercer componente del aparato 1 es una disposición de bastidor 40. La disposición de bastidor 40 acopla el dispositivo de limpieza de inyector 10 y el inyector 30 a una porción o extremo de descarga del cañón de pulverización de plasma 100 (véanse las figuras 1 y 2). La disposición de bastidor 40 incluye un bastidor de cañón 41 cuya abertura 48 se desliza sobre una porción del cañón de pulverización de plasma 100 y que es asegurable o que se puede sujetar de manera extraíble al cañón de pulverización de plasma 100. Se puede utilizar un fijador 47 para ajustar la fuerza de sujeción y para permitir la extracción del bastidor de cañón 41. El bastidor de cañón 41 está acoplado a un bloque de bastidor 42 en el que también está montado el cuerpo de inyector 32 de una manera que mantiene una distancia deseada o predeterminada entre la salida u orificio de inyector 33 y el bloque 41. Una placa de soporte 43 conecta el bloque de bastidor 42 al dispositivo de limpieza de inyector 10 y, más específicamente, al bloque de purga 11 del dispositivo 10. Los fijadores 46 conectan la placa 43 al bloque de bastidor 42. Un dispositivo de ajuste en forma de una tuerca de fijación 45 conecta de manera ajustable la placa 43 al bloque de purga 11 al tiempo que una ranura 44 proporciona una capacidad de ajuste de deslizamiento.

Los modos de funcionamiento del aparato 1 se expondrán a continuación con referencia a las figuras 1 y 5-9 y como se ejemplifica en los modos que se muestran en las figuras 10 y 11. En la figura 10, el aparato se puede utilizar de acuerdo con un método de limpieza y enfriamiento del inyector durante la parada intermitente de la materia prima líquida mientras el cañón está en funcionamiento, es decir, la materia prima líquida que pasa a través del inyector 30 y que llega a través del conducto 18 se detiene y se reinicia sin detener un cañón de pulverización térmica. De manera adicional o alternativa, en los casos en que el cañón de pulverización térmica tenga que detenerse y para impedir el sobrecalentamiento del inyector, se puede utilizar el modo que se describe en la figura 11. Debería tenerse en cuenta, sin embargo, el problema de poner en marcha el flujo de materia prima líquida mientras el inyector está caliente porque puede provocar la precipitación y la obstrucción de la misma.

Más específicamente, en el modo de la figura 10, la materia prima líquida que pasa hacia el exterior del inyector 30 y que atraviesa el dispositivo de limpieza 10 después de llegar a través de la línea 18 se detiene en la etapa 100. Entonces, el gas y el líquido de limpieza atraviesan el dispositivo 10 y hacia el exterior del inyector 30 después de llegar a través de las líneas 16 y 20 en la etapa 200. Esto puede suceder durante un periodo de tiempo predeterminado a través de un temporizador o mediante el ingreso por parte de un operario. El dispositivo 10 garantiza que el gas y el líquido produzcan en este una neblina de purgado que pasa hacia el interior y hacia el exterior del inyector 30 y lo mantiene limpio y fresco. A continuación, la neblina de purgado se detiene en la etapa 300 y el dispositivo 10 reanuda la alimentación de materia prima líquida hacia el interior y hacia el exterior del inyector 30 en la etapa 400.

En el modo de la figura 11, la materia prima líquida que pasa hacia el exterior del inyector 30 y que atraviesa el dispositivo de limpieza 10 después de llegar a través de la línea 18 se detiene de manera similar en la etapa 1000. Entonces, el gas y el líquido de limpieza atraviesan el dispositivo 10 y hacia el exterior del inyector 30 después de llegar a través de las líneas 16 y 20 en la etapa 2000. El cañón de pulverización térmica 100 se puede parar entonces en la etapa 3000. Después de pararse, la neblina de purgado se detiene en la etapa 4000. Esto puede suceder durante un periodo de tiempo predeterminado a través del temporizador. El dispositivo 10 puede entonces reanudar la alimentación de materia prima líquida hacia el interior y hacia el exterior del inyector 30 en un momento o fecha posterior.

En una realización a modo de ejemplo, el caudal de fluido que pasa hacia el exterior del orificio del inyector 30 es aproximadamente 25,68 Nm<sup>3</sup>/hora (16 pies cúbicos estándar por hora) utilizando un orificio de 0,3 mm (0,012 pulgadas) a 0,827 MPa (120 psi). En otra realización a modo de ejemplo, el caudal de fluido que pasa hacia el exterior del orificio del inyector 30 es aproximadamente 11,56 Nm<sup>3</sup>/hora (7,2 pies cúbicos estándar por hora) utilizando un orificio de 0,2 mm (0,008 pulgadas) a 0,827 MPa (120 psi). En otra realización a modo de ejemplo más, el caudal

de fluido que pasa hacia el exterior del orificio del inyector 30 es aproximadamente 2,89 Nm<sup>3</sup>/hora (1,8 pies cúbicos estándar por hora) utilizando un orificio de 0,1 mm (0,004 pulgadas) a 0,827 MPa (120 psi). En las realizaciones, se puede utilizar cualquier bomba de líquido para alimentar el fluido de lavado a la boca de nebulización, siempre que funcione en el entorno de recubrimiento.

