



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 005 082.5**

(22) Anmeldetag: **16.01.2009**

(43) Offenlegungstag: **22.07.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C23C 4/12** (2006.01)

**B05B 1/00** (2006.01)

**B23K 9/04** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

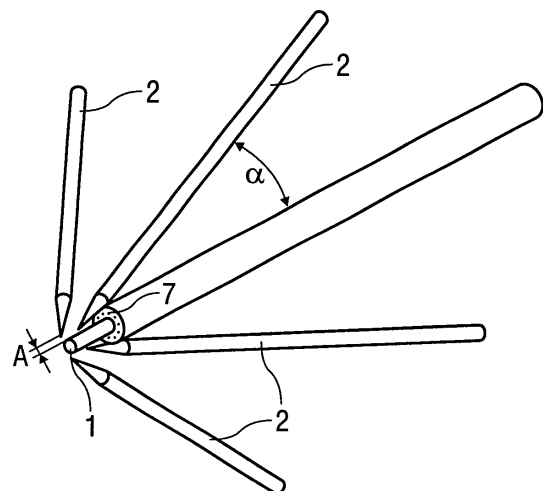
**Fu, Xuehong, 74074 Heilbronn, DE; Lahres, Michael, Dr.-Ing., 89231 Neu-Ulm, DE; Methner, Oliver, Dipl.-Ing. (FH), 89231 Neu-Ulm, DE; Reitz, Benjamin, 56843 Lötzbeuren, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Lichtbogendrahtspritzen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Lichtbogendrahtspritzen, umfassend eine drahtförmige verbrauchbare Anode (1), vier nicht verbrauchbare Kathoden (4), eine Energiequelle (3) zur Erzeugung und Aufrechterhaltung jeweils eines Lichtbogens (6) zwischen Anode (1) und der jeweiligen Kathode (2) und eine Drahtvorschubeinrichtung (4) zur Nachführung der Anode (1). Erfindungsgemäß sind die vier Kathoden (2) symmetrisch kreisförmig um die Anode (1) angeordnet und die Anode (1) ist im Bereich des Lichtbogens (6) schmelzbar und zur Aufrechterhaltung des Lichtbogens (6) nachführbar.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Lichtbogendrahtspritzen mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8. Erfindungsgemäß wird mittels der vier Lichtbögen (6) die Anode (1) abgeschmolzen und die abgeschmolzenen Partikel (8) werden mittels des aus der Spritzdüse (7) austretenden Zerstäuber- und/oder Inertgases (G) in einem Partikelstrahl (11) in Richtung der zu beschichtenden Oberfläche transportiert.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Lichtbogendrahtspritzen nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Lichtbogendrahtspritzen nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 9.

**[0002]** Bei der Herstellung von Verbrennungsmotoren wird aus Gründen der Energieeffizienz und der Emissionsreduzierung eine möglichst geringe Reibung und eine hohe Abrieb- und Verschleißfestigkeit angestrebt. Hierzu werden Motorbauteile, wie zum Beispiel Zylinderbohrungen, Ventilsitze und Lagersitze mit Schichten versehen, die mittels thermischen Spritzens, insbesondere Lichtbogendrahtspritzen aufgebracht werden. Üblicherweise wird beim Lichtbogendrahtspritzen zwischen zwei drahtförmigen Spritzwerkstoffen ein Lichtbogen durch Anlegen einer Spannung erzeugt. Dabei schmelzen die Drahtspitzen ab und werden beispielsweise mittels eines Zerstäubergases auf die zu beschichtende Oberfläche, beispielsweise die Zylinderwand befördert, wo sie sich anlagern. Ein Schutzgas, das um den Zerstäubergasaustritt herum ausgeströmt wird, schafft eine Schutzatmosphäre im Bereich der zu beschichtenden Oberfläche und engt den Partikelstrahl ein, um ein Beschichten außerhalb der zu beschichtenden Oberfläche liegender Bereiche, so genanntes Overspray, zu vermeiden.

