

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 893**

51 Int. Cl.:

**B05D 1/08** (2006.01)

**C23C 4/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2008** E 08165482 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016** EP 2052788

54 Título: **Aparato y método para mejorar la mezcla en la inyección axial de materiales en pistolas de pulverización térmica**

30 Prioridad:

**24.10.2007 US 923298**

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

**17.04.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MUGGLI, FELIX ANDREAS;  
HEGEMANN, MARC, DR. y  
MOLZ, RONALD J.**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 608 893 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Aparato y método para mejorar la mezcla en la inyección axial de materiales en pistolas de pulverización térmica

5 Esta invención se refiere en general a dispositivos mejorados para la aplicación de pulverización térmica y, más concretamente, a un inyector de material sin procesar para la inyección axial del material sin procesar a un flujo de gas calentado.

Descripción de la técnica relacionada

10 La pulverización térmica se puede describir, genéricamente, como un método de recubrimiento, en el que se aporta polvo, u otro material sin procesar, a un flujo de gas energizado, que ha sido calentado, acelerado o ambas cosas. El material sin procesar es capturado por la corriente de gas energizado, del que recibe energía térmica y/o cinética. Se hace incidir luego el material sin procesar energizado sobre una superficie, a la que se adhiere y sobre la que se solidifica, con lo que se forma un recubrimiento pulverizado térmicamente relativamente grueso, mediante el revestimiento repetido de finas capas sucesivas.

15 Se ha concluido con anterioridad que, en el caso de algunas aplicaciones de pulverización térmica, la inyección axial del material sin procesar a una corriente de gas energizado presenta algunas ventajas frente a otros métodos de inyección del material sin procesar. Normalmente, el material sin procesar se alimenta a una corriente en una dirección que habitualmente se describe como inyección radial, es decir, en una dirección más o menos perpendicular a la dirección de desplazamiento de la corriente. La inyección radial es la que se usa comúnmente, ya que proporciona un método eficaz de mezclar partículas a una corriente de efluente y transfiere, de este modo, la energía a las partículas en un plazo breve de tiempo. Éste es el caso del plasma, en el que las cortas distancias de pulverización y la elevada diferencia térmica, exigen una mezcla y una transferencia de energía rápidas para que el proceso de aplicación de recubrimientos se pueda realizar de forma adecuada. La inyección axial puede presentar una serie de ventajas sobre la inyección radial, debido al potencial para controlar mejor la linealidad y la dirección de la trayectoria de las partículas del material sin procesar cuando se inyectan axialmente. Otras ventajas incluyen tener las partículas en la zona central de la corriente de efluente, en la que la densidad energética probablemente sea mayor, lo que permite que el potencial de ganancia energética de las partículas sea máximo. Por último, la inyección axial tiende a perturbar menos la corriente de efluente que las técnicas de inyección radial que se emplean en la actualidad.

20 Por ello, en muchas pistolas de proceso de pulverización térmica, se prefiere la inyección axial de partículas del material sin procesar para inyectar las partículas, mediante el uso de un gas portador, al gas calentado y/o acelerado, que en esta descripción se denominará simplemente como efluente. El efluente puede ser plasma, gas calentado eléctricamente, gas calentado por combustión, gas de pulverización en frío o cualquier combinación de los mismos. La energía se transfiere desde el efluente a las partículas de la corriente de gas portador. Debido a la naturaleza del flujo de la corriente y al flujo en dos fases, esta mezcla y la subsiguiente transferencia de energía, están limitadas en los flujos axiales y necesitan que las dos corrientes, del efluente y del portador que soporta las partículas, dispongan de tiempo y distancia de recorrido suficientes como para permitir que la capa límite entre los dos flujos se interrumpa y permitir así que ocurra la mezcla. A lo largo de esta distancia de recorrido se pierde energía hacia el entorno, por transferencia de calor y por fricción, lo que provoca una pérdida de rendimiento. Muchas pistolas de pulverización térmica que emplean inyección axial se diseñan con una longitud mayor de lo que normalmente sería necesario, para permitir que se pueda producir esta mezcla y la subsiguiente transferencia de energía.

25 El documento FR 2 869 311 muestra un método de metalización, mediante pulverización térmica sobre elementos de hormigón, que consiste en la pulverización de un metal fundido sobre una superficie que se va a metalizar tras una preparación. El método consta de tres pasos, aumentar la porosidad, la dureza de la superficie y la ductilidad del hormigón empleado durante la producción de los elementos que se van a metalizar, mediante el uso de un hormigón con fibras; tratar las superficies que se van a metalizar; pulverizar el metal fundido con la ayuda de una pistola térmica.

30 El documento EP 1 369 498 describe un proceso de pulverización con llama a gran velocidad, en el que las partículas de pulverización se aceleran en una pulverización con llama de gases de combustión. El tubo de polvo y el cuerpo de la tobera exterior forman juntos una tobera de Laval, que acelera la llama de pulverización hasta una velocidad de 800 m/s, donde la inyección de las partículas de pulverización es axial y centralmente en secciones divergentes de la estructura de la tobera.

