



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer : **92810095.7**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup> : **H05H 1/34, H05H 1/42, H05H 1/44**

(22) Anmeldetag : **10.02.92**

(30) Priorität : **21.02.91 DE 4105407**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**26.08.92 Patentblatt 92/35**

(84) Benannte Vertragsstaaten :  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU MC NL PT SE**

(71) Anmelder : **PLASMA-TECHNIK AG**  
**Rigackerstrasse 21**  
**CH-5610 Wohlen 1 (CH)**

(72) Erfinder : **Landes, Klaus, Dr.-Ing.**  
**Melchiorstrasse 23**  
**W-8000 München 71 (DE)**

(74) Vertreter : **Rottmann, Maximilian R.**  
**c/o Rottmann, Zimmermann + Partner AG**  
**Glattalstrasse 37**  
**CH-8052 Zürich (CH)**

(54) **Plasmaspritzgerät zum Versprühen von pulverförmigem oder gasförmigem Material.**

(57) Das Plasmaspritzgerät enthält ein indirektes Plasmatron zur Erzeugung eines Langlichtbogens, mit einem Plasmakanal (4) zwischen der Kathodenanordnung (1, 20) und dem Anodenring (3). Die Kathodenanordnung weist einen zentralen Isolationskörper (21) auf, welcher in den Hohlraum (22) einer Einlaufdüse (5) des Plasmakanals (4) ragt. Durch einen Ringkanal (23) zwischen Isolationskörper (21) und Düsenwandung wird das Plasmagas in die Einlaufdüse (5) eingeleitet. Mehrere stabförmige, in den Isolationskörper (21) eingebettete Kathoden (1) verlaufen parallel zueinander und sind im Kreis um eine zentrale Achse (2) verteilt angeordnet, deren aktive Enden (63) aus dem Isolationskörper (21) hervor in den Düsenhohlraum ragen. Die Zufuhr des Spritzmaterials (SM) erfolgt am kathodenseitigen Ende des Plasmakanals (4) durch ein Rohr (24), welches sich längs der zentralen Achse (2) durch den Isolationskörper (21) erstreckt und in den Düsenhohlraum mündet, wobei die Kathodenenden (20) über die Rohrmündung (25) hinausragen.

Durch eine hohe Energiekonzentration im Düsenhohlraum wird dem Spritzmaterial in diesem Bereich und durch den Langlichtbogen längs des ganzen Plasmakanals Energie zugeführt, so dass das Spritzmaterial in geschmolzenem Zustand mit hoher Beschleunigung aus dem Gerät austritt. Der Anodenring hat keine Düsenfunktion und kann deshalb weit genug sein, um vom Spritzmaterial nicht getroffen zu werden.

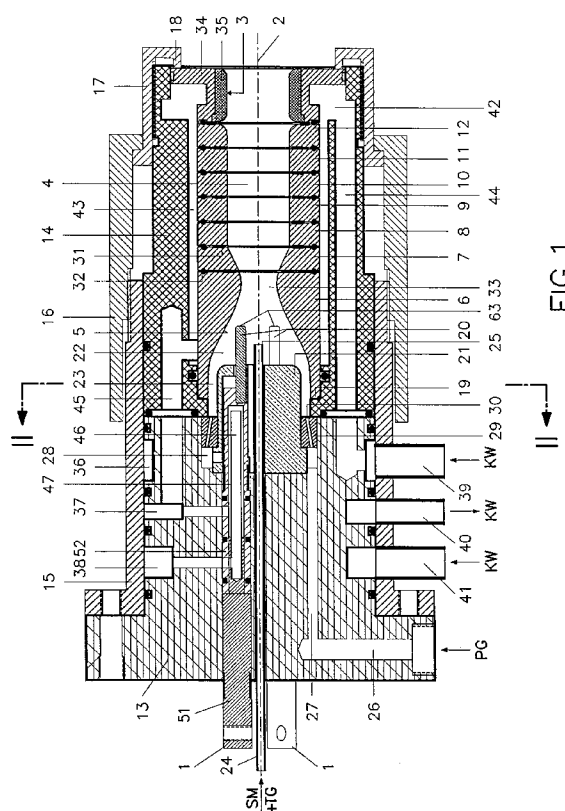


FIG. 1

Die Erfindung betrifft ein Plasmaspritzgerät zum Versprühen von pulverförmigem oder gasförmigem Material nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein Plasmaspritzgerät dieser Art ist aus der EP 0 249 238 A2 bekannt. Die Kathodenanordnung besteht bei diesem Gerät aus einer Stabkathode, und die Zufuhr des Spritzmaterials erfolgt am anodenseitigen Ende des Plasmaführungskanals durch ein seitlich in diesen Kanal eingeführtes Rohr, dessen Endpartie in die Kanalachse umgebogen ist.

Der Wirkungsgrad eines derartigen Plasmaspritzgeräts ist ziemlich gering, da ein erheblicher Teil der Lichtbogenenergie durch Wärmeübergang an die gekühlte Wandung des verhältnismässig engen Plasmaführungskanals verlorengeht und für das Aufschmelzen und Beschleunigen des Spritzmaterials nur die verbleibende Energie des freien Plasmastrahls zur Verfügung steht. Ausserdem führt die gewählte Anordnung der Austrittsdüse für die Zufuhr des Spritzmaterials innerhalb des Plasmaführungskanals zu Schwierigkeiten, weil die Austrittsdüse und der Plasmastrahl sich gegenseitig ungünstig beeinflussen. Einerseits wird die Strömung des Plasmastrahls durch die Austrittsdüse mechanisch behindert, andererseits wird die Austrittsdüse im Zentrum des Plasmastrahls thermisch ausserordentlich stark beansprucht.

Die Erfindung sucht diese Nachteile durch eine Verlegung der Spritzmaterialzufuhr an das kathodenseitige Ende des Plasmakanals zu vermeiden. Vorschläge in dieser Richtung sind zwar an sich bekannt; deren Anwendung in Verbindung mit einem Plasmaspritzgerät der eingangs genannten Art haben aber bisher zu keinen befriedigenden Ergebnissen geführt.

Das DE-GM 1 932 150 zeigt ein Plasmaspritzgerät mit einem indirekten Plasmatron, das mit einem Kurzlichtbogen arbeitet. Eine hohlzylindrische Kathode arbeitet mit einer ebenfalls hohlzylindrischen, düsenförmig ausgebildeten Anode zusammen, wobei die Kathode in die koaxial zu dieser angeordneten Anode hineinragt. Die Hohlkathode dient zugleich als Zuführrohr für das Spritzmaterial, das auf diese Weise achsial in den Lichtbogenraum eingeführt wird. Das Plasmagas gelangt durch den Ringspalt zwischen Kathode und Anode in den Lichtbogenraum und anschliessend in die Anodendüse, durch welche der Plasmastrahl eingeschnürt wird.

