

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 452 548**

51 Int. Cl.:

C23C 4/12 (2006.01)

B05B 7/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2010 E 10711455 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2013 EP 2411554**

54 Título: **Tobera para una pistola pulverizadora térmica y método de pulverización térmica**

30 Prioridad:

23.03.2009 GB 0904948

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

01.04.2014

73 Titular/es:

**MONITOR COATINGS LIMITED (100.0%)
Monitor House 2 Elm Road West Chirton North
Industrial Estate
North Shields, Tyne and Wear NE29 8SE, GB**

72 Inventor/es:

**ALLCOCK, BRYAN;
GU, SAI y
KAMNIS, SPYROS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 452 548 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

Tobera para una pistola pulverizadora térmica y método de pulverización térmica

La presente invención se refiere a una tobera para una pistola pulverizadora térmica y a un método de pulverización térmica y se refiere particularmente a una tobera para una pistola pulverizadora térmica de oxígeno-combustible de alta velocidad (HVOF) y a un método de pulverización térmica de HVOF.

Se conocen bien las técnicas de pulverización térmica, en las que se pulveriza un recubrimiento de material calentado o fundido sobre una superficie. Una técnica de este tipo es la pulverización térmica de oxígeno-combustible de alta velocidad en la que se alimenta un material en polvo, por ejemplo carburo de tungsteno/cobalto (WC-Co), a un flujo de gas de combustión producido por una pistola pulverizadora y las partículas calentadas se aceleran hacia un sustrato que va a recubrirse. El polvo se calienta mediante la combustión de la mezcla de combustible y oxígeno y se acelera a través de una tobera convergente-divergente (de Laval).

Se dan a conocer ejemplos de pistolas pulverizadoras térmicas de HVOF en G.D. Power, E.B. Smith, T.J. Barber, L.M. Chiapetta *UTRC Report* n.º 91-8, UTRC, East Hartford, CT, 1991, Kamnis S y Gu S *Chem. Eng. Sci.* 61 5427-5439, 2006 y S. Kamnis y S. Gu *Chem. Eng. Processing.* 45 246-253, 2006. Se muestran toberas de dos pistolas pulverizadoras de este tipo en la figura 1. La tobera 10, de una pistola pulverizadora de HVOF, tiene una cámara 12 de combustión en la que se inyecta una mezcla de oxígeno y combustible a través de una entrada 14 junto con un polvo para recubrir un sustrato (no mostrado). La combustión del combustible tiene lugar en la cámara de combustión y los gases de combustión se expanden y pasan a través de una restricción 16 convergente-divergente y siguen a través de un cañón 18 antes de salir a través de un escape 20.

De manera similar, una tobera 22 tiene una cámara 24 de combustión con diversas entradas 26 para combustible y oxígeno y una tobera 28 convergente-divergente con una parte divergente extendida que forma un cañón que contiene un escape 30. El recubrimiento de polvo se introduce en el cañón a medida que se inicia la separación.

Para evitar la oxidación del material en polvo, el calentamiento debe tener lugar suavemente por un intervalo de temperaturas sin sobrepasar un valor crítico. La temperatura a la que se inicia la oxidación para la mayoría de materiales pulverizados está muy por debajo de la temperatura de llama máxima de aproximadamente 3300K. Por ejemplo, la oxidación de carburo de tungsteno/cobalto se inicia a una temperatura superficial de aproximadamente 1500K. Como resultado, la inyección del polvo en el centro de la cámara de combustión no es apropiada para este material y generalmente para materiales no cerámicos y por tanto el material en polvo debe inyectarse en la corriente de gases supersónicos. Sin embargo, esto proporciona a las partículas un momento en una dirección radial que hace más probable que abandonen la corriente de gas antes de impactar en el artículo que va a recubrirse. Además, las partículas más grandes y más pesadas siguen trayectorias diferentes en comparación con las más pequeñas, más ligeras. En la práctica, el esparcimiento de partículas reduce la precisión de pulverización y disminuye la eficacia de sedimentación porque el impacto de partícula no es normal a la superficie que está recubriéndose.

Además, la inyección del polvo en la tobera da como resultado un daño en la tobera, en particular una erosión de la pared del cañón, y como resultado la tobera, o al menos la sección de cañón, normalmente debe reemplazarse cada diez horas de funcionamiento.

Cuando el caudal de partículas de polvo y gases quemados se acelera hasta velocidades supersónicas, tienen lugar una serie de expansiones y compresiones dentro del cañón. La corriente de gas en el interior se expande y se enfría y se comprime y se calienta a medida que pasa a través de los diamantes de choque. Los diamantes de onda de choque dan como resultado una pérdida de temperatura y la expansión al salir del cañón aumenta la pérdida de temperatura. Una disminución global de la temperatura estática (desde aproximadamente 3000K hasta aproximadamente 2000K) y un aumento global de la velocidad (desde aproximadamente 200 m/s hasta aproximadamente 1800 m/s) después de la compresión y expansión en la región de tobera convergente-divergente, produce este comportamiento dentro del cañón. Cuando se inyecta el polvo en la corriente de gas de alta velocidad, se disminuye su tiempo de permanencia debido a una tasa aumentada de aceleración. Por tanto para garantizar un calentamiento de partícula suficiente, se necesita un cañón largo para mantener altas temperaturas de gas. Este cañón largo, normalmente de 350 mm, limita las aplicaciones a las que puede aplicarse el pulverizador térmico, por ejemplo, son imposibles de pulverizar superficies internas de componentes incluso bastantes grandes.

Prácticamente no pueden usarse partículas pequeñas, por debajo de 10 μm , porque tal material en polvo pequeño se dispersa en el campo gaseoso y por consiguiente rebotan en o nunca alcanzan el artículo que está pulverizándose. Como resultado, las partículas pequeñas nunca alcanzan la línea central de flujo y por tanto no pueden beneficiarse de las regiones de flujo de alta velocidad/temperatura. En su lugar siguen una ruta en el borde del chorro libre y cuando se inicia el mezclado con el aire ambiente fuera del cañón, se esparcen en todas las direcciones. Por tanto, las partículas ligeras persiguen la dirección de flujo y por consiguiente se soplan alejándose

del sustrato.

5 Se da a conocer un ejemplo de la técnica anterior en el documento RU2160640. El dispositivo dado a conocer en este documento aplica un recubrimiento protector decorativo o anticorrosivo a diversas superficies e incluye una cámara de combustión y un tubo axial para el suministro de material pulverizado. Una parrilla cónica está instalada en la salida de la cámara de combustión.

Realizaciones preferidas de la presente invención pretenden resolver las desventajas descritas anteriormente de la técnica anterior.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona una tobera para una pistola pulverizadora térmica de HVOF, comprendiendo la tobera:

10 al menos una cámara de combustión que tiene al menos una entrada de combustible para recibir al menos un combustible, al menos una zona de combustión dentro de la que tiene lugar la combustión de dicho al menos un combustible para producir una corriente de gases de combustión y al menos un escape para evacuar dicha corriente de gases de combustión; y

15 medios de separación, ubicados al menos parcialmente dentro de dicha cámara de combustión, para crear una separación en dicha corriente de gases de combustión creando así una pluralidad de corrientes o una corriente anular antes de que converjan en una única corriente en la que dichos medios de separación comprenden además al menos una entrada de material de recubrimiento para introducir al menos un material de recubrimiento en dicha corriente de dichos gases de combustión en el punto más aguas abajo de dichos medios de separación en dicha corriente, caracterizada porque dichos medios de separación se extienden al menos parcialmente fuera de dicha cámara de combustión a través de dicho escape.

20 Creando una separación en la corriente de gases de combustión, que después se recombinan en una única corriente, se proporcionan varias ventajas. En primer lugar, la tobera de la presente invención genera un chorro supersónico más estable que alcanza una velocidad axial mayor (aproximadamente mach 2) y se mantiene durante más tiempo que en los dispositivos de la técnica anterior en las mismas condiciones de mezcla de oxígeno/combustible y caudal másico. El dispositivo de la presente invención también reduce las ondas de choque de salida (ondas de choque de diamante vistas en el chorro de la técnica anterior) reduciendo así la pérdida de energía/temperatura de las partículas de polvo. Esto da como resultado una única expansión del flujo, justo después de la punta de los medios de separación, que reduce la pérdida de energía. Como resultado de la estabilidad aumentada del chorro, la parte de cañón de la tobera no es necesaria y puede eliminarse. Por tanto, se reduce la longitud global de la tobera permitiendo la pulverización de superficies previamente inaccesibles, por ejemplo, superficies internas de los componentes.