5 Se observa que los ejemplos anteriores se han proporcionado simplemente con el propósito de explicación y de ninguna manera deben interpretarse como limitantes de la presente invención. Si bien la presente invención se ha descrito con referencia a una realización a modo de ejemplo, se entiende que las palabras que se han utilizado en el presente documento son palabras de descripción e ilustración, en lugar de palabras de limitación. Se pueden realizar  
10 cambios, dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas, como se indica en el presente documento, y modificarse, sin alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Si bien la presente invención se ha descrito en el presente documento con referencia a medios, materiales y realizaciones concretos, la presente invención no pretende estar limitada a los detalles que se divulgan en el presente documento; en su lugar, la presente invención se extiende a  
15 todas las estructuras, métodos y usos funcionalmente equivalentes, tal como que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.



**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para inyectar un líquido en un área de un cañón de pulverización térmica (100), comprendiendo el aparato:
- 5 un dispositivo de limpieza de inyector (10) que comprende:
- una entrada conectable a al menos una línea de suministro de materia prima (18);  
 una entrada conectable a al menos una línea de suministro de gas (16);  
 10 una entrada conectable a al menos una línea de suministro de medio líquido (20);  
 un paso de suministro de materia prima; y  
 una cámara de atomización (23) que recibe gas a través de la al menos una línea de suministro de gas (16) y líquido de limpieza a través de la al menos una línea de suministro de medio líquido (20) con el fin de producir una neblina de purgado que pueda alimentarse al paso de suministro de materia prima;
- 15 un orificio de inyector (33) en comunicación fluida con la cámara de atomización del dispositivo de limpieza de inyector (10) y que está adaptado para al menos uno de:
- 20 inyectar un chorro de líquido hacia el interior del área del cañón de pulverización térmica (100); y  
 recibir materia prima, gas y líquido que pasan hacia el interior de dichas entradas.
2. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la cámara de atomización (23) está acoplada a través de un paso (22) al paso de suministro de materia prima dispuesto aguas arriba del orificio de inyector (33).
- 25 3. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende, además, una disposición de bastidor (40) adaptada para acoplar el dispositivo de limpieza de inyector (10) a una porción del cañón de pulverización térmica (100).
- 30 4. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el dispositivo de limpieza de inyector (10) comprende al menos una de:
- una sección de bloque de purga (11) y una sección de cámara de nebulización (12);  
 una sección de bloque de nebulización que comprende la cámara de atomización dispuesta aguas arriba de una válvula de retención (24);  
 35 una sección de bloque de purga (11) que comprende una válvula de retención (25) y un filtro (26) para impedir que los contaminantes atrapados en el líquido o en el gas pasen hacia el exterior del orificio de inyector (33); y  
 una sección de bloque de purga (11) que comprende un paso (22) en comunicación fluida con una válvula de retención (24) dispuesta aguas abajo de las entradas del medio líquido y las líneas de suministro de gas y en comunicación fluida con otro paso dispuesto aguas abajo de la línea de suministro de materia prima (18)
- 40 5. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 3, comprendiendo la disposición de bastidor (40) al menos uno de:
- un bastidor de cañón (41) asegurable al cañón de pulverización térmica (100);  
 un bloque de bastidor (42); y  
 45 una placa de soporte (43) adaptada para conectar el bloque de bastidor (42) al dispositivo de limpieza de inyector (10).
6. Un aparato de limpieza de inyector para un cañón de pulverización térmica (100), que comprende:
- 50 al menos una línea de suministro de materia prima (18) acoplada a un paso de suministro de materia prima, un orificio de inyector (33) dispuesto aguas abajo y que está en comunicación fluida con el paso de suministro de materia prima;  
 al menos una línea de suministro de gas (16);  
 al menos una línea de suministro de medio líquido (20) configurada para suministrar un medio líquido de limpieza;  
 55 una cámara de atomización que recibe gas a través de la al menos una línea de suministro de gas y el líquido de limpieza a través de la al menos una línea de suministro de medio líquido, con el fin de producir una neblina de purgado que pueda alimentarse al paso de suministro de materia prima;  
 en donde la al menos una línea de suministro de materia prima (18), la al menos una línea de suministro de gas (16) y la al menos una línea de suministro de medio líquido (20) están ubicadas aguas arriba de un orificio de  
 60 inyector (33) ubicado en un área del cañón de pulverización térmica.
7. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en donde al menos una de la línea de suministro de materia prima (18), la línea de suministro de gas (16) y la línea de suministro de medio líquido (20) están conectadas de manera extraíble a un conjunto de inyector (30).
- 65 8. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-7, en donde el medio líquido de limpieza es un

agente de enjuague o un líquido estructurado y dispuesto para limpiar un inyector para inyectar materia prima.

9. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-8, en donde la materia prima es al menos una de una suspensión, un precursor y una solución.

5 10. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-9, que comprende, además, una disposición de purgado que tiene dos modos conmutables de la siguiente manera:

- 10 a. un primer modo en donde la alimentación de líquido se alimenta al orificio de inyector (33); y  
b. un segundo modo en donde el medio líquido se alimenta al orificio de inyector (33).

11. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-10, que comprende, además, un controlador adaptado para controlar el flujo de al menos uno de:

- 15 una materia prima;  
un gas;  
un medio líquido; y  
un fluido de purgado.

20 12. Un sistema para inyectar un chorro de líquido hacia el interior de una corriente caliente o plasma de un cañón de pulverización térmica (100), que comprende:

- 25 un cañón de pulverización térmica (100); y  
un aparato de limpieza de inyector según una cualquiera de las reivindicaciones 6-11 o un aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

13. Un método para inyectar un chorro de líquido hacia el interior de una corriente caliente o plasma de un cañón de pulverización térmica, que comprende:

30 disponer el aparato de limpieza de inyector de la reivindicación 6 o el aparato de la reivindicación 1 en un cañón de pulverización térmica (100); y  
al menos uno de:

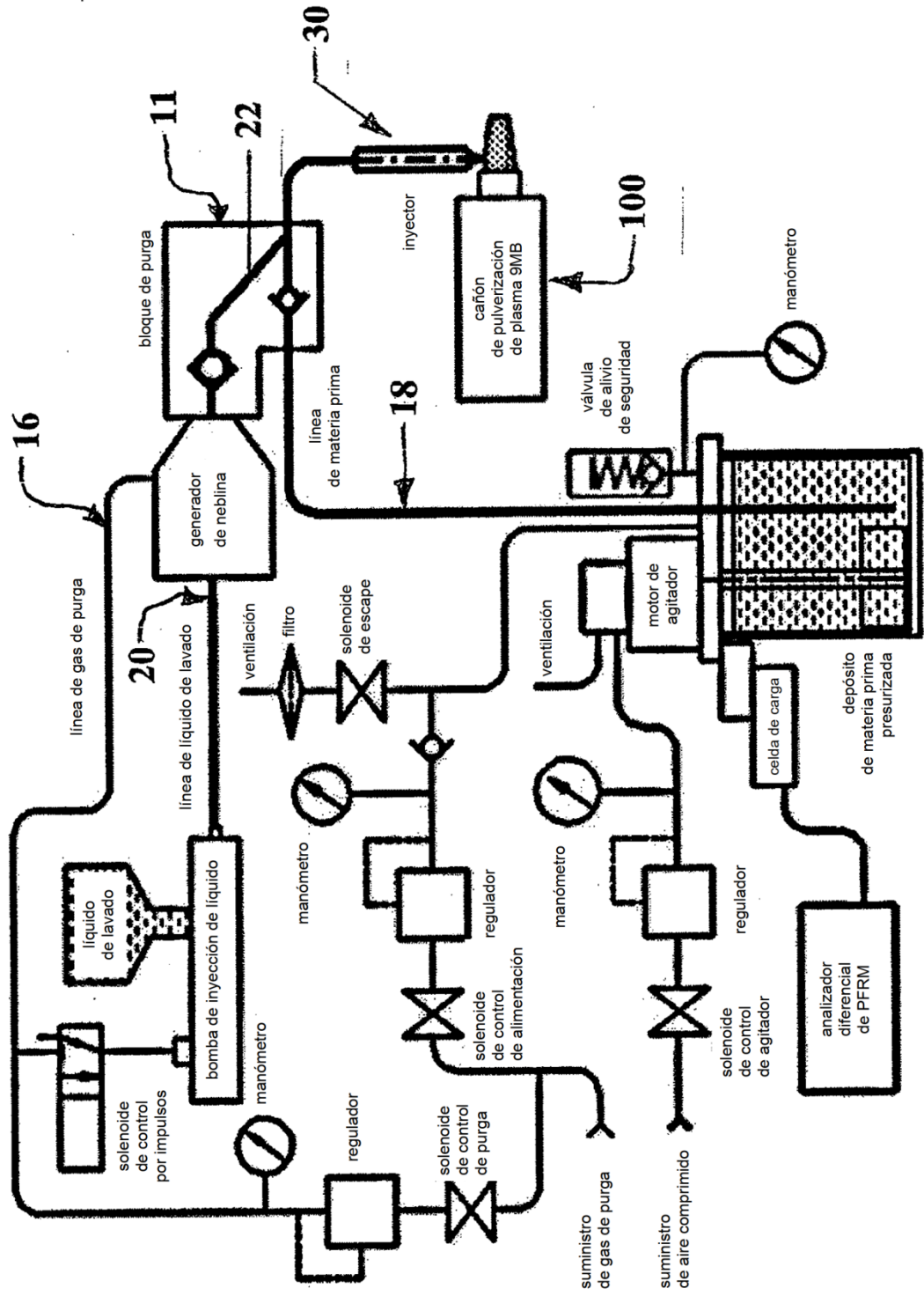
- 35 descargar un líquido a través del orificio de inyector (33);  
descargar cada una de las materias primas y un líquido de limpieza a través del orificio de inyector (33) en dos puntos diferentes en el tiempo; y  
descargar una materia prima a través del orificio de inyector (33) durante un ciclo de alimentación de materia prima y descargar un fluido de limpieza a través del orificio de inyector durante un ciclo de limpieza de fluido de limpieza.  
40 inyectar, a través del orificio de inyector (33), un chorro de líquido hacia el interior de una corriente caliente o plasma creado en el área del cañón de pulverización térmica.

