



(11) **EP 2 377 373 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**17.04.2013 Bulletin 2013/16**

(51) Int Cl.:  
**H05H 1/24 (2006.01) H05H 1/34 (2006.01)**  
**H05H 1/48 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **09775312.3**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/IB2009/055571**

(22) Date de dépôt: **08.12.2009**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2010/067306 (17.06.2010 Gazette 2010/24)**

(54) **PROCÉDÉ DE GÉNÉRATION D'UN FLUX DE PLASMA**

VERFAHREN ZUM ERZEUGEN EINES PLASMAFLUSSES

METHOD FOR GENERATING A PLASMA FLOW

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**

- **GOLOVIATINSKI, Sergey**  
**CH-2016 Cortaillod (CH)**
- **TSVETKOVA, Ioulia**  
**CH-1400 Cheseaux-Noréaz (CH)**

(30) Priorité: **09.12.2008 CH 19322008**

(74) Mandataire: **Ganguillet, Cyril**

(43) Date de publication de la demande:  
**19.10.2011 Bulletin 2011/42**

**ABREMA**  
**Agence Brevets & Marques Ganguillet**  
**Avenue du Théâtre 16**  
**P.O. Box 5027**  
**1002 Lausanne (CH)**

(73) Titulaire: **Advanced Machines Sàrl**  
**1400 Yverdon-les-Bains (CH)**

(72) Inventeurs:  
• **BEGOUNOV, Stanislav**  
**CH-1400 Cheseaux-Noréaz (CH)**

(56) Documents cités:  
**EP-A2- 0 342 388 EP-A2- 0 994 637**  
**WO-A1-96/04098 US-A- 3 914 573**  
**US-A1- 2003 047 540**

**EP 2 377 373 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

**Description**

Domaine technique

5 **[0001]** La présente invention concerne un procédé de génération d'un flux de plasma possédant une température basse et une puissance relativement importante.

Etat de la technique

10 **[0002]** Dans le domaine du traitement des surfaces, il est connu d'utiliser un flux de plasma de manière, notamment, à souder des surfaces ou à découper des surfaces. De telles applications d'un flux de plasma ont notamment été décrites dans le brevet US 3 515 839. Toutefois, dans cet état de la technique, le flux de plasma créé présente une température très élevée. Ce flux de plasma ne convient donc pas au traitement de surfaces sensibles à la chaleur comme le plastique par exemple. Il est également connu d'utiliser un flux de plasma pour traiter des surfaces plastiques de manière à augmenter leur mouillabilité. Une telle application a notamment été décrite dans l'article "Surface Treatment of Plastics by Plasmajet", publié au Journal of Adhesion Society of Japan, Volume 6, No. 4, le 2 août 1968. Dans ce document, le flux de plasma est généré en appliquant une tension entre une cathode formée d'une barre en tungstène thorié et une anode formant le corps de la buse plasma. En outre, un flux de gaz argon circule dans l'espace libre séparant l'anode et la cathode de manière à développer l'arc électrique formé entre ces deux électrodes jusqu'à une ouverture de sortie de la buse. Toutefois, dans ce document, la température moyenne du jet de plasma est d'environ 5500°K ce qui est encore trop élevé pour les applications de traitement de surface envisagées par la présente invention.

15 **[0003]** US 2003/0047540 décrit une méthode de déposition par plasma à alimentation pulsée.

20 **[0004]** US 3914573, WO 9604098, EP 0342388 décrivent des torches pour traitement de surface ayant une base allongée.

25 Divulgation de l'invention

**[0005]** La présente invention vise donc à proposer un dispositif et un procédé permettant de générer un flux de plasma dont la température est basse tout en ayant une puissance relativement importante.

30 **[0006]** A cet effet, il est proposé un dispositif générateur d'un flux de plasma comprenant un boîtier électriquement conducteur de forme tubulaire formant un canal central traversé par un gaz tourbillonnant, une électrode centrale disposée coaxialement dans ledit canal et une source d'énergie électrique destinée à appliquer une tension électrique V entre l'électrode et le boîtier, caractérisé en ce que le diamètre moyen du canal formé par le boîtier diminue progressivement depuis une zone située sensiblement au niveau de l'extrémité libre de l'électrode jusqu'à une zone d'extrémité dudit boîtier, ladite zone d'extrémité étant configurée de telle sorte que la tension électrique minimale  $V_{min}(0)$  à appliquer pour développer un arc électrique entre ladite électrode et ladite zone d'extrémité soit strictement supérieure à ladite tension V.