25 Además, como se crea una separación en la corriente de gas de combustión, que produce o bien dos o más corrientes de gas lineales con los medios de separación entre las mismas o bien una corriente anular con los medios de separación en el centro, el material de recubrimiento puede introducirse dentro del hueco o separación creado en la corriente por los medios de separación. Como resultado, el material de recubrimiento nunca está en contacto con la mezcla de combustible y oxígeno y sólo está en contacto con los gases quemados una vez que se completa la combustión. Como resultado, se reduce el riesgo de oxidación del material de recubrimiento. Este riesgo de oxidación se reduce adicionalmente por la estabilidad de la llama que aumenta la probabilidad de que se mezcle el oxígeno del aire de alrededor con la corriente de gases quemados y el material de recubrimiento.

30 Otro factor que permite la eliminación del cañón es que la introducción del polvo inmediatamente aguas abajo de los medios de separación da como resultado que el material de recubrimiento se introduce en la parte que se mueve relativamente despacio pero caliente de la corriente de gas. Como resultado, aumenta el tiempo de vuelo que experimenta la partícula de material de recubrimiento, que es el tiempo desde la introducción en la corriente de gas hasta la sedimentación sobre el producto recubierto, garantizando que cada partícula se calienta apropiadamente.

35 En algunas toberas de la técnica anterior, en las que se introducen partículas en una corriente de gas de flujo rápido, hay poco tiempo para que las partículas se calienten suficientemente y se usa el cañón para mantener el calor en la corriente de gas, antes de que comience a mezclarse con el aire ambiente, para garantizar un calentamiento suficiente de las partículas.

40 En una realización preferida los medios de separación comprenden además al menos una entrada de material de recubrimiento para introducir al menos un material de recubrimiento en dicha corriente de dichos gases de combustión.

En otra realización preferida la entrada de material de recubrimiento comprende al menos una abertura en dichos medios de separación en el punto más aguas abajo de dichos medios de separación en dicha corriente.

- Introduciendo el material de recubrimiento en el lado aguas abajo de los medios de separación, se proporciona la ventaja de que las partículas de recubrimiento no pasan a través de la tobera y por tanto no entran en contacto con ninguna parte de la tobera, tal como un cañón. Como resultado, las partículas calentadas no dañan la tobera extendiendo así la vida útil de una tobera. Además, dado que se introducen partículas de material de recubrimiento en el medio de una corriente de gases de combustión estable las partículas no sufren demasiada desviación radial lo que significa que es más probable que permanezcan dentro de la corriente de gas. Esto a su vez significa que pueden usarse partículas de material de recubrimiento más pequeñas ($<10\ \mu\text{m}$) para el recubrimiento. Además, la introducción de material de recubrimiento en el medio del chorro estable y convergente reduce el desperdicio de partículas mayores que se mueven radialmente y fallan en su objetivo.
- 5
- 10 En una realización preferida, el escape comprende una abertura sustancialmente anular que se extiende entre dicha cámara de combustión y dichos medios de separación.
- En otra realización preferida, el escape comprende una pluralidad de aberturas sustancialmente lineales que se extienden entre dicha cámara de combustión y dichos medios de separación.
- 15 En una realización adicional preferida, los medios de separación se extienden al menos parcialmente fuera de dicha cámara de combustión a través de dicho escape.
- Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona una pistola pulverizadora térmica que comprende:
- al menos una tobera sustancialmente tal como se ha expuesto anteriormente;
- medios de suministro de combustible para suministrar combustible a dicha al menos una entrada de combustible; y
- medios de suministro de material de recubrimiento para suministrar material de recubrimiento a dicha entrada de material de recubrimiento.
- 20
- La pistola pulverizadora es una pistola pulverizadora de oxígeno-combustible de alta velocidad.
- Según un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un método de aplicación de un material de recubrimiento sobre un objeto, que comprende las etapas de:
- 25 introducir al menos un combustible en una cámara de combustión de una tobera de una pistola pulverizadora térmica y quemar dicho combustible para producir gases de combustión que forman una corriente de gases dentro de dicha cámara de combustión hacia un escape;
- separar dicha corriente alrededor de al menos un dispositivo de separación creando así una pluralidad de corrientes en una pluralidad de corrientes o una corriente anular antes de que dichas corrientes converjan en una única corriente;
- 30 introducir al menos un material de recubrimiento en dicha corriente y pulverizar dicho material sobre un objeto.
- En una realización preferida, el al menos un material de recubrimiento se introduce en dichas corrientes en el espacio entre una pluralidad de corrientes separadas o en el centro de la corriente anular.
- En otra realización preferida, el combustible es oxígeno y al menos un combustible fluido.
- 35 A continuación se describirán realizaciones preferidas de la presente invención, sólo a modo de ejemplo, y sin ningún sentido limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:
- la figura 1 es una vista en perspectiva de dos toberas de la técnica anterior;
- la figura 2 es una vista que deja ver el interior en perspectiva de una tobera de la presente invención;
- la figura 3 es una vista que deja ver el interior en perspectiva de una parte delantera de la tobera de la figura 2;
- la figura 4 es una representación esquemática de la parte delantera de la tobera de la figura 3;
- 40 la figura 5 es una representación esquemática de una pistola pulverizadora de la presente invención;
- la figura 6 es una representación esquemática de la parte delantera de una tobera de otra realización de la presente

invención;

la figura 7 es una representación esquemática de la parte delantera de una tobera de una realización adicional de la presente invención;

5 la figura 8 es una gráfica que muestra una comparación entre los campos de flujo de velocidad de gas de la presente invención y un ejemplo de la técnica anterior;

la figura 9 es una gráfica que muestra una comparación entre los campos de flujo de temperatura de la presente invención y un ejemplo de la técnica anterior;

la figura 10 es una gráfica que muestra la comparación de velocidad de partícula entre la presente invención y un ejemplo de la técnica anterior;

10 la figura 11 es una gráfica que muestra la comparación de temperatura de partícula entre la presente invención y un ejemplo de la técnica anterior;

la figura 12 es una gráfica que muestra la trayectoria de partícula en 2D comparando la presente invención y un ejemplo de la técnica anterior;

15 la figura 13 es una gráfica que muestra la comparación de oxidación superficial entre la presente invención y un ejemplo de la técnica anterior; y

la figura 14 es una representación gráfica de contorno de fracción molar de oxígeno del dominio externo comparando la presente invención y un ejemplo de la técnica anterior.

Haciendo referencia a las figuras 2 a 5, una tobera 100 para una pistola 102 pulverizadora térmica tiene una cámara 104 de combustión. Una entrada 106 introduce combustible en la cámara de combustión desde una tubería 108 de suministro de combustible. El combustible se quema en una zona 110 de combustión y una corriente de gases de combustión que abandonan la cámara 104 de combustión a través de escapes 114. La tobera 100 también incluye medios de separación, en forma de aeropunta 116 (*aerospike*), que se ubica parcialmente dentro de la cámara de combustión. La aeropunta 116, en combinación con los bordes 118 de las paredes 120 y 122 superior e inferior curvadas y las paredes 124 laterales con un borde 126, forman escapes 114. Ha de observarse que la pared lateral, que se opone a la pared 124 lateral mostrada en la figura 2, no está ilustrada ni en la figura 2 ni en la figura 5, pero está presente parcialmente en la figura 3.

La presencia de la aeropunta 116 entre los escapes 114 provoca que la corriente 112 de gases de combustión se separe, tal como se indica en 128, y converja tal como se indica en 130.

30 La tobera 100 también tiene entradas 132 de material de recubrimiento en forma de aberturas en el extremo de las tuberías 134 de alimentación de material de recubrimiento. Las entradas 132 están ubicadas preferiblemente en el borde 136 más aguas abajo de la aeropunta 116 y en una superficie plana corta que es normal a la dirección de la corriente 112.

El funcionamiento de la pistola 102 pulverizadora térmica se describirá a continuación con referencia continuada a las figuras 2 a 5. Se bombea combustible al interior de la cámara 104 de combustión de la pistola 102 pulverizadora térmica a través de la entrada 106 de combustible desde la tubería 108 de suministro de combustible. Un combustible típico es una mezcla de combustible gaseoso, por ejemplo propano, y oxígeno. El combustible se suministra a un caudal de 68 l/min, suministrando oxígeno a un caudal de 220 l/min. Este propano y oxígeno se mezclan con aire (que fluye a 471 l/min) y un gas portador, por ejemplo nitrógeno o argón que fluye a un caudal de 14,5 l/min. Sin embargo, también podría usarse esta tobera con otros combustibles que incluyen, pero no se limitan a, queroseno, propano, propileno e hidrógeno. Cuando se usa un combustible líquido, tal como queroseno, se necesita un atomizador para garantizar una combustión eficaz, aunque esto aumenta la longitud de la tobera. En el caso de propano, el combustible se hace arder con una chispa en la parte delantera de la tobera, fuera del cuerpo principal de la pistola. Inicialmente el caudal de mezcla se configura muy bajo de modo que la mezcla se hace arder fuera del cuerpo de la pistola y la llama se mueve hacia atrás en la cámara. Aumentando el caudal lentamente y en pequeños incrementos, la llama turbulenta se estabiliza dentro de la cámara. Para combustibles líquidos tales como queroseno, se necesita un sistema de ignición de chispa desde el interior de la cámara.