35 Estas limitaciones para mezclar las corrientes del portador que soporta partículas y de efluente resultan todavía más pronunciadas cuando el fluido portador que soporta las partículas es un líquido y, en muchos casos, han impedido el uso de la alimentación de líquido a pistolas de pulverización térmica con inyección axial. En las técnicas de inyección de líquidos, el uso de la pulverización por gas para producir corrientes de pequeñas gotitas, ayuda a que el líquido se mezcle más fácilmente con la corriente de efluente, lo que permite que la inyección de líquidos funcione del todo, aunque este método todavía necesita una distancia considerable para permitir que se mezclen la corriente de gas y

de pequeñas gotitas y la corriente de efluente y se transfiera energía. Este método produce, además, una cierta cantidad de turbulencias en los flujos de las corrientes.

5 También producen turbulencias otros intentos de promover la mezcla, tales como la introducción de discontinuidades y la colisión de los flujos. La inyección radial, comúnmente utilizada en procesos de pulverización térmica, tales como el plasma, para asegurar el mezclado en una distancia corta, también produce turbulencias, ya que las dos corrientes se cruzan perpendicularmente. De hecho, la mayoría de los métodos más aceptables de inyección que promueven la mezcla rápida en la actualidad, utilizan métodos que introducen turbulencias de forma deliberada como medio de promover la mezcla. La turbulencia sirve para descomponer la capa límite entre los flujos y, una vez  
10 que se ha logrado esto, puede producirse la mezcla.

A menudo, la turbulencia adicional da como resultado una transferencia de energía impredecible entre el efluente y la corriente portadora que soporta las partículas, ya que el campo de flujos se modifica constantemente, produciendo variaciones dentro del campo de flujos que afectan a la transferencia de energía. La turbulencia representa un proceso caótico y causa la formación de torbellinos con diferentes escalas de longitud. La mayor parte de la energía  
15 cinética de los movimientos turbulentos se encuentra en las estructuras de gran escala. La energía desciende "en cascada" desde las estructuras de gran escala a las de menor escala, por medio de un mecanismo inercial y esencialmente sin viscosidad. Este proceso produce de forma continua estructuras cada vez más pequeñas, lo que da lugar a una jerarquía de torbellinos. Eventualmente, este proceso da lugar a estructuras que son lo bastante pequeñas como para que la difusión molecular resulte importante y acabe por producirse la disipación viscosa de la energía. La escala a la que ocurre esto es la escala de longitud de Kolmogórov. De este modo, la turbulencia da  
20 lugar a la conversión de parte de la energía cinética en térmica. El resultado es un proceso que produce más energía térmica que cinética para la transferencia a las partículas, lo que limita el rendimiento de tales dispositivos. Complica el proceso con la presencia de más de una corriente turbulenta y los resultados son impredecibles, como ya se ha dicho.

La turbulencia también aumenta la pérdida de energía al entorno, ya que da como resultado la pérdida de, por lo menos, una parte de la capa límite en el campo de flujo del efluente, y así promueve la transferencia de energía al entorno, además de fenómenos de fricción en el interior del flujo, cuando los flujos están confinados entre paredes.  
30 Para un flujo en un tubo, el descenso de la presión en un flujo laminar es proporcional a su velocidad, mientras que, para un flujo turbulento, el descenso de la presión es proporcional al cuadrado de su velocidad. Esto es un buen indicador de la escala de la pérdida de energía hacia el entorno y por fricción interna.

Por todo ello, la técnica necesita un método y un aparato mejorados que promuevan la mezcla rápida del material inyectado axialmente en pistolas de proceso de pulverización térmica y que, como resultado de esto, limite también la generación de turbulencias en el flujo.  
35

La invención tal y como se ha descrito aporta un método y un aparato mejorados para promover la mezcla de partículas alimentadas axialmente en una corriente portadora con una corriente de efluente calentado y/o acelerado, sin producir turbulencias significativas, ni en las corrientes de efluente ni en el portador. Las realizaciones de la invención utilizan un aparato de pulverización térmica que tiene un puerto u orificio de inyección axial con una boquilla en forma de cheurón. A efectos de esta solicitud, el término "boquilla en forma de cheurón" puede designar cualquier tipo de boquilla que no sea uniforme circunferencialmente.  
40

Una realización de la invención aporta un método para realizar un proceso de pulverización térmica (donde, a efectos de la invención, el término "proceso de pulverización térmica" puede incluir también procesos de pulverización en frío). El método incluye los pasos para calentar y/o acelerar un gas efluente para formar una corriente de gas efluente a alta velocidad; alimentar una corriente que soporta partículas a través de un puerto de inyección axial a dicha corriente de gas efluente para formar una corriente mezclada, en donde dicho puerto de inyección axial tiene una pluralidad de cheurones situados en un extremo distal de dicho puerto de inyección axial, y hacer impactar la corriente mezclada sobre un sustrato para formar un recubrimiento.  
50