**[0003]** Im Stand der Technik ist ein so genanntes Eindrahtspritzen gebräuchlich. Aus der US 6,610,959 ist ein Verfahren zur Erzeugung eines engen Strahls flüssiger Tropfen zum thermischen Spritzen bekannt, bei dem eine Zerstäubergasdüse vorgesehen ist, in der eine erste, sich verbrauchende Elektrode positioniert wird. Eine zweite, sich nicht verbrauchende Elektrode wird in der Nähe eines Gasaustritts der Zerstäuberdüse positioniert und ein Lichtbogen zwischen Enden der Elektroden gezündet.

**[0004]** In der DE 690 03 808 T2 werden ein Verfahren und ein Apparat zum Auftragen von Metall auf eine interne zylindrische Oberfläche unter Verwendung eines Metallspritzverfahrens mit einem Lichtbogen mit einer verbrauchbaren Elektrode und einer nicht verbrauchbaren Elektrode beschrieben. Die nicht verbrauchbare Elektrode dreht sich um eine erste Achse. Die verbrauchbare Elektrode wird in einer Richtung im Allgemeinen parallel zur ersten Achse zugeführt, dreht sich aber nicht um die eigene Achse. Es wird ein Lichtbogen zwischen den Elektroden gezündet und Zerstäubergas durch den Lichtbogen in einem Winkel zur ersten Achse geleitet, damit schmelzflüssiges Metall im Lichtbogen zerstäubt und vorwärts transportiert werden kann und auf der Oberfläche aufgetragen werden kann.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Vorrichtung sowie ein verbessertes Verfahren zum Lichtbogendrahtspritzen anzugeben.

**[0006]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung zum Lichtbogendrahtspritzen mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch die im Anspruch 9 angegebenen Merkmale gelöst.

**[0007]** Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0008]** Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Lichtbogendrahtspritzen, umfassend eine drahtförmige verbrauchbare Anode, vier nicht verbrauchbare Kathoden, eine Energiequelle zur Erzeugung und Aufrechterhaltung jeweils eines Lichtbogens zwischen Anode und der jeweiligen Kathode und eine Drahtvorschubeinrichtung zur Nachführung der Anode, sind die vier Kathoden symmetrisch kreisförmig um die Anode angeordnet und die Anode ist im Bereich des Lichtbogens schmelzbar und zur Aufrechterhaltung des Lichtbogens nachführbar.

**[0009]** Mittels der erfindungsgemäßen Lösung ist ein Abstand der Anode und der Kathoden und dadurch eine Länge des Lichtbogens und insbesondere eine Position des Lichtbogens in Bezug zu einer Zerstäuber- und Inertgaszuführung zum Lichtbogen und in Bezug zu einer Spritzdüse variabel einstellbar, insbesondere durch Nachführen der Anode ist ein Abstand zwischen Anode und Kathode konstant haltbar, wodurch ein eng begrenzter, exakt ausgerichteter und durch ein optimales Abschmelzen der verbrauchbaren Anode besonders homogener Partikelstrahl der Vorrichtung erzielbar ist. Daraus resultiert eine optimale Beschichtung, d. h. ein optimal dicker und optimal verteilter Materialauftrag auf einer zu beschichtenden Fläche und ein minimaler so genannter Overspray, wodurch auch eine Reduzierung eines Materialeinsatzes erzielbar ist. Als Overspray werden Spritzpartikel bezeichnet, welche außerhalb eines zu beschichtenden Bereiches auftreffen, woraus aufwändige, zeit- und kostenintensive Nacharbeiten eines derart beschichteten Werkstücks und ein erhöhter Materialeinsatz resultieren. Des Weiteren ist durch die erfindungsgemäße Lösung ein Erlöschen des Lichtbogens und ein aufwändiges erneutes Zünden mit daraus resultierenden Unterbrechungen eines Beschichtungsablaufs und damit verbundene Gefahren für eine Beschichtungsqualität vermeidbar.

**[0010]** Die Spritzvorrichtung ist vorzugsweise modular aufgebaut, um die Wartung und die separate Austauschbarkeit von Komponenten zu erleichtern und so eine Eignung für die Serienproduktion zu erreichen.

**[0011]** Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert.

**[0012]** Dabei zeigen:

**[0013]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer Anoden- und Kathodenanordnung in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, und

**[0014]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

**[0015]** Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0016]** [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung der Anoden- und Kathodenanordnung in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Die Anordnung umfasst beispielsweise vier Kathoden **2**, die symmetrisch kreisförmig um die Anode **1** angeordnet sind. Die Kathode **2** ist vorzugsweise ein handelsübliches Normteil und beispielsweise aus Wolfram hergestellt.

