

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 387**

51 Int. Cl.:

H05H 1/24 (2006.01)

H05H 1/34 (2006.01)

H05H 1/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2009 E 09775312 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2013 EP 2377373**

54 Título: **Procedimiento de generación de un flujo de plasma**

30 Prioridad:

09.12.2008 CH 19322008

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

02.09.2013

73 Titular/es:

**ADVANCED MACHINES SÀRL (100.0%)
Rue Galilée 2
1400 Yverdon-les-Bains, CH**

72 Inventor/es:

**BEGOUNOV, STANISLAV;
GOLOVIATINSKI, SERGEY y
TSVETKOVA, IOULIA**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 421 387 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de generación de un flujo de plasma

Dominio técnico.

5 El presente invento concierne a un procedimiento de generación de un flujo de plasma que posee una baja temperatura y una potencia relativamente importante.

Estado de la técnica.

10 En el dominio del tratamiento de superficies, se conoce utilizar un flujo de plasma, principalmente, para soldar superficies o recortar superficies. Dichas aplicaciones de un flujo de plasma han sido principalmente descritas en la patente US 3 515 839. Sin embargo, en este estado de la técnica, el flujo de plasma creado presenta una temperatura muy elevada. Este flujo de plasma no es conveniente por tanto para el tratamiento de superficies sensibles al calor como el plástico por ejemplo. También se conoce utilizar un flujo de plasma para tratar superficies plásticas de forma que aumente su mojabilidad. Dicha aplicación ha sido principalmente descrita en el artículo "Surface Treatment of Plastics by Plasmajet", publicado en el Journal of Adhesion Society of Japan, Volume 6, No.4, el 2 de agosto de 1968. En este documento, el flujo de plasma es generado aplicando una tensión entre un cátodo formado por una barra de tungsteno y torio y un ánodo que forma el cuerpo de la tobera de plasma. Además, un flujo de gas argón circula en el espacio libre separando el ánodo y el cátodo de manera que desarrolle el arco eléctrico formado entre estos dos electrodos hasta una abertura de salida de la tobera. Sin embargo, en este documento, la temperatura media del chorro de plasma es de alrededor de 5500 °K lo que es todavía demasiado elevado para las aplicaciones de tratamiento de superficies previstas en el presente invento. US 2003/0047540 describe un método de deposición por plasma mediante alimentación pulsada. US3914573, WO9604098, EP0342388 describen unas antorchas para tratamiento de superficies que tienen una tobera alargada.

Divulgación del invento.

El presente invento tiene como objetivo proponer un dispositivo y un procedimiento que permita generar un flujo de plasma cuya temperatura es baja aún teniendo una potencia relativamente importante.

25 A este efecto, se propone un dispositivo generador de un flujo de plasma que incluye una caja eléctricamente conductora de forma tubular formando un canal central atravesado por un gas turbulento, un electrodo central dispuesto coaxialmente en dicho canal y una fuente de energía eléctrica destinada a aplicar una tensión eléctrica V entre el electrodo y la caja, caracterizado por que el diámetro medio del canal formado por la caja disminuye progresivamente desde una zona situada sensiblemente a nivel de la extremidad libre del electrodo hasta una zona de extremidad de dicha caja, dicha zona de extremidad está configurada de tal forma que la tensión eléctrica mínima $V_{cmin}(0)$ a aplicar para desarrollar un arco eléctrico entre dicho electrodo y dicha zona de extremidad sea estrictamente superior a dicha tensión V.

35 Con esta configuración, el dispositivo permite limitar el desarrollo de un arco eléctrico en el interior de una caja conductora a una zona de extremidad posicionada justo antes de la apertura de la caja destinada a suministrar el flujo de plasma sobre la pieza a tratar. En efecto, la zona de extremidad está configurada de tal forma que desarrolle un arco eléctrico con el electrodo central únicamente a partir de una determinada tensión mínima. Por ello, aplicando una tensión inferior a dicha tensión mínima, el arco eléctrico se desarrolla por el interior del canal central de la caja hasta aproximarse, incluso alcanzar, dicha zona de extremidad, y se retracta bruscamente en dirección del electrodo central. A continuación, retoma su desarrollo por el interior del canal en la dirección de dicha zona de extremidad hasta que se retracta de nuevo. Esta sucesión de desarrollo y de retractación del arco eléctrico genera un flujo de plasma relativamente potente pero cuya temperatura es suficientemente baja para permitir su utilización en numerosas aplicaciones de tratamiento de superficies.