En otra realización, la invención aporta un aparato de pulverización térmica que incorpora un medio para calentar y/o acelerar una corriente de gas efluente; un puerto de inyección configurado para alimentar de forma axial una corriente que soporta partículas a dicha corriente de gas efluente, teniendo dicho puerto de inyección axial una pluralidad de cheurones situados sobre un extremo distal de dicho puerto de inyección axial y una boquilla en conexión para fluidos a dicho medio acelerador y a dicho puerto de inyección.  
55

En una realización más de la invención, se proporciona un aparato de pulverización térmica. El aparato incorpora un componente para la aceleración del gas efluente, configurado para producir una corriente de gas efluente; un puerto de inyección axial con una pluralidad de cheurones, configurado para alimentar axialmente una corriente de fluido a dicha corriente de gas efluente; y una boquilla en conexión para fluidos con dicho componente para la aceleración del gas efluente y con dicho puerto de inyección.  
60

En una realización más, se proporciona un puerto de inyección axial para una pistola de pulverización térmica. El puerto de inyección incorpora un tubo cilíndrico con una entrada y una salida, estando dicha entrada configurada de  
65

modo que pueda recibir un flujo de fluido a través de dicho tubo cilíndrico y comprendiendo dicha salida una pluralidad de cheurones distribuidos de forma radial alrededor de la circunferencia de dicha salida.

5 Se señalarán otras ventajas adicionales de la invención en la descripción posterior, algunas de las cuales resultarán obvias de la descripción, o se pueden descubrir a partir del uso práctico de la invención. Se pueden obtener y conseguir las ventajas de la invención por medio de los instrumentos y sus combinaciones especialmente señalados a continuación en la presente memoria.

10 Los dibujos que la acompañan, incluidos para facilitar una comprensión adicional de la invención y que se han incorporado a y son parte de esta memoria, ilustran realizaciones de la invención y, junto con la descripción, explican los principios de la invención. En los dibujos:

15 La Figura 1 muestra un esquema de una pistola de pulverización térmica adecuada para utilizar en una realización de la invención;

La Figura 2 muestra un corte esquemático de las zonas de la cámara de combustión y de la boquilla de salida de una pistola de pulverización térmica, de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 3 muestra un esquema del extremo distal de un puerto de inyección axial convencional;

La Figura 4 muestra un esquema detallado del extremo distal de un puerto de inyección axial que incorpora cheurones, de acuerdo con una realización de la invención.

20 La Figura 5 muestra un esquema detallado del extremo distal de un puerto de inyección axial que incorpora cheurones, de acuerdo con otra realización de la invención.

La Figura 6 muestra el cambio de la superficie límite entre dos flujos emitidos por una boquilla a lo largo de una distancia recorrida, de acuerdo con una realización de la invención.

25 La Figura 7 muestra un esquema de una corriente de partículas a la velocidad de inyección axial sin emplear cheurones.

La Figura 8 muestra un esquema de una corriente de partículas a la velocidad de inyección axial empleando cheurones sin inclinación, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 9 muestra un esquema de una corriente partículas a la velocidad de inyección axial empleando cheurones inclinados 20 grados hacia afuera, de acuerdo con una realización de la presente invención.

30 A continuación, se hará referencia en detalle a las realizaciones preferidas de la presente invención, ejemplos de la cual se muestran en los dibujos adjuntos.

35 La Figura 1 muestra un esquema de una pistola de pulverización térmica típica 100 que se puede emplear de acuerdo con la presente invención. La pistola incorpora un alojamiento 102 que incorpora un tubo 104 de suministro de gas combustible y un tubo 106 de suministro de oxígeno (u otro gas). El tubo 104 de suministro de gas combustible y el tubo 106 de suministro de oxígeno vacían en una cámara de mezcla 108 en la que se combinan el combustible y el oxígeno y son alimentados a una cámara de combustión 110 a través de una pluralidad de puertos 112 que generalmente se encuentran distribuidos de forma radial en torno a un puerto 114 de inyección axial del material sin procesar y del fluido portador. El alojamiento 102 de la pistola también incorpora un tubo de suministro para el material sin procesar y para el fluido portador 116. El tubo del material sin procesar y del fluido portador vacían en la cámara de combustión 110, con el puerto de inyección axial generalmente alineado axialmente con la boquilla de salida 118 de la pistola 100 de pulverización térmica.

