



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 24 908 T2** 2005.08.25

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 870 546 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 24 908.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 302 742.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **07.04.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.10.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **07.07.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **25.08.2005**

(51) Int Cl.7: **B05B 5/04**  
**B05B 3/10**

(30) Unionspriorität:

**826726**            **07.04.1997**    **US**

**896628**            **18.07.1997**    **US**

(73) Patentinhaber:

**Nordson Corp., Westlake, Ohio, US**

(74) Vertreter:

**Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**CH, DE, FR, GB, IT, LI**

(72) Erfinder:

**Hollstein, Thomas E., Amherst, Ohio 44001, US;**

**Bordner, Michael, Green Springs, Ohio 44836, US;**

**Shutic, Jeffrey R., Wakeman, Ohio 44889, US;**

**Reagin, Darryl, Riley, Michigan 48041, US**

(54) Bezeichnung: **Pulver-Sprühvorrichtung mit Rotationszerstäuber**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Diese Erfindung betrifft elektrostatische Pulverspritzpistolen, und insbesondere eine Pistole, die am Pulverauslass ein rotierendes Element zum Verteilen des Pulvers in einem gleichmäßigen Sprühmuster besitzt.

**[0002]** Beim elektrostatischen Pulverbeschichten werden trockene Farbpartikel in einem Pulverbehälter fluidisiert und mit Förderluft durch einen Schlauch zu einer oder mehreren Spritzpistolen gepumpt, die das Pulver auf ein zu beschichtendes Produkt spritzen. Die Spritzpistolen laden die Pulverpartikel auf, typischerweise mit Hilfe einer Hochspannungsladeelektrode. Wenn die Pulverpartikel aus der Vorderseite der Pistole gespritzt werden, werden sie elektrostatisch zu dem zu streichenden Produkt angezogen, das im Allgemeinen elektrisch mit Erde verbunden ist und das von einem Hängezubringer herabhängen kann oder auf andere Weise in einer Spritzkabine getragen wird. Wenn diese geladenen Pulverpartikel auf dem Produkt aufgetragen sind, haften sie durch elektrostatische Anziehung dort, bis sie in einem Ofen transportiert werden, wo sie geschmolzen werden, so dass sie zusammenfließen und auf dem Produkt eine gleichmäßige Beschichtung bilden. Das Pulverbeschichtungsverfahren bietet gegenüber Verfahren mit lösungsmittelbasierten flüssigen Farben erhebliche ökonomische und umweltrelevante Vorteile. Kürzlich wurden Pulverbeschichtungsmaterialien entwickelt, die es den Kraftfahrzeugherstellern ermöglichen, Pulverbeschichtungsaufträge für Fahrzeugkarosserien anzuwenden, um sich an die immer wachsenden Umweltregelungen anzupassen.

**[0003]** Die vor ganz kurzem entwickelten Pulver für Kraftfahrzeugoberflächenbehandlungen haben typischerweise eine feine Partikelgröße, mit einer Partikelgröße von 20µm oder weniger, um die Gleichmäßigkeit und das Aussehen der Endbeschichtung zu verbessern. Diese geringe Größe zusammen mit der Chemie des Pulvermaterials bewirkt eine Neigung der einzelnen Partikel zum Agglomerieren oder Zusammenbacken, so dass große Pulvermassen gebildet werden, die Oberflächendefekte erzeugen können. Diese Agglomerate werden infolge einer Partikeltrennung erzeugt, wenn das Pulver während des Fluidisierens, der Materialförderung und während der Auftragsphasen des Auftragsprozesses in Bewegung ist. Wenn diese agglomerierten Massen ohne Aufbrechen durch das Auftragssystem gelangen, bilden sie kleine sichtbare Höcker auf dem zu beschichtenden Teil. Diese Höcker sind manchmal als „Ausspritzer“ oder „Pulverkugeln“ bekannt. Wenn die fertig gestellte Oberfläche den Ofen passiert, werden diese Höcker sichtbare Defekte, die vor der abschließenden Oberflächenbeschichtung glatt abgeschliffen werden müssen. In großer Anzahl werden sie arbeitsintensiv und zeitaufwändig und verursachen sogar das Anhal-

ten der Oberflächenbearbeitungsstrecke.

**[0004]** Es wird vermutet, dass Pulverspritzpistolen mit Rotationsverteilern am Pulverauslass verbesserte und gleichmäßigere Sprühmuster sowie andere Vorteile zur Verfügung stellen. Die Konstruktionen vieler Pulverspritzpistolen dieser Art haben Ähnlichkeiten mit Flüssigkeitsspritzpistolen, die rotierende Düsen am Flüssigkeitsauslass besitzen. Beispiele von Flüssigkeitsspritzpistolen dieser Art sind in den US-Patenten Nr. 4,887,770 und 5,346,139 gezeigt. Die Rotationszerstäuber in Flüssigkeitsspritzpistolen rotieren mit sehr hohen Drehzahlen, wobei eine typische Drehzahl solcher Spritzpistolen ungefähr 20.000 – 50.000 Umdrehungen pro Minute ist. Diese hohen Drehzahlen sind notwendig, weil die Zerstäuber das flüssige Beschichtungsmaterial zerstäuben müssen und die Zerstäubung mit diesen Drehzahlen am besten erreicht wird. Die Pistolen sind grundsätzlich nicht so konstruiert, dass sie für niedrigere Drehzahlen geeignet sind, weil niedrigere Drehzahlen die Flüssigkeit nicht effektiv zerstäuben würden.

**[0005]** Ein Beispiel einer Pulverspritzpistole mit einer ähnlichen Konstruktion wie eine dieser Flüssigkeitsspritzpistolen ist im US-Patent Nr. 5,353,995 oder in WO96/36438 gezeigt, bei denen eine Pulverspritzpistole einen Rotationsverteiler oder eine Prallplatte am Pulverauslass besitzt und bei denen der Verteiler mittels einer in der Pistole angeordneten Turbine gedreht wird. Die Übernahme der Konstruktionen von Flüssigkeitsspritzpistolen mit Rotationszerstäubern für die Konstruktion von Pulverspritzpistolen mit Rotationsverteilern führt zu verschiedenen Problemen.

**[0006]** Eines dieser Probleme umfasst die Anwendung eines hochtourigen Luftturbinenmotors als Verteilerantrieb. Wenn der Verteiler in einer Pulverspritzpistole mit Drehzahlen von 30.000 – 50.000 Umdrehungen pro Minute rotiert, erhalten die Pulverpartikel eine kinetische Energie, die zur Erwärmung führt, wenn die Pulverpartikel auf den Verteiler treffen, und bewirken das Schmelzen des Pulvers auf dem Drehverteiler. Das Problem des Pulverschmelzens wurde mit der Entwicklung neuer Pulver vordringlicher, die feinkörniger sind und meistens leichter schmelzen.

**[0007]** Zusätzlich zu dem Problem des Pulverschmelzens haben einige der derzeit kommerziell erhältlichen Pulverspritzpistolen mit Rotationsverteilern eine Bekanntheit wegen ihrer Neigung zum Erzeugen von Agglomeraten und „Pulverkugeln“ oder „Ausspritzern“ entwickelt. Dieses Problem resultiert sowohl aus der Konstruktion des Pulverweges in der Spritzpistole als auch aus der hohen Rotationsgeschwindigkeit des Verteilers.

**[0008]** Einige der kürzlich entwickelten Pulver, die infolge des Kontaktschmelzens mehr zum Aufschich-

ten am Rotationsverteiler neigen, werden sich mit größerer Wahrscheinlichkeit auch anderswo im Pulverströmungsweg ansammeln. Anders als Flüssigkeiten neigt das Pulver zum Ansammeln an verschiedenen Stellen im Strömungsweg, und solche Pulveransammlungen können verschiedene nachteilige Wirkungen haben. Die Pulveransammlung kann irgendwann losbrechen und auf dem zu beschichtenden Teil abgelagert werden. Pulver kann sich auch in Bereichen um die Lager der rotierenden Bauteile herum ansammeln, was eine übermäßige Abnutzung an den Bauteilen bewirken und die freie Rotation der Bauteile behindern kann.

**[0009]** Weitere Probleme treten dort auf, wo rotierende Elemente mit feststehenden Elementen entlang des Pulverströmungsweges ineinander greifen, weil an diesem Eingriffspunkt eine Radialdichtung erforderlich ist, um das Eintreten des Pulvers zwischen die rotierenden und feststehenden Bauteile und das mögliche Eintreten in die Lager zu verhindern. Wenn genügend Pulver in die Lager eintritt, kann die durch die Reibung der Lager erzeugte Wärme das Schmelzen des Pulvers verursachen, was Reibungswiderstand erzeugt, der die Rotationselemente weiter verlangsamt und in Extremfällen sogar eine Blockierung verursachen kann. Konventionelle Dichtungen, wie zum Beispiel Lippendichtungen, O-Ringe, Wischringe und U-Stulpen, könnten verwendet werden, um das Pulver von den Lagern fernzuhalten. Diese Dichtungen müssen jedoch, wenn sie konventionell montiert werden, an die Rotationsfläche gepresst werden, damit sie richtig wirken. Die Presskraft ist störend, weil damit ein Reibungswiderstand erzeugt wird, der ohne übermäßiges Erhöhen der Größe des Antriebs oder der Größen- und Leistungserfordernisse des Motors nicht überwunden werden kann und das Erhöhen der Leistung würde zu vergrößerten Wärmeableitungsproblemen führen. Außerdem würde die durch den Reibungswiderstand erzeugte Wärme wahrscheinlich das Schmelzen des restlichen Pulvers an der Dichtung, an den Rotationselementen und an angrenzenden Flächen bewirken. Außerdem sind diese konventionellen Dichtungen konstruiert, um an Metallflächen zu wirken, in der Regel gehärteter Stahl, und würden wegen der elektrostatischen Aufladung nicht zufriedenstellend sein, wenn die Rotationselemente und Lager aus Kunststoffmaterial hergestellt sind. Kunststoffmaterialien erreichen nicht die Härte von Stahl und die auf die konventionellen Dichtungen aufgebrauchte Presskraft würde die Abnutzung der Kunststoffrotationselemente am Kontaktpunkt bewirken.

**[0010]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Pistole zur Verfügung zu stellen, die die Probleme des Standes der Technik beseitigt. Es ist eine weitere Aufgabe, eine Pistole zur Verfügung zu stellen, die mit geringeren Drehzahlen als die bekannten Spritzpistolen arbeiten kann, um somit die mit dem Pulver-

schmelzen und -agglomerieren verbundenen Probleme zu verringern oder zu eliminieren. Zusätzlich zu der Arbeitsweise mit geringeren Drehzahlen, die die Lebensdauer der Lager erhöht und darüber hinaus die Abnutzung an bewegten Teilen in der Pistole verringert, erzeugt die Pistole vorzugsweise ein größeres Sprühmuster und optimiert die Ladungsübertragung auf die verteilten Pulverpartikel. Diese Aufgabe wird mittels einer Spritzpistole gemäß Anspruch 1 und den von diesem abhängigen Ansprüchen erreicht.

**[0011]** In einer Ausführungsform stellt die erfindungsgemäße Spritzpistole einen Rotationsverteiler zur Verfügung, der mit Drehzahlen von 0 bis 2.500 Umdrehungen pro Minute rotiert. Diese Drehzahlen sind wesentlich geringer als die Drehzahlen der bekannten Spritzpistolen.