El invento concierne un procedimiento de generación de un flujo de plasma tal y como se define en las reivindicaciones 1 y 2.

45 Con esta configuración, el procedimiento según el invento permite crear una sucesión de fases de desarrollo y de fases de retractación de un arco eléctrico por el interior del canal central de una tobera de plasma convencional de manera que genere al final un flujo de plasma que posee a una baja temperatura y una potencia relativamente importante.

Breve descripción de los dibujos.

50 Se comprenderán mejor otras ventajas y características del presente invento con la lectura de un modo particular de realización del invento haciendo referencia a los dibujos en los que:

-la Figura 1 representa una vista esquemática, lateral y en sección de un dispositivo generador de un flujo de plasma;

-la Figura 2a representa una vista esquemática, lateral y en sección de una primera variante de una zona de extremidad utilizable en el dispositivo representado en la Figura 1;

-la Figura 2b representa una vista frontal de la zona de extremidad representada en la Figura 2a;

5 -la Figura 3a representa una vista esquemática, lateral y en sección de una segunda variante de una zona de extremidad utilizable en el dispositivo representado en la Figura 1;

-la Figura 3b representa una vista en planta de la zona de extremidad representada en la Figura 3a;

-la Figura 3c representa una vista en planta de la zona de extremidad representada en la Figura 3a, en su posición de utilización;

10 -la Figura 4 representa una vista esquemática, lateral y en sección de una tercera variante de una zona de extremidad utilizable en el dispositivo representado en la Figura 1;

Descripción detallada de un modo de ejecución del invento.

El dispositivo 10, representado en la Figura 1, tiene una caja 1 conductora eléctricamente de forma tubular, conectada a tierra, incluyendo una cavidad interna que une sus dos extremidades, dicha cavidad constituye un canal central 2 alargado por el interior del cual circula un gas turbulento 3. El gas 3, por ejemplo aire, es introducido en el canal central 2 a partir de una abertura 4 practicada en la pared lateral de la caja 1. El gas 3 es llevado a arremolinarse por medio de un dispositivo de torbellino (no representado) de manera que el gas 3 pase por el interior del canal 2 formando un vórtice sensiblemente helicoidal alrededor del eje longitudinal del canal 2, que se confunde con el eje longitudinal de la caja 1. En una de las extremidades de la caja 1 está montado un soporte aislante 6 sobre el que está fijado un electrodo central 5 con forma de varilla, que penetra coaxialmente en el canal central 2. Una fuente de alta tensión eléctrica 7, que puede suministrar según el caso una tensión continua, una tensión alterna o una tensión pulsada, está conectada al electrodo 5 y a la tierra. Además, un dispositivo 8 de medida y de regulación de la corriente y de la tensión eléctrica conectado entre la fuente de tensión 7 y el electrodo 5 permite controlar la tensión real aplicada entre el electrodo 5 y la caja 1. Por ello, en la configuración representada, la caja 1, formada por un metal y conectada a la misma tierra, sirve de contra-electrodo de manera que pueda ser provocada una descarga eléctrica entre el electrodo 5 y la caja 1. Esta descarga eléctrica se produce inicialmente en una zona de ignición 9, que se sitúa en el espacio libre que rodea el electrodo 5 y está delimitada por la pared interna de la caja 1. La zona de ignición 9 se posicionará generalmente en la proximidad de la extremidad libre del electrodo 5 y aguas debajo de la abertura 4 de manera que permita al gas 5 desplazar a lo largo del eje de la caja 1 los micro-arcos eléctricos 11 formados en cada descarga. Por ello, los micro-arcos 11 se alargan con el tiempo en toda la longitud del canal 2 y, con motivo de una estabilización mediante torbellino del flujo de gas en la dirección del eje de la caja 1, forman un arco cableado 12 casi estable que alcanza el electrodo 5 en una zona de extremidad 13 de la caja 1. Esta zona de extremidad 13 puede parecerse por ejemplo a un canal de extremidad orientado según el eje longitudinal de la caja 1, desembocando dicho canal de extremidad en una extremidad abierta por la que sale el flujo de plasma. Puede igualmente poseer una forma más compleja como veremos más ampliamente a continuación haciendo referencia a las Figuras 2 a 4. Una vez el arco 12 formado, los micro-arcos 11 se forman entre este arco 12 y las paredes internas de la caja 1.