14. Un método para utilizar un aparato o un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, que comprende al menos uno de:

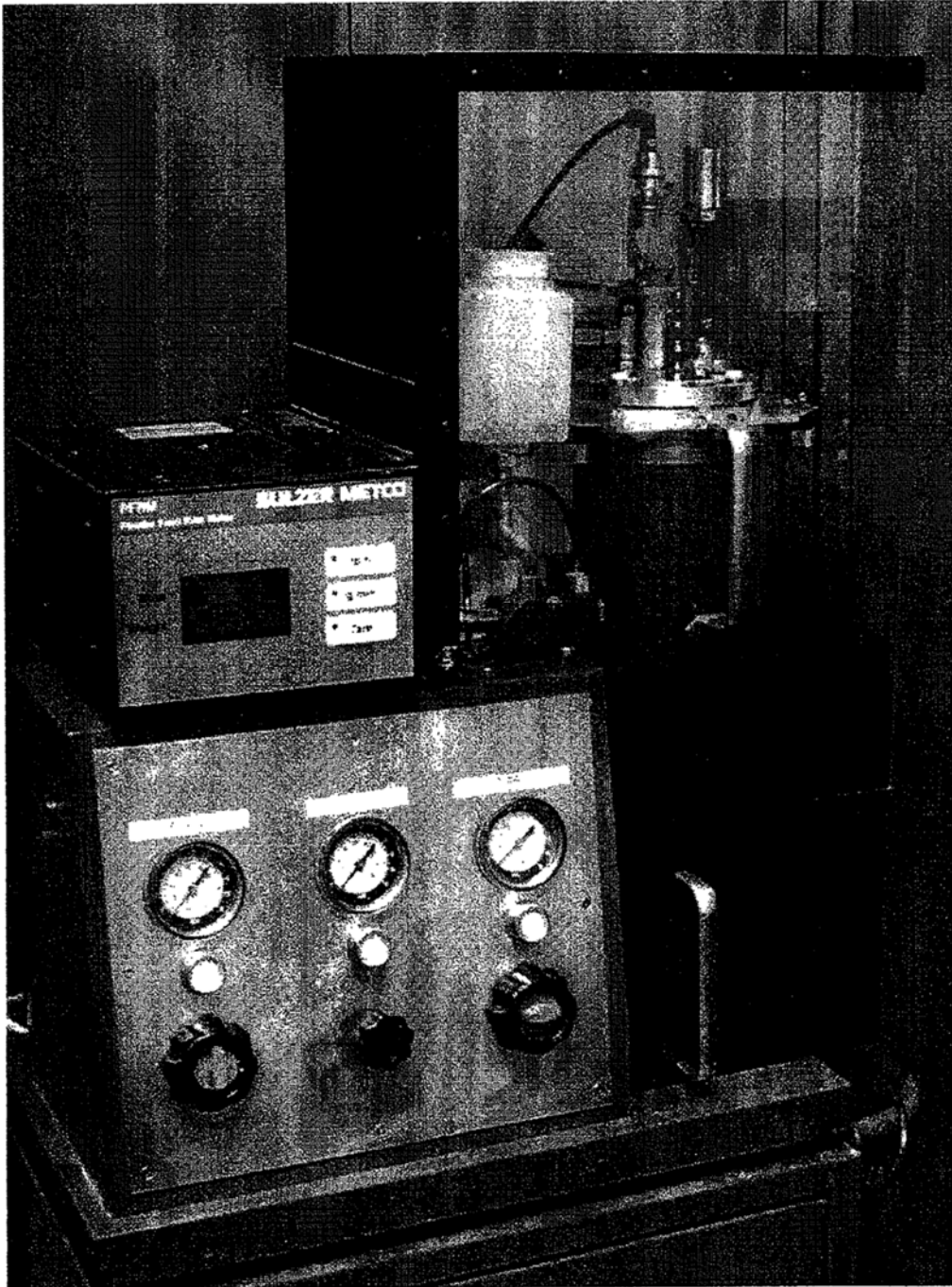
- 45 activar un flujo de fluido de limpieza líquido en un dispersante de gas al detener un flujo de materia prima líquida; producir automáticamente un flujo de un fluido de limpieza líquido atomizado después de parar un flujo de materia prima líquida; y  
50 activar un flujo de fluido de limpieza líquido en un dispersante de gas cada vez que se detiene o se para un flujo de materia prima líquida,

por lo que la activación o la producción impiden sustancialmente la acumulación de material de obstrucción o la formación de costras sobre al menos una superficie de flujo dispuesta aguas arriba del orificio de inyector.