**[0012]** Turbinen, wie die in den bekannten Spritzpistolen verwendeten, können nur mit so geringen Drehzahlen wie ungefähr 2.500 Umdrehungen pro Minute effektiv arbeiten. Bei geringeren Drehzahlen arbeiten sie nicht mit einer gleichbleibenden oder gleichmäßigen Drehzahl oder können überhaupt nicht arbeiten. Die vorliegende Erfindung vermeidet die Anwendung einer Turbine zum Drehen des Verteilers, so dass sie viel geringere Drehzahlen wirksam erreichen kann. Der Verteiler in der erfindungsgemäßen Pistole kann gleichmäßig und gleichbleibend mit Geschwindigkeiten von 0 bis 2.500 Umdrehungen pro Minute, und vorzugsweise mit Drehzahlen von 750 bis 1.500 Umdrehungen pro Minute rotieren.

**[0013]** Der Rotationsverteiler in der erfindungsgemäßen Pulverspritzpistole funktioniert nicht wie ein Rotationszerstäuber in einer Flüssigkeitsspritzpistole. Der Hauptzweck eines Zerstäubers ist das Zerstäuben der Flüssigkeit, das heißt, Flüssigkeitströpfchen mit der gewünschten Größe zur Verfügung zu stellen. Die Partikelgröße des Pulvers wird während der Herstellung des Pulvers erzeugt, so dass der Verteiler keinen Einfluss auf die Partikelgröße hat. Statt dessen stellt der Verteiler die gewünschten Verteilungseigenschaften für das Pulver zur Verfügung. Der Verteiler passt die Abweichungen in der Partikelstromdichte an, die typischerweise in Überdruckpulverfördererschläuchen auftreten. Anders als eine Flüssigkeitsauftragsvorrichtung, die durch einen Druckflüssigkeitsstrom mit einem konstanten Druck und einer konstanten Dichte gespeist wird, weil es ein nicht kompressibles Medium ist, wurde gefunden, dass die Pulverströmung einen Bereich mit dichtem Strom innerhalb des Innendurchmessers des Zuführungsschlauches besitzt. Das Rotieren der Prallplatten- und Düsenanordnung übt eine Seitenkraft auf den Partikelstrom aus, die zum Ausgleichen der Abweichungen in der Strömungsdichte führt, bevor die Partikel aus dem Verteiler ausgetragen werden.

**[0014]** Weil die Rotation des Verteilers hauptsächlich eine Ausgleichfunktion ist und keine Zerstäuberefunktion, kann der Verteiler mit einer viel geringeren Geschwindigkeit als ein Flüssigkeitszerstäuber gedreht werden. Diese geringere Rotationsgeschwindigkeit führt zu einer längeren Lebensdauer der Lager und weniger Abnutzung an rotierenden Teilen. Die geringere Rotationsgeschwindigkeit führt überraschenderweise auch zu einem größeren Fächermuster, obwohl man annehmen sollte, dass höhere Rotationsgeschwindigkeiten zu größeren Fächermustern führen würden.

**[0015]** Die Betriebskriterien der Pulverspritzpistole umfassen somit das Bestimmen der minimalen Arbeitsumdrehungsgeschwindigkeit, die zum Erreichen optimaler Verteilercharakteristiken oder Austragsdichte erforderlich ist, während gleichzeitig die höchste Mustergröße infolge des durch die geringere Drehzahl erreichten größeren Verteilerwinkels beibehalten wird. Die resultierende konsistente Austragsdichte ist außerdem für die Ladungsübertragung in Koronaimpulsladungsanwendungen nützlich. Der optimale Drehzahlbereich wurde zwischen 750 und 1.500 Umdrehungen pro Minute in Abhängigkeit von den spezifischen Auftragskriterien ermittelt.

**[0016]** Dieser Drehzahlbereich kann nicht mit einem Luftturbinenantriebssystem realisiert werden und einer der Vorteile der vorliegenden Erfindung ist die Ausgestaltung des Antriebssystems, das vorzugsweise einen Elektromotor umfasst, um die geeignete Drehzahl zu erreichen. Ein Luftmotor oder andere geeignete Motoren können ebenso wirksam verwendet werden. Im Vergleich mit den im Stand der Technik verwendeten Luftturbinen ist ein Luftmotor oder ein Elektromotor relativ preiswert. Außerdem kann ein Elektromotor oder ein Luftmotor oder ein anderer vergleichbarer Motor leicht ersetzt werden, falls er ausfällt oder verschlissen wird.

**[0017]** Anders als die bekannten Konstruktionen, die eine koaxial mit dem drehbaren Verteiler montierte Turbine erforderten, kann sich der vorzugsweise in der erfindungsgemäßen Spritzpistole verwendete Motor radial versetzt von der Mittelachse der Pistole befinden, so dass die Mittelachse dem Pulverströmungsweg vorbehalten werden kann. Durch Anordnen des Antriebsmittels entlang einer Achse, die von der mittigen Längsachse der Spritzpistole beabstandet ist, wird ein unbehinderter Strömungsweg für das Pulver vorgesehen und eine vereinfachte Pistolenkonstruktion erreicht. Der sich ergebende klare, unbehinderte Weg für das Pulver hat keine Änderung in der Pulverströmungsrichtung und keine erheblichen Hindernisse oder Behinderungen im Pulverströmungsweg, an denen sich Pulver ansammeln könnte.

**[0018]** Die erfindungsgemäße Spritzpistole verhin-

dert die Bildung von Agglomeraten während des Auftrags und bricht Agglomerate auf, die bereits im Pulver bestehen können, bevor es an der Spritzpistole ankommt. Die Agglomeratbildung wird verhindert, indem ein Rotationsverteiler mit einer geringeren Rotationsgeschwindigkeit vorgesehen wird als auch durch Vorsehen einer Diffusormembranprallplattenfläche. Das Aufbrechen bestehender Agglomerate wird durch Vorsehen eines Bereiches mit großer Scherkraft am Düsenausgang ausgeführt.

**[0019]** Das Problem von Pulveransammlungen anderswo in der Pistole wird in einer weiteren Ausführungsform durch Vorsehen von Druckluftkanälen zu einer drehbaren Spindel vermieden, die einen mittleren Kanal besitzt, der einen Teil des Pulverströmungsweges bildet. Die Kanäle sind an eine Druckluftzuführung angeschlossen, und die gesamte Kammer um die Spindel herum wird somit etwas über dem Druck des fluidisierten Pulverstromes durch die Pistole unter Druck gehalten. Luft von den Kanälen kann um die Spindel herum und um ihre zugehörigen Lager herum austreten, und wenn die Luft austritt, beseitigt sie effektiv das Pulver vom Rand der Spindel, wobei es die Bereiche um die Spindel und die Lager herum frei von Pulver hält. Außerdem tritt die Luft durch einen zwischen dem stationären Pulverzuführungsrohr und der rotierenden Spindel ausgebildeten Ringzwischenraum aus, so dass sie eine effektive Radialdichtung ohne die Notwendigkeit zusätzlicher Komponenten zur Verfügung stellt.

**[0020]** Weil der Pulverströmungsweg Hochdruckluft ausgesetzt werden kann, wie zum Beispiel während der Pumpenspülvorgänge und der Pistolenreinigung, wird die Luftdichtung vorzugsweise durch ein zusätzliches Dichtungselement abgedeckt, das vorzugsweise die Form einer Lippendichtung annimmt, die aus Elastomermaterial hergestellt und so befestigt ist, dass sie leicht an der Spindel ruht und sich von der Spindel weg bewegt, wenn Luft aus der Druckkammer austritt, und sich in Dichtungseingriff mit der Spindel bewegt, wenn ein erhöhter Luftdruck in den Pulverströmungsweg eingeleitet wird. Die durch diese Erfindung vorgesehene Radialdichtung vermeidet die Probleme der zwischen der rotierenden Spindel und dem feststehenden Rohr erzeugten Reibung, die ansonsten die Abnutzung beschleunigen und wahrscheinlich eine erhöhte Pulverschmelzung bewirken würde. Gleichzeitig verhindert die Dichtung effektiv das Eindringen von Pulver während der Reinigungsvorgänge und zu anderen Zeiten, wenn Hochdruckluft in den Pulverströmungsweg eintritt.

**[0021]** Die Gesamtkonstruktion der erfindungsgemäßen Spritzpistole ist somit einfacher, relativ preiswert herzustellen und zu warten und leichter zu bedienen. Die Teile sind in einer modularen Konstruktion angeordnet, was es einfacher macht, Teile zu ersetzen.

**[0022]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst die Spritzpistole zum Spritzen von Beschichtungsmaterial ein Gehäuse einschließlich eines Körpers. Eine Spindel ist rotierend im Körper befestigt. Die Spindel hat einen rotierenden rohrförmigen Kanal dort hindurch für den Strom der Beschichtungsmaterialwegströmung. Der Kanal rotiert mit der Spindel, wobei der Kanal erste und zweite Enden besitzt. Es gibt ein nicht rotierendes Strömungsrohr, durch das Pulver in den rotierenden rohrförmigen Kanal strömt. Ein Ende des Strömungsrohres erstreckt sich teilweise in das erste Ende des Kanals und ist im Kanal vom zweiten Ende beabstandet. Ein Verteiler steht mit dem Kanal in Verbindung und ist drehbar an der Spindel befestigt. Beschichtungsmaterial strömt vom Kanal in den Verteiler, um aus der Pistole gespritzt zu werden. Im Körper ist ein Antriebsmechanismus angeordnet und angeschlossen, um die Spindel und den Verteiler mit Drehzahlen von 0 bis 2.500 Umdrehungen pro Minute, und vorzugsweise mit Drehzahlen von 750 bis 1.500 Umdrehungen pro Minute zu drehen.

**[0023]** Entsprechend einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird zwischen dem nicht rotierenden Strömungsrohr und der drehbaren Spindel ein Zwischenraum ausgebildet. Der Zwischenraum steht mit der Kammer in Verbindung, wodurch Druckluft aus der Kammer durch den Zwischenraum austritt, um eine Radialdichtung zwischen dem Rohr und der Spindel vorzusehen. Ein flexibles Dichtungselement kann mit dem Strömungsrohr ineinander greifen, um den Zwischenraum abzudichten, um das Eintreten von Material im Kanal in den Zwischenraum zu verhindern. Das Dichtungselement wird durch Druckluft aus der Kammer vom Strömungsrohr weg gedrückt.

**[0024]** Die Erfindung wird nun mit Hilfe eines Beispiels unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben, in denen:

**[0025]** [Fig. 1](#) eine seitliche Schnittansicht der erfindungsgemäßen Spritzpistole ist.

**[0026]** [Fig. 2](#) eine detaillierte Ansicht eines Teiles der [Fig. 1](#) in einem größeren Maßstab ist.

**[0027]** [Fig. 2A](#) eine noch detailliertere Ansicht eines Teiles der [Fig. 2](#) in einem noch größeren Maßstab ist.

**[0028]** [Fig. 3](#) eine Stirnseitenschnittansicht der Spritzpistole entlang der Linie 3-3 der [Fig. 1](#) ist.

**[0029]** [Fig. 4](#) eine Stirnseitenansicht der Spritzpistole entlang der Linie 4-4 der [Fig. 1](#) ist.

**[0030]** [Fig. 5](#) eine Einzelheit eines Teiles der [Fig. 2](#) in einem größeren Maßstab ist, die eines der Dichtungselemente zeigt.