La combustión tiene lugar dentro de la zona 110 de combustión y se produce una corriente de gases de combustión de alta presión, normalmente de más de 5 bar, y alta temperatura, normalmente de 3300K. La corriente 112 de gases de combustión de alta presión debe salir de la cámara de combustión a través de escapes 114 y al hacerlo, la corriente se separa en un par de corrientes mediante la aeropunta 116. La aeropunta 116 forma un lado de una campana virtual que es una forma cónica (con al menos 2 puntos de inflexión) del par de corrientes separadas que

forman la aeropunta, con el otro lado formado por el aire externo. Las superficies curvadas superior e inferior de la aeropunta 116 con forma de cuña provocan que las dos corrientes converjan, tal como se indica en 130.

5 En el punto de convergencia, el material de recubrimiento, por ejemplo carburo de tungsteno/cobalto en polvo, se añade a la corriente 112 de gas convergente, a un caudal de 50 g/min. En el punto de inyección de polvo, la temperatura del gas es de aproximadamente 1500K y la velocidad axial del gas es de aproximadamente 30 m/s. Estas aumentan rápidamente hasta 2500K y 1700 m/s respectivamente antes de que la partícula de polvo impacte con la superficie que está recubriéndose. Sin embargo, el tiempo de permanencia de la partícula en la corriente de gas es suficiente para permitir un calentamiento de partícula suave y mejor que el visto en la técnica anterior.

10 Los escapes 114 lineales son aberturas alargadas estrechas en la cámara de combustión y son el resultado de usar una aeropunta lineal. Esta forma de abertura tiene la ventaja de que produce una pulverización de recubrimiento alargada. Como resultado, se aplica material de recubrimiento a la superficie de manera muy eficaz y uniforme en una carrera de pulverización similar al uso de un pincel ancho. Sin embargo, igualmente pueden aplicarse otras formas de aeropunta a este tipo de tobera. Cuando la tobera mostrada en las figuras se corta en una sección transversal que discurre normal al flujo axial de gases indicado mediante la flecha 112, los bordes de corte forman una serie de rectángulos. También podría usarse un motor de aeropunta anular en el que la misma sección transversal produciría una serie de bordes circulares. En este caso, el escape sería un único escape anular circular que se extiende alrededor de una aeropunta ubicada centralmente. Además, podrían usarse aeropuntas anulares no circulares, tales como cuadrados, óvalos o rectángulos.

20 Un experto en la técnica apreciará que las realizaciones anteriores se han descrito sólo a modo de ejemplo y no en sentido limitativo, y que son posibles diversas alteraciones y modificaciones sin apartarse del alcance de protección que se define mediante las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, el material de recubrimiento usado podría estar en una forma distinta de un polvo, tal como un alambre que se alimenta a la llama y fundiéndose el recubrimiento desde el alambre. Además, la tobera de la presente invención puede usarse en otras técnicas de pulverización térmica en las que se necesita aceleración de gas, tal como pulverización de llama, de arco, de plasma o incluso fría.

25 Por ejemplo, la figura 6 muestra una tobera 100 adaptada para su uso en una pistola pulverizadora de llama de alambre. En este ejemplo se alimenta un alambre 140 a través de una aeropunta 116 cerámica calentada a las corrientes 112 de gas convergentes en 130 donde se atomiza en una zona 142 de atomización. La pulverización 144 resultante impacta sobre una superficie que va a recubrirse (no mostrada).

30 En un ejemplo adicional, la figura 7 muestra una tobera 100 adaptada para su uso como pistola de plasma. Un gas de arco pasa a través de la tobera en corrientes 112 con la aeropunta 116 formando un par de cátodos 144 de tungsteno y las superficies 146 de las paredes 120 y 122 superior e inferior que forman ánodos enfriados con agua. Se introduce polvo en la corriente de gas convergente a través de una tubería 148 de entrada.

35 La tobera de la presente invención también puede usarse en pulverización fría. En este caso los gases que queman el oxcombustible se sustituyen por gases de pulverización fría típicos tales como gases portadores de helio o nitrógeno usados a mayores caudales.

40 A continuación, con referencia a las figuras 8 a 14, se exponen ejemplos de un análisis modelado del funcionamiento de la realización de la presente invención mostrada en las figuras 2 a 5, cuando se compara con un ejemplo de la técnica anterior. La tobera de la presente invención genera un chorro supersónico estable que se dirige con fuerza hacia la línea de pulverización. En comparación con un ejemplo de la técnica anterior, que usa una tobera convergente divergente (CDN), la tobera de la presente invención alcanza una velocidad axial mayor (véase la figura 8) que se mantiene durante más tiempo que en la técnica anterior. Este aumento de velocidad se produce como resultado del mezclado retardado del núcleo de chorro con aire ambiente debido a un esparcimiento de chorro más estrecho. Aunque los resultados demuestran claramente que la tobera de la presente invención genera un chorro más potente y confinado axialmente en las mismas condiciones operativas que la técnica anterior (por ejemplo, mismo caudal másico de mezcla de oxcombustible), no es posible eliminar completamente los choques de salida, que se producen debido al cuerpo de tobera truncado. Debe observarse que los valores mayores de velocidad no están en la base delantera de la tobera sino a una cierta distancia de la misma. La región de baja velocidad corta trabaja a favor del calentamiento de polvo. En particular, se aumenta el tiempo de permanencia para la partícula mientras que la acumulación de temperatura es aparente.

55 Una comparación entre la temperatura de gas para la tobera de la presente invención y la técnica anterior (figura 9) muestra claramente la capacidad de la presente invención para generar un campo de flujo de temperatura mayor. La razón de una gran diferencia de temperatura de este tipo entre la tobera de la presente invención y la técnica anterior reside en el hecho de que, en la técnica anterior, la temperatura estática cae cuando se comprime el gas y después se expande varias veces por todo el proceso. En la técnica anterior el gas se comprime y se acelera en la salida a la tobera convergente divergente y a lo largo del cañón con una disminución directa de la temperatura de gas de más de 1000K. Después el flujo se expande de nuevo en la salida del cañón cuando la temperatura cae

adicionalmente. En contraste, la tobera de la presente invención está diseñada de tal manera que el flujo se expande sólo una vez en la punta de tobera. Las corrientes de chorro superior e inferior, que se fusionan aguas abajo, entregan suficiente energía a través de convección y radiación para calentar el polvo hasta el nivel deseado. Además, la tobera de la presente invención impide el contacto directo entre el polvo y la llama eliminando las reacciones no deseadas en la superficie del polvo. El campo de flujo de temperatura de gas generado por la tobera de la presente invención tiene una configuración que es ideal para un calentamiento de partícula de reacción de superficie bajo.

Las mejoras en las características de flujo de gas se reflejan en el calentamiento y la aceleración de partícula. El material de polvo usado para la simulación es carburo de tungsteno-cobalto (WC-12Co). La tobera de la presente invención está diseñada de tal manera que la aeropunta proporciona una configuración robusta para entregar la máxima energía cinética y térmica al polvo reduciendo las pérdidas aerodinámicas y por consiguiente las pérdidas de la energía que puede entregarse. Las simulaciones muestran en las figuras 10 y 11 que ambos parámetros críticos de velocidad y temperatura son muy superiores a los posibles en la técnica anterior. Para partículas de 20 μm la temperatura superficial alcanza el valor de 1200K y la velocidad 650 m/s. A esta mayor temperatura, empieza a tener lugar un ablandamiento del material y combinado con la mayor energía cinética se esperan aumentos en la tasa de sedimentación y la calidad de recubrimiento.

El tamaño de polvo típico que se usa actualmente en la industria con la técnica anterior no se encuentra por debajo de 10 μm . La razón es que el material de polvo se dispersa en el campo gaseoso y por consiguiente rebota o nunca alcanza el sustrato.

En la figura 11, se muestra la trayectoria de partícula en la dirección radial. Las partículas pequeñas (de 5 μm de diámetro) nunca alcanzan la línea central de flujo para la configuración de la técnica anterior. Esto significa que no pueden beneficiarse de las regiones de flujo de alta velocidad-temperatura y en su lugar siguen una ruta en el borde del chorro libre. Cuando empieza a crecer el mezclado turbulento con aire ambiente el flujo se esparce en todas las direcciones. Las partículas ligeras persiguen la dirección de flujo y por consiguiente se soplan alejándose del sustrato. Sin embargo, la tobera de la presente invención está diseñada de tal manera que es incluso más apropiada para pulverizar partículas pequeñas. El diseño de tobera de aeropunta permite una inyección axial de polvo para la que se limita la dispersión de partícula tal como se muestra en la figura 12. El vector de velocidad de partícula resultante en una dirección radial es considerablemente menor que en la técnica anterior, por tanto puede controlarse de manera precisa la ubicación de pulverización sobre el sustrato.