35 **[0007]** Ainsi configuré, le dispositif permet de limiter le développement d'un arc électrique à l'intérieur d'un boîtier conducteur à une zone d'extrémité positionnée juste avant l'ouverture du boîtier destinée à délivrer le flux de plasma sur la pièce à traiter. En effet, la zone d'extrémité est configurée de telle sorte à développer un arc électrique avec l'électrode centrale uniquement à partir d'une certaine tension minimale. De ce fait, en appliquant une tension inférieure à ladite tension minimale, l'arc électrique se développe à l'intérieur du canal central du boîtier jusqu'à approcher, voire atteindre, ladite zone d'extrémité, puis se rétracte brusquement en direction de l'électrode centrale. Par la suite, il reprend son développement à l'intérieur du canal en direction de ladite zone d'extrémité jusqu'à ce qu'il se rétracte à nouveau. Cette succession de développement et de rétraction de l'arc électrique génère au final un flux de plasma relativement puissant mais dont la température est suffisamment basse pour permettre son utilisation dans de nombreuses applications de traitement de surface.

40 **[0008]** L'invention concerne un procédé de génération d'un flux de plasma tel que défini dans les revendications 1 et 2.

45 **[0009]** Ainsi configuré, le procédé selon l'invention permet de créer une succession de phases de développement et de phases de rétraction d'un arc électrique à l'intérieur du canal central d'une buse à plasma conventionnelle de manière à générer au final un flux de plasma possédant une faible température et une puissance relativement importante.

Brève description des dessins

55 **[0010]** D'autres avantages et caractéristiques de la présente invention seront mieux compris à la lecture d'un mode particulier de réalisation de l'invention et en référence aux dessins dans lesquels:

- la Figure 1 représente une vue schématique, latérale et en coupe d'un dispositif générateur d'un flux de plasma;

- la Figure 2a représente une vue schématique, latérale et en coupe d'une première variante d'une zone d'extrémité utilisable dans le dispositif représenté à la Figure 1 ;
- la Figure 2b représente une vue de face de la zone d'extrémité représentée à la Figure 2a;
- la Figure 3a représente une vue schématique, latérale et en coupe d'une deuxième variante d'une zone d'extrémité utilisable dans le dispositif représenté à la Figure 1;
- la Figure 3b représente une vue de dessus de la zone d'extrémité représentée à la Figure 3a;
- la Figure 3c représente une vue de dessus de la zone d'extrémité représentée à la Figure 3a, dans sa position d'utilisation;
- la Figure 4 représente une vue schématique, latérale et en coupe d'une troisième variante d'une zone d'extrémité utilisable dans le dispositif représenté à la Figure 1 ;

#### Description détaillée d'un mode d'exécution de l'invention

**[0011]** Le dispositif 10, représenté sur la Figure 1, possède un boîtier 1 électriquement conducteur de forme tubulaire, connecté à la terre, comportant une cavité interne joignant ses deux extrémités, ladite cavité constituant un canal central 2 allongé à l'intérieur duquel circule un gaz tourbillonnant 3. Le gaz 3, par exemple de l'air, est introduit dans le canal central 2 à partir d'une ouverture 4 pratiquée dans la paroi latérale du boîtier 1. Le gaz 3 est amené à tourbillonner au moyen d'un dispositif de tourbillonnement (non représenté) de sorte que le gaz 3 s'écoule à l'intérieur du canal 2 en formant un vortex sensiblement hélicoïdal autour de l'axe longitudinal du canal 2, confondu avec l'axe longitudinal du boîtier 1. A une des extrémités du boîtier 1 est monté un support isolant 6 sur lequel est fixée une électrode centrale 5 en forme de tige, qui pénètre coaxialement dans le canal central 2. Une source de haute tension électrique 7, qui peut fournir selon le cas une tension continue, une tension alternative ou une tension pulsée, est connectée à l'électrode 5 et à la terre. En outre, un dispositif 8 de mesure et de régulation du courant et de la tension électrique connecté entre la source de tension 7 et l'électrode 5 permet de contrôler la tension réelle appliquée entre l'électrode 5 et le boîtier 1. De ce fait, dans la configuration représentée, le boîtier 1, formé d'un métal et connecté lui-même à la terre, sert de contre-électrode de sorte qu'une décharge électrique entre l'électrode 5 et le boîtier 1 peut être provoquée. Cette décharge électrique se produit initialement dans une zone d'ignition 9, laquelle se situe dans l'espace libre entourant l'électrode 5 et délimité par la paroi interne du boîtier 1. La zone d'ignition 9 sera en général positionnée à proximité de l'extrémité libre de l'électrode 5 et en aval de l'ouverture 4 de façon à permettre au gaz 5 de déplacer le long de l'axe du boîtier 1 les micro-arcs électriques 11 formés à chaque décharge. De ce fait, les micro-arcs 11 s'allongent avec le temps sur toute la longueur du canal 2 et, en raison d'une stabilisation par tourbillon du flux de gaz en direction de l'axe du boîtier 1, forment un arc filaire 12 quasi stable joignant l'électrode 5 à une zone d'extrémité 13 du boîtier 1. Cette zone d'extrémité 13 peut s'apparenter par exemple à un canal d'extrémité orienté selon l'axe longitudinal du boîtier 1, ledit canal d'extrémité débouchant sur une extrémité ouverte par laquelle sort le flux de plasma. Elle peut également posséder une forme plus complexe comme nous le verrons plus amplement par la suite en référence aux Figures 2 à 4. Une fois l'arc 12 formé, les micro-arcs 11 se forment entre cet arc 12 et les parois internes du boîtier 1.