**[0031]** [Fig. 6](#) eine Einzelheit eines anderen Teiles der [Fig. 2](#) in einem größeren Maßstab ist, die das andere Dichtungselement zeigt.

**[0032]** [Fig. 7](#) ein Teil einer seitlichen Schnittansicht der Spritzpistole ähnlich der [Fig. 2](#) ist, die einen anderen Querschnitt entlang der Linie 7-7 der [Fig. 4](#) zeigt.

**[0033]** [Fig. 8](#) eine andere Schnittansicht der Spritzpistole entlang der Linie 8-8 der [Fig. 4](#) ist.

**[0034]** [Fig. 9](#) eine seitliche Schnittansicht einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ähnlich der [Fig. 1](#) ist.

**[0035]** Insbesondere unter Bezugnahme auf die Zeichnungen und zu Beginn auf [Fig. 1](#) ist dort eine Pulverspritzpistole **10** gezeigt, die ein Gehäuse einschließlich eines Körpers **11** umfasst. Der Körper **11** ist aus einem nicht leitenden Kunststoffmaterial gebildet und hat eine mittige Kammer **12**. Das vordere Ende der Kammer **12** ist durch eine Frontstirnkappe **13** umschlossen, die auch aus einem nicht leitenden Kunststoffmaterial gebildet ist und an der Vorderseite des Körpers **11** durch eine Schraubverbindung befestigt ist. Am Körper **11** ist eine rohrförmige Gehäusehülse **14** mit einem hohlen Innenraum **15** befestigt und erstreckt sich vom Körper nach hinten. An der Rückseite der Hülse **14** ist ein hinteres Körperelement **16** befestigt, und ein hinteres Stirnplattenelement **17** ist an der Rückseite des Körperelementes **16** durch ein Paar Klemmeinrichtungen **18** abnehmbar befestigt. Anstelle der Klemmeinrichtungen- **18** kann das hintere Stirnplattenelement **17** an der Rückseite des Körperelementes **16** durch eine Schraubverbindung oder andere Mittel befestigt sein.

**[0036]** Im Körper **11** ist ein Antriebsmechanismus befestigt, der einen Motor **22** umfasst, und sich vom Körper nach hinten in das Hülseninnere **15** erstreckt. Der Motor **22** ist an eine Stromversorgungsleitung (nicht gezeigt) angeschlossen, die sich durch das Hülseninnere **15** erstreckt und an einen Anschluss **23** an der hinteren Stirnplatte **17** ([Fig. 4](#)) angeschlossen ist. Der Motor **22** hat eine Abtriebswelle **27** ([Fig. 2](#)), und der Motor dreht die Welle mit verschiedenen Geschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Steuerung des Motors. Eine typische Wellenrotationsgeschwindigkeit würde zwischen 0 und 4.500 Umdrehungen pro Minute liegen. Ein auf der Welle **27** befestigtes Zahnrad **28** greift mit einem anderen Zahnrad **29** ineinander, das mit Hilfe von Schrauben **30** an einer drehbar in der Kammer angeordneten Spindel **31** befestigt ist. Die Zahnräder **28** und **29** erzeugen eine geeignete Untersetzung, zum Beispiel 3:1, die die Rotationsgeschwindigkeit der Spindel **31** reduziert und das durch den Luftmotor **22** erzeugte Drehmoment erhöht.

**[0037]** Die Spindel **31** dreht innerhalb der Kammer **12** im Körper **11** und ist auf vorderen und hinteren Lageranordnungen **36** und **37** gelagert. Ein Lagersterring **38**, der auf die Vorderseite des Körpers **11** geschraubt ist und die Kammer **12** bedeckt, ist zwischen der vorderen Lageranordnung **36** und der vorderen Abschlusskappe **13** angeordnet und hält die vordere Lageranordnung **36** an ihrem Platz. Eine zweistückige, drehbare Pulververteiler- oder Düsenanordnung **39** ist am vorderen Ende der Spindel **31** befestigt. Die Düsenanordnung **39** umfasst ein inneres Düsenelement **40** und ein äußeres Düsenelement **41**. Das innere Düsenelement **40** ist an das vordere Ende der Spindel **31** geschraubt, so dass es mit der Spindel rotiert. Das äußere Düsenelement **41** ist vom inneren Düsenelement **40** durch einen glatten, bogenförmigen Strömungsweg **42** für den Durchgang des Pulvers beabstandet, und das äußere Düsenelement ist an dem inneren Düsenelement **40** durch eine Presspassung befestigt, so dass das äußere Düsenelement mit dem inneren Düsenelement dreht.

**[0038]** Der glatte, bogenförmige Strömungsweg **42** wird zwischen dem konusförmigen inneren Düsenelement **40** und dem entsprechend geformten äußeren Düsenelement **41** ausgebildet. Der Strömungsweg **42** sieht einen sich allmählich verjüngenden Bogen vor, der eine Richtungsänderung des Pulvers von einer axialen Richtung in eine mehr radiale Richtung zum Austrittspunkt bewirkt. Diese Richtungsänderung wird durch die Form des Strömungsweges **42** ausgeführt, so dass sie in einer gleichmäßigen, kontrollierten Art und Weise mit einem Minimum an Turbulenz ausgeführt wird. Dieses hilft, die Bildung von Agglomeraten zu verhindern, die ansonsten zu „Pulverkugeln“ oder „Ausspritzern“ auf der fertigen Oberfläche führen könnten. Der Strömungsweg **42** hat ein Breitenprofil, das als die Innenfläche des äußeren Düsenelementes **41** definiert ist. Die Länge dieses Breitenprofils ist die Länge des Strömungsweges **42** an der Innenfläche des äußeren Düsenelementes **41** entlang vom Eingang **71** der Düse zur Pulveraustragsöffnung **72**. Diese Länge wird vom Punkt **78** gemessen, an dem sich die konische Spitze des äußeren Düsenelementes **41** in den Kanal **60** zum Rand **79** des äußeren Düsenelementes an der Austragsöffnung erstreckt.

**[0039]** Der Strömungsweg **42** umfasst auch einen Bereich **55** mit höherer Scherkraft, der das Aufbrechen bestehender Agglomerate in der Pulverzuführung unterstützt. Am Bereich **55** ist der radiale Zwischenraum zwischen dem inneren Düsenelement **40** und dem äußeren Düsenelement **41** auf einen minimalen Zwischenraum reduziert, der eine höhere Scherkraft bewirkt, wenn das Pulver aus der Spritzpistole austritt. Die höhere Schwerkraft wird erzeugt, wenn sich die Pulverströmung durch den Zwischenraum beschleunigt und nach dem Passieren des Zwischenraumes verlangsamt. Die optimalen Zwischen-

raumeigenschaften, die die geeignete Scherkraft erzeugen, basieren auf einer diskreten Gruppe von Koordinaten entlang des Gesamtprofils des Düsenkanals, wobei der entscheidende Reduktions- (oder Beschleunigungs-)bereich **55** sich an einem Punkt ergibt, der mindestens bei 70% der Länge des Breitenprofils, vorzugsweise bei mindestens 80% der Länge des Breitenprofils und am meisten bevorzugt ungefähr bei 82% der Länge des Breitenprofils liegt. Mit anderen Worten, der Bereich **55** ergibt sich vorzugsweise an einer Zwischenstelle, die ungefähr 82% des Abstandes des Pulverstromes vom Eintritt **71** der Düse zur Pulveraustragsöffnung **72** beträgt. Längs- oder Außenumfangsprofile sowohl für die inneren als auch äußeren Profile der Düsen führen zu verschiedenen Querschnittsbereichen, von denen sich der kleinste vorzugsweise bei ungefähr diesem 82%-Punkt entlang der Breitenprofillänge ergibt. Der Bereich mit der hohen Scherkraft sollte ungefähr an dieser Stelle liegen, kann jedoch zwischen 72 bis 92% der Länge des Breitenprofils liegen. Der Zwischenbereich **55** sorgt somit für den kleinsten Querschnittsbereich durch die Düse. Die Querschnittsbereiche am Düseneintritt und -auslass **71** und **72** sollten erheblich größer sein als dieser Querschnitt, wobei der Düseneintritt **71** mindestens 20% größer und der Auslass **72** mindestens doppelt so groß sein sollte. Vorzugsweise würde der Querschnittsbereich des Düseneintrittes **71** dann ungefähr 1,54 mal größer als der Querschnittsbereich an der Stelle des Zwischenbereiches **55** sein, und der Querschnittsbereich an der Pulveraustragsöffnung **72** würde ungefähr 4,81 mal größer als der Querschnittsbereich an der Stelle des Zwischenbereiches **55** sein. In der bevorzugten Ausführungsform verengt sich der Strömungsweg am Bereich **55** auf eine Breite von ungefähr 0,015 bis 0,020 inches (0,38 mm bis 0,51 mm), und vorzugsweise zwischen 0,017 und 0,019 inches (0,43 mm bis 0,48 mm).

**[0040]** Der Rotationsverteiler **39** in der Pulverspritzpistole **10** funktioniert nicht wie ein Rotationszerstäuber in einer Flüssigkeitsspritzpistole. Der Hauptzweck eines Zerstäubers ist das Zerstäuben der Flüssigkeit, das heißt, Flüssigkeitströpfchen mit gewünschter Größe zur Verfügung zu stellen. Die Partikelgröße des Pulvers wird andererseits während der Herstellung des Pulvers gebildet, so dass die Bewegung des Verteilers keinen Einfluss auf die Partikelgröße hat. Statt dessen ist der Verteiler **39** so konstruiert, dass er die gewünschten Verteilereigenschaften für das Pulver zur Verfügung stellt. Der Verteiler gleicht die Abweichungen in der Partikelstromdichte aus, die typischerweise in Überdruckpulverfördersystemen auftreten. Dieser Zustand wird manchmal als „Roping“ bezeichnet und wird durch Beobachtungen bei konventionellen Pulverpistolen mit entweder flachem Sprühmuster oder konischer Düse bestätigt. Abweichungen in der Musterdichte infolge des Roping führt zu Riffelungen oder Fingern, die ei-

gentlich dichtere Bereiche des Fächerusters infolge des Anfangskontakts des Pulverstromes mit der Prallplatte sind. Anders als eine Flüssigkeitsspritzeinrichtung, die mit einem Druckflüssigkeitsstrom von konstantem Druck und konstanter Dichte (weil Flüssigkeit ein nicht kompressibles Medium ist) gespeist wird, tritt ein Bereich mit dichter Strömung innerhalb des Innendurchmessers des Zuführungsschlauches in einem Pulver-Druckluft-Fördersystem auf. Dieser dichte Bereich befindet sich meistens nicht konzentrisch im Pulverschlauch; er tritt im Bereich der höchsten Geschwindigkeit der Pulverströmung im Schlauch auf. Infolge dessen führt die meist unveränderliche Förderströmungsgeschwindigkeit nicht zu einem gleichmäßigen Austritt von Partikeln über einen gegebenen Durchmesser. In der Vergangenheit umfassten Versuche, diese Eigenschaft zu überwinden, meistens irgend eine Form von Verdünnungsluft an der Auftrageinrichtung selbst, der Effekt derselben ist jedoch bestenfalls willkürlich, und das zusätzliche Luftvolumen am Auftragspunkt ist nachteilig für den Übertragungswirkungsgrad.