45 En funcionamiento, la mezcla de oxígeno y combustible entra en la cámara de combustión a través de los puertos 112 y el material sin procesar y el fluido portador salen por el puerto de inyección axial 114 de forma simultánea. La mezcla de oxígeno y combustible se enciende en la cámara de combustión y acelera el material sin procesar hacia la boquilla de salida 118. La idoneidad de la mezcla de las dos corrientes de flujo - el gas efluente encendido procedente de los puertos radiales 112, indicado como F1, y la corriente de gas portador/material sin procesar procedente del puerto de inyección axial 114, indicado como F2- afecta a la eficacia del proceso de pulverización térmica. La mezcla del material sin procesar con el flujo de gas calentado y la subsiguiente transferencia de energía se pueden optimizar mediante el empleo de una boquilla con cheurón con muesca en el puerto de inyección axial 114.

55 En la realización en la Figura 1, el tubo 104 de suministro de gas combustible, el tubo 106 de suministro de oxígeno, la cámara de mezcla 108, la cámara de combustión 110 y el conjunto de puertos 112, se pueden considerar, en general, como componentes o medios necesarios para acelerar una corriente de gas efluente. Otros procesos de pulverización térmica pueden emplear componentes y gases diferentes para la aceleración del efluente, que son igualmente aplicables para la presente invención. Las realizaciones de la presente invención son aplicables para un amplio rango de procesos de pulverización térmica que usan, o potencialmente pueden usar, inyección axial. Ejemplos de procesos que se pueden usar con realizaciones de la presente invención incluyen, pero no se limitan a, la pulverización en frío, pulverización con llama, pulverización de oxi-combustible de alta velocidad (HVOF), pulverización de combustible líquido de alta velocidad (HVLFF), pulverización de combustible aire de alta velocidad (HVAFF), pulverización con arco, pulverización por plasma, pulverización con pistola por detonación y pulverización que utiliza procesos híbridos que combinan uno o más procesos de pulverización térmica. Los fluidos portadores son típicamente los gases portadores que se usan en las pistolas de pulverización térmica, incluyendo, pero no limitados

a, argón y nitrógeno, que incorporan las partículas típicas de la pulverización térmica, cuyos tamaños varían desde aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  a más de 100  $\mu\text{m}$ , dependiendo del proceso. Una ventaja de la invención que se puede derivar de la mejora en la mezcla, es la capacidad para procesar caudales de masa de partículas más elevados, ya que la mezcla promueve una mejor transferencia de energía, con una menor pérdida energética. Los fluidos portadores basados en líquidos que contienen partículas, o en materiales sin procesar disueltos en solución, o como precursores, se beneficiarán también de la mejora en la mezcla, sobre todo en forma de una corriente de gas pulverizada, generada inmediatamente antes de la salida del puerto de inyección axial.

La Figura 2 muestra una vista esquemática de las zonas correspondientes a la cámara convergente 110 y a la boquilla de salida divergente 118 de una pistola de pulverización en frío. Se muestra el puerto de inyección axial 114 con una pluralidad de cheurones 120 en el extremo distal del puerto, delimitando el orificio de salida. Cada uno de los cheurones presenta, generalmente, un perfil triangular. Los cheurones 120 están situados radialmente - y en algunas realizaciones distribuidos regularmente - alrededor de la circunferencia del extremo distal del puerto de inyección axial 114. Introducir los cheurones 120 en el puerto de inyección axial 114 aumenta la mezcla entre las dos corrientes de flujos F1 y F2 cuando se encuentran. La energía de la corriente de efluente que pasa a través de la cámara 110 y se acelera en la boquilla 118 transfiere con más facilidad las características térmicas y cinéticas del flujo de efluente al flujo portador y a las partículas, con el uso de estos cheurones.

La Figura 3 muestra un esquema del extremo distal de un puerto de inyección axial convencional. Por el contrario, la Figura 4 muestra un esquema del extremo distal de un puerto de inyección axial 114 que comprende cuatro cheurones 120, de acuerdo con una realización de la presente invención. En algunas realizaciones, cada cheurón 120 presenta una extensión con un perfil generalmente triangular del puerto de inyección axial 114. En la realización de la Figura 4, cada cheurón 120 es paralelo en general a la pared del puerto de inyección axial 114 a la que está unido el cheurón. Otra realización, mostrada en el Figura 5, incorpora cheurones 130 que están acampanados, curvados, doblados o de cualquier otra forma dirigidos radialmente hacia fuera con respecto al plano que define el extremo distal del puerto de inyección axial 114. En otra realización, los cheurones pueden estar acampanados, curvados, doblados o de cualquier otra forma dirigidos radialmente hacia dentro con respecto al plano que define el extremo distal del puerto de inyección axial. Ángulos de inclinación para los cheurones de hasta 90 grados, hacia fuera o hacia dentro, proporcionarán una mezcla mejorada, mientras que los ángulos de inclinación preferidos pueden ser de entre 0 y 20 grados, aproximadamente. Ángulos de inclinación superiores a 20 grados aproximadamente, aunque dan lugar a una mezcla mejorada, pueden también tender a producir corrientes en remolino no deseadas y hacen posible que se presenten turbulencias, dependiendo de las velocidades y las densidades relativas del flujo.