Die Anwendung einer Hohlkathode in einem Plasmatron mit Langlichtbogen bereitet jedoch, insbesondere bei hohen Lichtbogenströmen, enorme technische Schwierigkeiten, da wegen des meist lokalen kathodischen Lichtbogenansatzes (Brennfleck) eine thermische Überlastung und damit eine vorzeitige Abnützung der Kathode eintreten kann. Durch elektromagnetisch bewirkte Rotation des Lichtbogenansatzes entlang des Kathodenrands lässt sich diese Gefahr zwar vermindern. Auch kann durch Nachführen der Kathode, wie z.B. im Falle der längsbeweglichen Stabkathode nach der EP 0 249 238 A2 eine Abnützung derselben kompensiert werden. Beide Lösungen sind aber mit erhöhtem Aufwand verbunden.

Eine Verbesserung in dieser Hinsicht ergibt sich, wenn die zentrale Hohlkathode durch eine Mehrzahl von Stabkathoden ersetzt wird und das Spritzmaterial durch ein im Zentrum der Kathoden angeordnetes Rohr zugeführt wird. Ein Beispiel für eine solche Lösung zeigt die DE-OS 33 12 232 A1 an einem Plasmaspritzgerät mit einem direkten Plasmatron, d.h. mit einem auf das Werkstück übertragenen Lichtbogen.

Ein anderes Plasmaspritzgerät der genannten Art, mit einem indirekten Plasmatron, das mit einem Kurzlichtbogen arbeitet, besitzt ebenfalls eine Mehrzahl von Stabkathoden, welche im Kreis um die Achse einer Anodendüse parallel zueinander angeordnet sind. Den Kathoden sind Hilfsanoden zur Zündung von Pilotlichtbögen zugeordnet, von denen aus unter der Einwirkung des längs der Kathoden strömenden Plasmagases Einzellichtbögen zur Anodendüse gezogen werden, welche einen im Zentrum der Anodendüse vereinigten Plasmastrom erzeugen. Durch ein im Zentrum der Kathodenanordnung befindliches Rohr wird das Spritzmaterial achsial in den Lichtbogenraum eingeführt, und zwar direkt an den Vereinigungspunkt der einzelnen Plasmaströme. Zwar lässt sich durch die Stromaufteilung auf mehrere Kathoden deren Standzeit infolge geringerer thermischer Belastung erhöhen. Da sich aber die drei Einzellichtbögen nicht zwangsläufig im Zentrum der Anodendüse vereinigen und nicht in den Plasmaführungskanal eindringen, sondern an Anodenpartien ansetzen, die den Kathoden näher liegen, findet keine höchstmögliche Energiekonzentration im Zentrum des Lichtbogenraums statt, d.h. dort wo das Spritzmaterial aus dem zentralen Zuführrohr hingelangt. Somit ist davon auszugehen, dass auch in diesem Fall dem Spritzmaterial die zum Aufschmelzen der Partikel erforderliche Energie grösstenteils erst im freien Plasmastrahl zugeführt wird. Dies dürfte sogar erwünscht sein, weil unter diesen Umständen die Pulverteilchen bis zum Austritt aus der Anodendüse noch nicht aufgeschmolzen sind und sich daher nicht an der Wandung derselben niederschlagen können.

Demgegenüber bezweckt die Erfindung, eine höchstmögliche Energiekonzentration, die bereits im Nahbereich der Kathodenanordnung beginnt und sich bis zur Anode bzw. noch darüber hinaus erstreckt, zu erzielen.

Dieses Ziel lässt sich durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 genannten Massnahmen erreichen.

Die gewählte Kathodenanordnung in einem mit Langlichtbogen arbeitenden, indirekten Plasmatron, in Verbindung mit der durch die Einlaufdüse gebildeten Einschnürung, gewährleistet eine grösstmögliche Energie-

konzentration im Düsenhohlraum. Das Spritzmaterial, welches durch das in der zentralen Achse angeordnete Zuführrohr, normalerweise mit Hilfe eines Trägergases, eingebracht wird, dringt bereits in Kathodennähe in den heissen Kern des Plasmastrahls ein, in welchem das Sprühmaterial, z.B. die Pulverteilchen aufgeschmolzen und weiterbeschleunigt werden. Durch Variation des Trägergasflusses lässt sich in einfacher Weise die Anfangsgeschwindigkeit der Pulverteilchen und damit auch die technisch wichtige Verweilzeit derselben im Plasma einstellen. Mit diesen Grössen können in Verbindung mit einer geeigneten Wahl des Plasmagasflusses und des Lichtbogenstroms optimale Betriebsbedingungen erreicht werden.

Der zentrale Isolationskörper dient nicht nur dazu, die Stabkathoden untereinander und gegenüber dem Zuführrohr elektrisch zu isolieren, sondern hat auch die Aufgabe, zusammen mit der Einlaufdüse einen Ringkanal zu bilden, durch welchen das Plasmagas in möglichst laminarer Form in den Kathodenraum einströmt. Wichtig ist dabei auch, dass das Plasmagas den aus dem Isolierkörper vorstehenden Kathodenspitzen entlang strömt, welche dadurch zusätzlich gekühlt werden. Dies führt zu einer Erhöhung der Kathodenstandzeit.

In einer der möglichen Ausführungsformen grenzt der Isolationskörper unmittelbar an den Lichtbogenraum an und ist daher thermisch stark belastet. Er besteht deshalb vorzugsweise aus einem hochschmelzenden Material, z.B. aus Keramik oder Bornitrid.

Mit Rücksicht auf die thermische Belastung der Kathoden weisen diese vorzugsweise einen wassergekühlten Kathodenschaft und an ihrem aktiven Ende einen in den Kathodenschaft eingesetzten Kathodenstift aus einem hochschmelzenden Material auf. Z.B. kann der Kathodenschaft aus Kupfer und der Kathodenstift aus thoriertem Wolfram bestehen.

Die aktiven Enden der Kathoden sollten so nahe wie betriebsmässig möglich beieinander liegen, damit die Vereinigung der von diesen ausgehenden Lichtbogenäste möglichst nahe der Bogenansatzstellen stattfindet. Da aber die Kathodenschäfte aufgrund der Hohlräume für die Wasserkühlung einen verhältnismässig grossen Durchmesser aufweisen und aus Isolationsgründen einen minimalen gegenseitigen Abstand haben müssen, lässt sich bei coaxialer Anordnung des Kathodenstifts zum Kathodenschaft nicht der gewünschte geringe gegenseitige Abstand der Kathodenstifte erreichen. Die Anordnung könnte zwar so getroffen sein, dass die Kathodenstifte schräg aufeinander zulaufen; eine solche Lösung ist jedoch vom Gesichtspunkt der Herstellung aus nicht befriedigend. Eine bevorzugte Lösung besteht deshalb darin, den Kathodenstift exzentrisch in den Kathodenschaft einzusetzen, so dass die Längsachse des Kathodenstifts der zentralen Längsachse näher liegt als diejenige des Kathodenschafte.