**[0012]** La structure de base du dispositif 10 telle que décrite ci-dessus ne permet toutefois pas la génération d'un flux de plasma de faible température. En effet, dans cette structure de base, l'arc électrique 12 se stabilise rapidement. Le flux de plasma est donc généré sans interruption tant qu'une tension  $V$  est maintenue entre l'électrode 5 et le boîtier 1. Ce mode de fonctionnement induit la formation d'un flux de plasma puissant et particulièrement chaud. En outre, dans cette configuration, le risque est grand que l'arc électrique 12 se forme directement entre l'électrode 5 et l'objet à traiter si ce dernier est métallique. Pour remédier à cela, la Demanderesse a eu l'idée de limiter le développement de l'arc électrique 12, notamment en provoquant sa rétractation dès qu'il atteint une zone limite à l'intérieur du boîtier 1. Il s'avère que, pour maintenir une puissance suffisante au flux de plasma, il est avantageux de faire coïncider cette zone limite avec la zone d'extrémité 13 mentionnée précédemment.

**[0013]** A ce stade, deux solutions peuvent être envisagées pour provoquer une rétractation de l'arc électrique 12.

**[0014]** Une première solution consiste à déterminer d'abord la tension réelle  $V_{\text{cm}}$  à partir de laquelle un arc électrique est susceptible de se former entre l'électrode 5 et la zone d'extrémité 13 du boîtier 1. En contrôlant la tension réelle  $V_r$  au moyen du dispositif 8, il est possible de déterminer à quel moment  $V_r$  atteint la valeur  $V_{\text{cm}}$ . Le dispositif 8 est alors capable d'envoyer un signal d'interruption à la source de tension 7 de façon à produire une micro-coupure électrique qui entraîne une rétractation de l'arc 12 jusqu'à la zone d'ignition 9. Par la suite, le rétablissement et le maintien de la tension  $V$  produit à nouveau l'expansion de l'arc 12 jusqu'à la zone d'extrémité 13 et, par conséquent, à nouveau sa rétraction. En procédant de cette façon, on génère un flux de plasma non équilibré qui se caractérise par une température relativement basse, notamment comprise entre 30 °C et 300 °C.

**[0015]** Une deuxième solution consiste à configurer le dispositif générateur du flux de plasma de telle sorte qu'une rétraction automatique de l'arc électrique 12 se produise au moment où il atteint ou approche la zone d'extrémité 13. Ce résultat peut notamment être obtenu en utilisant la structure particulière du boîtier 1 représenté sur la Figure 1. Dans cette structure, le boîtier 1 possède un canal 2 dont la section, ou le diamètre moyen, diminue progressivement depuis

la zone d'ignition 9 jusqu'à la zone d'extrémité 13. Cette diminution progressive peut notamment consister à segmenter la paroi interne du boîtier 1 en une série de sections tubulaires successives S1, S2, S3 et S4 de diamètre décroissant et de longueur identique. Or, il a été constaté que cette diminution progressive du diamètre du canal 2 entraîne une augmentation concomitante de la tension de claquage desdites sections S1, S2, S3 et S4, c'est-à-dire de la tension électrique minimale à appliquer pour développer un arc électrique entre l'électrode 5 et lesdites sections tubulaires S1, S2, S3 et S4. De ce fait, en considérant que la section tubulaire S4 correspond à la zone d'extrémité 13 et que la tension de claquage associée à cette section S4 est  $V_{\min}(0)$ , il suffit d'appliquer entre l'électrode 7 et le boîtier 1 une tension  $V$  inférieure à  $V_{\min}(0)$  pour constater que l'arc électrique 12 va se rétracter dès qu'il atteint la zone d'extrémité 13. De façon à maintenir une puissance relativement élevée du flux de plasma, il peut également être avantageux de permettre un développement ininterrompu de l'arc électrique 12 jusqu'à la section S3 située juste avant la zone d'extrémité 13. Pour ce faire, il suffit simplement de choisir la tension  $V$  de manière à ce que  $V$  soit supérieure ou égale à  $V_{\min}(-1)$ ,  $V_{\min}(-1)$  correspondant à la tension de claquage de la section S3.