Mientras que la Figura 5 muestra los cheurones 130 uniformemente acampanados, otras realizaciones pueden incorporar cheurones acampanados de forma asimétrica, que pueden corresponder a geometrías no simétricas de la pistola, que compensen los efectos de formación de torbellinos, presentes a menudo en pistolas de pulverización térmica, u otras necesidades asimétricas deseadas. En otras realizaciones, se pueden usar diferentes formas y/o disposiciones, en vez de formas en cheurones que se muestran en las figuras 4 y 5. A efectos de la presente solicitud, el término "boquilla en forma de cheurón" puede designar cualquier tipo de boquilla que no sea uniforme a lo largo de su circunferencia. Ejemplos no excluyentes de formas de cheurones diferentes incluyen rectángulos espaciados radialmente, cheurones con puntas curvadas, formas semicirculares y similares. A efectos de la presente solicitud, tales formas alternativas están incluidos bajo el término genérico de cheurones. En otra realización, el grosor de pared de cada cheurón puede disminuir hacia la punta del cheurón.

Se puede emplear prácticamente cualquier número de cheurones para ayudar en el mezclado. En las realizaciones de las figuras 4 y 5 se muestran cuatro cheurones 120, 130 respectivamente. En algunas realizaciones, de 4 hasta como mucho 6 cheurones pueden ser ideales para la mayor parte de las aplicaciones. No obstante, otras realizaciones pueden usar más o menos cheurones sin salirse del alcance de la presente invención. En la pistola de pulverización térmica que se muestra en la Figura 2, el número de cheurones que hay en el extremo distal del puerto de inyección axial 114 puede coincidir con el número de puertos de inyección radial 112 para permitir que la simetría en el patrón de flujo de lugar a una mezcla uniforme y predecible dentro de la cámara de combustión 110.

En algunas realizaciones, los cheurones que se muestran en las diferentes figuras son, generalmente, una extensión uniforme del puerto de inyección axial. En otras realizaciones, los cheurones se pueden actualizar a puertos de inyección axial convencionales ya existentes mediante, por ejemplo, fijación mecánica. Las aplicaciones actualizadas pueden emplear abrazaderas, bandas, soldadura, remaches, tornillos o cualquier otra forma de fijación mecánica conocida en la técnica. Aunque normalmente los cheurones estarían hechos del mismo material que el puerto de inyección axial, no es necesario que los materiales sean los mismos. Los cheurones pueden estar hechos de una variedad de materiales conocidos en la técnica que son adecuados para los flujos, temperaturas y presiones que se encuentran en el entorno del puerto de suministro axial.

La Figura 6 muestra un esquema con varias secciones transversales generadas por ordenador de una trayectoria de pulverización de un flujo modelado para una pistola de pulverización térmica en una realización de la presente invención. La parte inferior de la figura muestra una vista lateral de la boquilla 118 y del puerto de inyección axial 114, mientras que en la parte superior se muestran secciones transversales 204a, 204b, 204c, 204d de las

trayectorias de los flujos de efluente y portador en varios puntos. En lo que se refiere a la Figura 6, cuando el flujo portador que soporta las partículas, F2, y el de efluente calentado y/o acelerado, F1, alcanzan los cheurones 120, las diferencias físicas, tales como la presión, densidad, etc. entre ambos flujos provocan que el límite entre ellos cambie, de la forma de interfaz inicial, que se muestra en la sección transversal 202 - normalmente cilíndrica, en consonancia con la forma del puerto de inyección axial 114 - a una forma similar a una flor o a un asterisco, tal y como se muestra en la sección transversal 204a, con lo que aumenta el área límite compartida entre los flujos F1 y F2. El diferencial de presión que hay entre los flujos F1 y F2 provocará que el flujo de mayor presión - ya sea éste el efluente F1 o el portador F2 - acelere radialmente por efecto del diferencial de presión (flujo potencial) al avanzar ambos flujos F1 y F2 a lo largo de la longitud de los cheurones 120, para igualar la presión. Esta aceleración radial también se distorsionará para hacer que el flujo alrededor del cheurón iguale también la presión que hay bajo el cheurón. Tal y como se muestra en las secciones transversales resultantes 204b, 204c y 204d, esta forma similar a un asterisco se sigue propagando cuando los flujos F1 y F2 se desplazan juntos, aumentando todavía más el área límite compartida entre los flujos F1 y F2. Dado que la mezcla de los flujos es función del área límite, el incremento del área límite aumenta también la tasa de mezclado, tal y como se muestra en la Figura 6. El empleo de cheurones inclinados hacia dentro o hacia fuera aumenta el efecto de mezclado, ya que incrementa el diferencial de presión entre los flujos, lo que da lugar a una formación y extensión más rápida a la forma del área límite. La inclinación puede estar dirigida hacia dentro o hacia fuera dependiendo de las propiedades relativas de las dos corrientes y de los efectos deseados.