**[0041]** Die Verteiler- oder Düsenanordnung **39** wird gedreht, und diese Drehung verleiht dem Pulverpartikelstrom eine Seitenkraft, die zum Ausgleichen der Abweichungen in der Strömungsdichte führt, bevor die Partikel aus dem Verteiler ausgetragen werden. Die Größe der auf die Partikel übertragenen Seitenkraft ist eine Funktion der Rotationsgeschwindigkeit des Verteilers. Anders als ein Flüssigkeitszerstäuber ist die durch den rotierenden Pulververteiler übertragene Gesamtkraft wegen der fast gänzlich fehlenden kohäsiven Eigenschaften der Pulverpartikel sehr gering. Infolge dessen ist die Förderluft des Pulverstromes die Hauptkraft, die die Partikel aus dem Verteiler emittiert, wie es auch im Fall konventioneller Pulverauftragsvorrichtungen ohne Rotationsverteiler ist. Die Rotation hat hauptsächlich eine Ausgleichfunktion, keine Funktion, die einen großen Einfluss auf das Fächermuster hat.

**[0042]** Es wurde gefunden, dass eine übermäßige Rotationsgeschwindigkeit Nachteile über den Bereich der Lagerlebensdauer und allgemeine Abnutzungsprobleme hinaus hat. Die meisten würden annehmen, dass höhere Rotationsgeschwindigkeiten zu größeren Fächermustern führen würden. Überraschenderweise wurde jedoch gefunden, dass das Gegenteil stimmt. Ein Rotationsverteiler erreicht sein größtes Muster, wenn er nicht rotiert. Ohne Rotation treten die Pulverpartikel gerade aus dem Mittelpunkt der Vorrichtung, senkrecht zum Rand der glockenförmigen Prallplatte aus. Wenn die Prallplatte zu rotieren beginnt, wird ein Windradeffekt beobachtet, bei dem die Partikel am Rand der Prallplatte in einem Winkel von weniger als  $90^\circ$  auszutreten beginnen. Wenn sich die Rotationsgeschwindigkeit erhöht, wird der Austrittswinkel flacher. Die Hauptaustragskraft ist jedoch immer noch die Förderluft des Partikelstro-

mes, nicht die Rotation der Prallscheibe. Infolge dessen sind die Anfangseigenschaften eines gegebenen Partikels konstant und der Gesamtabstand eines gegebenen Partikels ist gleich, der relative Abstand des Partikels vom Auftragsvorrichtungsmittelpunkt ist jedoch infolge des geringeren Austrittswinkels kleiner, was zu einem kleineren Gesamtmuster führt.

**[0043]** Die grundlegenden Betriebskriterien der Spritzpistole umfassen somit eine Bestimmung der minimalen Arbeitsgeschwindigkeit, die zum Erreichen optimaler Verteilereigenschaften oder Austragsdichte notwendig ist, während gleichzeitig die größte Mustergröße infolge des durch die geringere Drehzahl erreichten größeren Austrittswinkels beibehalten wird. Die sich ergebende gleichmäßige Austragsdichte ist außerdem in Koronaimpulsleadeanwendungen nützlich für die Ladungsübertragung. Der optimale Drehzahlbereich gemäß dieser Erfindung wurde als zwischen 750 und 1.500 Umdrehungen pro Minute liegend gefunden, in Abhängigkeit von den spezifischen Anwendungskriterien. Dieser Drehzahlbereich kann nicht mit einem Luftturbinenantriebssystem realisiert werden, und einer der Vorteile der vorliegenden Erfindung ist die Konfiguration und das Antriebssystem, das vorzugsweise einen Elektromotor umfasst, zum Erreichen der geeigneten Drehzahl.

**[0044]** Die langsamere Rotationsgeschwindigkeit zwischen 750 und 1.500 Umdrehungen pro Minute hilft außerdem die Bildung von Agglomeraten zu verhindern, die ansonsten wahrscheinlich auftreten, wenn der Verteiler mit höheren Geschwindigkeiten gedreht wird.

**[0045]** Die Spindel **31** hat einen mittigen Innenkanal **47**, durch den Pulver strömt. Der Innenkanal **47** kommuniziert mit dem Strömungsweg **42** zwischen den Düsenelementen **40** und **41**, so dass durch den Kanal in der Spindel **31** strömendes Pulver direkt in den Strömungsweg zwischen den Düsenelementen strömt. Das Pulver tritt in den Kanal **47** in der rotierenden Spindel **31** aus einem nicht rotierenden Rohrelement **48** ein, das sich in den hinteren Teil der Spindel erstreckt. Das Rohr **48** erstreckt sich von der Spindel **31** nach hinten und ist an ein Ende eines Schlauches **49** angeschlossen, der sich durch die Mitte des Hülseinneren **15** erstreckt. Das andere Ende des Schlauches **49** ist an ein Verbindungsstück **50** an der hinteren Stirnplatte **17** angeschlossen, wo es an einen geeigneten Pulverzuführungsschlauch (nicht gezeigt) angeschlossen werden kann. Der Zuführungsschlauch kann an ein konventionelles Pulverzuführungssystem angeschlossen werden, das einen Behälter für das fluidisierte Pulver, eine Pumpe und ein Steuermodul umfasst. Das vordere Ende des Rohres **48** erstreckt sich teilweise in den Spindelkanal **47**, und somit wird zwischen dem stationären Rohr **48** und der rotierenden Spindel **31** ein Ringzwischenraum **51** ausgebildet.

**[0046]** Wenn sich die Spindel **31** in den Lageranordnungen **36** und **37** dreht, könnte das Pulver, das durch die Spindel strömt, in die Lager eintreten und die Drehung der Spindel behindern. Um das Eintreten von Pulver in die Lager zu verhindern, werden die Lager durch interne Kanäle **43** und **44** im Körper **11** (**Fig. 8**) unter Überdruck gesetzt. Der Überdruck wird durch Anschluss jeder der Kanäle **43** und **44** an Luftleitungen **52** bzw. **53** erreicht, die sich durch das Hülseinnere **15** zu den Verbindungen **45** und **46** (**Fig. 4**) an der hinteren Stirnplatte **17** erstrecken. Der Kanal **43** tritt durch eine Öffnung **54** (**Fig. 5**) neben der vorderen Lageranordnung **54** aus. Diese Luft strömt dann durch einen Kanal **60** an der Spindel **31** und durch einen Kanal **61** (**Fig. 2** und **Fig. 2A**) an dem äußeren Düsenelement **41** durch eine Hülse **69**, die die inneren und äußeren Düsenelemente mit einer Kammer **70** am inneren Düsenelement verbindet, die einem Luftverteiler **56** Luft zuführt. Wie in **Fig. 2A** gezeigt ist, kann der Luftverteiler **56** zum Beispiel eine Membran oder Schicht aus porösem Material an der Vorderfläche der Düse umfassen, wie es im US-Patent Nr. 5,582,347 offenbart ist, dessen Offenbarung durch Bezugnahme in seiner Gesamtheit hierin aufgenommen ist. Der andere Luftkanal **44** tritt durch eine Öffnung **57** (**Fig. 6**) neben der hinteren Lageranordnung **37** aus. Vorzugsweise wird der Luftdruck aus den Öffnungen **54** und **57** bei ungefähr 15 – 25 psi (ungefähr 103 – 172 kPa) gehalten, und da die Öffnungen **54** und **57** zur Kammer nicht abgedichtet sind, entweicht Luft aus diesen Öffnungen in die Kammer und die gesamte Kammer **12** wird mit einem Überdruck beaufschlagt. Luft kann aus den Öffnungen **54** zwischen der vorderen Lageranordnung **36** und der Spindel **31** und aus der Öffnung **57** zwischen der hinteren Lageranordnung **37** und der Spindel **31** austreten. Wenn die Luft aus der hinteren Lageranordnung **37** austritt, wird sie um das Lager **37** herum und durch den Ringspalt **51** geführt und tritt schließlich in den Kanal **47** in der Spindel ein und wird Teil des Pulverstromes. Der Austritt von Druckluft beseitigt somit Pulveransammlungen aus dem Weg, durch den die Luft strömt, und die Oberflächen um die Lageranordnungen **36** und **37** und die Spindel herum werden somit relativ pulverfrei gehalten. Der Luftstrom durch den Ringspalt **51** verhindert auch das Strömen des Pulvers aus dem Pulverströmungsweg des Kanals **47** in Bereiche um die Spindel **31** und die Lager **36** und **37** herum. Dieses Austreten von Luft erzeugt wirksam eine Luftdichtung am Ringspalt **51**, die dort ausgebildet ist, wo das feststehende Rohr **48** mit der rotierenden Spindel **31** ineinander greift. Wenn ein rotierendes Element mit einem feststehenden Element ineinander greift, ist es notwendig, eine Radialdichtung irgendeiner Art vorzusehen, um das Austreten des Pulvers aus dem Strömungsweg zu verhindern, und der Überdruck in der Kammer **12** und das Austreten von Luft aus der Kammer durch den Ringspalt **51** sieht solch eine Radialdichtung zwischen dem feststehenden Rohr **48** und der rotieren-

den Spindel **31** vor.

**[0047]** Obwohl das zuvor erwähnte US-Patent Nr. 5,582,347 einen Luftverteiler offenbart, der an einer statischen oder nicht rotierenden Vorderfläche angewandt wird, passt die vorliegende Erfindung einzig und allein dieses Merkmal zur Anwendung an der Vorderfläche eines Rotationsverteilers an. Der Luftverteiler **56** unterstützt auch das Verhindern der Agglomeratbildung im Pulver. In der Vergangenheit hat sich Pulver an dieser Fläche infolge turbulenter Strömungen im Pulverluftstrom und des Aufladens des Pulvers aufgebaut. Wenn dieser Aufbau in der Masse angewachsen ist, wurde er schließlich infolge der Rotation des Verteilers abgeworfen und endete auf der zu beschichtenden Oberfläche, wobei er einen oder mehrere „Pulverkugeln“ bildete. Der Luftverteiler **56** mit seiner porösen Membran mit der Verteilerluft eliminiert jeglichen Aufbau an der Vorderfläche des Verteilers wirksam.

**[0048]** Der Austritt von Luft durch den Ringspalt **51** stellt während der normalen Arbeitsweise der Pistole eine geeignete Dichtung zur Verfügung. Von Zeit zu Zeit wird es jedoch meistens erforderlich sein, die Pistole zu reinigen oder das System vom Pulver zu säubern. Dieses wird oft durch Vorsehen eines Luftstroms mit relativ hohem Druck durch den Führungsschlauch ausgeführt. Der Druck dieses zeitweisen Luftstromes kann ausreichend sein, um den Druck in der Kammer **12** zu überwinden und würde pulverhaltige Luft zurück durch den Ringspalt **51** und in die Lageranordnung **37** drücken. Dieser Luftstrom würde auch pulverhaltige Luft zurück durch die vordere Lageranordnung **36** drücken. Wenn genug Pulver in die Lageranordnungen eintritt, kann die durch die Reibung erzeugte Wärme das Schmelzen des Pulvers verursachen, was eine Reibungskraft erzeugt, die die Spindelrotation ernstlich verlangsamen könnte und in Extremfällen den Stillstand der Spindel verursachen könnte. An der vorderen Lageranordnung **36** kann sich eine ähnliche Situation während der Wartungsreinigung entwickeln, da es übliche Praxis für die Arbeiter ist, die Pulverspritzeanlage durch Anwendung einer Hochdruckluftpistole zum Abblasen des Pulvers von der Pistole zu reinigen. Diese Hochdruckluftpistole kann in die Pistole gerichtet werden, wo sie Pulver durch die vordere Lageranordnung **36** drücken kann.