La estructura de base del dispositivo 10 tal y como ha sido descrita anteriormente no permite sin embargo la generación de un flujo de plasma de baja temperatura. En efecto, en esta estructura de base, el arco eléctrico 12 se estabiliza rápidamente. El flujo de plasma está por tanto generado sin interrupción mientras que se mantenga una tensión V entre el electrodo 5 y la caja 1. Este modo de funcionamiento induce la formación de un flujo de plasma potente y particularmente caliente. Además, en esta configuración, existe un gran riesgo de que el arco eléctrico 12 se forme directamente entre el electrodo 5 y el objeto a tratar si este último es metálico. Para solucionar esto, la solicitante ha tenido la idea de limitar el desarrollo del arco eléctrico 12, principalmente provocando su retractación cuando alcanza una zona límite en el interior de la caja 1. Se revela que, para mantener una potencia suficiente del flujo de plasma, es ventajoso hacer coincidir esta zona límite con la zona de extremidad 13 mencionada anteriormente.

En este estado, se pueden considerar dos soluciones para provocar una retractación del arco eléctrico 12.

Una primera solución consiste en determinar primero la tensión real V_{cmax} a partir de la cual es susceptible de formarse un arco eléctrico entre el electrodo 5 y la zona de extremidad 13 de la caja 1. Controlando la tensión real V_r por medio del dispositivo 8, es posible determinar en qué momento V_r alcanza el valor V_{cmax} . El dispositivo 8 es entonces capaz de enviar una señal de interrupción a la fuente de tensión 7 de manera que produzca un micro-corte eléctrico que conlleve una retracción del arco 12 hasta la zona de ignición 9. A continuación, el restablecimiento y mantenimiento de la tensión V produce de nuevo la expansión del arco 12 hasta la zona de extremidad 13 y, en consecuencia, de nuevo su retracción. Procediendo de este modo, se genera un flujo de plasma no equilibrado que se caracteriza por una temperatura relativamente baja, principalmente comprendida entre 30 °C y 300 °C.

Una segunda solución consiste en configurar el dispositivo generador de flujo de plasma de tal forma que una retracción automática del arco eléctrico 12 se produzca en el momento donde alcanza o se acerca a la zona de

extremidad 13. Este resultado puede principalmente ser obtenido utilizando la estructura particular de la caja 1 representado en la Figura 1. En esta estructura, la caja 1 posee un canal 2 cuya sección, o el diámetro medio, disminuye progresivamente desde la zona de ignición 9 hasta la zona de extremidad 13. Esta disminución progresiva puede principalmente consistir en segmentar la pared interna de la caja 1 en una serie de secciones tubulares S1, S2, S3 y S4 de diámetro decreciente y de longitud idéntica. Pero, se ha constatado que esta disminución progresiva del diámetro del canal 2 conlleva un aumento concomitante de la tensión de descarga de dichas secciones S1, S2, S3 y S4, es decir de la tensión eléctrica mínima a aplicar para desarrollar un arco eléctrico entre el electrodo 5 y dichas secciones tubulares S1, S2, S3 y S4. Por ello, considerando que la sección tubular S4 corresponde a la zona de extremidad 13 y que la tensión de descarga asociada a esta sección S4 es $V_{cmin}(0)$, basta con aplicar entre el electrodo 7 y la caja 1 una tensión V inferior a $V_{cmin}(0)$ para constatar que el arco eléctrico 12 se va a retractar en cuanto alcance la zona de extremidad 13. De forma que se mantenga una potencia relativamente elevada del flujo de plasma, puede igualmente ser ventajoso permitir un desarrollo ininterrumpido del arco eléctrico 12 hasta la sección S3 situada justo antes de la zona de extremidad 13. Para ello, basta simplemente con elegir la tensión V de forma que V sea superior o igual a $V_{cmin}(-1)$, correspondiendo $V_{cmin}(-1)$ con la tensión de descarga de la sección S3.