Se han modelado las trayectorias de pulverización que emiten las formas de la boquilla que se muestran en las figuras 3, 4 y 5 en la pistola de pulverización en frío, similar a la que se muestra en la Figura 2. La Figura 7 muestra el resultado de un modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD) obtenido de una corriente de velocidades de partículas inyectadas axialmente en un proceso de pulverización en frío, como el que se modeló en la Figura 2, sin usar cheurones, tal y como se muestra en la Figura 3.

La Figura 8 muestra los resultados de un modelo CFD obtenido para una corriente de velocidades de partículas inyectadas axialmente en un proceso de pulverización en frío, como el que se modeló en la Figura 2, con el uso de cheurones, tal y como se muestra en la Figura 4, según una realización de la invención. La aplicación de modelos CFD para una pistola de pulverización en frío con inyección axial ha mostrado una mejora cuantificable en la mezcla de la corriente portadora de las partículas, F2, y en la corriente de efluente caliente y/o acelerado, F1, y en la transferencia de energía desde el gas efluente directamente a las partículas del material sin procesar. En la Figura 7, las velocidades resultantes de las partículas y la anchura de la pulverización son menores que las velocidades de las partículas y la anchura de pulverización que se muestran en la Figura 8, como resultado de la mejor mezcla, posibilitada por la adición de los cheurones. Además, la Figura 9 muestra el resultado de un modelo CFD obtenido de una corriente de velocidades de partículas inyectadas axialmente para un proceso de pulverización en frío, como el que se modeló en la Figura 2, con el uso de cheurones inclinados hacia fuera, tal y como se muestra en la Figura 5, según una realización de la presente invención. Tal y como se muestra en la Figura 9, las velocidades de las partículas han aumentado aún más que con cheurones rectos (Figura 8), lo que pone en evidencia que la transferencia de energía procedente del gas efluente a las partículas es aún mejor cuando se usan los cheurones inclinados hacia fuera. De este modo, la introducción de cheurones, y más todavía en el caso de los cheurones inclinados hacia fuera, se ha aumentado la velocidad total de las partículas y se ha extendido el campo de partículas bien a la corriente de efluente.

La aplicación de cheurones en los puertos de inyección axial puede mejorar cualquier proceso de pulverización térmica que utilice inyección axial. Por ello, las realizaciones de la presente invención son muy adecuadas para corrientes de líquidos que soportan partículas alimentadas axialmente, así como para corrientes de gases que soportan partículas. En otra realización, se pueden mezclar dos corrientes que soportan partículas. En otra realización más, se pueden mezclar dos o más corrientes de gas, mediante la disposición secuencial de puertos de inyección axial, junto con una etapa adicional para la mezcla en una corriente portadora de partículas. Aún en otra realización, los cheurones se pueden aplicar a un puerto que introduce un flujo de efluente en un ángulo oblicuo, mediante la incorporación de uno o más cheurones en el borde delantero del puerto, cuando entra en la cámara de la corriente de efluente.

En otra realización, la mezcla de corrientes se puede realizar de acuerdo con la presente invención en aire ambiente, en un entorno de baja presión, en un vacío o en un entorno con atmósfera controlada. También, la mezcla de corrientes se puede realizar de acuerdo con la presente invención a cualquier temperatura adecuada para procesos de pulverización térmica convencionales.

Cualquier experto en la técnica puede concebir otras mejoras en el aparato, así como en el empleo de formas distintas de la triangular para los cheurones. Este aparato funcionará en cualquier pistola de pulverización térmica que utilice inyección axial para introducir un gas portador que soporta partículas, así como líquidos, corrientes de efluentes adicionales, y gases reactivos.

Cualquier experto en la técnica podrá concebir sin dificultad otras ventajas y modificaciones. Por lo tanto, la invención, en sus aspectos más generales, no se limita a los detalles concretos ni a las realizaciones representativas que se han mostrado y se han descrito en la presente memoria. Por consiguiente, se pueden hacer varias