**[0017]** Ein Anstellwinkel  $\alpha$  zwischen der Kathode **2** und der Anode **1** kann, wie gezeigt, in einem Bereich zwischen  $45^\circ$  und  $90^\circ$  variieren und einstellbar sein.

**[0018]** Eine Anode **1** ist axial auf die vier nicht verbrauchbaren Kathoden **2** mittels einer Drahtvorschubeinrichtung **4** zuführbar. Zwischen der Drahtvorschubeinrichtung **4** und der Spritzdüse **7** ist ein Drahttrichter **9** angeordnet, um die drahtförmige verbrauchbare Anode **1**, welche beispielsweise von einer nicht näher dargestellten Spule abspulbar ist, gerade gerichtet in die Spritzdüse **7** einzuführen, um eine axiale Ausrichtung und eine exakte Zuführung der Anode **1** zu den Kathoden **2** sicherzustellen. Durch diese axiale Ausrichtung der Anode **1** und der Kathoden **2** zueinander ist eine Umlenkung der Anode **1** in der Vorrichtung nicht erforderlich, wodurch eine sehr kompakte Bauform der Spritzdüse **7** und eine Verwendung einer Vielzahl handelsüblicher drahtförmiger verbrauchbarer Anoden **1** unterschiedlichster Durchmesser ermöglicht ist.

**[0019]** Die Anode **1** kann kontinuierlich so nachgeführt werden, dass ein Abstand  $A$  zwischen der Anode **1** und der Kathode **2** konstant bleibt.

**[0020]** Die stiftförmigen Kathoden **2** sind mit einem spitzen Ende außerhalb der Spritzdüse **7** im Bereich des aus der Spritzdüse **7** austretenden Zerstäuber- und/oder Inertgases  $G$  angeordnet. Zwischen dem spitzen Ende einer jeden Kathode **2** und dem Ende der Anode **1** kann ein Lichtbogen **6** durch Anlegen einer Spannung erzeugt werden. Die Anode **1** wird durch den Lichtbogen **6** im Bereich ihres Endes geschmolzen. Der Spritzdüse **7** ist das Zerstäuber- und/oder Inertgases  $G$  ständig so zuführbar, dass

beim Schmelzen der Anode **1** entstehende geschmolzene Partikel  $P$  durch das aus der Spritzdüse **7** austretende Zerstäuber- und/oder Inertgases  $G$  in Richtung einer nicht näher dargestellten Oberfläche eines zu beschichtenden Körpers transportiert und auf der Oberfläche abgeschieden werden. Die Anode **1** wird zur Aufrechterhaltung des Lichtbogens und zur kontinuierlichen Zufuhr von Beschichtungsmaterial mittels der Drahtvorschubeinrichtung **4** nachgeführt.

**[0021]** Durch die vier gleichmäßig symmetrisch über einen Kreisumfang verteilten Lichtbögen **6** schmilzt die Anode **1** sehr gleichmäßig ab und durch ein optimales Abschmelzen der Anode **1** entsteht ein besonders homogener Partikelstrahl **11**.

**[0022]** Als Zerstäuber- und/oder Inertgas  $G$  können beispielsweise Stickstoff oder Druckluft oder Kohlendioxid oder Argon oder ein Gemisch aus mindestens zweien der vorgenannten Gase verwendet werden.

**[0023]** Die Anode **1** und die Kathoden **2** sind zu einer Energiezufuhr über elektrische Leitungen **10** mit einer Energiequelle **3** verbunden. Die Energiequelle **11** ist beispielsweise als Konstantstromquelle oder als Konstantspannungsquelle ausgebildet.

**[0024]** An dieser Energiequelle **3** ist zur Überwachung einer Spannung und/oder einer Stromstärke eine Steuereinheit **5** angeordnet, welche mit der Drahtvorschubeinrichtung **4** zu einer Regelung einer Drahtvorschubgeschwindigkeit der Drahtvorschubeinrichtung **4** verbunden ist.