**[0016]** En référence aux Figures 2a et 2b, il est représenté une variante possible de la zone d'extrémité utilisable dans le dispositif représenté à la Figure 1.

**[0017]** Dans cette variante, la zone d'extrémité 13 définit un canal d'extrémité orienté selon l'axe longitudinal du boîtier 1, ledit canal d'extrémité débouchant sur une extrémité ouverte 14 de forme conique par laquelle sort le flux de plasma. De cette façon, on constate que les micro-arcs 11 sortent du canal d'extrémité 13 en suivant la surface conique de ladite extrémité 14. Cette répartition uniforme des micro-arcs 11 à la surface du cône génère au final un flux de plasma plus large et moins intense qui permet de diminuer encore sa température et permet d'utiliser le dispositif 10 sur un éventail plus large de surfaces. Dans une configuration préférentielle de l'invention, il sera avantageux de configurer l'extrémité ouverte 14 de telle sorte que sa forme conique définisse partiellement une hyperboloïde de révolution et que le rapport entre le diamètre extérieur du cône et le diamètre de la paroi interne du boîtier 1 au niveau du canal d'extrémité 14 soit compris entre 2 et 20.

**[0018]** En référence aux Figures 3a à 3c, il est représenté une deuxième variante possible de la zone d'extrémité utilisable dans le dispositif représenté à la Figure 1.

**[0019]** Dans cette variante, la zone d'extrémité 13 définit un canal d'extrémité orienté selon l'axe longitudinal du boîtier 1, ledit canal d'extrémité débouchant sur un canal 15 ouvert à ses deux extrémités 16 et formant un angle  $\alpha$  avec l'axe longitudinal du boîtier 1, l'angle  $\alpha$  étant inférieur ou égal à  $90^\circ$ . Dans la configuration représentée, cet angle  $\alpha$  est sensiblement égal à  $90^\circ$ . De cette façon, le flux de plasma  $F$  sort du boîtier 1 par deux ouvertures 16 formées sur ses parois latérales et selon une direction transversale à l'axe longitudinal du boîtier 1. Cette configuration permet d'appliquer plus facilement le flux de plasma  $F$  à l'intérieur de tubes ou, plus généralement, à l'intérieur d'objets creux. Par ailleurs, comme représenté sur les Figures 3b et 3c, il est également envisageable d'utiliser le dispositif 10 pour traiter des fils 17, ou tout autre objet filiforme tels que des tubes ou des câbles, aptes à être introduits à l'intérieur du canal transversal 15. Ainsi, en passant à travers le canal 15, le fil 17 est en contact avec le flux de plasma  $F$  sortant du canal d'extrémité 13. Pour améliorer encore la répartition du flux de plasma  $F$  le long de la paroi externe du fil 17, il sera avantageux de décaler l'axe du canal transversal 15 par rapport à l'axe longitudinal du boîtier 1. Cette disposition accroît en effet la propension du flux de plasma  $F$  à tourbillonner à l'intérieur du canal transversal 15.

**[0020]** En référence à la Figure 4, il est représenté une troisième variante possible de la zone d'extrémité utilisable dans le dispositif représenté à la Figure 1.

**[0021]** Dans cette variante, la zone d'extrémité 13 définit un canal d'extrémité orienté selon l'axe longitudinal du boîtier 1, ledit canal d'extrémité possédant une pluralité d'ouvertures 18 débouchant sur une pluralité de canaux transversaux 19 orientés de manière sensiblement perpendiculaire à l'axe longitudinal du boîtier 1 et dont l'une des extrémités 20 est ouverte. Le flux de plasma  $F$  sort donc par chacune desdites extrémités ouvertes 20. Cette répartition en "peigne" du flux de plasma  $F$  permet donc de traiter plus facilement des surfaces larges. Par ailleurs, du fait que le flux de plasma sortant des ouvertures 20 possède une intensité variable selon la position des ouvertures 20 dans le canal d'extrémité 13, il peut être avantageux de pratiquer une ouverture supplémentaire 21 à l'extrémité du canal d'extrémité 13 de façon à laisser sortir partiellement ledit flux de plasma à travers ladite ouverture 21 et ainsi uniformiser l'intensité des flux de plasma sortant des ouvertures 20.