Zur Erzielung einer laminaren Einströmung des Plasmagases in die Einlaufdüse hat es sich als zweckmässig erwiesen, eine Gasverteilanordnung mit einer Mehrzahl von Düsen vorzusehen. Beispielsweise kann dem zwischen dem Isolationskörper und der Einlaufdüse vorhandenen Ringkanal ein auf dem Isolationskörper sitzender Gasverteilring mit einer Mehrzahl von Durchgangsbohrungen für den Einlass des Plasmagases in den Ringkanal vorgelagert sein.

Eine noch vorteilhaftere Lösung besteht allerdings darin, dass dem Isolationskörper eine Gasverteilscheibe vorgelagert ist, welche sich radial vom zentralen Rohr für die Zufuhr des Spritzmaterials bis an die Wandung der Einlaufdüse erstreckt und welche mit einer Mehrzahl von im Kreis angeordneten Durchlassbohrungen für den Einlass des Plasmagases aus dem Ringkanal in die Einlaufdüse versehen ist. Die Durchlassbohrungen haben hier die gleiche Wirkung wie diejenigen bei dem vorher erwähnten Gasverteilring. Diese Gasverteilscheibe schirmt jedoch die ganze Frontseite des Isolationskörpers gegen die Einwirkung der Lichtbogenwärme ab, so dass nunmehr der Isolationskörper nicht mehr aus verhältnismässig teurem hochschmelzenden Material bestehen muss. Dagegen soll die Gasverteilscheibe eine entsprechende Wärmebeständigkeit aufweisen, wobei jedoch für die Gasverteilscheibe erheblich weniger von dem hochschmelzenden Material benötigt wird als sonst für den Isolationskörper und im übrigen eine weniger komplizierte Form hat als jener, was zu einer einfacheren und billigeren Lösung führt.

Aufgrund ihrer Platzierung unmittelbar vor dem Isolationskörper besitzt die Gasverteilscheibe weitere Durchgangsbohrungen, durch welche sich die Kathodenstifte erstrecken. Vorzugsweise haben diese Durchgangsbohrungen einen grösseren Durchmesser als die Kathodenstifte. Dies ermöglicht es, einen Teil des Plasmagases durch den aufgrund der Durchmesserdifférenz bestehenden Ringspalt entlang der Kathodenstifte zu leiten, womit die Kühlung derselben weiter verbessert wird.

Im übrigen können die Durchlassbohrungen für das Plasmagas sowohl bei dem Gasverteilring als auch bei der Gasverteilscheibe, anstatt axial, tangential zu virtuellen, zentralachsigen Schraubenlinien verlaufen. Dadurch lässt sich eine Wirbelströmung des Plasmagases erreichen, was sich unter gewissen Betriebsbedingungen als vorteilhaft erwiesen hat.

Die Bahnen der geschmolzenen Pulverteilchen unterliegen dem Schroteffekt, d.h. sie verlaufen in einem Kegel, der längs des Plasmakanals bis zur Mündung desselben an der ringförmigen Anode innerhalb des Kanalquerschnitts liegen muss, damit sich keine geschmolzenen Teilchen an der Kanalwandung ablagern können. Diese Bedingung lässt sich ebenfalls durch geeignete Wahl der Betriebsparameter sowie durch ein

entsprechendes Längsprofil des Plasmakanals erreichen, z.B. dadurch, dass sich der Plasmakanal im Anschluss an die Einlaufdüse zur Anode hin stetig erweitert.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 ein Plasmaspritzgerät nach der Erfindung im Längs schnitt;

5 Fig. 2 einen auf den Kathodenraum beschränkten Querschnitt nach den Linien II-II in Fig. 1, in grösserem Mass stab;

Fig. 3 eine schematische Schnittansicht des Plasmakanals gemäss der Ausführungsform nach Fig. 1 in grösserem Massstab, mit eingezeichneter Plasma- und Spritz materialströmung;

10 Fig. 4 einen auf den Kathodenraum beschränkten Teillängs schnitt einer in diesem Bereich abgeänderten Ausführungsform des erfindungsgemässen Plasmaspritzgeräts;

Fig. 5 eine Ansicht auf die den Lichtbogenraum rückseitig abschliessenden Teile aus der Richtung X in Fig. 4;

Fig. 6 einen auf den Kathodenraum beschränkten Teillängs schnitt mit einer weiteren Variante der Mittel zur Gasführung in diesem Bereich;

15 Fig. 7 eine Ansicht auf die den Lichtbogenraum rückseitig anschliessenden Teile aus der Richtung X in Fig. 6; und

Fig. 8 eine Seitenansicht der in der Ausführungsform nach den Fig. 6 und 7 vorgesehenen Gasführungshülse.

20 Das Plasmaspritzgerät nach den Fig. 1 und 2 besitzt drei stabförmige Kathoden 1, welche parallel zueinander verlaufen und im Kreis um die zentrale Längsachse 2 des Geräts gleichmässig verteilt angeordnet sind, ferner eine von den Kathoden 1 distanzierte ringförmige Anode 3 und einen von den Kathoden 1 zur Anode 3 sich erstreckenden Plasmakanal 4. Der Plasmakanal 4 ist durch eine Anzahl ringförmiger, voneinander elektrisch isolierter Neutroden 6 bis 12 und die ringförmige Anode 3 gebildet.

25 Die Kathoden 1 weisen je einen aus zwei Teilen 51 und 52 bestehenden Kathodenschaft z.B. aus Kupfer auf, welcher in einem Kathodenträger 13 aus Isoliermaterial verankert ist. An diesen schliesst sich ein hülsenförmiger Anodenträger 14 aus Isoliermaterial an, der die Neutroden 6 bis 12 und die Anode 3 umgibt. Das Ganze wird zusammengehalten durch drei Metallhülsen 15, 16, 17, wobei die erste Hülse 15 mit dem Kathodenträger 13 stirnseitig und die zweite Hülse 16 mit der ersten umfänglich verschraubt ist, während die dritte Hülse 17 einerseits an der zweiten Hülse 16 lose verankert und andererseits mit dem Anodenträger 14 umfänglich verschraubt ist. Die dritte Hülse 17 drückt ausserdem mit einem nach innen gerichteten Flanschrand 18 gegen den Anodenring 3 und hält damit die den Plasmakanal 4 bildenden Elemente zusammen, wobei sich die den Kathoden 1 am nächsten liegende Neutrode 6 an einem Innenbund 19 des Anodenträgers 4 abstützt.

30 Die Kathoden 1 tragen an ihren Enden Kathodenstifte 20, welche aus einem elektrisch und thermisch besonders gut leitenden und zudem hochschmelzenden Material, z.B. Wolfram, bestehen. Dabei sind die Kathodenstifte 20 derart exzentrisch zur jeweiligen Achse der Kathodenschäfte 51, 52 angeordnet, dass deren Längsachsen der zentralen Längsachse 2 näher liegen als diejenigen der Kathodenschäfte.