Haciendo referencia a las Figuras 2a y 2b, se ha representado una variante posible de la zona de extremidad utilizable en el dispositivo representado en la Figura 1.

En esta variante, la zona de extremidad 13 define un canal de extremidad orientado según el eje longitudinal de la caja 1, desembocando dicho canal de extremidad sobre una extremidad abierta 14 de forma cónica por la que sale el flujo de plasma. De esta forma, se constata que los micro-arcos 11 salen del canal de extremidad 13 siguiendo la superficie cónica de dicha extremidad 14. Este reparto uniforme de los micro-arcos 11 en la superficie del cono genera al final un flujo de plasma más ancho y menos intenso que permite disminuir todavía más su temperatura y permite utilizar el dispositivo 10 en un abanico más amplio de superficies. En una configuración preferente del invento, es ventajoso configurar la extremidad abierta 14 de tal forma que su forma cónica defina parcialmente un hiperboloide de revolución y que la relación entre el diámetro exterior del cono y el diámetro de la pared interna de la caja 1 a nivel del canal de extremidad 14 este comprendida entre 2 y 20.

Haciendo referencia a las figuras 3a a 3c, se ha representado una segunda variante posible de la zona de extremidad utilizable en el dispositivo representado en la Figura 1.

En esta variante, la zona de extremidad 13 define un canal de extremidad orientado según el eje longitudinal de la caja 1, dicho canal de extremidad desemboca en un canal 15 abierto en sus dos extremidades 16 y se forma un ángulo α con el eje longitudinal de la caja 1, siendo el ángulo α inferior o igual a 90° . En la configuración representada, este ángulo α es sensiblemente igual a 90° . De esta manera, el flujo de plasma F sale de la caja 1 por dos aberturas 16 formadas en sus paredes laterales y según una dirección transversal al eje longitudinal de la caja 1. Esta configuración permite aplicar más fácilmente el flujo de plasma F en el interior de tubos o, más generalmente, en el interior de objetos huecos. Por otra parte, como se ha representado en las Figuras 3b y 3c, es igualmente concebible utilizar el dispositivo 10 para tratar unos hilos 17, o cualquier otro objeto filiforme tal como tubos o cables, aptos para ser introducidos en el interior del canal transversal 15. Así, pasando a través del canal 15, el hilo 17 está en contacto con el flujo de plasma F que sale del canal de extremidad 13. Para mejorar todavía más el reparto del flujo de plasma F a lo largo de la pared externa del hilo 17, sería ventajoso desplazar el eje del canal transversal 15 respecto del eje longitudinal de la caja 1. Esta disposición acrecenta en efecto la propensión del flujo de plasma F a arremolinarse en el interior del canal transversal 15.

Haciendo referencia a la Figura 4, se ha representado una tercera variante posible de la zona de extremidad utilizable en el dispositivo representado en la Figura 1.

En esta variante, la zona de extremidad 13 define un canal de extremidad orientado según el eje longitudinal de la caja 1, dicho canal de extremidad posee una pluralidad de aberturas 18 que desembocan en una pluralidad de canales transversales 19 orientados de forma sensiblemente perpendicular al eje longitudinal de la caja 1 y en el que una de sus extremidades 20 está abierta. El flujo de plasma F sale por tanto por cada una de dichas extremidades abiertas 20. Este reparto en "peine" del flujo de plasma F permite por tanto tratar más fácilmente superficies anchas. Por otra parte, por el hecho de que el flujo de plasma que sale de las aberturas 20 posee una intensidad variable según la posición de las aberturas 20 en el canal de extremidad 13, puede ser ventajoso practicar una abertura suplementaria 21 en la extremidad del canal de extremidad 13 de manera que deje salir parcialmente dicho flujo de plasma a través de dicha abertura 21 y así uniformizar la intensidad de los flujos de plasma que sale de las aberturas 20.

A título indicativo, se dan a continuación algunos ejemplos de realización del dispositivo:

55 Ejemplo 1:

En este ejemplo el procedimiento del invento utiliza el dispositivo en su configuración representada en la Figura 1.