FIG. 1

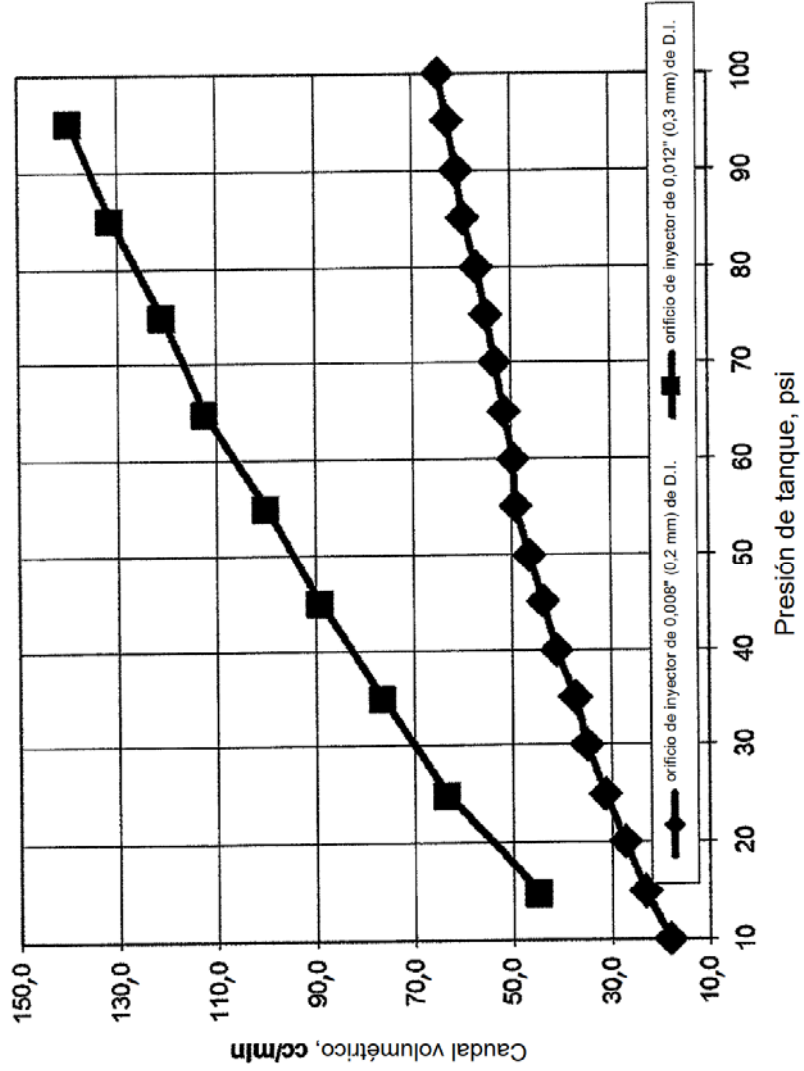


**FIG. 2**



**FIG. 3**

Caudal de abastecimiento de alimentación líquida de agua desionizada con un tubo de 25 pies (7,62 m) de 0,062" (1,6 mm) de D.I.