**[0022]** À titre indicatif, divers exemples de réalisation du dispositif sont donnés ci-dessous.

#### Exemple 1:

**[0023]** Dans cet exemple le procédé de l'invention utilise le dispositif dans sa configuration représentée sur la Figure 1.

#### Paramètres de fonctionnement:

**[0024]**

## EP 2 377 373 B1

5	Source d'énergie	courant continu
	Tension électrique appliquée entre l'électrode et le boîtier	3 kV
	Gaz porteur	Air
	Débit du gaz porteur	60 l/min
	Pression extérieure	atmosphérique
	Diamètre de l'électrode centrale	3 mm
10	Diamètre du canal central au niveau de la zone d'ignition	4 mm
	Diamètre de la section S1	8 mm
	Diamètre de la section S2	6 mm
	Diamètre de la section S3	4 mm
	Diamètre de la section S4	2 mm
15	Longueur de chaque section	35 mm

### Résultat:

20 **[0025]** Il se produit une succession de développement-rétractation d'un arc électrique entre l'électrode centrale et la section S4 à la fréquence de 2 kHz.

### Exemple 2:

25 **[0026]** Dans cet exemple le procédé de l'invention utilise le dispositif dans sa configuration représentée sur la Figure 1.

### Paramètres de fonctionnement:

#### **[0027]**

30	Source d'énergie	courant continu
	Tension électrique appliquée entre l'électrode et le boîtier	2 kV
	Gaz porteur	N2/H2
	Débit du gaz porteur	20 l/min
	Pression extérieure	atmosphérique
35	Diamètre de l'électrode centrale	3 mm
	Diamètre du canal central au niveau de la zone d'ignition	4 mm
	Diamètre de la section S1	8 mm
	Diamètre de la section S2	6 mm
40	Diamètre de la section S3	4 mm
	Diamètre de la section S4	2 mm
	Longueur de chaque section	35 mm

### Résultat:

45 **[0028]** Il se produit une succession de développement-rétractation d'un arc électrique entre l'électrode centrale et la section S4 à la fréquence de 1,5 kHz.

### Exemple 3:

50 **[0029]** Dans cet exemple le procédé de l'invention utilise le dispositif dans sa configuration représentée sur la Figure 2.

### Paramètres de fonctionnement:

#### 55 **[0030]**

## EP 2 377 373 B1

	Source d'énergie	courant alternatif de fréquence 22 kHz
	Tension électrique appliquée entre l'électrode et le boîtier	3 kV
	Gaz porteur	Air
5	Pression extérieure	atmosphérique
	Débit du gaz porteur	50 l/min
	Diamètre de l'électrode centrale	3 mm
	Diamètre du canal central au niveau de la zone d'ignition	4 mm
10	Diamètre de la section S1	8 mm
	Diamètre de la section S2	6 mm
	Diamètre de la section S3	4 mm
	Diamètre de la section S4	3 mm
	Longueur de chaque section	10 mm
15	Diamètre du canal d'extrémité	3 mm
	Diamètre extérieur du cône	35 mm

### Résultat:

20 **[0031]** Il se produit une succession de développement-rétractation d'un arc électrique entre l'électrode centrale et l'extrémité du cône à la fréquence de 4 kHz.

### Exemple 4:

25 **[0032]** Dans cet exemple le procédé de l'invention utilise le dispositif dans sa configuration représentée sur la Figure 3.

### Paramètres de fonctionnement:

#### **[0033]**

30	Source d'énergie	courant non polaire pulsé de fréquence 40 kHz
	Tension électrique appliquée entre l'électrode et le boîtier	6 kV
	Gaz porteur	Air
	Pression extérieure	atmosphérique
35	Débit du gaz porteur	50 l/min
	Diamètre de l'électrode centrale	3 mm
	Diamètre du canal central au niveau de la zone d'ignition	4 mm
	Diamètre de la section S1	8 mm
40	Diamètre de la section S2	6 mm
	Diamètre de la section S3	5 mm
	Diamètre de la section S4	4 mm
	Longueur de chaque section	15 mm
	Diamètre du canal d'extrémité	4 mm
45	Diamètre du canal transversal	4 mm
	Distance entre l'axe longitudinal du boîtier et l'axe du canal transversal	2 mm

### Résultat:

50 **[0034]** Il se produit une succession de développement-rétractation d'un arc électrique entre l'électrode centrale et la section S4 à la fréquence de 3 kHz.