modificaciones sin salir del alcance del concepto general de la invención, tal y como está definido en las reivindicaciones anexas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para realizar un proceso de pulverización térmica, que incluye:
- 5            el calentamiento y/o la aceleración de un gas para formar una corriente de gas efluente;  
la alimentación de una corriente portadora que soporta partículas a través de un puerto de inyección axial (114) a dicha corriente de gas efluente para formar una corriente mezcla de ambos; y hacer impactar la corriente mezclada sobre un sustrato para formar un recubrimiento
- 10            **caracterizado por que** dicho puerto de inyección axial (114) comprende una pluralidad de cheurones (120) situados en un extremo distal de dicho puerto de inyección axial (114).
2. El método de la reivindicación 1, en el que dicha pluralidad de cheurones (120) promueve la mezcla de dicha corriente de gas efluente y de dicha corriente que soporta partículas.
- 15            3. El método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho método se realiza en el vacío.
4. El método según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicho método se realiza en condiciones ambientales normales.
- 20            5. El método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho método se realiza bajo condiciones atmosféricas controladas.
6. El método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha corriente portadora que soporta partículas es un gas o un líquido o un líquido pulverizado para comportarse como gas.
- 25            7. El método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha pluralidad de cheurones (120) están inclinados hacia fuera, hasta un diámetro mayor que el del extremo distal de dicho puerto de inyección (114), en especial entre 0 y 20 grados, aproximadamente.
- 30            8. El método según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde dicha pluralidad de cheurones (120) están inclinados hacia dentro, hasta un diámetro menor que el del extremo distal de dicho puerto de inyección (114), en especial entre 0 y 20 grados, aproximadamente.
- 35            9. El método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la pluralidad de cheurones (120) son de diferentes tamaños.
10. El método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde dichos cheurones (120) están situados radialmente alrededor de la circunferencia de dicho extremo distal.
- 40            11. Un aparato de pulverización térmica, que incluye:
- medios (104, 106, 108, 110, 112) para calentar y/o acelerar una corriente de gas efluente;  
un puerto de inyección (114) diseñado para alimentar axialmente una corriente que soporta partículas a dicha corriente de gas efluente y
- 45            una boquilla (118) en conexión para fluidos con dichos medios de aceleración (104, 106, 108, 110, 112) y dicho puerto de inyección (114), **caracterizado por que** dicho puerto de inyección axial (114) comprende una pluralidad de cheurones (120) situados en un extremo distal de dicho puerto de inyección axial (114).
- 50            12. El aparato de pulverización térmica de la reivindicación 11, en donde dichos cheurones (120) están situados formando un ángulo de hasta 90 grados, hacia dentro o hacia fuera, con respecto a un plano que define el extremo distal de dicho puerto de inyección axial (114).
13. Un aparato de pulverización térmica (100), que incluye:
- 55            un componente (104, 106, 108, 110, 112) para calentar y/o acelerar un gas efluente, configurado de modo que da lugar a un chorro de gas efluente;  
un puerto de inyección axial (114) configurado para alimentar axialmente una corriente de fluido a dicha corriente de gas efluente y
- 60            una boquilla (118) en conexión para fluidos con dicho componente (104, 106, 108, 110, 112) de aceleración del gas efluente y dicho puerto de inyección (114),
- caracterizado por que** el puerto de inyección axial (114) comprende una pluralidad de cheurones (120).
- 65            14. Un puerto de inyección axial para una pistola de pulverización térmica (100) que comprende un tubo cilíndrico que tiene una entrada y una salida, estando dicha entrada configurada de modo que puede recibir un flujo de fluido a

través de dicho tubo cilíndrico y comprendiendo dicha salida una pluralidad de cheurones (120) distribuidos de forma radial sobre la circunferencia de dicha salida.

- 5 15. El puerto de inyección axial de la reivindicación 14, en donde dicha pluralidad de cheurones (120) están inclinados hacia fuera, hasta un diámetro mayor que el de la salida de dicho puerto de inyección (114) o en donde dicha pluralidad de cheurones (120) están inclinados hacia dentro, hasta un diámetro menor que el de la salida de dicho puerto de inyección (114).