Los altos perfiles térmicos tolerados para partículas pulverizadas dan lugar a oxidación en la superficie de polvos, lo que se ha encontrado en el recubrimiento metálico con pulverización sin tratamiento posterior usando técnicas de imagen microscópica. Los óxidos metálicos son frágiles y tienen coeficientes de expansión térmica diferentes en comparación con los metales de alrededor. Por tanto, los óxidos en el recubrimiento tienen un efecto negativo sobre las propiedades mecánicas del recubrimiento, que debilita el rendimiento de los productos recubiertos. Esto da lugar a la importancia de reducir el desarrollo de óxidos durante la pulverización térmica con el fin de lograr recubrimientos de mayor calidad. La oxidación sobre la superficie de partícula tendrá lugar cuando esté disponible suficiente oxígeno en el flujo de gas de alrededor. Basándose en la teoría de Mott-Cabrera, la oxidación se controla mediante el transporte iónico a través de la película de óxido y por tanto el crecimiento de la capa de óxido puede limitarse disminuyendo la fracción de oxígeno que rodea a la partícula. La fracción molar de oxígeno aumenta en el chorro cuando se produce el mezclado con aire ambiente. La representación gráfica de contorno de oxígeno en la figura 14 muestra que el chorro de gas supersónico generado por la tobera de la presente invención puede proteger más que en la técnica anterior en la que oxígeno excesivo para penetrar en el núcleo de chorro. Como resultado, en la presente invención está disponible una cantidad muy pequeña de oxígeno y se espera menos oxidación. El grosor de película de óxido es 5 veces menor que el que se crea en la técnica anterior.

REIVINDICACIONES

1. Tobera para una pistola pulverizadora térmica de HVOF, comprendiendo la tobera (100):

5 al menos una cámara (104) de combustión que tiene al menos una entrada (106) de combustible para recibir al menos un combustible, al menos una zona (110) de combustión dentro de la que tiene lugar la combustión de dicho al menos un combustible para producir una corriente (112) de gases de combustión y al menos un escape (114) para evacuar dicha corriente de gases de combustión; y

10 medios (116) de separación, ubicados al menos parcialmente dentro de dicha cámara de combustión, para crear una separación en dicha corriente de gases de combustión creando así una pluralidad de corrientes o una corriente anular antes de que converjan en una única corriente en la que dichos medios (116) de separación comprenden además al menos una entrada (132) de material de recubrimiento para introducir al menos un material de recubrimiento en dicha corriente de dichos gases de combustión en el punto más aguas abajo de dichos medios de separación en dicha corriente, caracterizada porque dichos medios de separación se extienden al menos parcialmente fuera de dicha cámara de combustión a través de dicho escape.

15 2. Tobera según la reivindicación 1, en la que dicho escape (114) comprende una abertura sustancialmente anular que se extiende entre dicha cámara (104) de combustión y dichos medios (116) de separación.

3. Tobera según la reivindicación 1, en la que dicho escape (114) comprende una pluralidad de aberturas sustancialmente lineales que se extienden entre dicha cámara (104) de combustión y dichos medios (116) de separación.

4. Pistola pulverizadora térmica de HVOF que comprende:

20 al menos una tobera (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3;

medios (108) de suministro de combustible para suministrar combustible a dicha al menos una entrada (106) de combustible; y

medios (134) de suministro de material de recubrimiento para suministrar material de recubrimiento a dicha entrada (132) de material de recubrimiento.

25 5. Método de HVOF de aplicación de un material de recubrimiento sobre un objeto, que comprende las etapas de:

introducir al menos un combustible en una cámara (104) de combustión de una tobera (100) de una pistola pulverizadora térmica y quemar dicho combustible para producir gases de combustión que forman una corriente (112) de gases dentro de dicha cámara de combustión hacia un escape (114);

30 separar dicha corriente (116) alrededor de al menos un dispositivo de separación creando así una pluralidad de corrientes en una pluralidad de corrientes o una corriente anular antes de que dichas corrientes converjan en una única corriente;

35 introducir al menos un material de recubrimiento en dicha corriente a través de al menos una entrada (132) de material de recubrimiento en el punto más aguas abajo de dicho dispositivo de separación y pulverizar dicho material sobre un objeto, caracterizado porque dicho al menos un dispositivo de separación se extiende al menos parcialmente fuera de dicha cámara de combustión a través de dicho escape.

6. Método según la reivindicación 5, en el que dicho al menos un material de recubrimiento se introduce en dichas corrientes (112) en el espacio entre una pluralidad de corrientes separadas o en el centro de la corriente anular.