**FIG. 4**

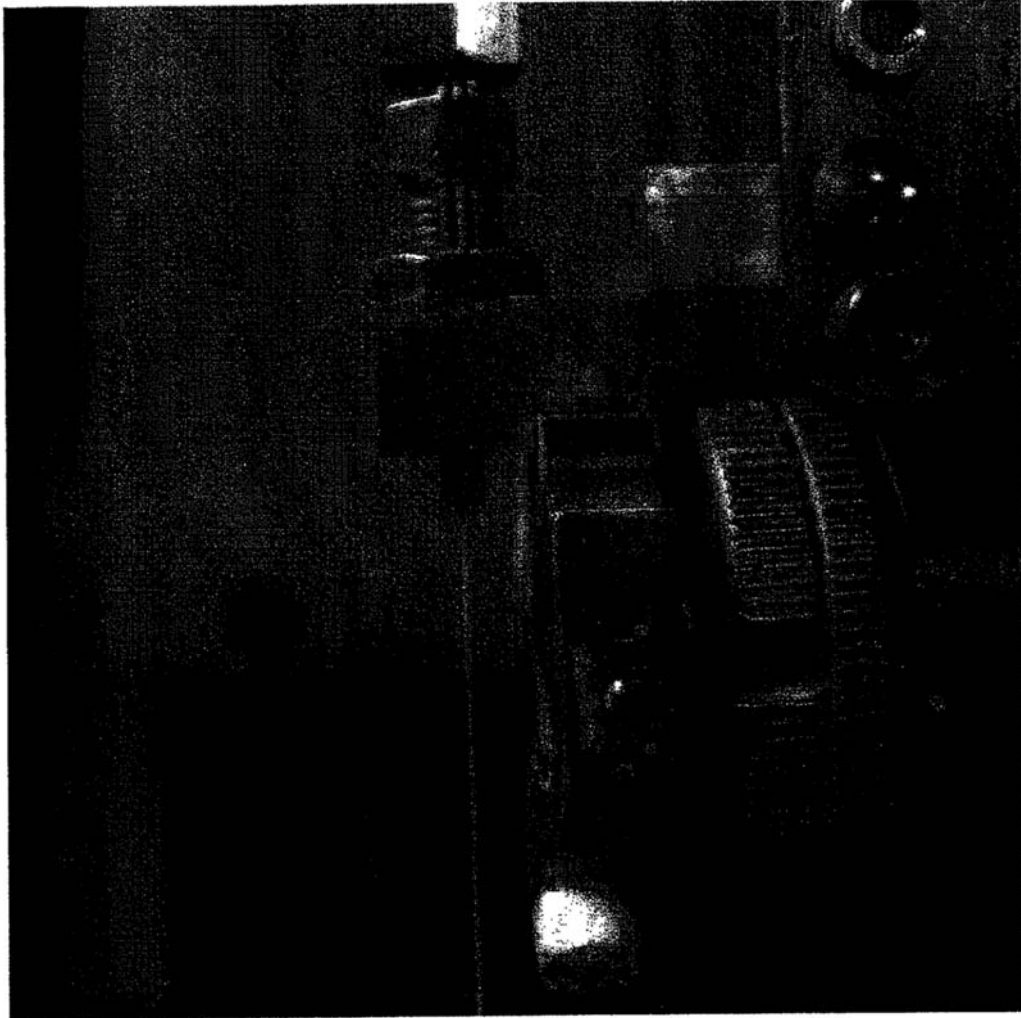