**[0049]** Um diesen Lufrückstrom zu verhindern, sind an der vorderen Lageranordnung **36** bzw. dem Ringspalt **51** Dichtungselemente **58** und **59** vorgesehen (**Fig. 5** und **Fig. 6**). Jedes der Dichtungselemente **58** und **59** hat die Form einer konventionellen Lippendichtung, die aus einem geeigneten Elastomermaterial hergestellt und um den Außenrand herum befestigt ist. Die Dichtungselemente **58** und **59** sind so befestigt, dass das Innenteil der Dichtung nicht dicht an dem Innenelement dichtet, sondern nur leicht auf

dem Innenelement aufliegt, so dass es durch den Luftüberdruck aus den Öffnungen weg bewegt werden kann. Eines der Dichtungselemente **58** ist um seinen Außenrand herum an dem nicht rotierenden Lagerstellring **38** neben der vorderen Lageranordnung **36** befestigt, und der Innenrand des Dichtungselementes **58** ruht leicht an der Außenfläche der rotierenden Spindel **31**. Das andere Dichtungselement **59** ist um seinen Außenrand herum an der rotierenden Spindel **31** neben der hinteren Lageranordnung **37** befestigt und sein Innenrand ruht leicht auf der Außenfläche des nicht rotierenden Rohres **48** an der Stelle des Ringspalts **51**. Jedes der Dichtungselemente **58** und **59** ist flexibel genug, so dass der Luftdruck aus den Öffnungen **54** und **57** das leichte Wegbiegen des Dichtungselementes von der Außenfläche der Spindel **31** oder des Rohres **48** bewirken kann, so dass die Spindel **31** ohne durch das Dichtungselement erzeugte Reibungskraft frei rotieren kann. Der Austritt von Luft aus den Öffnungen **54** und **57** um die Innenseite der Dichtungselemente **58** und **59** herum verhindert das Eindringen von Pulver in die Lageranordnungen **36** und **37**. Wenn ein relativ hoher Rückdruck ausgeübt wird, wie zum Beispiel ein Spülimpuls oder externes Druckluftausblasen, werden die Dichtungselemente **58** und **59** zeitweise zurück gegen die Außenflächen der Spindel **31** und des Rohres **48** gedrückt, so dass das Zurückblasen von Pulver im Strömungsweg in die Lageranordnungen **36** und **37** verhindert wird. Die Dichtungselemente **58** und **59** wirken somit ein wenig wie Rückschlagklappenventile, wobei sie die Luftströmung aus der Kammer **12** zulassen, jedoch den Rückstrom von Luft zu den Lageranordnungen **36** und **37** verhindern.

**[0050]** Um die Möglichkeit des Haltens der Spindel **31** in einer feststehenden, nicht rotierenden Position beim Befestigen oder Entfernen der Düsenanordnung **39** vorzusehen, ist im Körper **11** eine Spindelverriegelungsanordnung **62** vorgesehen. Die Spindelverriegelungsanordnung **62** umfasst ein Verriegelungselement **63** (Fig. 2), das sich in einer Bohrung im Körper **11** radial bewegen kann. Ein Ende **64** des Verriegelungselementes **63** erstreckt sich von der Außenseite des Körpers **11** und das andere Ende **65** kann in eine von verschiedenen flachen Öffnungen **66** ragen, die um die Außenseite der Spindel **31** herum ausgebildet sind. Das Verriegelungselement **63** wird durch eine Feder **67** radial nach außen gedrückt und wird innen durch einen konventionellen Haltebügel **68** gehalten. Wenn das Ende **64** des Verriegelungselementes zusammengedrückt wird, greift das andere Ende **65** des Verriegelungselementes in eine der Öffnungen **66**, um die Spindel **31** festzuhalten und das Drehen der Spindel zu verhindern. Wenn das Ende **64** vom Haltebügel **68** gelöst wird, drückt die Feder **67** das Verriegelungselement **63** radial nach außen, um die Spindel **31** freizugeben. Durch Anwendung der Spindelverriegelungsanordnung **62** zum Festhalten der Spindel **31** und Verhindern der

Rotation der Spindel beim Befestigen oder Entfernen der Düsenanordnung **39** wird durch die vorliegende Erfindung die Anwendung von Spezialwerkzeugen vermieden, die bei bekannten Spritzpistolen notwendig waren.

**[0051]** Elektrische Energie zum Aufladen des Pulvers tritt durch einen in der hinteren Stirnplatte **17** angeordneten Elektroanschluss **73** in die Pistole ein. Der Anschluss **73** ist an einen Hochspannungsvervielfacher **74** angeschlossen, der im Hülseninneren **15** zwischen dem Körper **11** und der hinteren Stirnplatte **17** angeordnet ist. Der Vervielfacher **74** kann gleich oder ähnlich den in anderen elektrostatischen Pulverspritzpistolen verwendeten sein. Der Vervielfacher **74** ist an einen innerhalb des Körpers **11** angeordneten Begrenzungswiderstand **75** angeschlossen und der Widerstand **75** ist an einen leitfähigen O-Ring **76** angeschlossen, der in einer Nut zwischen dem Körper **11** und der vorderen Abschlusskappe **13** angeordnet ist. An der Vorderseite der Abschlusskappe **13** sind mehrere Elektroden **77** angeordnet und erstrecken sich von der Vorderseite der Pistole um den radialen Außenrand der Düsenanordnung **39** herum. Obwohl jede Anzahl von Elektroden verwendet werden kann, werden vorzugsweise zwei oder drei Elektroden verwendet, wobei die Elektroden um die Düsenanordnung herum gleichmäßig beabstandet sind. In der dargestellten Ausführungsform werden zwei Elektroden **77** verwendet, jeweils 180° in Bezug aufeinander. Die Spitze jeder Elektrode **77** erstreckt sich von der Vorderfläche der Abschlusskappe **13** und lädt das Pulver auf, wenn es aus dem in der Düsenanordnung **39** gebildeten Spalt **42** austritt. Durch Anordnen der Elektroden **77** außerhalb des Pulverströmungsweges werden verschiedene mechanische Vorteile erreicht.

**[0052]** Die Rotationsgeschwindigkeit der Spindel **31** wird durch Verändern der Netzspannung zum Motor **22** verändert. Der Elektromotor **22** ist mit einem Drehzahlmesser versehen, so dass die Motordrehzahl gemessen werden kann. Wenn ein pneumatischer oder Luftmotor verwendet wird, wird die Drehzahl des Motors durch Verändern des Druckes der dem Motor zugeführten Luft verändert. Der gleiche Luftdruck zum Luftmotor wird jedoch infolge von Änderungen in den Pulverströmungsgeschwindigkeiten und der relativen Dichte des Pulvers infolge des Reibungswiderstandes des Pulvers, der sich entsprechend der Pulverströmungsgeschwindigkeit verändert, nicht immer die gleiche Spindeldrehzahl erzeugen. Deshalb kann es notwendig sein, die Rotationsgeschwindigkeit der Spindel **31** direkt zu messen. Die Spindeldrehzahl wird durch einen Drehzahlmesser ermittelt, der einen innerhalb des Hülseninneren **15** angeordneten Sensor **82** (Fig. 7) umfasst. Vom Sensor **82** erstreckt sich ein Paar Lichtwellenleiter **83** durch eine Bohrung **84** im Körper **11**. Die Enden der Lichtwellenleiter **83** sind auf das rotierende Zahnrad **29** gerichtet. Das

Zahnrad **29** umfasst ein Paar von Schrauben **30**, die gegenüber dem Zahnrad ein kontrastierendes Aussehen haben. Wenn das Zahnrad **29** zum Beispiel aus einem Material hergestellt ist, das dunkel oder lichtabsorbierend ist, würden die Schrauben **30** aus einem hellen oder lebhaften oder glänzenden Material sein. Einer der Lichtwellenleiter **83** überträgt Licht zum Beleuchten der Schrauben **30** am Zahnrad **29**. Der andere Leiter **83** überträgt von den Schrauben **30** reflektiertes Licht zurück zum Sensor **82**. Wenn sich das Zahnrad **29** dreht, wird durch die Schrauben **30** reflektiertes und durch die Lichtwellenleiter **83** zum Sensor **82** übertragenes Licht verwendet, um die Anwesenheit der Schrauben **30** zu ermitteln und dadurch jede Umdrehung des Zahnrades **29** zu ermitteln. Die Rotationsgeschwindigkeit des Zahnrades **29** stimmt mit der Rotationsgeschwindigkeit der Spindel **31** überein, so dass damit durch den Sensor **82** die Spindeldrehzahl bestimmt wird. Der Sensor **82** kann durch eine an der hinteren Stirnplatte **17** angeordnete elektrische Verbindung mit einer geeigneten Ausgabebereinrichtung oder Steuereinrichtung verbunden sein. Der Drehzahlermittler kann entsprechend bekannten Verfahren mit der Luftzuführung zum luftbetriebenen Motor verbunden sein, so dass die Drehzahl der Spindel eingestellt werden kann.

**[0053]** Die hintere Stirnplatte **17** ([Fig. 4](#)) kann auch mit zwei oder mehreren zusätzlichen Luftanschlüssen **90**, **91** und **92** versehen sein. Einer dieser Anschlüsse **90** kann an einen Schlauch **93** ([Fig. 8](#)) angeschlossen sein, der sich durch das Innere der Hülse **14** erstreckt und an einen sich in den Körper **11** erstreckenden Kanal **94** angeschlossen ist. Der Kanal **94** ist an einen Kanal **95** im Lagerstellring **38** angeschlossen, der die Luft zwischen dem Lagerstellring **38** und dem äußeren Düsenelement **41** führt: Die Luft tritt neben den Elektroden **77** aus der Spritzpistole aus, wo sie die Luft um die Elektroden herum kühlt oder formt. Die anderen Verbindungen **91** und **92** können für zusätzliche Leistungsfähigkeiten eingesetzt werden, wie zum Beispiel für Luft, die den Öffnungen an der Vorderseite der Abschlusskappe **13** zugeführt wird, um den an der Düsenanordnung austretenden Pulverstrom zu formen, oder für Luft, die zum Entfernen angesammelten Pulvers verwendet wird.

**[0054]** An der gerade beschriebenen bevorzugten Ausführungsform der Pistole können verschiedene Modifikationen vorgenommen werden. Zum Beispiel können anstelle eines Elektromotors andere geeignete Motoren verwendet werden, die die Spindel mit variablen Drehzahlen antreiben und die die Spindel mit Drehzahlen von weniger als 2.500 Umdrehungen pro Minuten zuverlässig antreiben.

**[0055]** Ein Merkmal der Pistole besteht darin, dass die Spindel und der Verteiler mit einer Drehzahl von weniger als 2.500 Umdrehungen pro Minute rotie-

ren. Dieses führt zu einem Rotationsverteiler, der mit Geschwindigkeiten rotiert, die viel langsamer als die Geschwindigkeiten der bekannten Spritzpistolen sind. Turbinen, wie jene in bekannten Spritzpistolen verwendeten, können nur bei so langsamen Drehzahlen wie ungefähr 2.500 Umdrehungen pro Minuten effektiv arbeiten. Bei geringeren Drehzahlen arbeiten sie nicht mit einer gleichmäßigen oder gleichbleibenden Drehzahl oder arbeiten überhaupt nicht. Das Vermeiden der Anwendung einer Turbine zum Drehen des Verteilers erlaubt das effektive Erreichen von viel geringeren Drehzahlen. Dieses vermeidet das Problem des Pulverschmelzens, das entstehen kann, wenn der Verteiler mit einer höheren Drehzahl rotiert und die Pulverpartikel eine kinetische Energie erhalten, die sich in Wärme umwandelt, wenn die Pulverpartikel auf den Verteiler treffen.