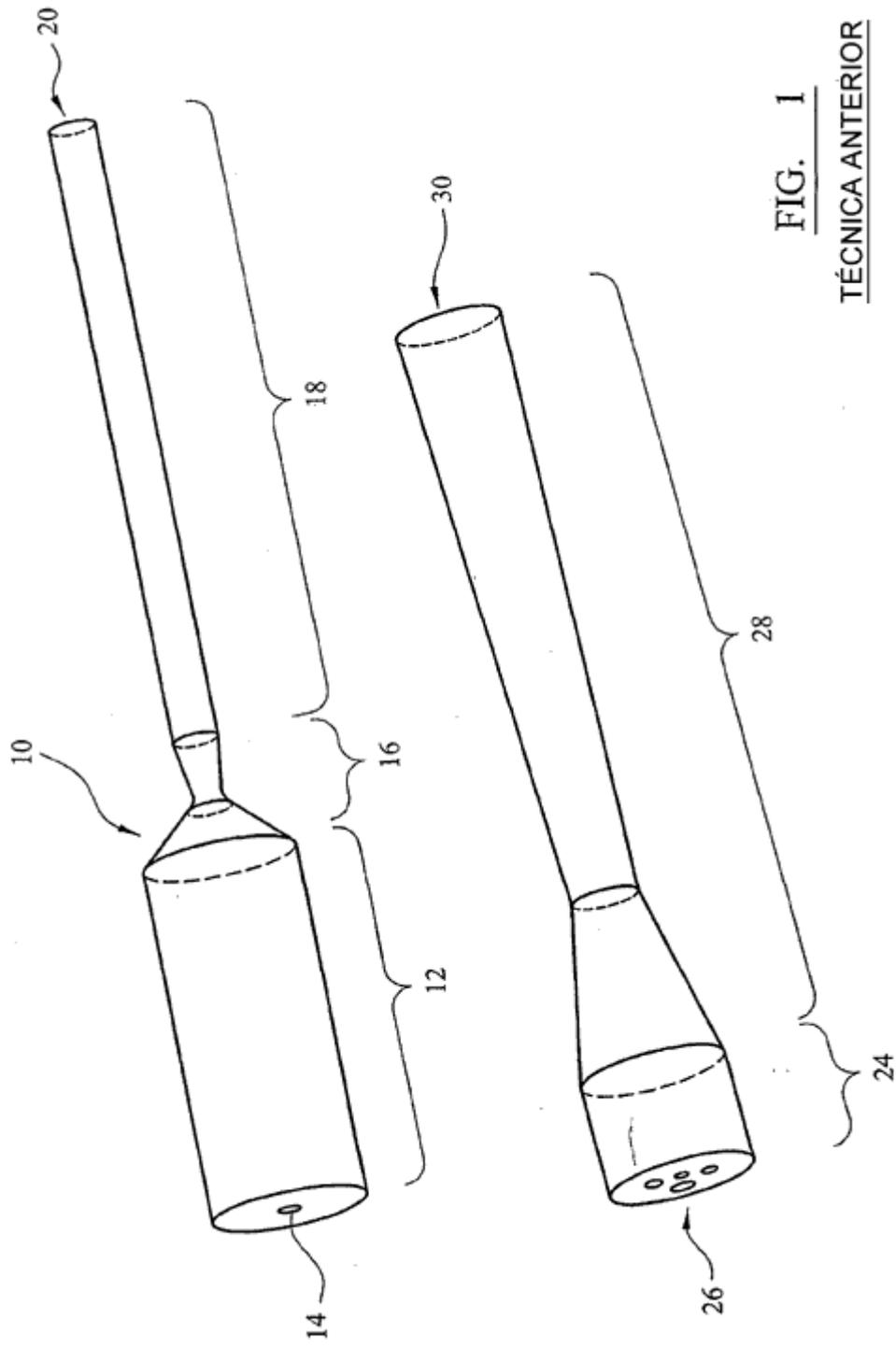


FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

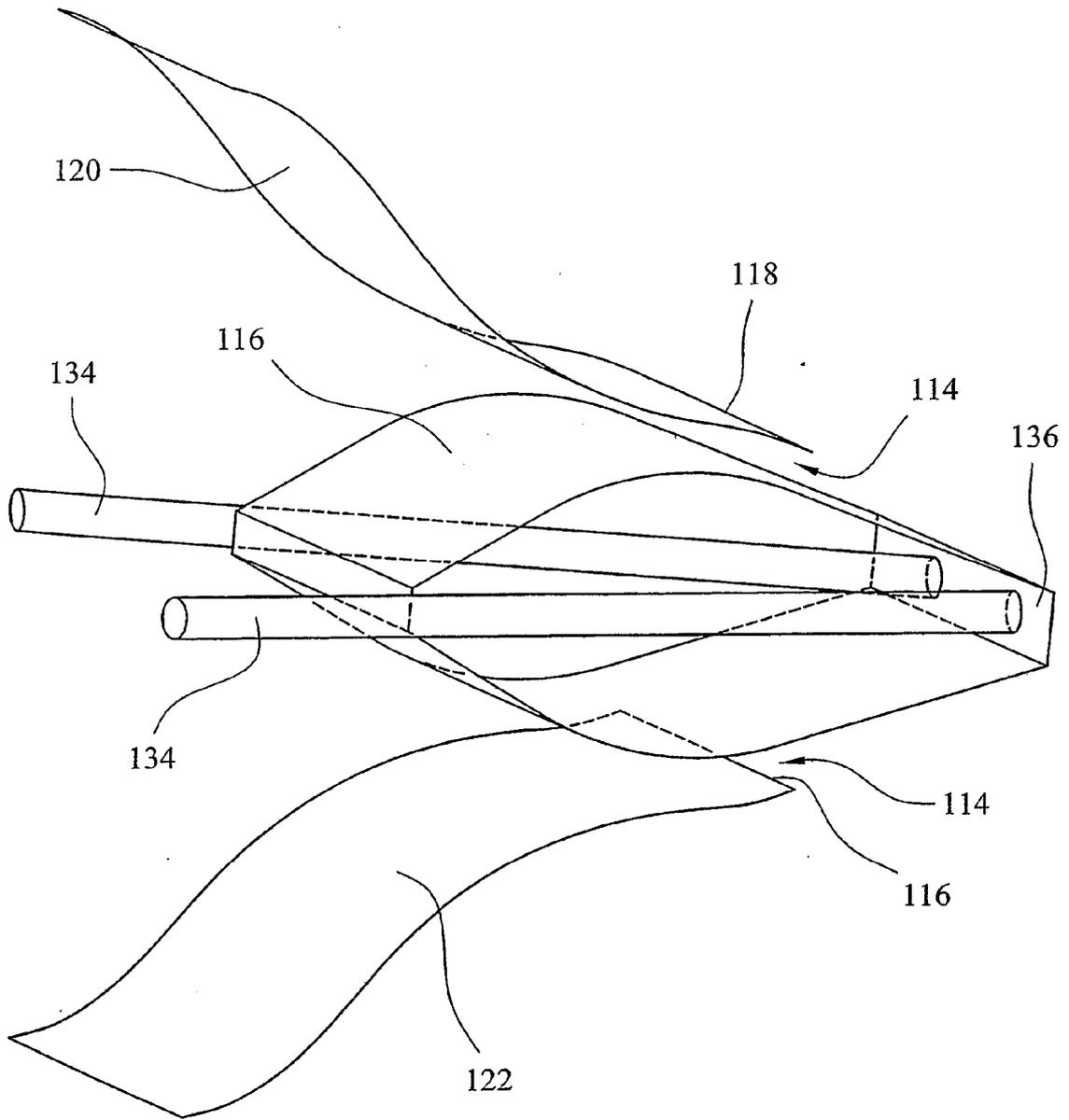


FIG. 4