**[0025]** Die Lichtbögen **6** zwischen Anode **1** und den Kathoden **2** werden mittels eines Hochfrequenzimpulses unter Zuführung eines reinen Inertgases, beispielsweise Argon, gezündet. Nach der Zündung des Lichtbogens **6** werden die Spannung und/oder die Stromstärke der Energiequelle **3** von der Steuereinheit **5** überwacht. Ebenfalls nach der Zündung wird die Gaszufuhr auf das Zerstäuber- und/oder Inertgas  $G$  umgestellt. Steigt eine Länge des Lichtbogens **6** an, d. h. ein Abstand zwischen Anode **1** und den Kathoden **2** wird größer, so ist eine erhöhte Energiezufuhr erforderlich, um den Lichtbogen **6** aufrechtzuerhalten. Daraus resultiert eine erhöhte Leistungsaufnahme an der Energiequelle **3**, wodurch die Spannung und/oder die Stromstärke der Energiequelle **3** ansteigen. Steigen die Spannung und/oder die Stromstärke der Energiequelle **3** über einen vorgegebenen Grenzwert an, wird von der Steuereinheit **3** automatisch die Drahtvorschubgeschwindigkeit der Drahtvorschubeinrichtung **4** gesteigert. Der Abstand zwischen Anode **1** und den Kathoden **2** wird geringer und eine optimale Länge des Lichtbogens **6** stellt sich wieder ein. Analog dazu ist ein zu kleiner Abstand zwischen Anode **1** und den Kathoden **2**, d. h. eine zu geringe Länge des Lichtbogens **6**, mit einer geringeren Leistungsaufnahme an der Energiequelle **3** ver-

bunden, d. h. die Spannung und/oder die Stromstärke der Energiequelle **3** sinken. In diesem Fall wird von der Steuereinheit **5** automatisch die Drahtvorschubgeschwindigkeit der Drahtvorschubeinrichtung **4** reduziert, wodurch sich wieder eine optimale Länge des Lichtbogens **6** einstellt. Die Grenzwerte für die Spannung und/oder die Stromstärke werden zweckmäßigerweise vor Beginn der Beschichtung in Abhängigkeit vom jeweils eingesetzten Material der Anode **1** vorgegeben.

**[0026]** Eine dauerhaft optimale Länge des Lichtbogens **6** der Vorrichtung weist eine Reihe von Vorteilen auf. So ist durch die konstant optimale Länge des Lichtbogens **6** auch eine Position des Lichtbogens **6** in Bezug zur Spritzdüse **7** und damit auch in Bezug auf die Zuführung des Zerstäuber- und/oder Inertgases **G** konstant haltbar, wodurch ein eng begrenzter, exakt ausgerichteter und durch ein optimales Abschmelzen der Anode **1** besonders homogener Partikelstrahl **11** erzielbar ist. Daraus resultiert eine optimale Beschichtung, d. h. ein optimal dicker und optimal verteilter Materialauftrag auf einer zu beschichtenden Fläche und eine Reduzierung des Overspray, wodurch eine Reduzierung eines Materialeinsatzes sowie eine Reduzierung aufwändiger, zeit- und kostenintensiver Nacharbeiten an einem derart beschichteten Werkstück zur Entfernung des Overspray erzielbar sind.

**[0027]** Des Weiteren ist durch eine optimale Länge des Lichtbogens **6** ein Erlöschen des Lichtbogens **6** und ein aufwändiges erneutes Zünden mit daraus resultierenden Unterbrechungen eines Beschichtungsablaufs und damit verbundene Gefahren für eine Beschichtungsqualität vermeidbar. Insbesondere bei drahtförmigen Anoden **1**, deren Material viele verschiedene Legierungsbestandteile aufweist und welche beispielsweise als Fülldrähte ausgeführt sind, ist häufig ein unregelmäßiges Abschmelzen zu beobachten. In der Vorrichtung können auch derartige Anoden **1** problemlos und mit einer optimalen Länge des Lichtbogens **6** eingesetzt werden.

**[0028]** Die gesamte Vorrichtung ist modular aufgebaut, um die Wartung und die separate Austauschbarkeit von Komponenten zu erleichtern und so eine Eignung für die Serienproduktion zu erreichen.

**[0029]** Des Weiteren ist diese Vorrichtung aufgrund ihrer kompakten Bauweise platzsparend einsetzbar und durch den sehr gut ausgerichteten und eng begrenzten Partikelstrahl **11** wird ein Overspray deutlich reduziert.