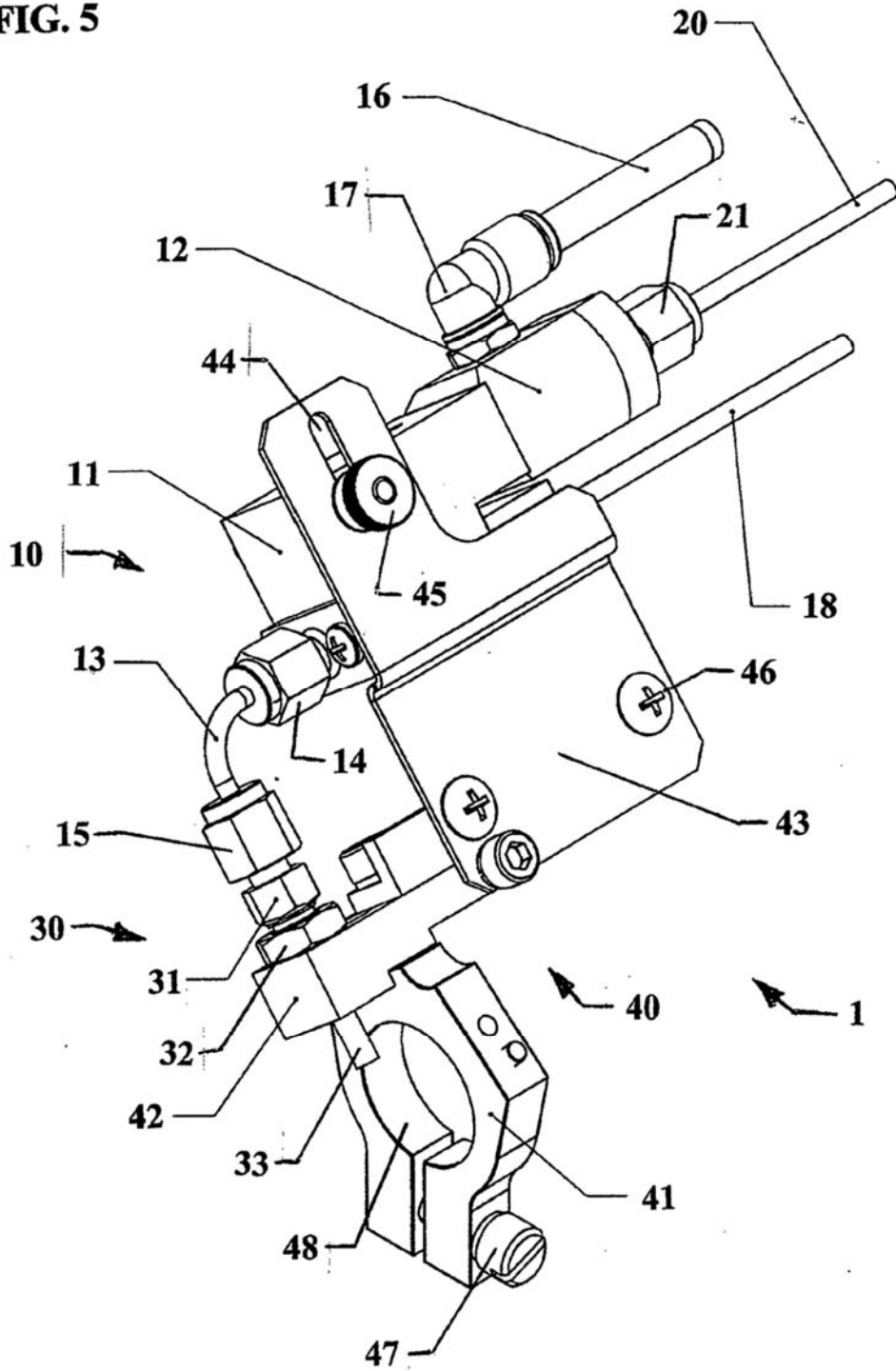
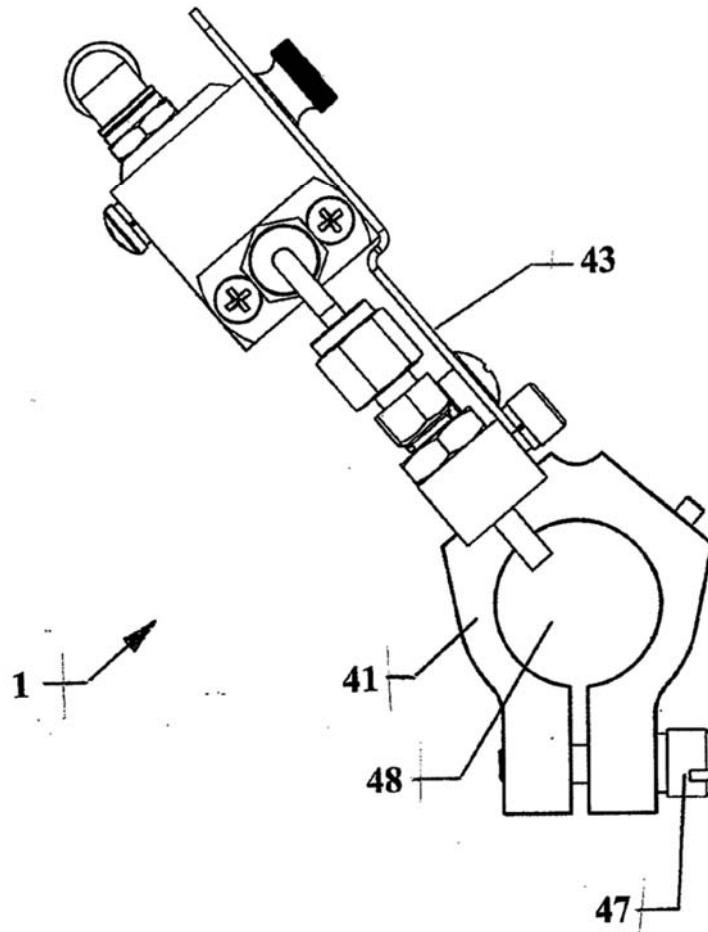