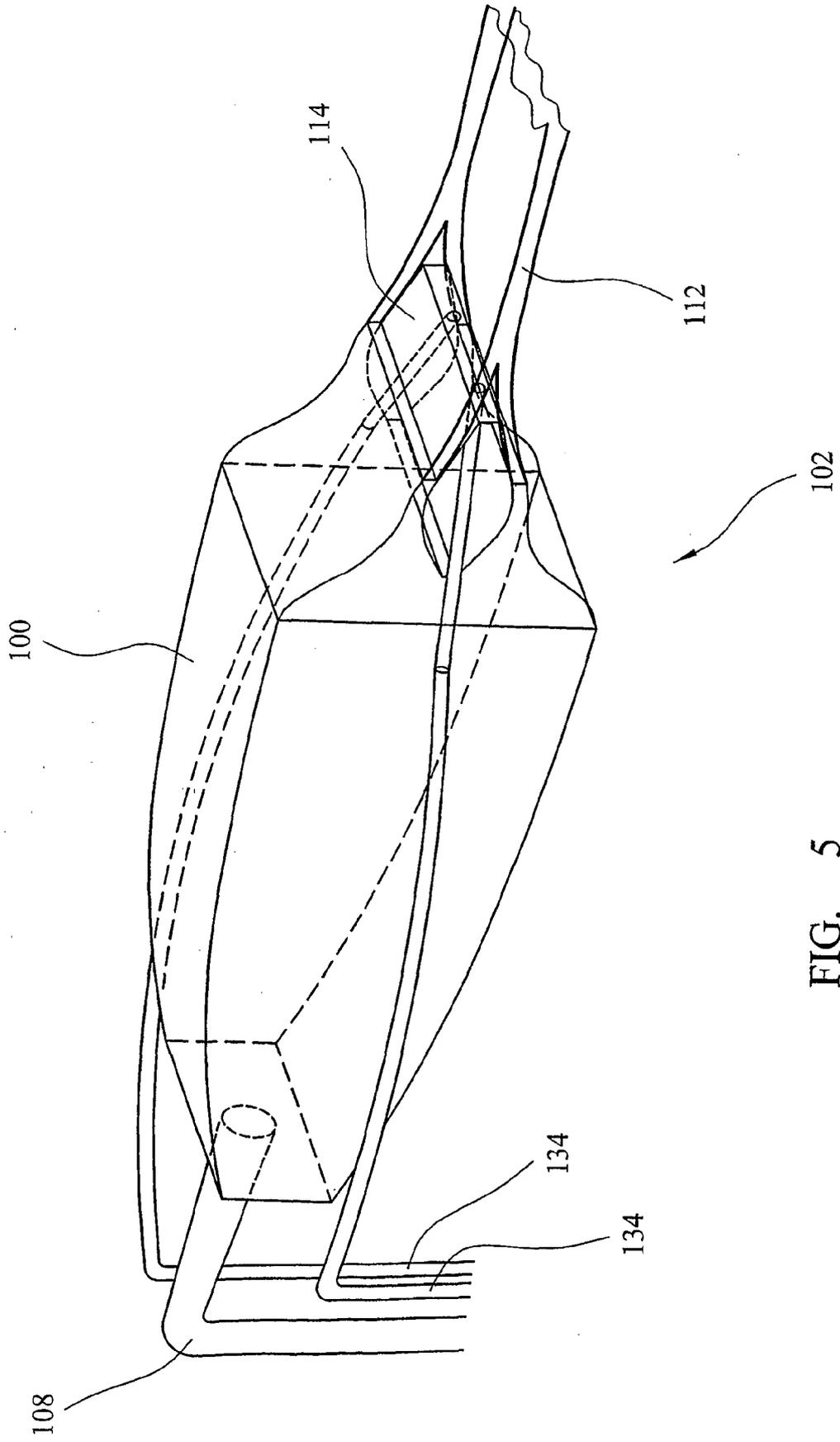


FIG. 5

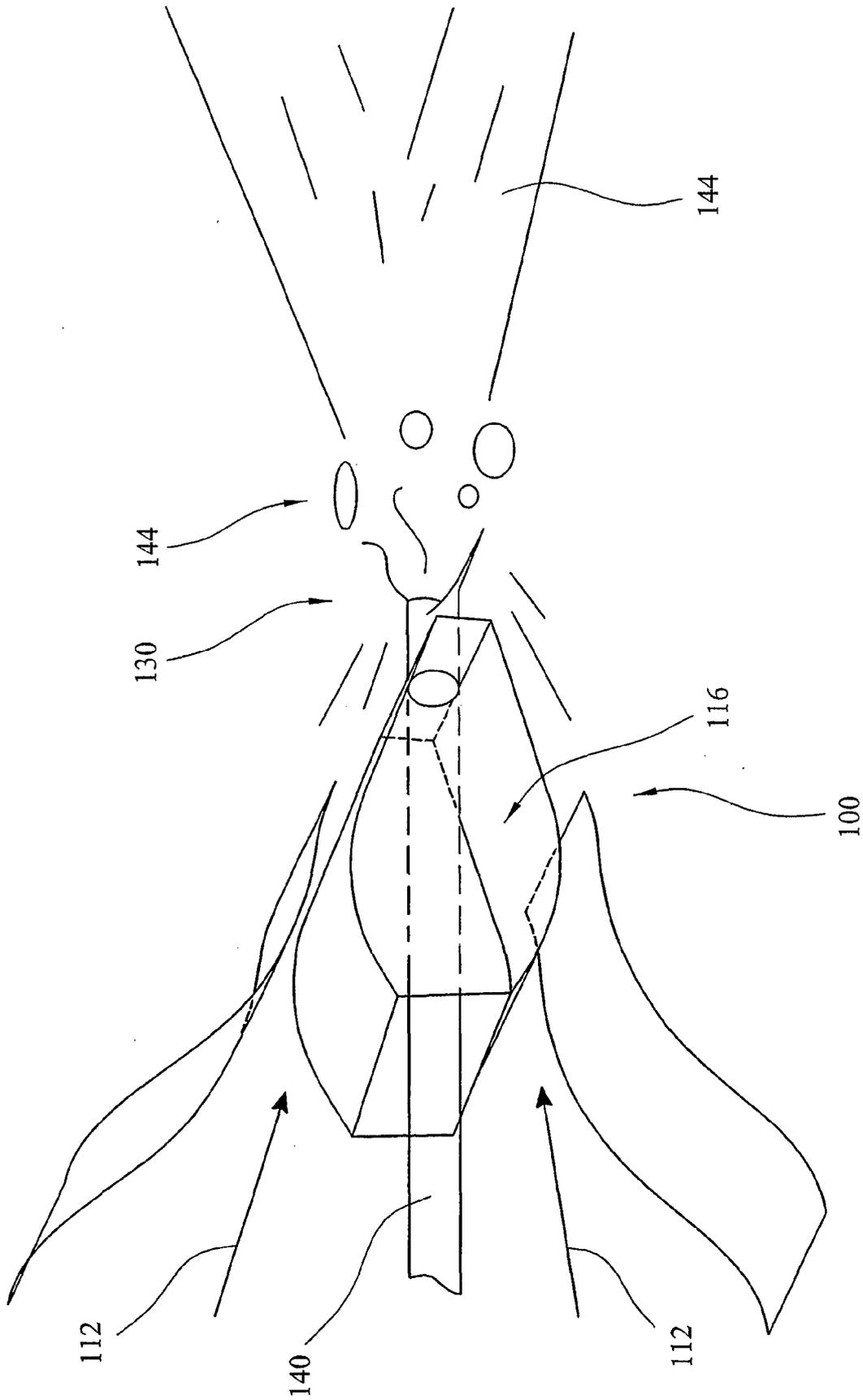


FIG. 6

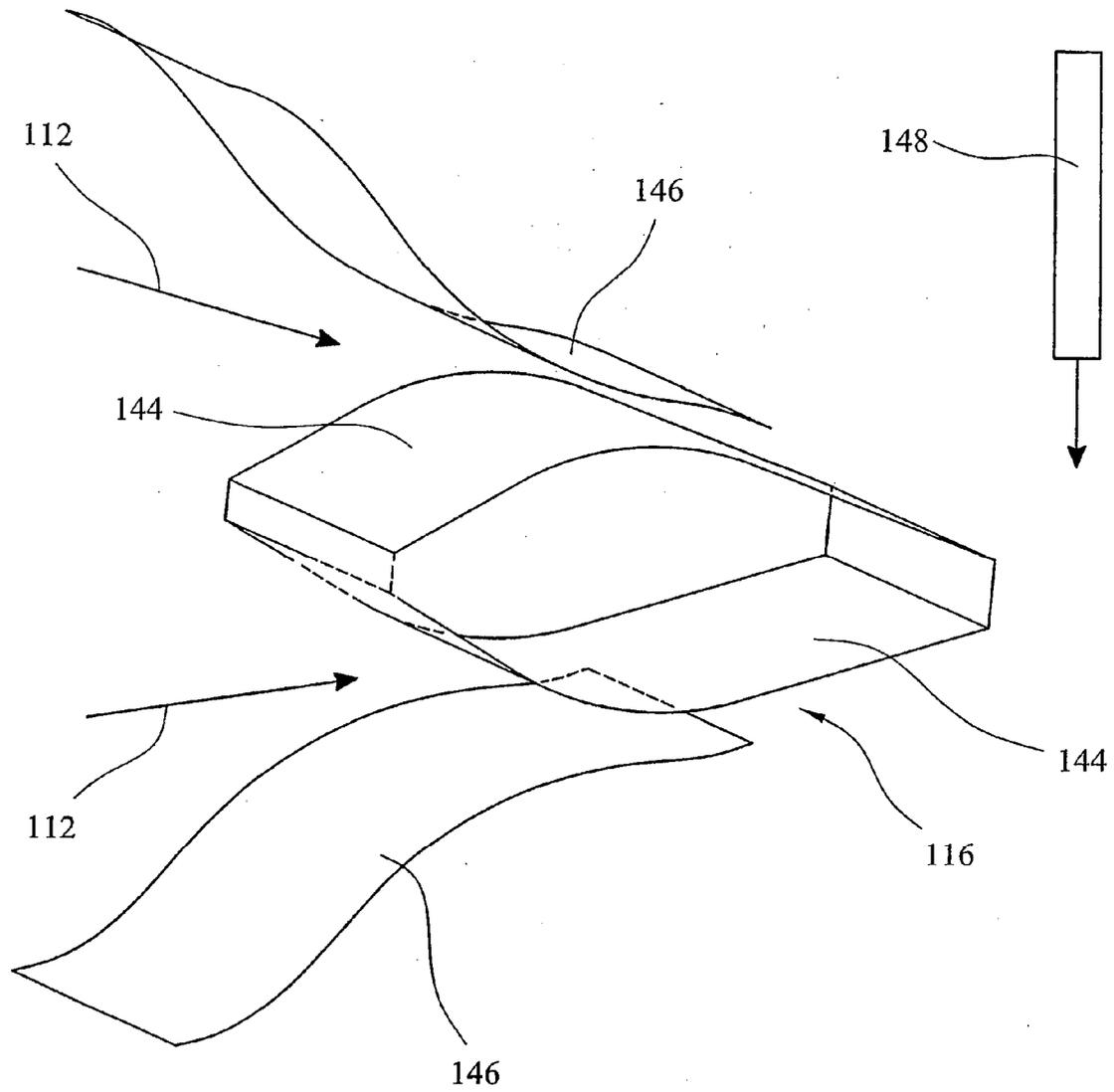


FIG. 7

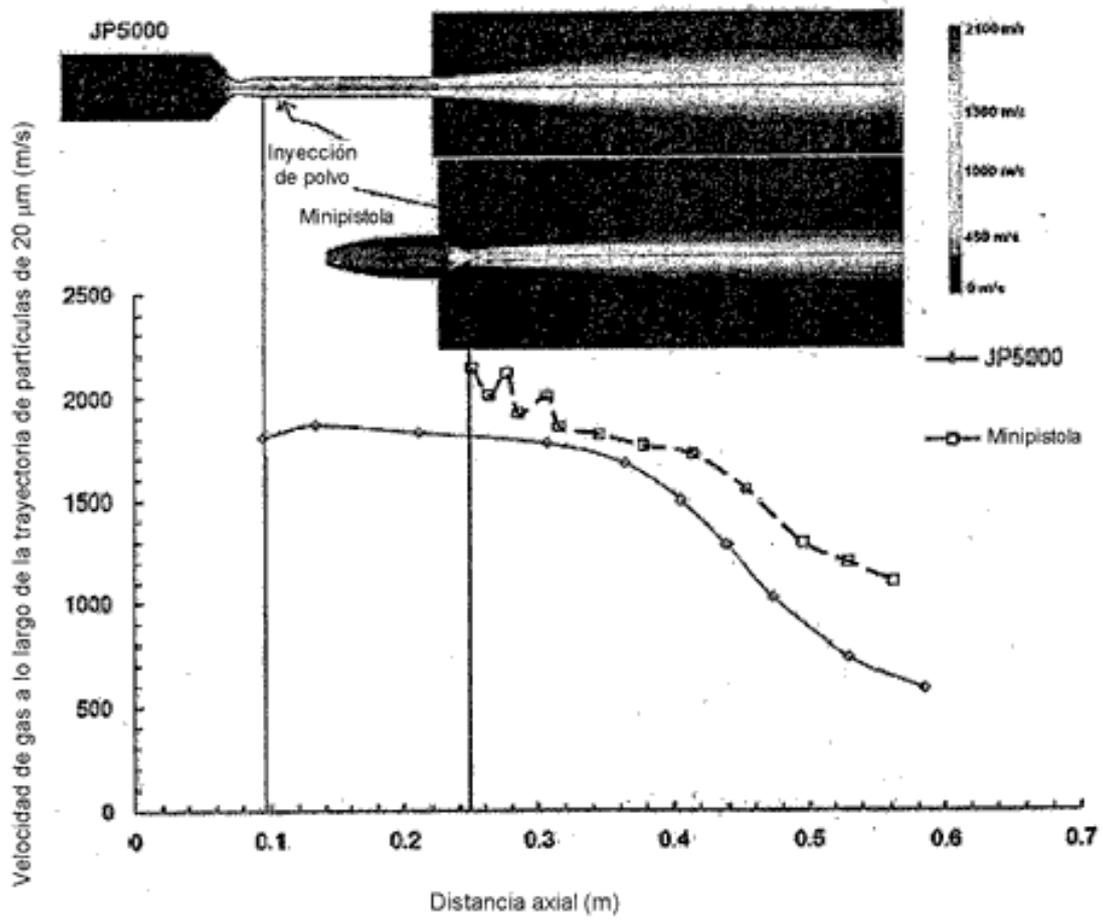