**[0030]** In einem Verfahren zum Lichtbogen-drahtspritzen wird mittels der vier Lichtbögen **6** die Anode **1** abgeschmolzen und die abgeschmolzenen Partikel **8** werden mittels des aus der Spritzdüse **7** austretenden Zerstäuber- und/oder Inertgases **G** in

Richtung der zu beschichtenden Oberfläche transportiert.

**[0031]** Das Verfahren ermöglicht einen sehr engen Partikelstrahlwinkel  $\beta$  mit beispielsweise weniger als  $5^\circ$  verglichen mit Zweidrahtspritzen, bei dem ein Partikelstrahlwinkel  $\gamma$  von etwa  $30^\circ$  erreicht wird. Die Partikel können so besonders definiert und sparsam auf die zu beschichtende Oberfläche aufgebracht werden.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Anode
<b>2</b>	Kathode
<b>3</b>	Energiequelle
<b>4</b>	Drahtvorschubeinrichtung
<b>5</b>	Steuereinheit
<b>6</b>	Lichtbogen
<b>7</b>	Spritzdüse
<b>8</b>	geschmolzene Partikel
<b>9</b>	Drahttrichter
<b>10</b>	elektrische Leitungen
<b>11</b>	Partikelstrahl
$\alpha$	Anstellwinkel
$\beta$	Partikelstrahlwinkel
<b>A</b>	Abstand
<b>G</b>	Zerstäuber- und/oder Inertgas

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 6610959 [\[0003\]](#)
- DE 69003808 T2 [\[0004\]](#)

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Lichtbogendrahtspritzen, umfassend eine drahtförmige verbrauchbare Anode (1), vier nicht verbrauchbare Kathoden (4), eine Energiequelle (3) zur Erzeugung und Aufrechterhaltung jeweils eines Lichtbogens (6) zwischen Anode (1) und der jeweiligen Kathode (2) und eine Drahtvorschubeinrichtung (4) zur Nachführung der Anode (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass die vier Kathoden (2) symmetrisch kreisförmig um die Anode (1) angeordnet sind und die Anode (1) im Bereich des Lichtbogens (6) schmelzbar und zur Aufrechterhaltung des Lichtbogens (6) nachführbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vier Kathoden (2) in einem Anstellwinkel ( $\alpha$ ) von  $45^\circ$  bis  $90^\circ$  in Längsrichtung der Anode (1) verstellbar angeordnet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (1) kontinuierlich mittels der Drahtvorschubeinrichtung (4) so nachführbar ist, dass ein Abstand (A) zwischen der Anode (1) und den Kathoden (2) konstant oder nahezu konstant bleibt.

4. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Steuereinheit (5), welche mit der Energiequelle (3) und der Drahtvorschubeinrichtung (4) verbunden ist, eine Spannung und/oder eine Stromstärke der Energiequelle (3) überwachbar ist und eine Drahtvorschubgeschwindigkeit der Drahtvorschubeinrichtung (4) in Abhängigkeit von der Stromstärke und/oder der Spannung der Energiequelle (3) von der Steuereinheit (5) automatisch regelbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromstärke und/oder die Spannung der Energiequelle (3) in Abhängigkeit von einem Material der Anode (1) vorgebar sind.

6. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Lichtbogen (6) ein Zerstäuber- und/oder Inertgas (G) zuführbar ist, von dem die geschmolzenen Partikel (8) in Richtung der zu beschichtenden Oberfläche transportierbar sind.

7. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Spritzdüse (7) umfasst, welche in Strömungsrichtung des Zerstäuber- und/oder Inertgases (G) hinter dem Lichtbogen (6) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (1) mittig durch die Spritzdüse (7) geführt wird.