**[0056]** Die Gestaltung der Spritzpistole kann auch für spezifische Zwecks modifiziert werden. [Fig. 9](#) zeigt solch eine modifizierte Spritzpistole **10'**, die ein äußeres Düsenelement **41'** besitzt, das am vorderen Ende der Spritzpistole eine runde Spitze besitzt, die mit der Spindel rotiert. Die runde Spitze eliminiert die Notwendigkeit für die Verteilerflächenfunktion durch aerodynamisches Leiten des Luftstromes, um ein Stromlinienkörperprofil zu ermöglichen. Dieses Profil stellt eine dreidimensionale Form zum- intermittierenden Spülen mit einem externen Ausblaselement zur Verfügung, das die gleiche pneumatische Zuführung wie das Verteilerflächenmerkmal verwenden würde. Der Verteiler und das externe Ausblasverfahren würden somit nicht gleichzeitig angewandt werden. Diese Spritzpistolenkonfiguration kann in Anwendungen vorteilhaft sein, die Pulverprodukte anwenden, deren Hauptpartikelgröße kleiner als 15µm ist. Der Innenaufbau der Spritzpistole **10'** der [Fig. 9](#) ist ansonsten identisch zur Spritzpistole **10** der [Fig. 1](#) und umfasst die Luftzuführung, die an den Verteiler angeschlossen ist, obwohl diese Luftzuführung in der Spritzpistole **10'** nicht für diesen Zweck verwendet wird.

## Patentansprüche

1. Spritzpistole zum Spritzen von Beschichtungsmaterial, bestehend aus einem Gehäuse, umfassend einen Körper, eine drehbar im Körper befestigte Spindel, wobei die Spindel einen rohrförmigen Kanal dort hindurch für den Beschichtungsmaterialstrom besitzt, wobei der Kanal mit der Spindel rotiert, ein nicht rotierendes Strömungsrohr, durch das Pulver in den rotierenden rohrförmigen Kanal strömt, wobei sich ein Ende des Strömungsrohres teilweise in ein erstes Ende des Kanals erstreckt und im Kanal vom zweiten Ende beabstandet ist, ein Zwischenraum zwischen dem nicht rotierenden Strömungsrohr und der drehbaren Spindel ausgebildet ist, wobei der Zwischenraum mit einer Druckluftzuführung kommuniziert, wodurch Druckluft durch den Zwischenraum austritt, so dass zwischen dem Rohr und der Spindel eine Radi-

aldichtung vorgesehen wird, ein entweder an der Spindel oder am Strömungsrohr befestigtes flexibles Dichtungselement, das mit dem jeweils anderen der Spindel oder dem Strömungsrohr ineinander greifen kann, um den Zwischenraum abzudichten, um das Eintreten von Material aus dem Kanal in den Zwischenraum zu verhindern, wobei das Dichtungselement durch die Druckluft aus dem Eingriff weggedrückt wird, ein Verteiler, der mit dem Kanal kommuniziert und so befestigt ist, dass er mit der Spindel rotiert, um aus dem Kanal in den Verteiler strömendes Beschichtungsmaterial aus der Pistole zu spritzen, und einen Antriebsmechanismus, der im Körper angeordnet und angeschlossen ist, um die Spindel und den Verteiler zu drehen.

2. Spritzpistole gemäß Anspruch 1, bei der das Dichtungselement an der rotierenden Spindel befestigt ist und mit dem nicht rotierenden Strömungsrohr ineinander greift.

3. Spritzpistole gemäß Anspruch 2, außerdem umfassend ein zweites, zum Eingriff mit der Spindel befestigtes Dichtungselement.

4. Spritzpistole gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, außerdem umfassend eine Kammer im Körper, wobei die Kammer an eine Luftzuführung angeschlossen ist, um die Kammer mit Druck zu beaufschlagen, wobei der Zwischenraum zwischen dem nicht rotierenden Strömungsrohr und der drehbaren Spindel mit der Kammer kommuniziert, wodurch Druckluft aus der Kammer durch den Zwischenraum austritt, um die Radialdichtung zwischen dem Rohr und der Spindel vorzusehen.

5. Spritzpistole gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Körper eine Mittellängsachse besitzt, der Pulverströmungsweg durch den Körper generell entlang der Mittellängsachse des Körpers angeordnet ist, und bei der der Antriebsmechanismus entlang einer radial von der Längsachse des Körpers beabstandeten Achse angeordnet ist.

6. Spritzpistole gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Antriebsmechanismus den Verteiler mit Drehzahlen von 750 bis 1500 Umdrehungen pro Minute dreht.

7. Spritzpistole gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Verteiler einen Abschnitt des Pulverströmungsweges stromabwärts vom Körper bildet und einen Pulverauslass vorsieht, wobei der Pulverströmungswegabschnitt des Verteilers einen Düseneingang mit einer ersten Querschnittsfläche, eine Düsenaustragsöffnung mit einer zweiten Querschnittsfläche und einen Zwischenbereich zwischen dem Düseneingang und der Austragsöffnung umfasst, der eine dritte Querschnittsfläche besitzt, die kleiner als entweder die erste oder zweite Quer-

schnittsfläche ist.

8. Spritzpistole gemäß Anspruch 7, bei der der Verteiler einen konischen Vorsprung umfasst, der im Pulverströmungsweg am Düseneingang liegt.

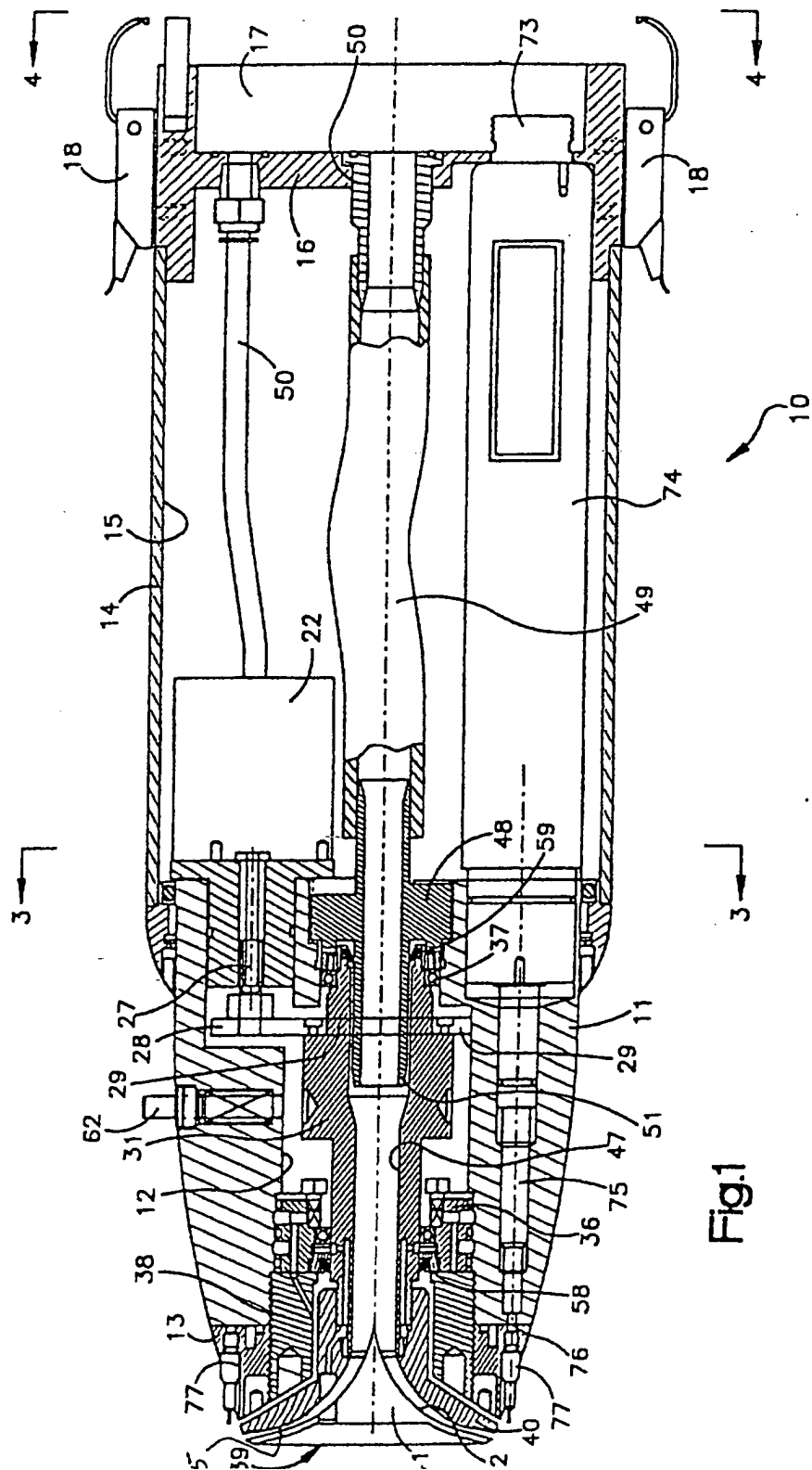
9. Spritzpistole gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Körper eine Mittellängsachse besitzt und der Pulverströmungsweg durch den Körper zu einem Pulverauslass generell entlang der Mittellängsachse des Körpers angeordnet ist, und bei der der Pulverströmungsweg einen Abschnitt umfasst, der ein allgemein konusförmiges, gebogenes Element besitzt, das an der Längsachse des Körpers angeordnet ist, um das Pulver vor dem Erreichen des Pulverauslasses von der axialen Richtung in eine Richtung umzulenken, die eine Radialkomponente hat:

10. Spritzpistole gemäß Anspruch 9, bei der sich der Pulverströmungsweg verengt, um nahe dem Pulverauslass einen Bereich mit höherer Scherkraft vorzusehen, um bestehende Agglomerate im Pulver aufzubrechen.