FIG. 8

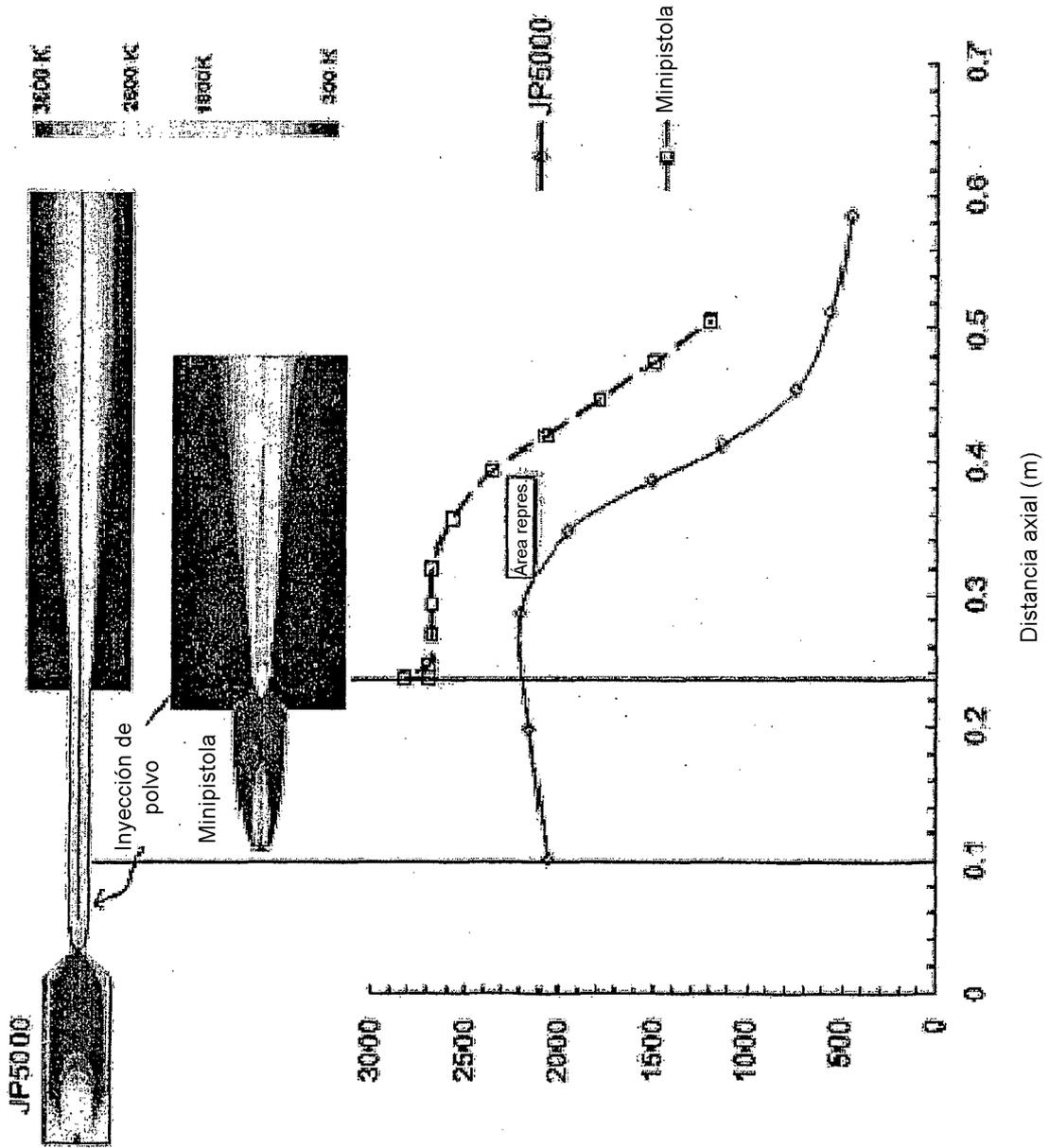


FIG. 9

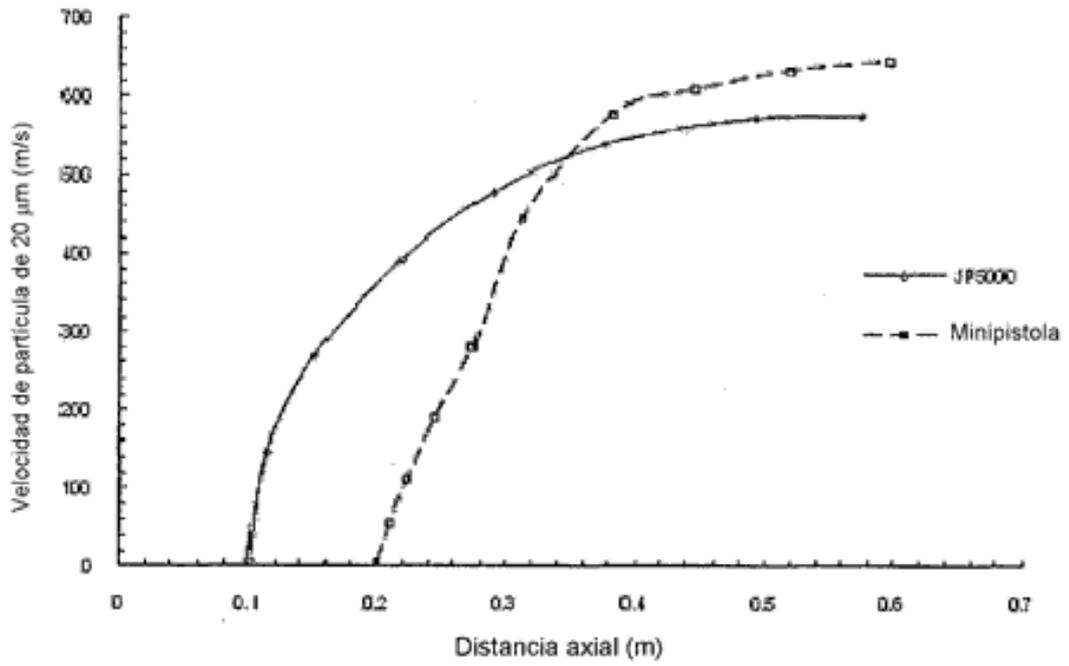


FIG. 10

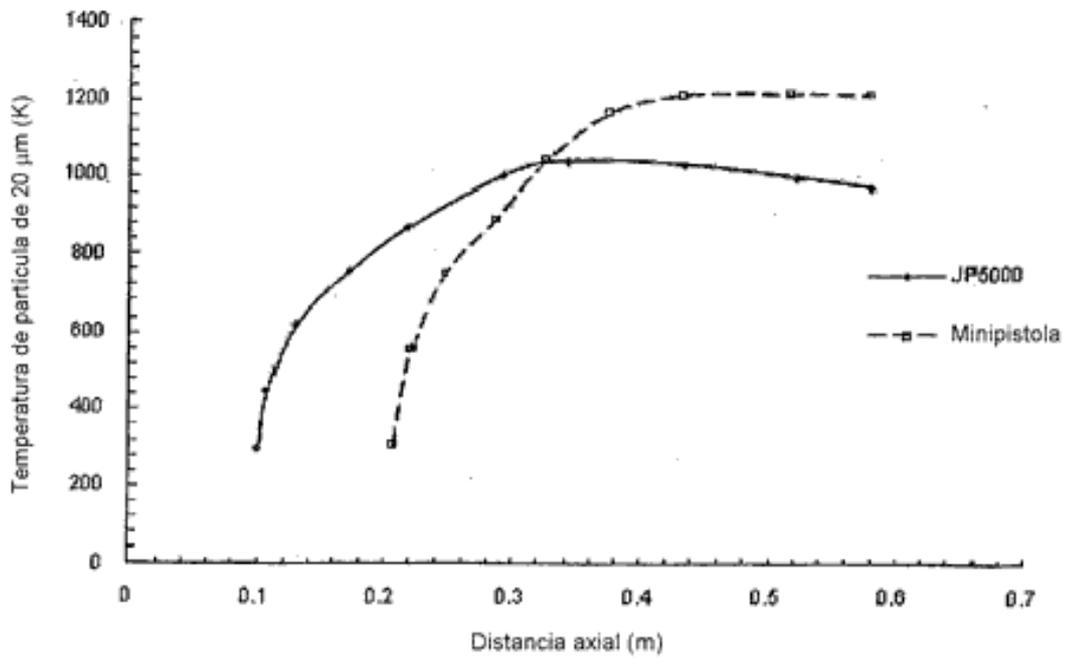