### Exemple 5:

55 **[0035]** Dans cet exemple le procédé de l'invention utilise le dispositif dans sa configuration représentée sur la Figure 4.

Paramètres de fonctionnement:

**[0036]**

5	Source d'énergie	courant non polaire pulsé de fréquence 40 kHz
	Tension électrique appliquée entre l'électrode et le boîtier	6 kV
	Gaz porteur	Air
	Pression extérieure	atmosphérique
10	Débit du gaz porteur	60 l/min
	Diamètre de l'électrode centrale	3 mm
	Diamètre du canal central au niveau de la zone d'ignition	4 mm
	Diamètre de la section S1	8 mm
	Diamètre de la section S2	6 mm
15	Diamètre de la section S3	5 mm
	Diamètre de la section S4	5 mm
	Longueur de chaque section	20 mm
	Diamètre du canal d'extrémité	5 mm
20	Longueur canal d'extrémité	150 mm
	Diamètre des canaux transversaux	1 mm
	Distance entre les axes des canaux transversaux	6 mm
	Nombre de canaux	20
	Diamètre de l'ouverture supplémentaire	1,5 mm
25	Epaisseur des parois du boîtier	2 mm

Résultat:

30 **[0037]** Il se produit une succession de développement-rétractation d'un arc électrique entre l'électrode centrale et le canal d'extrémité à la fréquence de 1 kHz. Cette configuration a permis d'obtenir des jets de plasma de densité identique et orientés selon une direction perpendiculaire à l'axe du canal central ce qui permet de traiter des surfaces larges.

**Revendications**

- 35
- 40 **1.** Procédé de génération d'un flux de plasma au moyen d'un dispositif générateur d'un flux de plasma comprenant un boîtier (1) électriquement conducteur de forme tubulaire formant un canal central (2) traversé par un gaz tourbillonnant (3), une électrode centrale (5) disposée coaxialement dans ledit canal (2) et une source d'énergie électrique (7) destinée à appliquer une tension électrique V entre l'électrode centrale (5) et le boîtier (1), ledit procédé comprenant les étapes suivantes:
- 45 a) application d'une tension électrique V entre l'électrode centrale (5) et le boîtier (1) de telle sorte à produire un arc électrique (12) entre l'électrode centrale (5) et une zone (9) de la paroi interne du boîtier (1) entourant ladite électrode (5);
- b) maintien de ladite tension électrique V de manière à développer ledit arc électrique (12) au moyen du gaz tourbillonnant (3) jusqu'à une zone d'extrémité (13) du canal central (2);
- c) mesure en continu de la tension électrique réelle Vr entre l'électrode centrale (5) et le boîtier (1) et coupure de la tension V dès que la tension Vr est sensiblement égale à une valeur Vcmax correspondant au moment où l'arc électrique (12) atteint ladite zone d'extrémité (13);
- 50 d) reprise des étapes précédentes a), b) et c).
- 2.** Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, à l'étape c), la coupure s'effectue par l'intermédiaire d'un moyen d'interruption de la source d'énergie électrique (7).

55

Claims

5 1. Method for generating a plasma flow by means of a device generating a plasma flow comprising an electrically conductive housing (1), tubular in shape, forming a central channel (2) traversed by a vortex gas (3), a central electrode (5) arranged coaxially in said channel (2) and an electric power source (7) intended to apply an electric voltage V between the central electrode (5) and the housing (1), said method comprising the following steps:

10 a) application of an electric voltage V between the central electrode (5) and housing (1) in such a way as to produce an electric arc (12) between the central electrode (5) and an area (9) of the internal wall of the housing (1) surrounding said electrode (5);

b) maintaining of said electric voltage V so as to generate said electric arc (12) by means of the vortex gas (3) as far as an end area (13) of the central channel (2);

15 c) continuously measuring the real electric voltage  $V_r$  between the central electrode (5) and the housing (1) and disconnection of the voltage V as soon as the voltage  $V_r$  is substantially equal to a value  $V_{cmax}$  corresponding at the time when the electric arc (12) reaches said end area (13);

d) repetition of the previous steps a), b) and c).

20 2. Method according to claim 1, **characterised in that**, at step c), the disconnection is made through a means of interruption of the electric power source (7).