11. Spritzpistole gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Verteiler an seiner Außenfläche einen Diffusor besitzt, wobei der Diffusor mit einer Druckluftzuführung kommuniziert, um das Strömen der Luft über die Außenfläche des Verteilers zuzulassen, um das Ansammeln von Pulveragglomeraten am rotierenden Verteiler zu verhindern.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



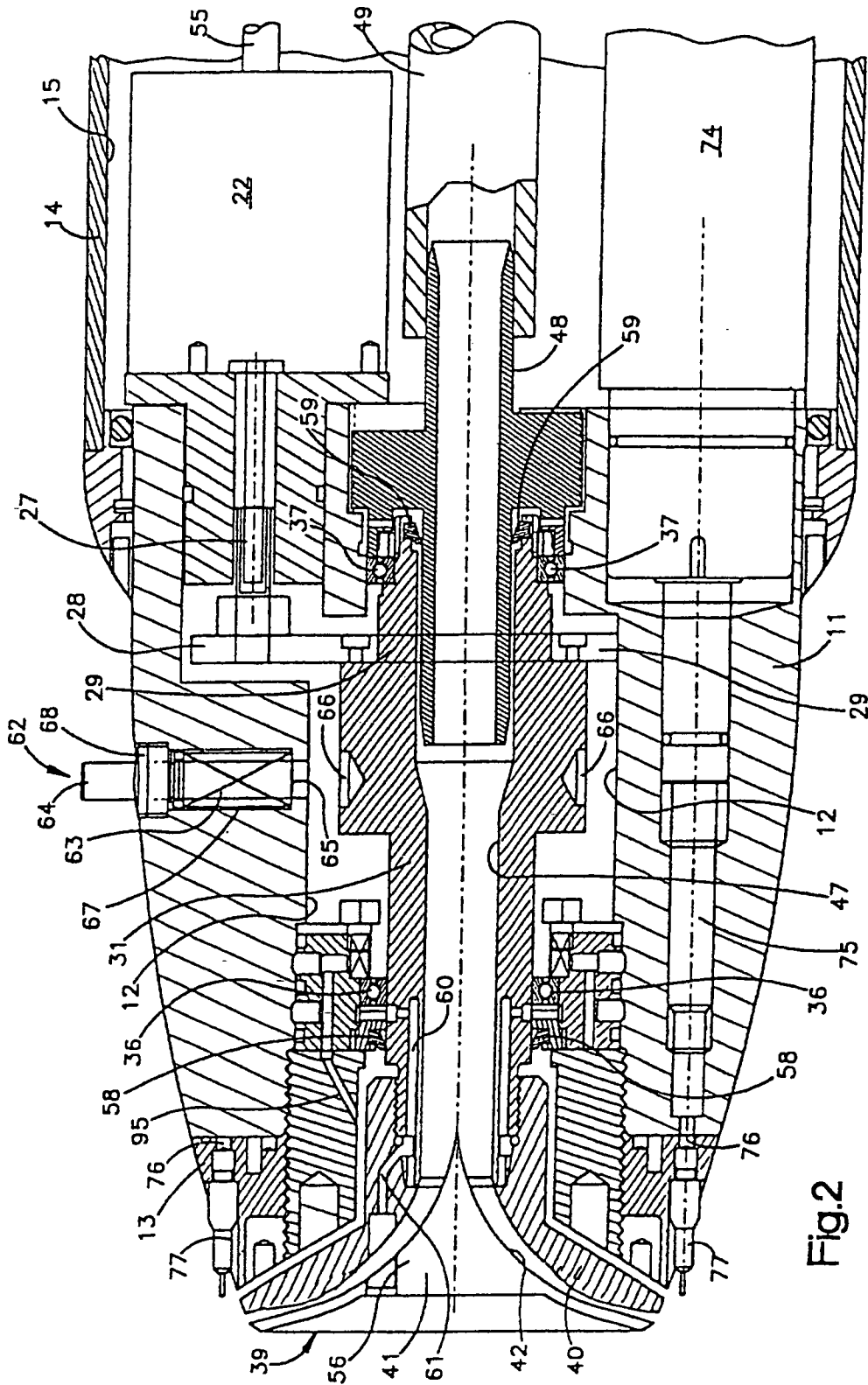


Fig.2

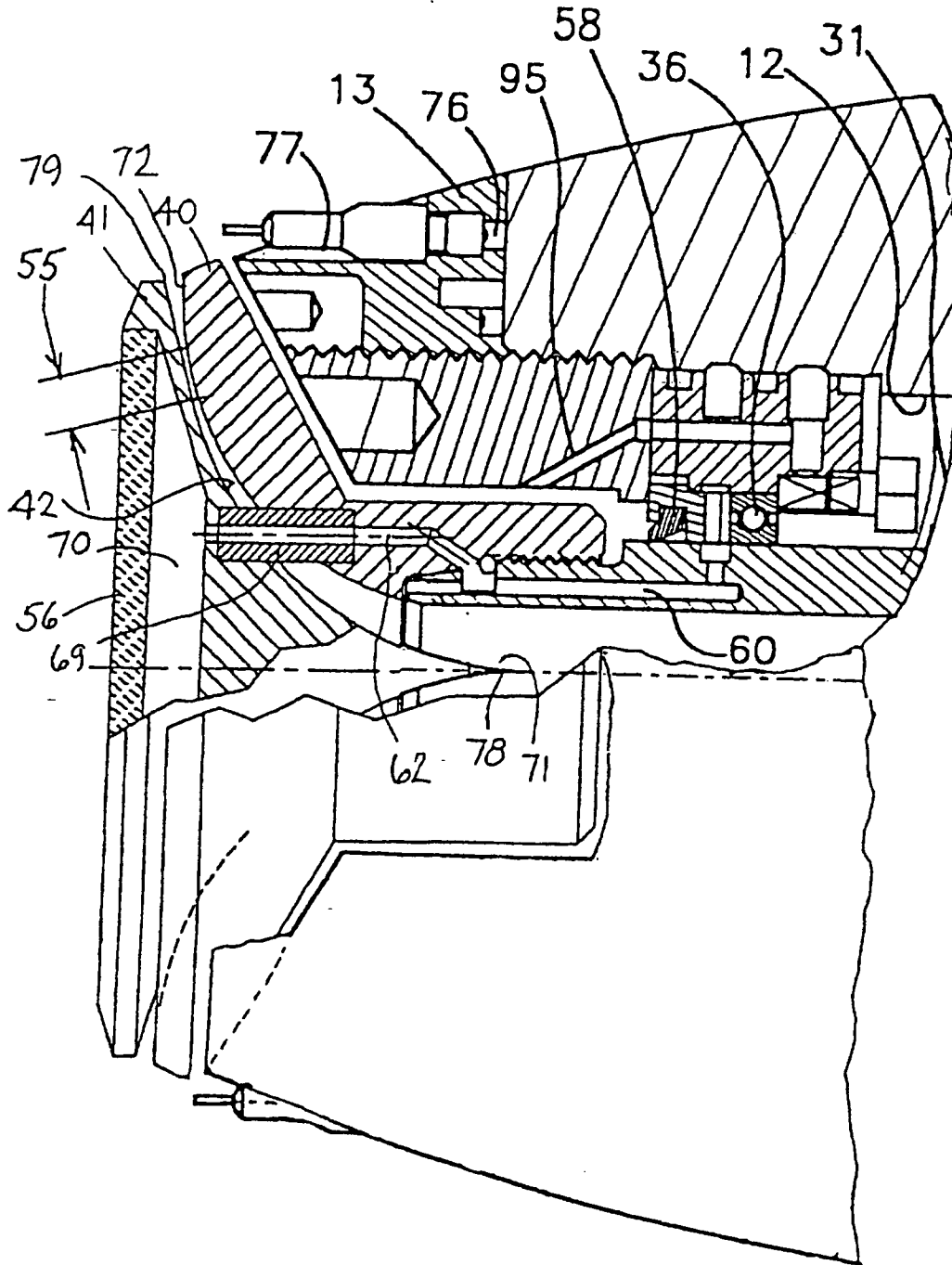


Fig.2A

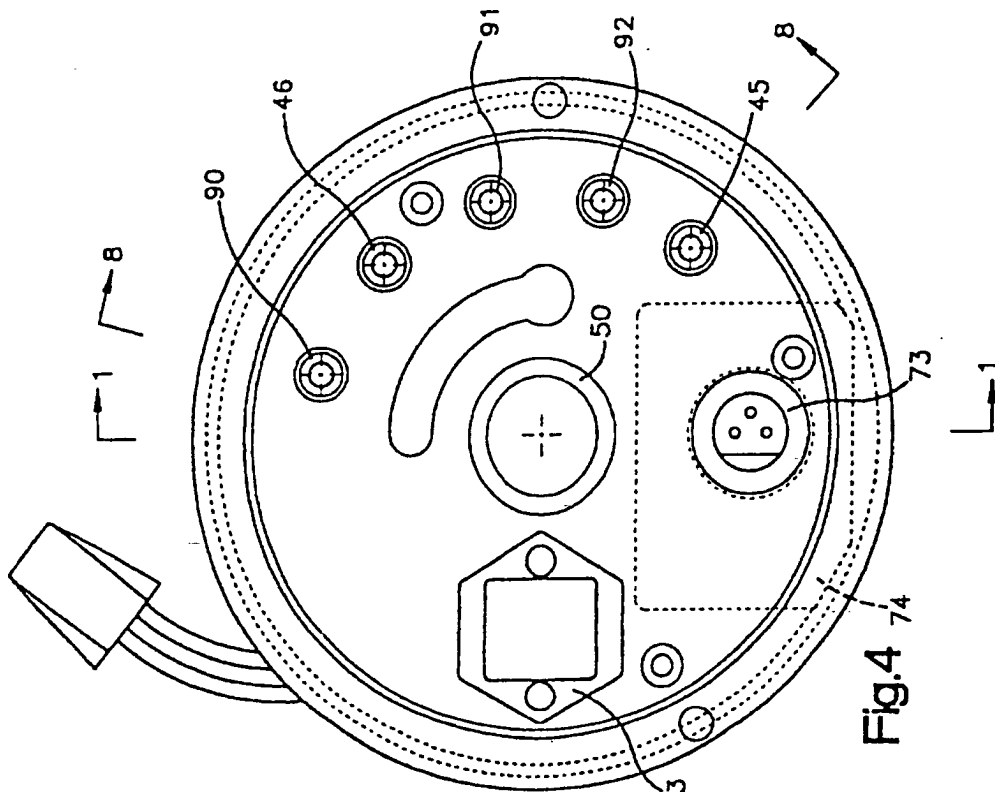


Fig. 4

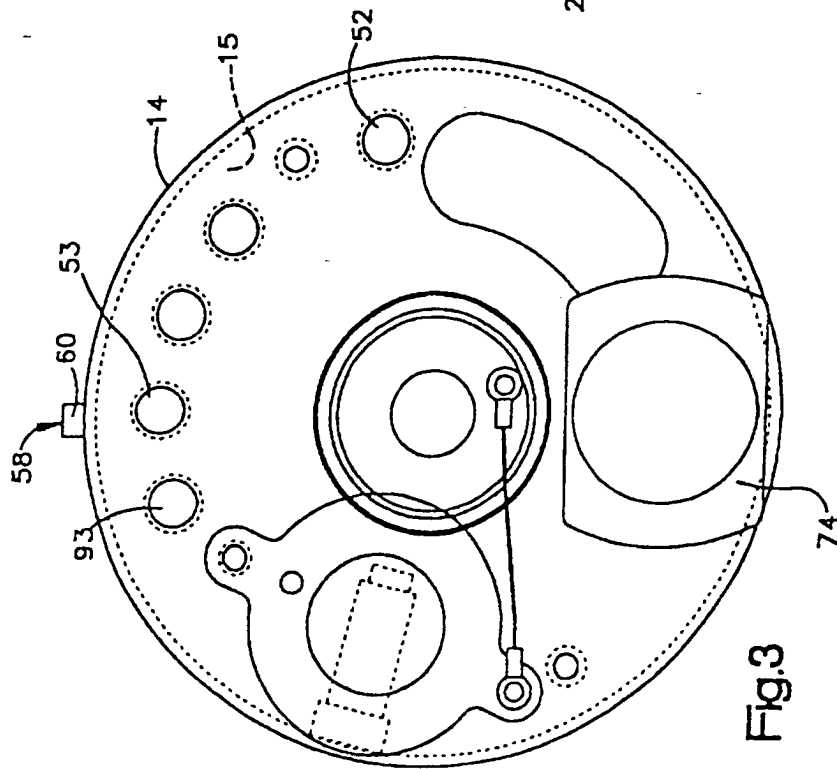
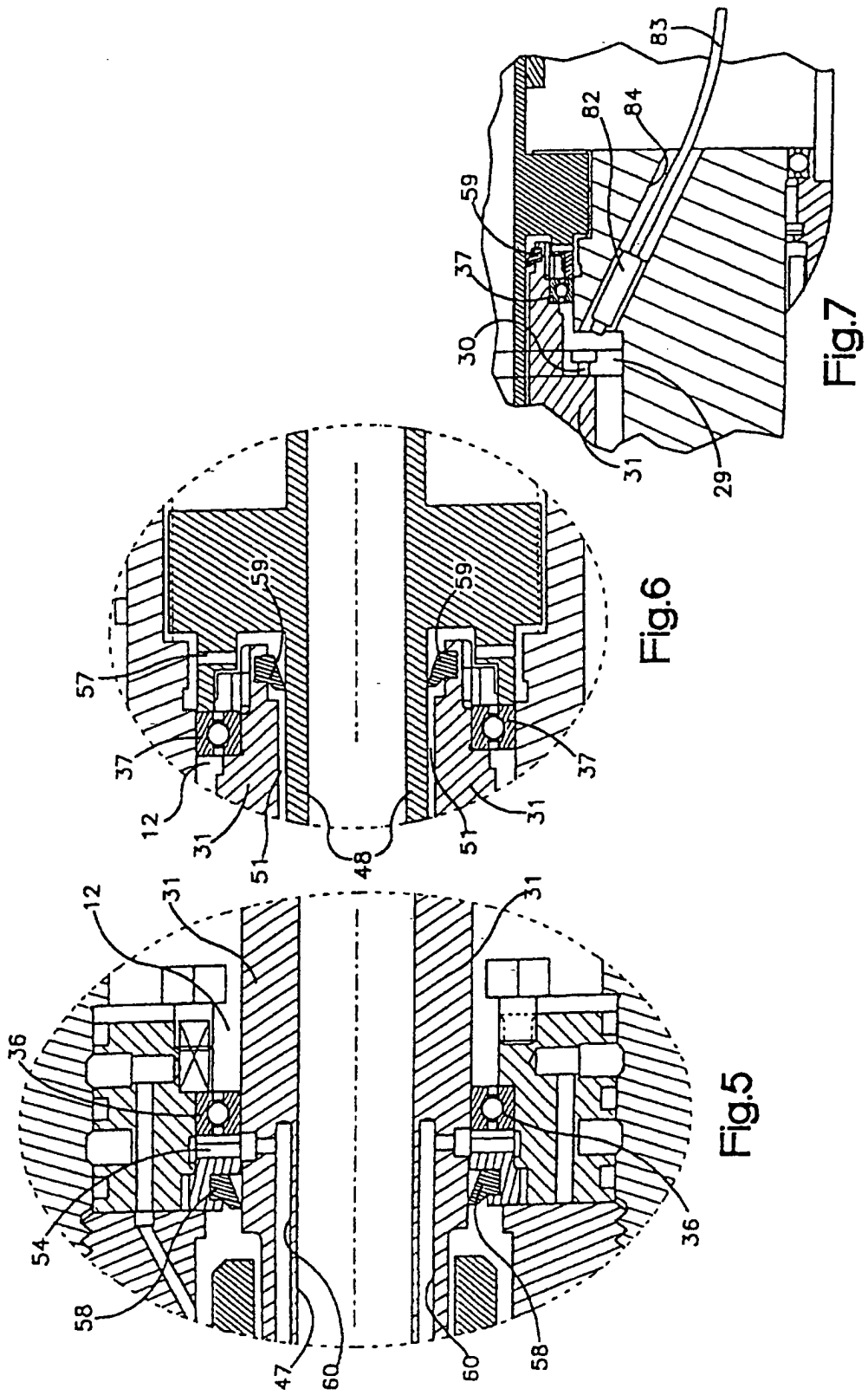


Fig. 3



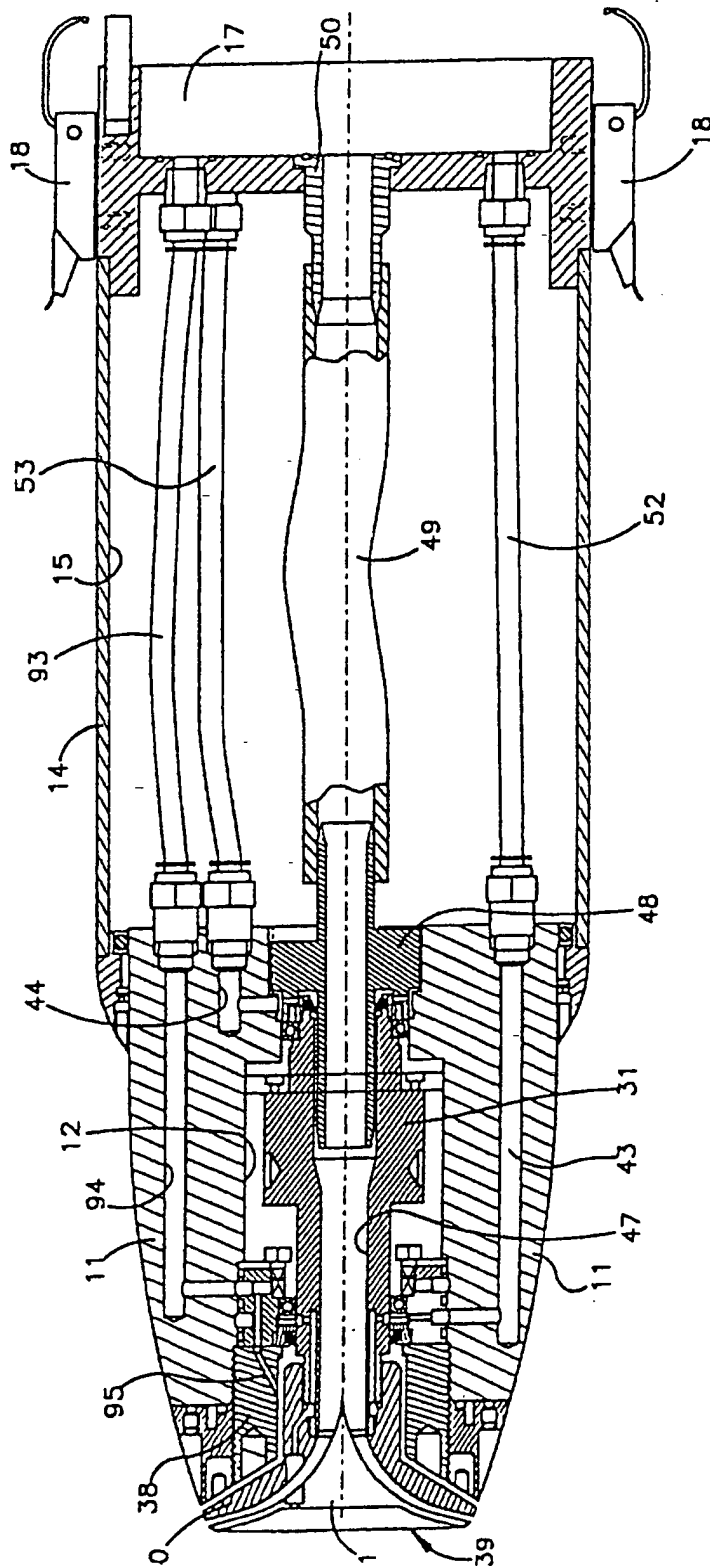


Fig.8

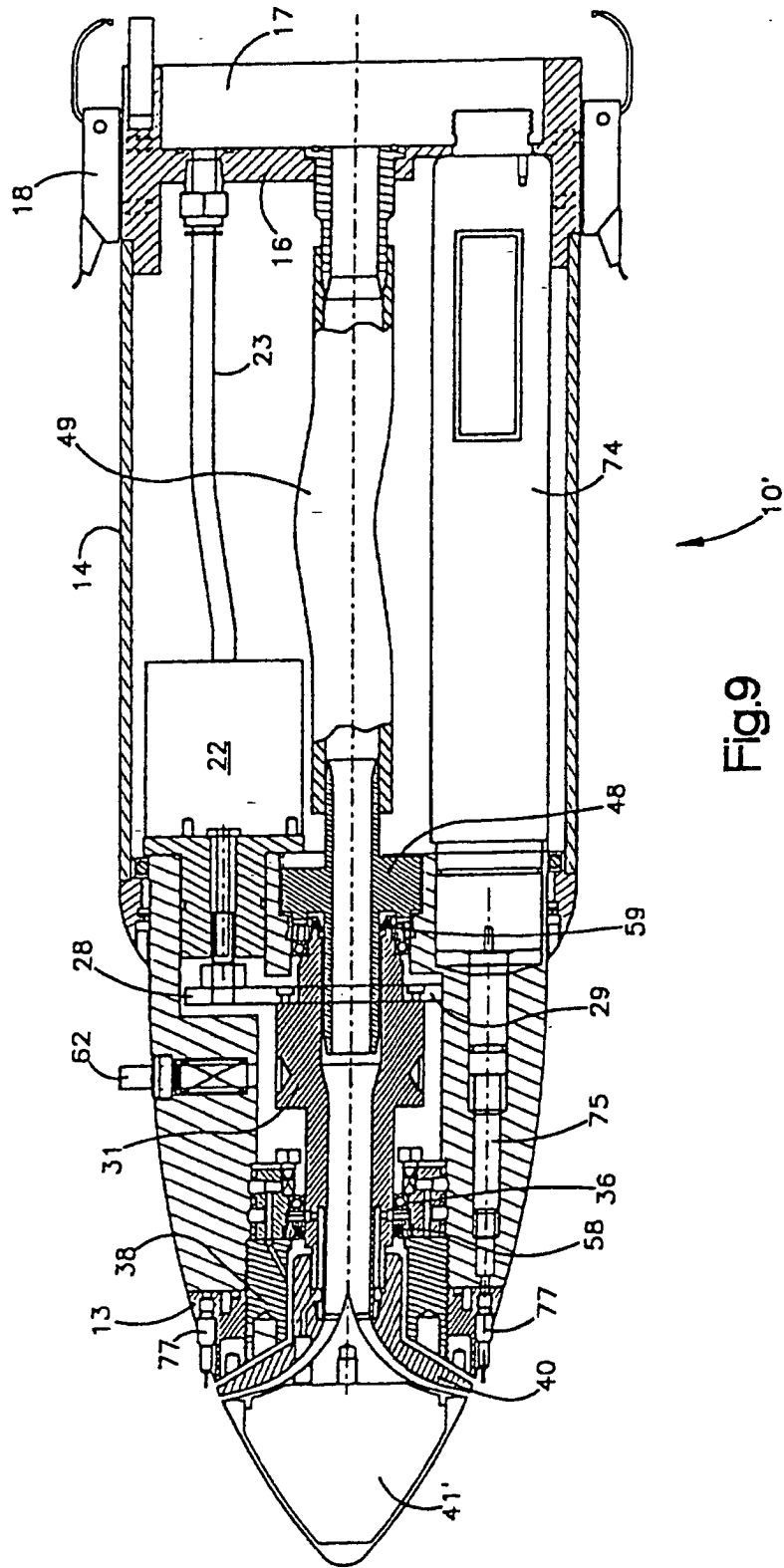


Fig.9