Parámetros de funcionamiento:

	Fuente de energía	corriente continua
	Tensión eléctrica aplicada entre el electrodo y la caja	3 kV
5	Gas portador	Aire
	Caudal de gas portador	60 l/min
	Presión exterior	atmosférica
	Diámetro del electrodo central	3 mm
	Diámetro del canal central	
10	a nivel de la zona de ignición	4 mm
	Diámetro de la sección S1	8 mm
	Diámetro de la sección S2	6 mm
	Diámetro de la sección S3	4 mm
	Diámetro de la sección S4	2 mm
15	Longitud de cada sección	35 mm

Resultado:

Se produce una sucesión de desarrollo- retracción de un arco eléctrico entre el electrodo central y la sección S4 con la frecuencia de 2 kHz.

Ejemplo 2:

20 En este ejemplo el procedimiento del invento utiliza el dispositivo en su configuración representada en la Figura 1.

Parámetros de funcionamiento:

	Fuente de energía	corriente continua
	Tensión eléctrica aplicada entre el electrodo y la caja	2 kV
25	Gas portador	N2/H2
	Caudal de gas portador	20 l/min
	Presión exterior	atmosférica
	Diámetro del electrodo central	3 mm
	Diámetro del canal central	
30	a nivel de la zona de ignición	4 mm
	Diámetro de la sección S1	8 mm
	Diámetro de la sección S2	6 mm
	Diámetro de la sección S3	4 mm
	Diámetro de la sección S4	2 mm
35	Longitud de cada sección	35 mm

ES 2 421 387 T3

Resultado:

Se produce una sucesión de desarrollo-retracción de un arco eléctrico entre el electrodo central y la sección S4 con la frecuencia de 1,5 kHz.

Ejemplo 3:

- 5 En este ejemplo el procedimiento del invento utiliza el dispositivo en su configuración representada en la Figura 2.

Parámetros de funcionamiento:

	Fuente de energía	corriente alterna de frecuencia 22 kHz
	Tensión eléctrica aplicada entre el electrodo y la caja	3 kV
10	Gas portador	Aire
	Presión exterior	atmosférica
	Caudal de gas portador	50 l/min
	Diámetro del electrodo central	3 mm
	Diámetro del canal central	
15	a nivel de la zona de ignición	4 mm
	Diámetro de la sección S1	8 mm
	Diámetro de la sección S2	6 mm
	Diámetro de la sección S3	4 mm
	Diámetro de la sección S4	3 mm
20	Longitud de cada sección	10 mm
	Diámetro del canal de extremidad	3 mm
	Diámetro exterior del cono	35 mm

Resultado:

- 25 Se produce una sucesión de desarrollo-retracción de un arco eléctrico entre el electrodo central y la extremidad del cono con la frecuencia de 4 kHz.

Ejemplo 4:

En este ejemplo el procedimiento del invento utiliza el dispositivo en su configuración representada en la Figura 3.

Parámetros de funcionamiento:

	Fuente de energía	corriente no polar pulsada de frecuencia 40 kHz
30	Tensión eléctrica aplicada entre el electrodo y la caja	6 kV
	Gas portador	Aire
	Presión exterior	atmosférica
	Caudal de gas portador	50 l/min
35	Diámetro del electrodo central	3 mm
	Diámetro del canal central	
	a nivel de la zona de ignición	4 mm

	Diámetro de la sección S1	8 mm
	Diámetro de la sección S2	6 mm
	Diámetro de la sección S3	5 mm
	Diámetro de la sección S4	4 mm
5	Longitud de cada sección	15 mm
	Diámetro del canal de extremidad	4 mm
	Diámetro del canal transversal	4 mm
	Distancia entre el eje longitudinal de la caja y el eje del canal transversal	2 mm
10	<u>Resultado:</u>	
	Se produce una sucesión de desarrollo-retracción de un arco eléctrico entre el electrodo central y la sección S4 con la frecuencia de 3 kHz.	
	<u>Ejemplo 5:</u>	
	En este ejemplo el procedimiento del invento utiliza el dispositivo en su configuración representada en la Figura 4.	
15	<u>Parámetros de funcionamiento:</u>	
	Fuente de energía	corriente no polar pulsada de frecuencia 40 kHz
	Tensión eléctrica aplicada entre el electrodo y la caja	6 kV
	Gas portador	Aire
20	Presión exterior	atmosférica
	Caudal de gas portador	60 l/min
	Diámetro del electrodo central	3 mm
	Diámetro del canal central a nivel de la zona de ignición	4 mm
25	Diámetro de la sección S1	8 mm
	Diámetro de la sección S2	6 mm
	Diámetro de la sección S3	5 mm
	Diámetro de la sección S4	5 mm
	Longitud de cada sección	20 mm
30	Diámetro del canal de extremidad	5 mm
	Longitud del canal de extremidad	150 mm
	Diámetro de los canales transversales	1 mm
	Distancia entre los ejes de los canales transversales	6 mm
35	Número de canales	20
	Diámetro de la abertura suplementaria	1,5 mm
	Espesor de las paredes de la caja	2 mm