40 An den Kathodenträger 13 ist auf der dem Plasmakanal 4 zugewandten Seite ein zentraler Isolierkörper 21 aus hochschmelzendem Material, z.B. Keramik oder Bornitrid, angesetzt, welcher in fester Position zur ersten Neutrode 6 angeordnet ist und aus dem die Kathodenstifte 20 heraus in den Hohlraum 22 der durch die ersten Neutrode 6 gebildeten Einlaufdüse ragen. Der freiliegende Teil der äusseren Mantelfläche des Isolierkörpers 21 liegt einem Teil der Düsenwandung radial gegenüber und bildet mit diesem Wandungsteil einen Ringkanal 23 für den Einlass des Plasmagases in den Düsenhohlraum 22.

45 Die Zufuhr des Spritzmaterials SM, z.B. Metall- oder Keramikpulver, in den Plasmastrahl erfolgt mit Hilfe eines Trärgases TG am kathodenseitigen Ende des Plasmakanals 4. Zu diesem Zweck ist ein in der Längsachse 2 verlaufendes und vom Isolierkörper 21 gehaltenes Rohr 24 vorgesehen, das ebenfalls in den Düsenhohlraum 22 mündet, wobei sich die Kathodenstifte 20 über die Mündung 25 des Rohrs 24 hinaus erstrecken.

50 Das Plasmagas PG wird durch einen im Kathodenträger 13 vorgesehenen Querkanal 26 zugeführt, welcher in einen Längskanal 27 übergeht, aus dem das Plasmagas in einen Ringraum 28 und von da in den Ringkanal 23 gelangt. Zur Erzielung einer möglichst laminaren Einstromung des Plasmagases in den Düsenhohlraum 22 ist ein auf dem Isolierkörper 21 sitzender Gasverteiler 29 mit einer Mehrzahl von Durchgangsbohrungen 30 vorgesehen, welche den Ringraum 28 mit dem Ringkanal 23 verbinden.

55 Die den Plasmakanal 4 bildenden Elemente, nämlich die Anode 3 und die Neutroden 6 bis 12, sind durch Ringscheiben 31 aus Isoliermaterial, z.B. Bornitrid, gegeneinander elektrisch isoliert und durch Dichtungsringe 32 gasdicht miteinander verbunden. Der Plasmakanal 4 weist im kathodennahen Bereich eine Einschnürungszone 33 auf und erweitert sich im Anschluss an diese Einschnürungszone 33 zur Anode 3 hin auf einen Durchmesser, welcher mindestens 1,5-mal so gross ist wie der Kanaldurchmesser an der engsten Stelle der Einschnürungszone 33. Nach dieser Erweiterung verläuft der Plasmakanal 4 zylindrisch bis an sein anodenseitiges Ende. Während die Neutroden 6 bis 12 z.B. aus Kupfer bestehen, ist die Anode 3 aus einem Aussenring

34, z.B. aus Kupfer, und einem Innenring 35 aus einem elektrisch und thermisch besonders gut leitenden und zudem hochschmelzenden Material, z.B. Wolfram, aufgebaut.

Um die Plasmaströmung, insbesondere im Düsenbereich, nicht durch Spalte in der Wandung des Plasmakanals 4 zu behindern, erstreckt sich die den Kathodenstäben 1 am nächsten liegende Neutrode 6 über die ganze Einschnürungszone 33, damit die Kanalwandung 5 bis über die engste Stelle der Einschnürungszone hinaus einen stetigen Verlauf aufweist.

Die der Lichtbogen- und Plasmawärme unmittelbar ausgesetzten Teile sind weitgehend wassergekühlt. Zu diesem Zweck sind im Kathodenhalter 13, im Teil 52 des Kathodenschafts und im Anodenhalter 14 verschiedene Hohlräume für die Zirkulation des Kühlwassers KW vorgesehen. Der Kathodenhalter 13 weist drei Ringräume 36, 37, und 38 auf, die mit Anschlussleitungen 39, 40 bzw. 41 verbunden sind, und der Anodenhalter 14 weist im Bereich der Anode 3 einen Ringraum 42 und im Bereich der Neutroden 6 bis 12 einen alle Neutroden umgebenden Hohlraum 43 auf. Kühlwasser KW wird über die Anschlussleitungen 39 und 41 zugeführt. Das Kühlwasser der Anschlussleitung 39 gelangt durch einen Längskanal 44 zunächst zu dem die thermisch am stärksten belastete Anode 3 umgebenden Ringraum 42. Von da strömt das Kühlwasser durch den Hohlraum 43 der Mantelfläche der Neutroden 6 bis 12 entlang zurück durch einen Längskanal 45 in den Ringraum 37. Das Kühlwasser der Anschlussleitung 41 fliesst in einen Ringraum 38 und aus diesem in je einen Hohlraum 46 des Kathodenschaftteils 52, welcher durch eine zylindrische Trennwand 47 unterteilt ist. Aus den Kathodenschaftteilen gelangt das Kühlwasser schliesslich in den Ringraum 37, aus dem es über die Anschlussleitung 40 abfliesst.

Die Fig. 3 zeigt den ungefähren Verlauf des Lichtbogens 48 beim Betrieb des Plasmaspritzgeräts nach den Fig. 1 und 2, sowie den Strömungsverlauf des Plasmagases PG und die Flugbahn des Spritzmaterials SM. Man erkennt deutlich die Wirkung der Einschnürungszone 33 und der anschliessenden Erweiterung des Plasmakanals 4. Die von den einzelnen Kathodenstiften 20 ausgehenden Lichtbogenäste 49 vereinigen sich in unmittelbarer Nähe der Bogenansatzstellen, und zwar einerseits aufgrund des geringen gegenseitigen Abstands der Kathodenstifte 20 und andererseits wegen der kathodennahen Einschnürungszone 33, welche das Plasma und die Stromlinien derart einengen, dass sich im Zentrum des Plasmakanals 4 bereits an der Stelle der Spritzmaterialzufuhr eine hohe Energiekonzentration ergibt und keine kalte Seele im Plasmastrahl auftritt. Im erweiterten Teil des Plasmakanals 4 ist der Abstand der Kanalwandung 50 zum Plasmastrahl verhältnismässig gross. Unter diesen Umständen wird die Kanalwandung 50 in diesem Bereich thermisch weniger beansprucht, und die Kühlleistung lässt sich dementsprechend verringern.

Die Fig. 4 und 5 zeigen eine im Bereich des Kathodenraums abgeänderte Ausführungsform des Plasmaspritzgeräts, welche im übrigen gleich ausgebildet sein kann als dasjenige nach Fig. 1. Im vorliegenden Beispiel sind für die gleichbleibenden Teile des Geräts die gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 verwendet worden.

Der Unterschied zur ersten Ausführungsform besteht darin, dass der Gasverteiling 29 in Fig. 1 durch eine Gasverteilscheibe 53 ersetzt ist, welche dem zentralen Isolationskörper 54 vorgelagert ist und sich radial vom zentralen Rohr 24 für die Zufuhr des Spritzmaterials bis an die Wandung 55 der Einlaufdüse 6 erstreckt. Diese Gasverteilscheibe 53 ist mit einer Mehrzahl von im Kreis angeordneten Durchlassbohrungen 56 für den Einlass des Plasmagases aus dem Ringkanal 57 in den Düsenhohlraum 22 der Einlaufdüse 6 versehen. Wie in Fig. 5 angedeutet ist, haben die Durchlassbohrungen 56 eine tangentielle Richtungskomponente, so dass das Plasmagas in einem Wirbel um die zentrale Längsachse 2 in die Einlaufdüse 6 einströmt. Die gleiche Massnahme kann selbstverständlich auch bei dem Gasverteiling 29 nach Fig. 1 vorgesehen sein.