FIG. 11

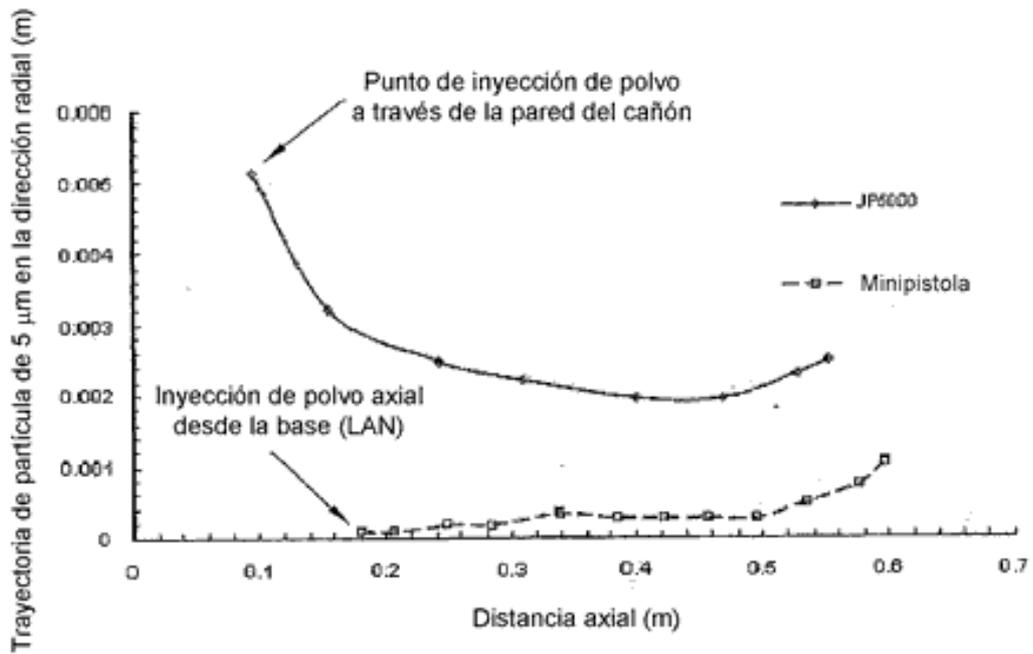


FIG. 12

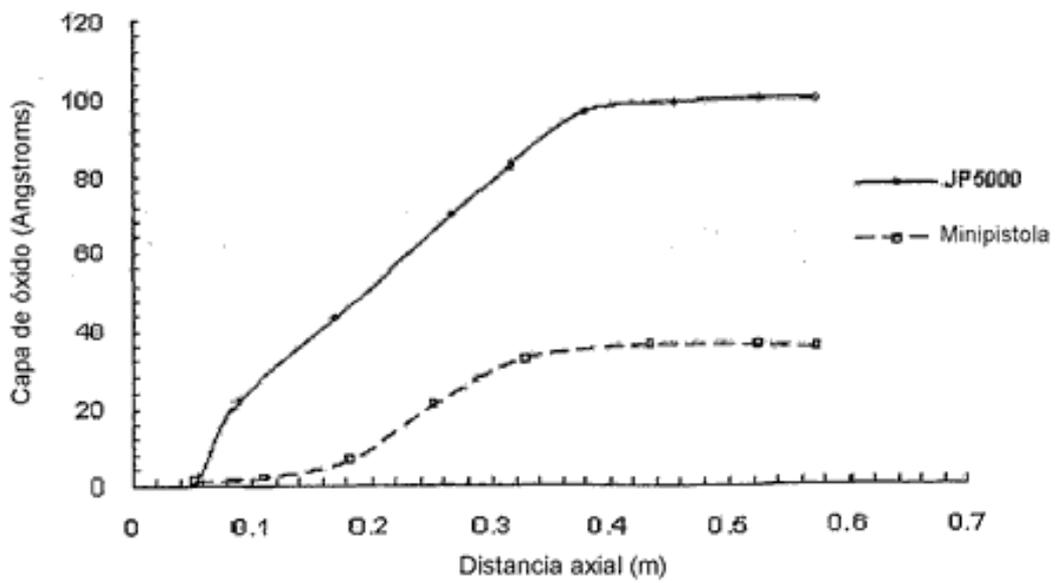


FIG. 13

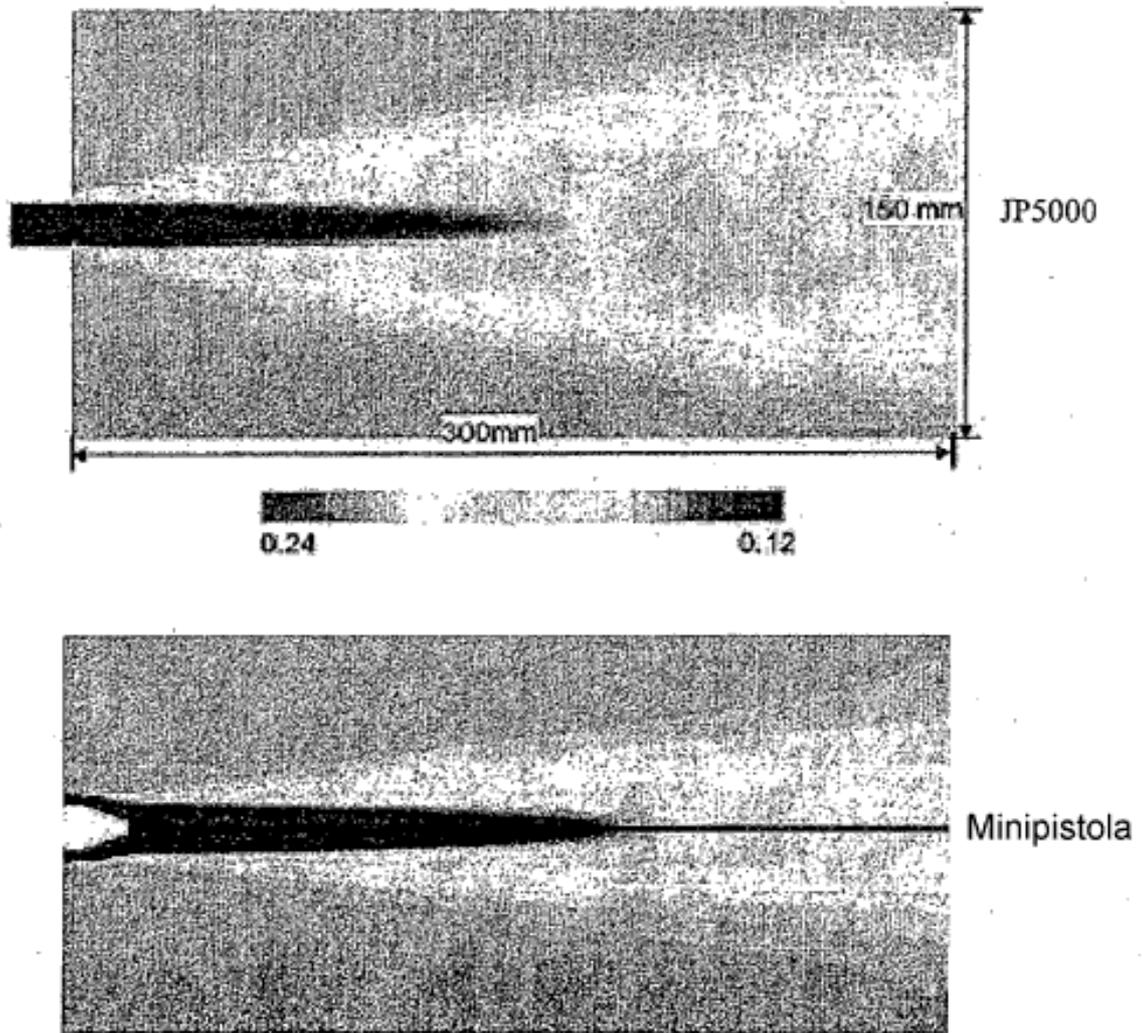


FIG. 14