Patentansprüche

25 1. Verfahren zur Erzeugung eines Plasmastroms mittels einer Plasmastromerzeugungsvorrichtung, die ein röhrenförmiges, elektrisch leitendes Gehäuse (1), das einen Zentralkanal (2) bildet, der von einem Wirbelgas (3) durchströmt wird, eine zentrale Elektrode (5), die koaxial in dem Kanal (2) angeordnet ist, und eine Elektroenergieversorgung (7), die dafür bestimmt ist, eine elektrische Spannung V zwischen der zentralen Elektrode (5) und dem Gehäuse (1) anzulegen, umfasst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

30 a) Anlegen einer elektrischen Spannung V zwischen der zentralen Elektrode (5) und dem Gehäuse (1), derart, dass zwischen der zentralen Elektrode (5) und einer Zone (9) der Innenwand des Gehäuses (1), das die Elektrode (5) umgibt, ein Lichtbogen (12) erzeugt wird;

b) Aufrechterhalten der elektrischen Spannung V, um mittels des Wirbelgases (3) den Lichtbogen (12) bis in eine Randzone (13) des Zentralkanals (2) auszubilden;

35 c) fortlaufendes Messen der tatsächlichen elektrischen Spannung  $V_r$  zwischen der zentralen Elektrode (5) und dem Gehäuse (1) und Abschalten der Spannung V, sobald die Spannung  $V_r$  im Wesentlichen gleich einem Wert  $V_{cmax}$  ist, was dem Zeitpunkt entspricht, zu dem der Lichtbogen (12) die Randzone (13) erreicht;

d) Wiederholen der vorhergehenden Schritte a), b) und c).

40 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schritt c) das Abschalten über Mittel zur Unterbrechung der Elektroenergieversorgung (7) erfolgt.