Resultado:

Se produce una sucesión de desarrollo-retracción de un arco eléctrico entre el electrodo central y el canal de extremidad con la frecuencia de 1 kHz. Esta configuración ha permitido obtener unos chorros de plasma de idéntica densidad y orientados según una dirección perpendicular al eje del canal central lo que permite tratar superficies anchas.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de generación de un flujo de plasma por medio de un dispositivo generador de un flujo de plasma incluyendo una caja (1) eléctricamente conductora de forma tubular que forma un canal central (2) 5
atravesado por un gas turbulento (3), un electrodo central (5) dispuesto coaxialmente en dicho canal (2) y una fuente de energía eléctrica (7) destinada a aplicar una tensión eléctrica V entre el electrodo central (5) y la caja (1), incluyendo dicho procedimiento las siguientes etapas:
 - a) aplicación de la tensión eléctrica V entre el electrodo central (5) y la caja (1) de tal forma que produzca un arco eléctrico (12) entre el electrodo central (5) y una zona (9) de la pared interna de la caja (1) que rodea dicho electrodo (5);
 - 10 b) mantenimiento de dicha tensión eléctrica V de forma que desarrolle dicho arco eléctrico (12) por medio de gas turbulento (3) hasta una zona de extremidad (13) del canal central (2);
 - c) medida en continuo de la tensión eléctrica real V_r entre el electrodo central (5) y la caja (1) y corte de la tensión V desde que la tensión V_r es sensiblemente igual a un valor V_{cmax} correspondiente al momento donde el arco eléctrico (12) alcanza dicha zona de extremidad (13);
 - 15 d) reanudación de las etapas anteriores a), b), y c).
2. procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que, en la etapa c), el corte se efectúa por medio de un medio de interrupción de la fuente de energía eléctrica (7).