9. Verfahren zum Lichtbogendrahtspritzen mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der vier Lichtbögen (6) die Anode (1) abgeschmolzen wird und die abgeschmolzenen Partikel (8) mittels des aus der Spritzdüse (7) austretenden Zerstäuber- und/oder Inertgases (G) in einem Partikelstrahl (11) in Richtung der zu beschichtenden Oberfläche transportiert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Größe eines Partikelstrahlwinkels ( $\beta$ ) mittels einer Strömung des Zerstäuber- und/oder Inertgases (G) verändert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Zerstäuber- und/oder Inertgas (G) Stickstoff oder Druckluft oder Kohlendioxid oder Argon oder ein Gemisch aus mindestens zweien der vorgenannten Gase verwendet wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

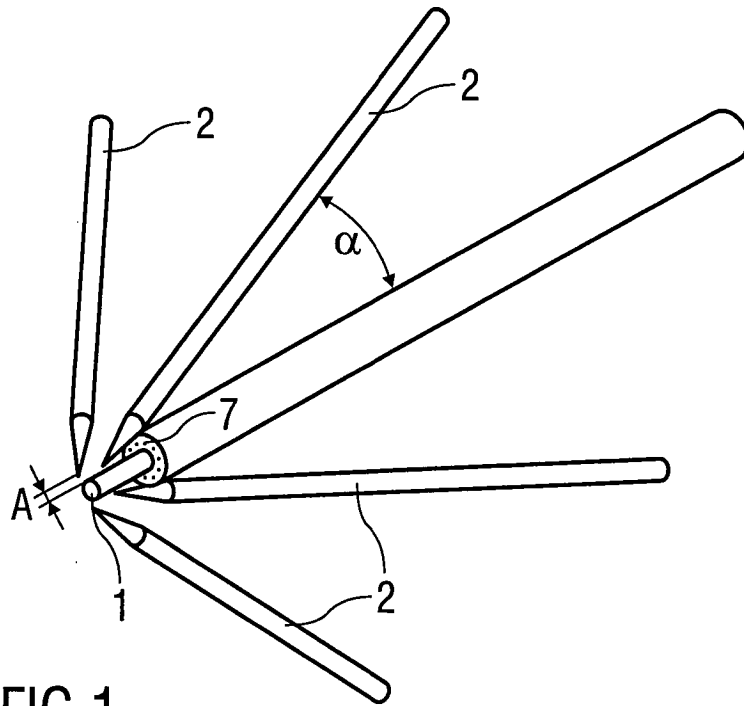


FIG 1

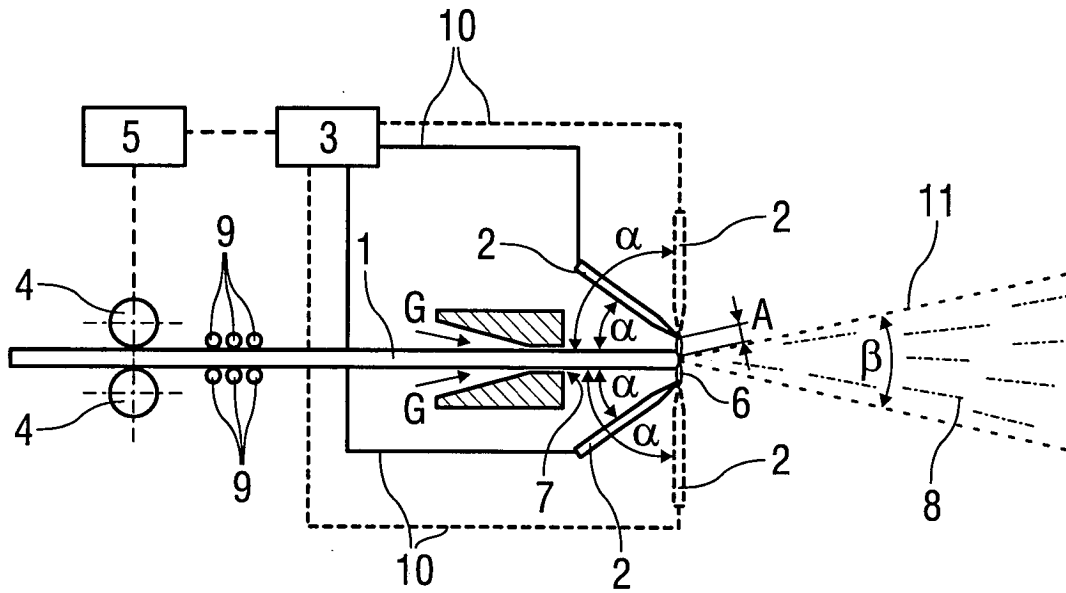


FIG 2