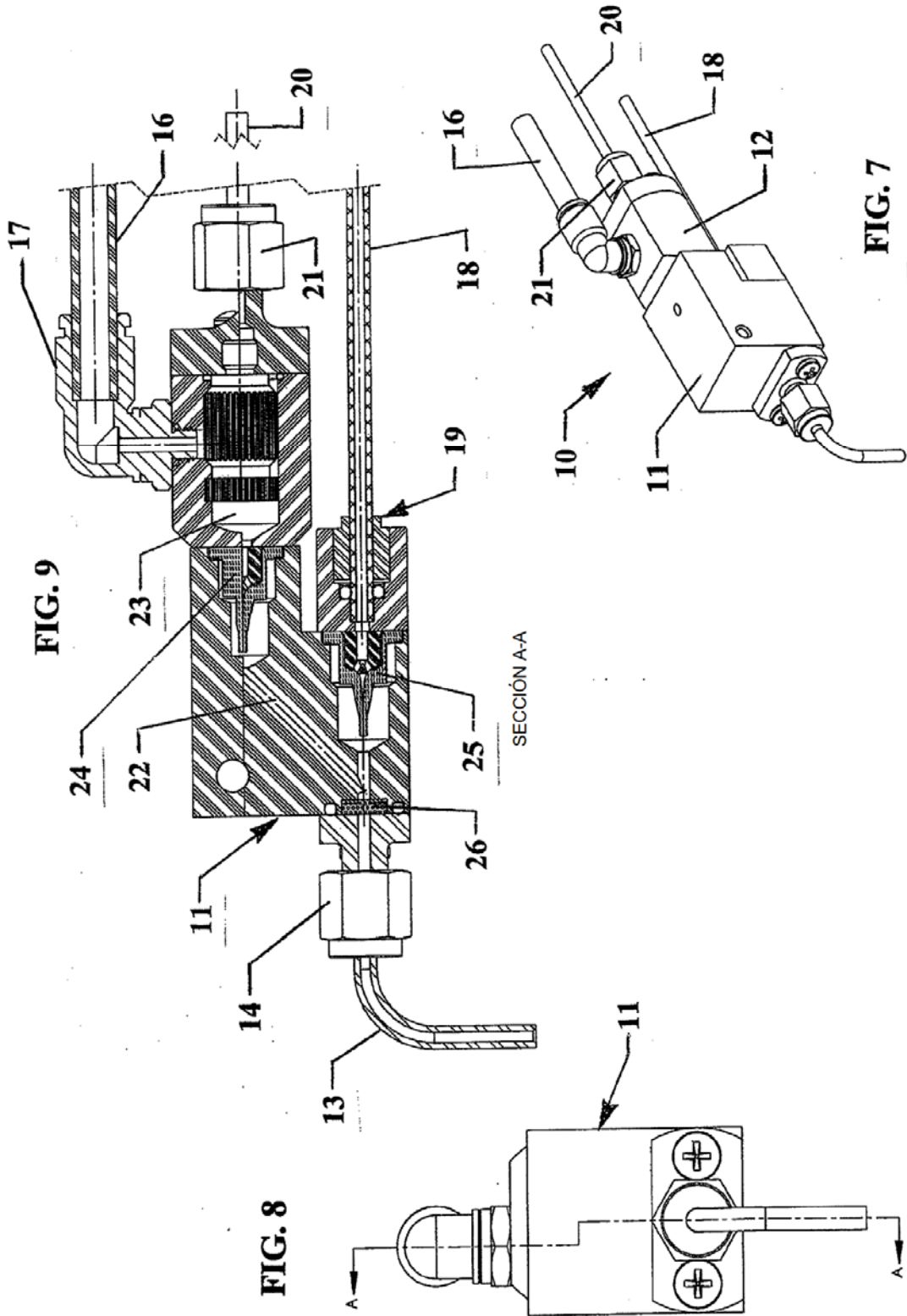
FIG. 5

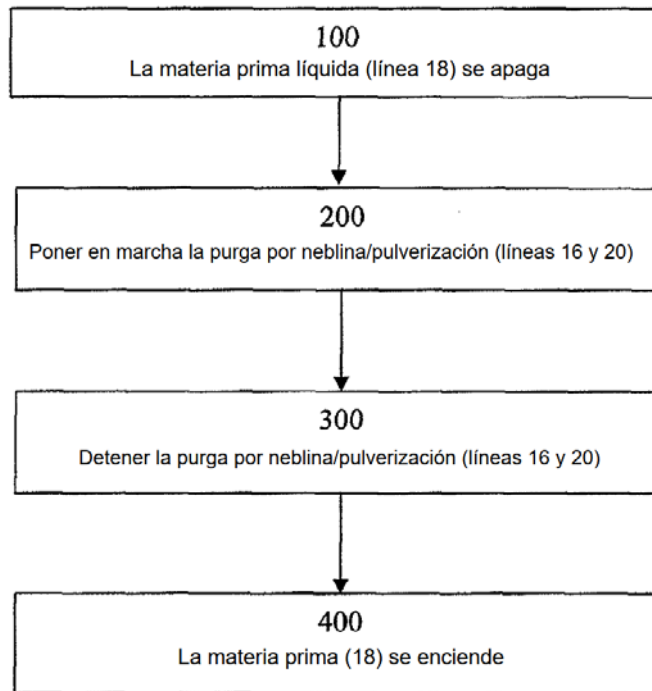


**FIG. 6**

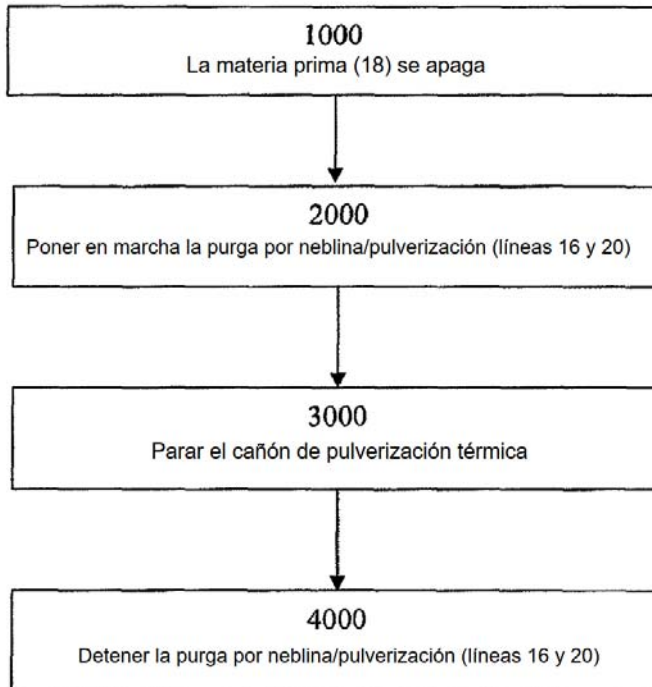








**FIG. 10**



**FIG. 11**