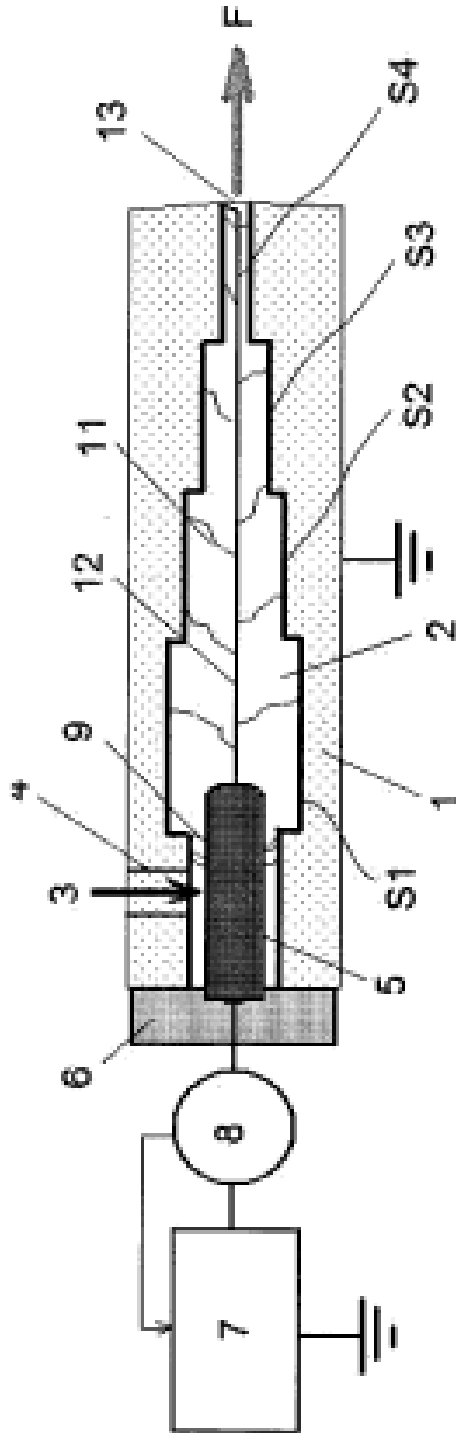


FIG. 1

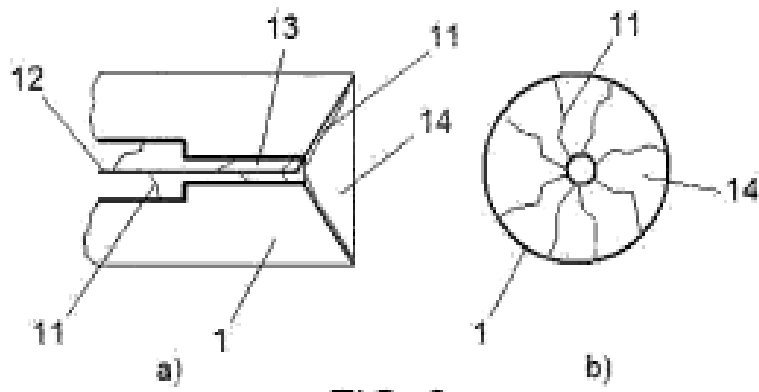


FIG. 2

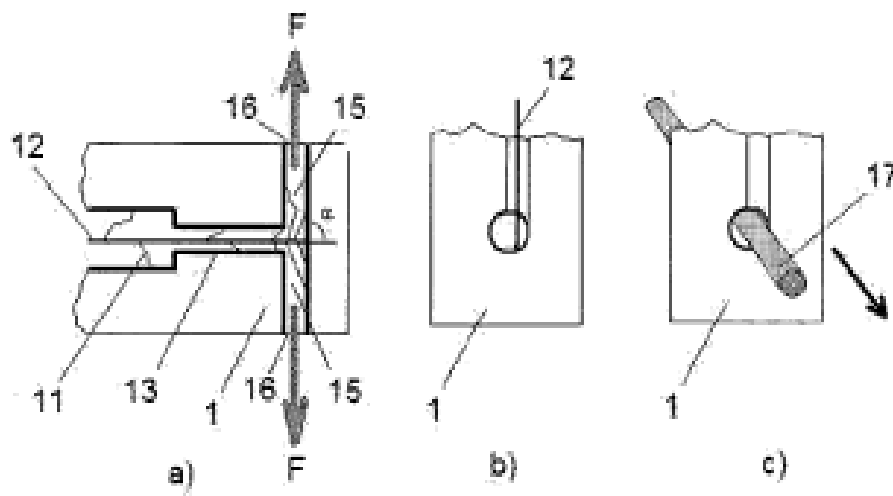


FIG. 3

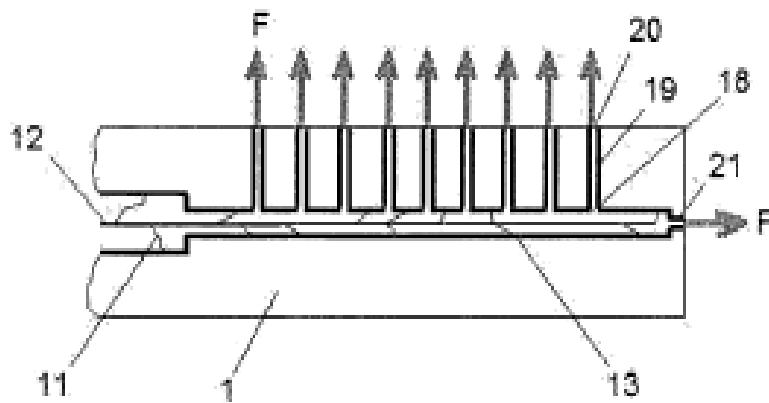


FIG. 4