Die der Gasverteilscheibe 53 zugewandte Frontfläche des Isolationskörpers 54 ist bereichsweise zurückgesetzt, so dass sich in diesen Bereichen ein sektorförmiger Hohlraum 58 ergibt, welcher durch die bis an die Gasverteilscheibe 53 reichenden Teile 59 (strickpunktiert in Fig. 5) begrenzt sind. Die Durchgangsbohrungen 60, durch welche sich die Kathodenstifte 20 erstrecken, haben einen etwas grösseren Durchmesser als die Kathodenstifte 20. Durch den aufgrund der Durchmesserdivergenz bestehenden Spalt und den Hohlraum 58 strömt ein Teil des Plasmagases aus dem Ringraum 57 unmittelbar den Kathodenstiften 20 entlang in den Düsenhohlraum 22. Der Strömungsverlauf ist durch die Pfeile 61 angedeutet.

Die Fig. 6 bis 8 zeigen eine weitere Variante der Mittel für die Zufuhr des Plasmagases in den Kathodenraum. Die im Vergleich zu Fig. 4 gleichbleibenden Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Anstelle des Gasverteiling 29 in Fig. 1 bzw. der Gasverteilscheibe 53 in Fig. 4 ist bei der weiteren Variante eine z.B. aus Kupfer bestehende Führungshülse 70 vorgesehen, welche den Ringraum zwischen dem zentralen Isolationskörper 71 und der kathodennahen Neutrode 72 einnimmt und an ihrer Aussenseite durchgehende Längsnuten 73 für den Gasdurchtritt aufweist. Wie aus Fig. 8 deutlich hervorgeht, verlaufen die Längsnuten 73 schraubenlinienförmig, so dass das aus dem Ringraum 57 in Richtung des Pfeils 74 in die Längsnuten 73 einströmende Plasmagas wirbelförmig aus der Führungshülse 70 austritt. Damit diese Wirbelströmung möglichst bis zum Erreichen der Lichtbogenzone erhalten bleibt, erstreckt sich die Führungshülse 70 bis nahe an die den Einschnürungsbereich begrenzende Wandung 75 der Neutrode 72.

Auch in diesem Ausführungsbeispiel sind an der Frontseite der Kathodenschaftteile 52 sektorförmige Hohlräume 76 im Isolierkörper 71 vorgesehen, aus denen ein Teil des Plasmagases zur zusätzlichen Kühlung der Kathodenstifte 20 entlang derselben in den Düsenhohlraum 22 strömt. In diese sektorförmigen Hohlräume 76 gelangt das Plasmagas durch je einen Längsspalt 77, der mit einer radialen Einlassbohrung 78 im Isolierkörper 71 verbunden ist. Der Strömungsverlauf ist durch den Pfeil 79 angedeutet.

## Patentansprüche

1. Plasmaspritzgerät zum Versprühen von pulverförmigem oder gasförmigem Material, mit einem indirekten Plasmatron zur Erzeugung eines Langlichtbogens, welches eine Kathodenanordnung (1), eine von der Kathodenanordnung distanzierte ringförmige Anode (3) und einen zwischen der Kathodenanordnung (1) und der Anode (3) sich erstreckenden Plasmakanal (4) aufweist, welcher durch den Anodenring und eine Anzahl ringförmiger, voneinander elektrisch isolierter Neutroden (6-12) gebildet ist, wobei die der Kathodenanordnung (1) am nächsten liegende Neutrode eine Einlaufdüse (6) mit zur Kathodenanordnung hin erweitertem Querschnitt bildet, und mit einer Einrichtung (24) für die achsiale Zufuhr des Spritzmaterials in den Plasmastrahl, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathodenanordnung (1) einen zentralen Isolationskörper (21) aufweist, welcher in fester Position zur Einlaufdüse (6) angeordnet ist und in den Hohlraum (22) derselben hineinragt, dass die Kathodenanordnung (1) mehrere stabförmige, in den Isolationskörper (21) eingebettete Kathoden (1) aufweist, welche im Kreis um eine zentrale, auf die Längsachse des Plasmakanals (4) ausgerichtete und parallel zu dieser verlaufenden Längsachse (2) verteilt angeordnet sind und deren aktive Enden (63), an welchen der Lichtbogen entsteht, aus dem Isolationskörper (21) hervor in den Hohlraum (22) der Einlaufdüse (6) ragen, und dass ein in der zentralen Achse des Isolationskörpers (21) verlaufendes und von diesem gehaltenes Rohr (24) für die Zufuhr des Spritzmaterials in den Düsenhohlraum (22) mündet.
2. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Endbereiche (20) der Kathoden (1) über die Mündung (25) des Rohrs (24) für die Zufuhr des Spritzmaterials hinaus erstrecken,
3. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Isolationskörper (21) aus hochschmelzendem Material besteht.
4. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Isolationskörper (21) aus Keramik oder Bornitrid besteht.
5. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Isolationskörper (21) mit die Kathodenendbereiche (20) umgebenden Bohrungen versehen ist, die einen grösseren Durchmesser aufweisen als die Kathodenendbereiche (20), um den Durchtritt von Gas, welches in Strömungsrichtung von der Kathode zur Anode fließt, zu gewährleisten.
6. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathoden (1) einen wassergekühlten Kathodenschaft (52) und an ihren Endbereichen einen in den Kathodenschaft eingesetzten Kathodenstift (20) aus einem hochschmelzenden Material aufweisen.
7. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kathodenschaft (51, 52) aus Kupfer und der Kathodenstift (20) aus thoriertem Wolfram besteht.
8. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kathodenstift (20) exzentrisch in den Kathodenschaft (51, 52) eingesetzt ist, so dass die Längsachse des Kathodenstiftes (20) der zentralen Längsachse (2) näher liegt als diejenige des Kathodenschaftes (51, 52).
9. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mantelfläche des Isolationskörpers (21) einem Teil der Düsenwandung (5) radial gegenüberliegt und mit diesem Wandungsteil einen Ringkanal (23) für den Einlass des Plasmagases in die Einlaufdüse (6) bildet.
10. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzielung einer laminaren Einströmung des Plasmagases in die Einlaufdüse (6) eine Gasverteilanordnung mit einer Mehrzahl von Düsen vorgesehen ist.

11. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass dem zwischen dem Isolationskörper (21) und der Einlaufdüse (6) vorhandenen Ringkanal (23) ein auf dem Isolationskörper sitzender Gasverteilring (29) mit einer Mehrzahl von Durchgangsbohrungen (30) für den Einlass des Plasmagases in den Ringkanal vorgelagert ist.
12. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass dem Isolationskörper (21) eine Gasverteilscheibe (53) vorgelagert ist, welche sich radial vom zentralen Rohr (24) für die Zufuhr des Spritzmaterials bis an die Wandung (55) der Einlaufdüse (6) erstreckt und welche mit einer Mehrzahl von im Kreis angeordneten Durchlassbohrungen (56) für den Einlass des Plasmagases aus dem Ringkanal in die Einlaufdüse versehen ist.
13. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverteilscheibe (53) aus einem hochschmelzenden Material besteht.
14. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverteilscheibe (53) aus Keramik oder Bornitrid besteht.
15. Plasmaspritzgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchgangsbohrungen (56) tangential zu virtuellen, zentralachsigen Schraubenlinien verlaufen.
16. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverteilscheibe (53) weitere Durchgangsbohrungen aufweist, durch welche sich die Kathodenstifte (20) erstrecken und deren Durchmesser grösser ist als derjenige der Kathodenstifte.
17. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Gasführungshülse (70) vorgesehen ist, welche den Ringraum zwischen dem zentralen Isolationskörper (71) und der kathodennahen Neutrode (72) einnimmt und welche an ihrer Aussenseite durchgehende Längsnuten (73) für den Gasdurchtritt aufweist.
18. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Längsnuten (73) schraubenlinienförmig verlaufen.
19. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Führungshülse (70) bis nahe an die den Einschnürungsbereich begrenzende Wandung (75) der Neutrode (72) erstreckt.
20. Plasmaspritzgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Plasmakanal (4) im Anschluss an die Einlaufdüse (6) stetig erweitert.

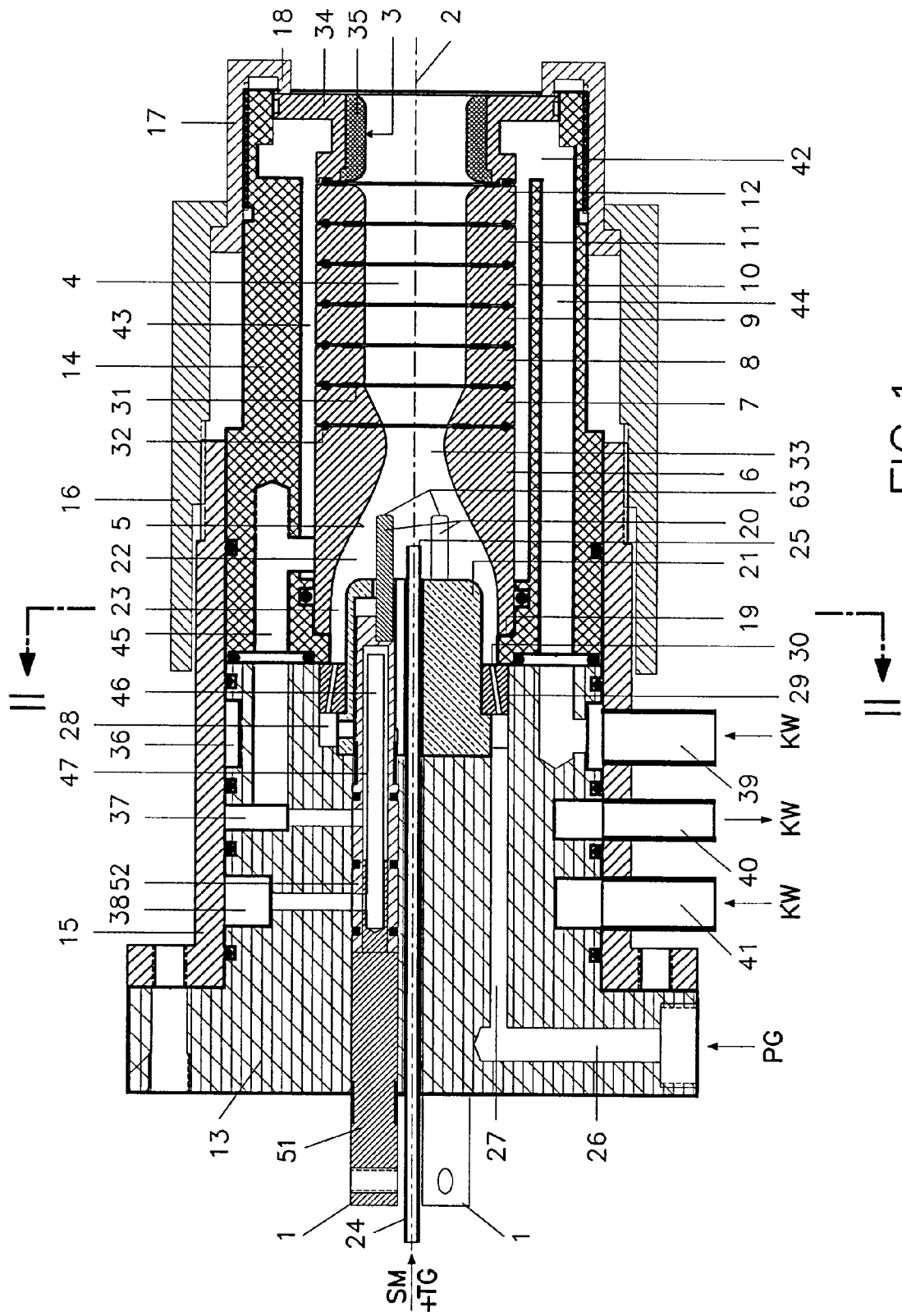
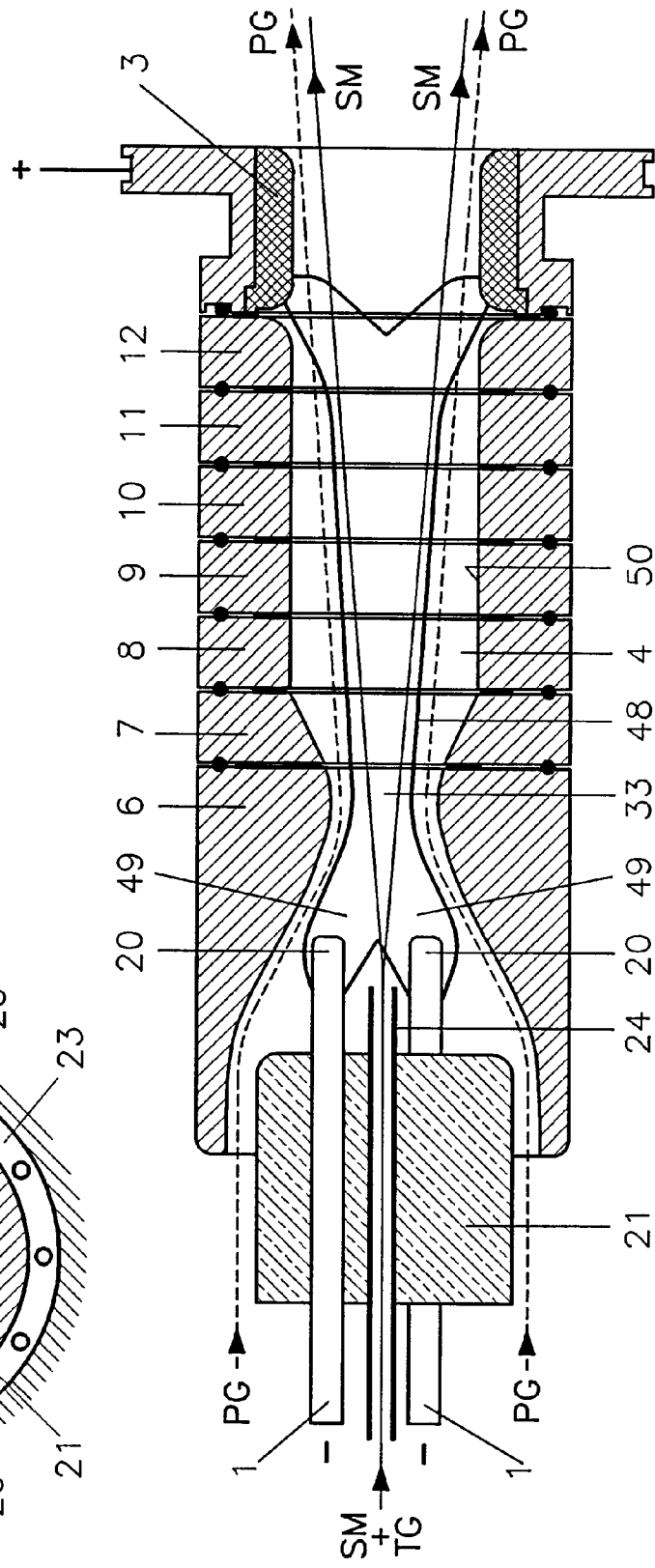
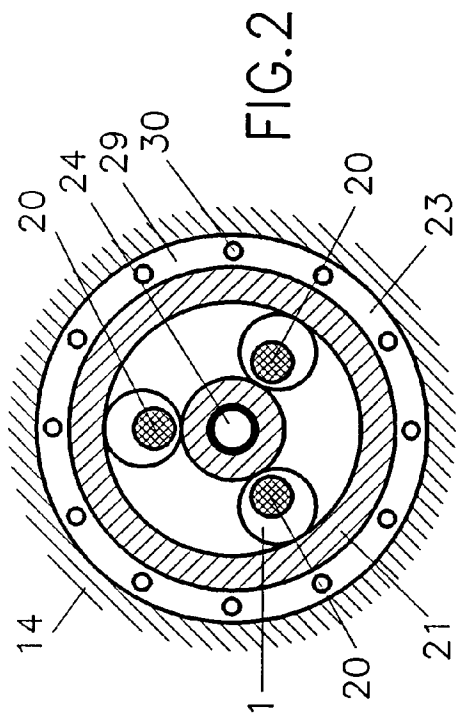