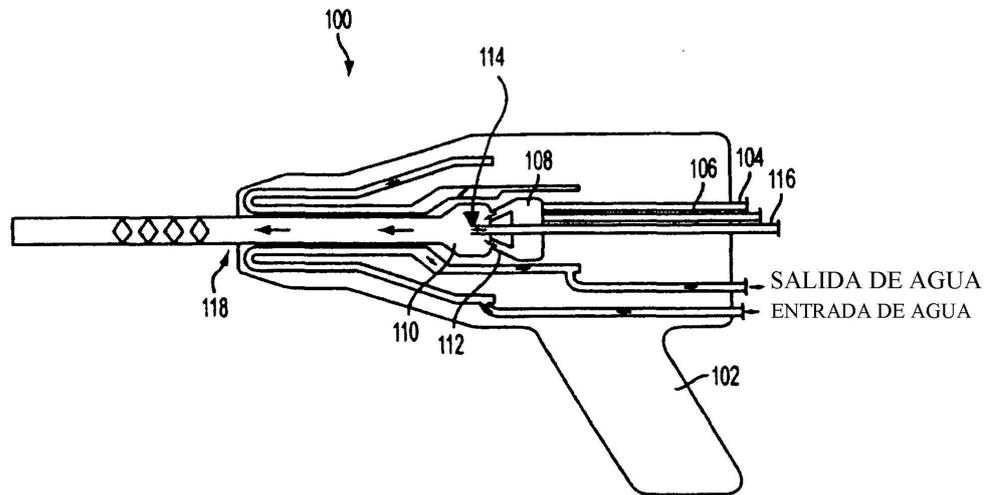


FIG. 1

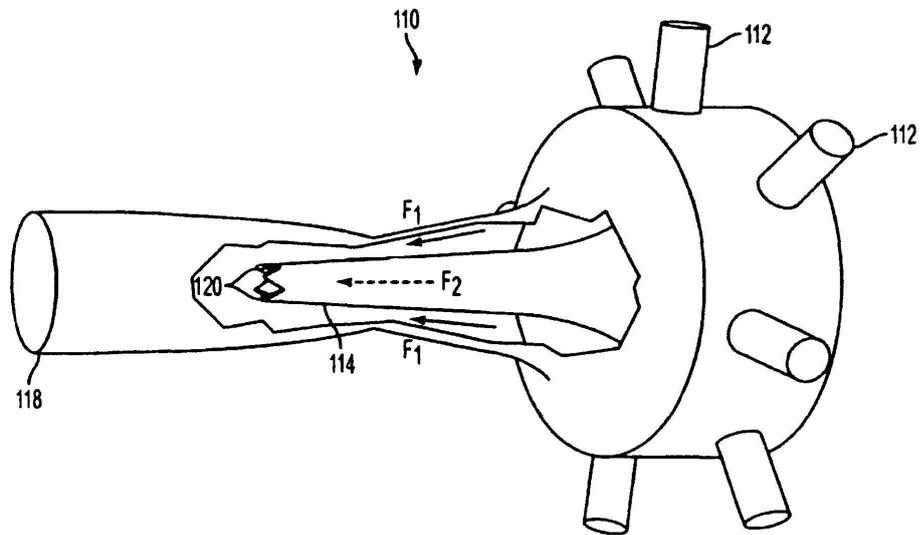
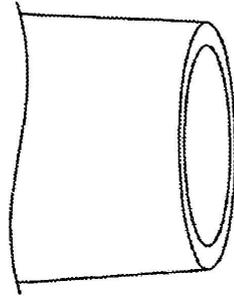
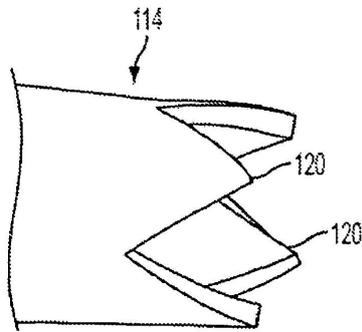


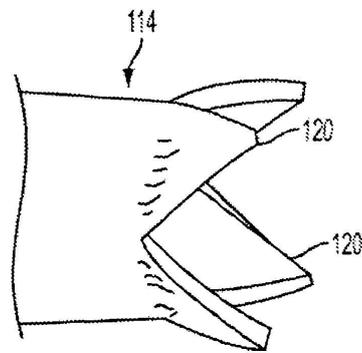
FIG. 2



**FIG. 3**  
TÉCNICA ANTERIOR



**FIG. 4**



**FIG. 5**

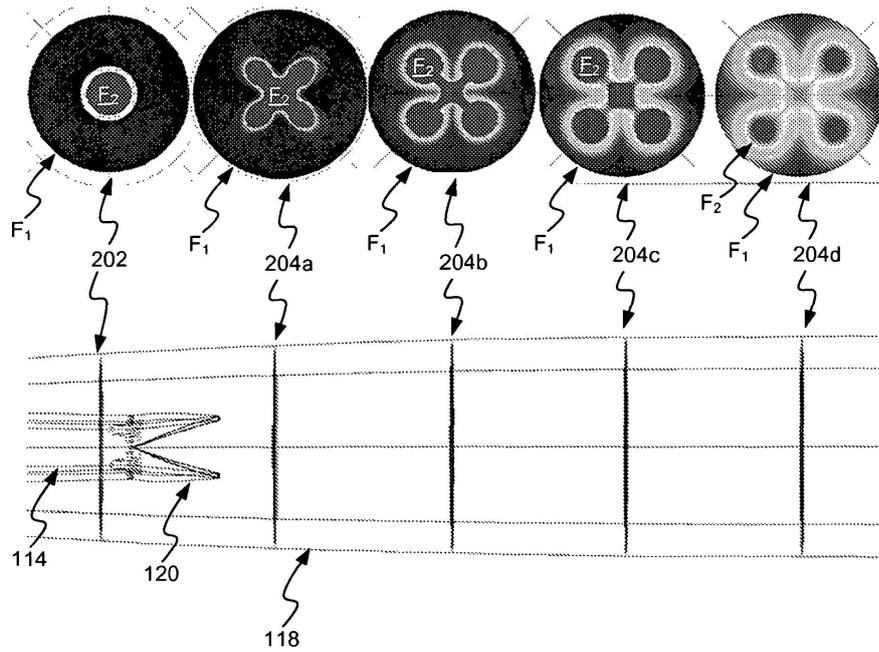


FIG. 6



FIG. 7



**FIG. 8**



**FIG. 9**