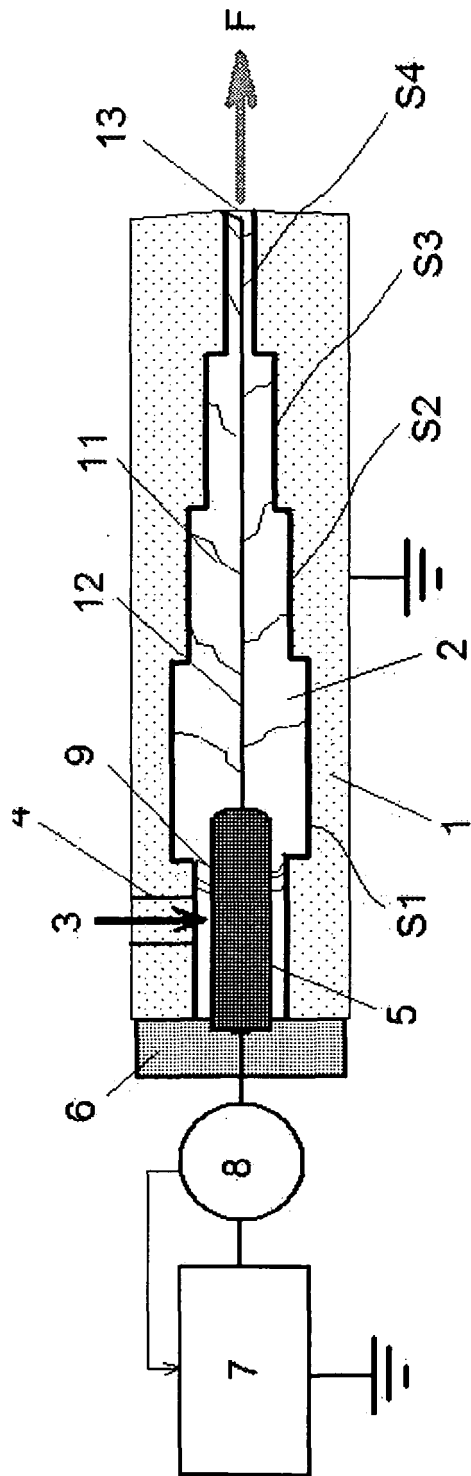


FIG. 1

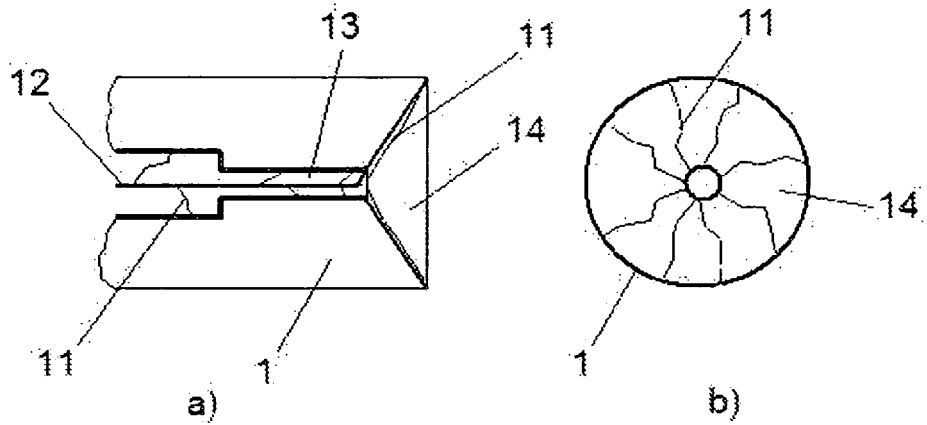


FIG. 2

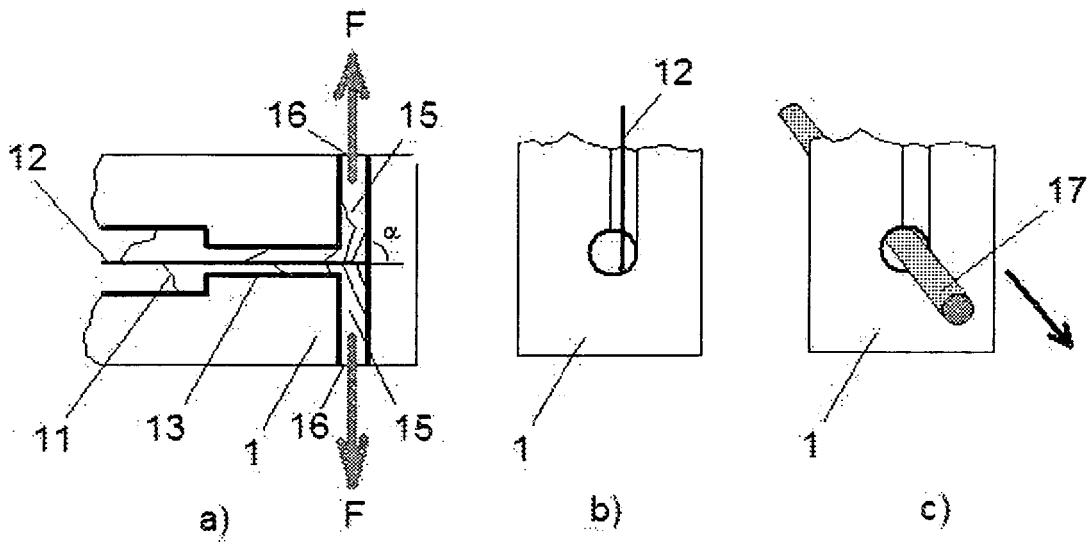


FIG. 3

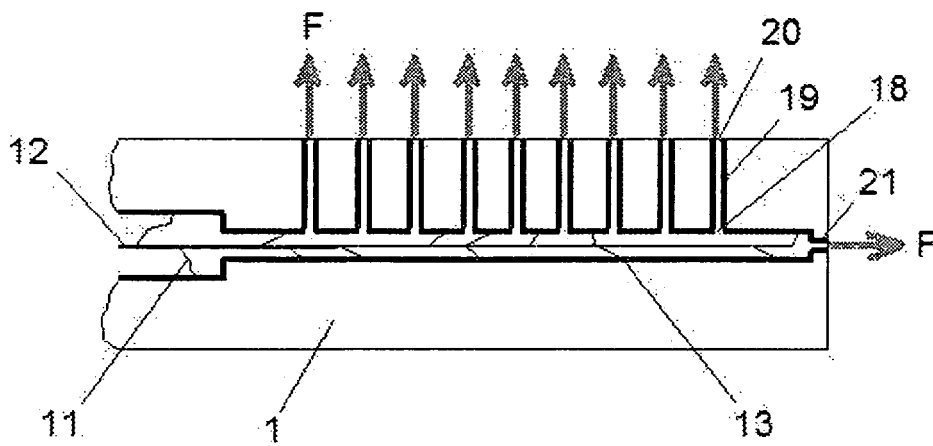


FIG. 4

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- US 3515839 A [0002]
- US 20030047540 A [0003]
- US 3914573 A [0004]
- WO 9604098 A [0004]
- EP 0342388 A [0004]

**Littérature non-brevet citée dans la description**

- Surface Treatment of Plastics by Plasmajet. *Journal of Adhesion Society of Japan*, 02 Août 1968, vol. 6 (4 [0002])