FIG. 1



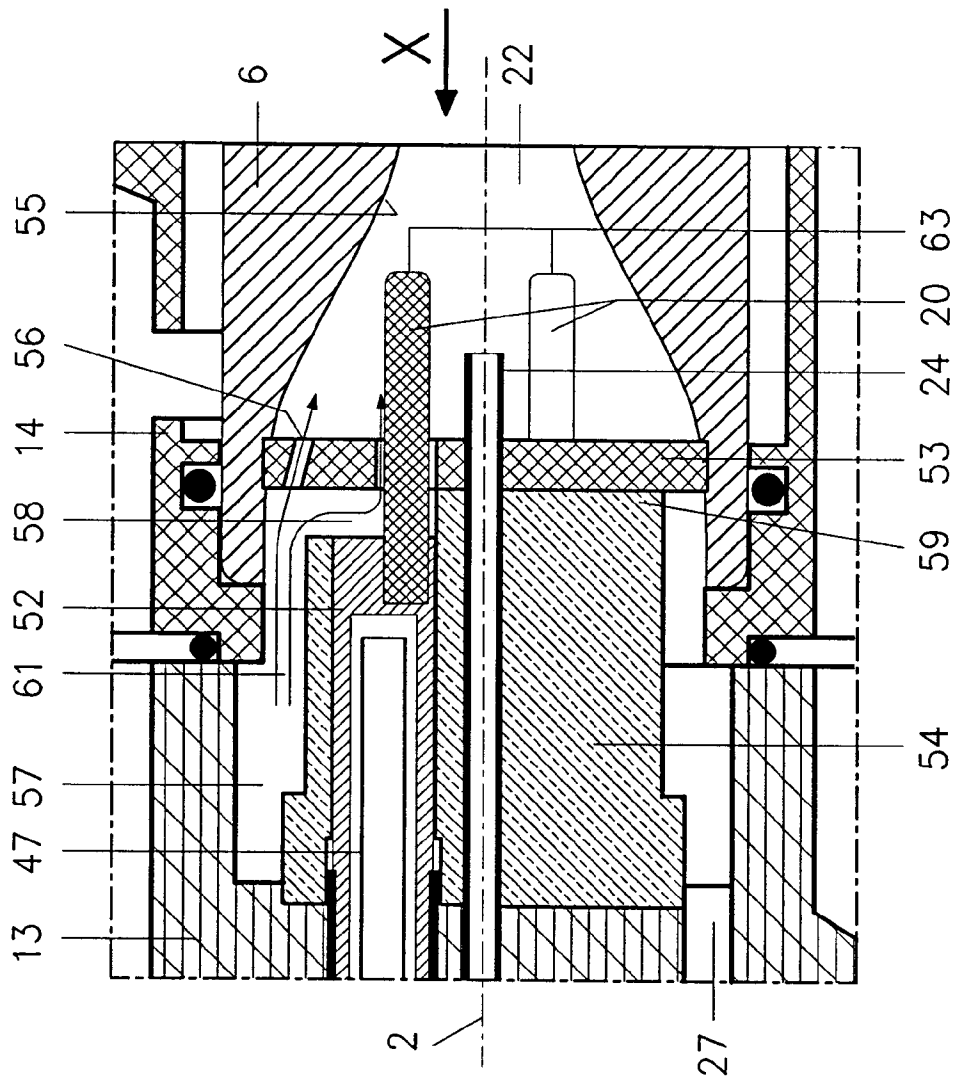


FIG.4

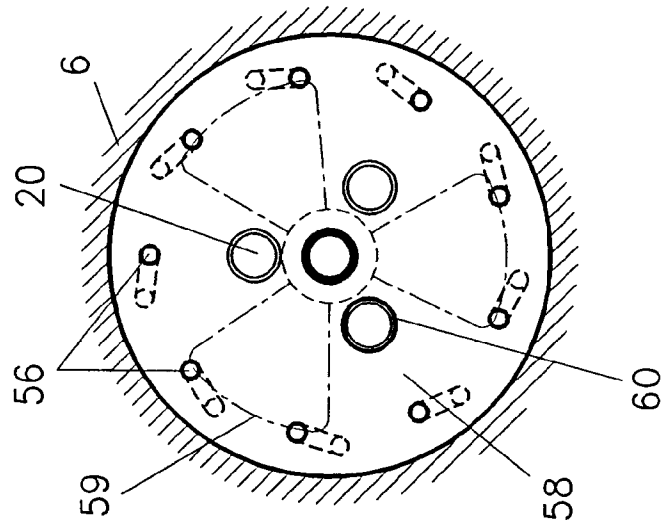


FIG.5

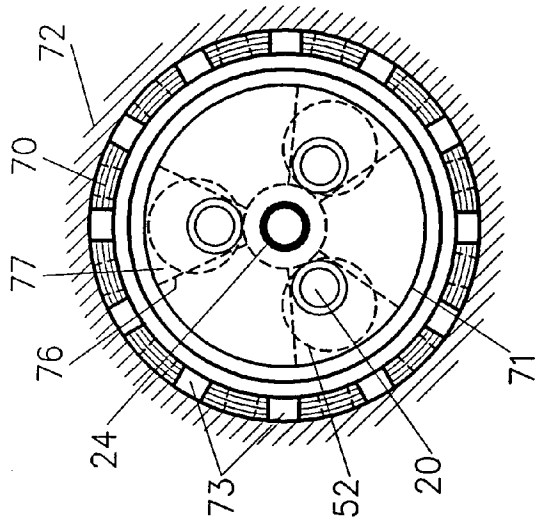


FIG. 7

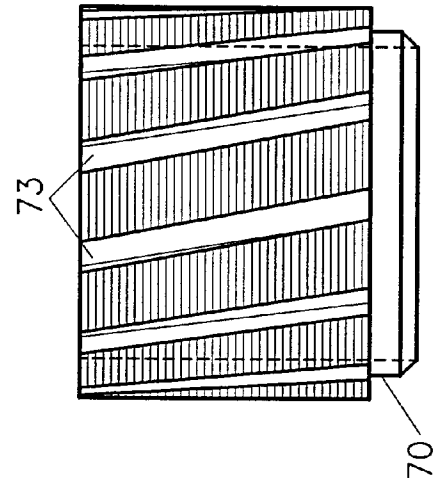


FIG. 8

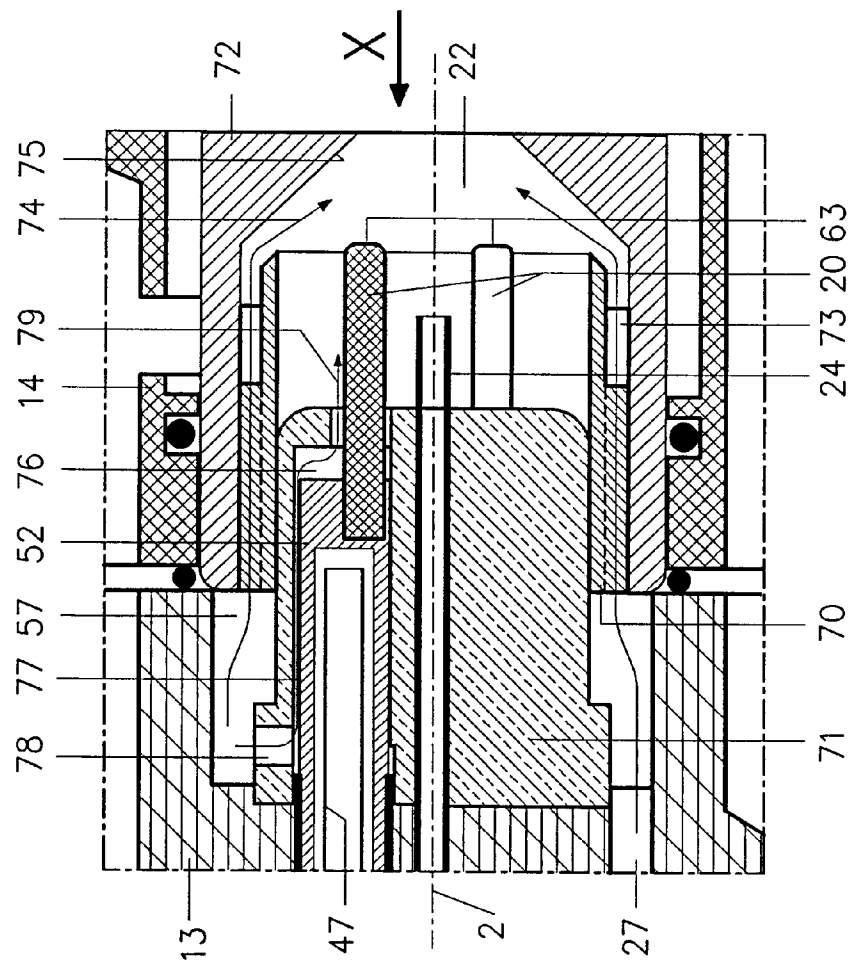


FIG. 6



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 81 0095

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                          | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5) |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | FR-A-1 207 809 (KNAPSACK-GRIESHEIM)<br>* Seite 3, linke Spalte, Absatz 1 *<br>* Abbildung *<br>---                           | 1, 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | H05H1/34<br>H05H1/42<br>H05H1/44         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | US-A-3 360 988 (STINE ET AL.)<br>* Spalte 2, Zeile 64 - Spalte 3, Zeile 35 *<br>* Abbildung 1 *<br>---                       | 1, 3-4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | US-A-3 239 130 (C.H. NAUNDORF)<br>* Spalte 2, Zeile 57 - Zeile 65 *<br>* Abbildungen 1-2 *<br>---                            | 1, 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | US-E-32 908 (E. PFENDER)<br>* Spalte 5, Zeile 47 - Zeile 67 *<br>* Spalte 6, Zeile 26 - Zeile 33 *<br>* Abbildung 2 *<br>--- | 1-2, 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | WO-A-8 704 039 (PLASMAINVENT)<br>* Seite 3, Zeile 5 - Zeile 11 *<br>---                                                      | 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | US-A-2 892 067 (DONALD ET AL.)<br>* Spalte 2, Zeile 64 - Zeile 71 *<br>* Abbildung *<br>---                                  | 6-7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (Int. Cl.5) |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | US-A-3 628 079 (DOBBS ET AL.)<br>* Spalte 1, Zeile 44 - Spalte 2, Zeile 1 *<br>* Abbildung *<br>---                          | 3-4, 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | H05H                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                         | US-A-3 562 486 (HATCH ET AL.)<br>* Spalte 1, Zeile 50 - Zeile 62 *<br>* Abbildungen 1, 3 *<br>-----                          | 17-18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                          |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |
| Recherchemort<br>DEN HAAG                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                              | Abschlußdatum der Recherche<br>20 MAI 1992                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Prüfer<br>CAPOSTAGNO E.                  |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                              | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument<br>-----<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                          |

EPO FORM 1503 03.92 (P0403)