



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2004 052 949 A1 2006.05.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2004 052 949.3

(22) Anmeldetag: 29.10.2004

(43) Offenlegungstag: 04.05.2006

(51) Int Cl.⁸: **B05B 7/14** (2006.01)
B65G 53/66 (2006.01)

(71) Anmelder:
Nordson Corp., Westlake, Ohio, US

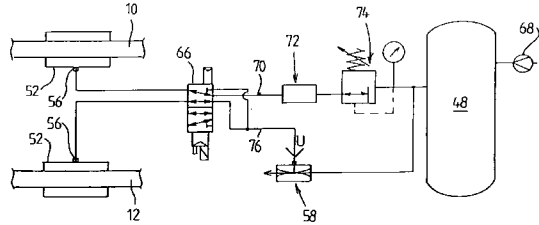
(74) Vertreter:
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

(72) Erfinder:
Kleineidam, Ulf, 22299 Hamburg, DE; Kleineidam,
Andreas, 25337 Elmshorn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung von Strömungsverhältnissen in einem Leitungsstrang**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung von Strömungsverhältnissen in einem Leitungsstrang (28), der aus einer Förderpumpe (2) mit einem Gemisch aus pulverförmigem Material und Förderdruckluft beaufschlagt wird, indem mindestens zwei Kammern (10, 12) der Förderpumpe (2) im Wechsel mit pulverförmigem Material befüllt und durch Zufuhr von Förderdruckluft aus einer Druckluftquelle (48) in eine zuvor befüllte Kammer (10, 12) in den Leitungsstrang (28) entleert werden. Um Schwankungen der Strömungsverhältnisse und insbesondere Verstopfungen innerhalb des Leitungsstrangs (28) zu detektieren und auf diese Weise eine kontinuierliche Prozessüberwachung zu ermöglichen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass die Durchflussmenge der Förderdruckluft in einer von der Druckluftquelle (48) zu den beiden Kammern (10, 12) führenden gemeinsamen Druckluftzufuhrleitung (70) gemessen und ausgewertet wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung von Strömungsverhältnissen in einem Leitungsstrang gemäß dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 bzw. 9.

[0002] In Pulverbeschichtungsanlagen werden häufig sogenannte Dichtstropfpumpen eingesetzt, um Pulverlack mit Druckluft aus einem Vorratsbehälter durch eine Schlauchleitung zu Sprühpistolen oder anderen Sprühauftragsvorrichtungen zu fördern, aus denen der Lack dann auf die zu beschichtenden Gegenstände aufgesprüht werden kann.

[0003] Eine solche Dichtstropfpumpe zur Pulverlackförderung ist zum Beispiel aus der DE 102 47 829 A1 und der DE 102 61 053 A1 der Anmelderin bekannt. Die bekannte Pumpe weist zwei parallele Dosierkammern auf, von denen jeweils eine mit einem Unterdruck beaufschlagt wird, um Pulverlack aus dem Vorratsbehälter in diese Kammer zu saugen, während die andere gleichzeitig mit Förderdruckluft beaufschlagt wird, um den zuvor in die Kammer gesaugten Pulverlack in die Schlauchleitung zu drücken. Durch die Schlauchleitung wird der Pulverlack dann von der Förderdruckluft in Form von aufeinanderfolgenden "Pfropfen" zu den Sprühpistolen oder anderen Sprühauftragsvorrichtungen gefördert.

[0004] Auch die DE 199 59 468 A1 und die EP 1 106 547 A1 offenbaren Dichtstropfpumpen dieser Art, bei denen zwei oder mehr Dosierkammern im Wechsel befüllt und in ein Austragsrohr entleert werden.

[0005] Da die Sprühpistolen bei der Pulverbeschichtung für einen gleichmäßigen Pulverauftrag von den Bedienungspersonen um die zu beschichtenden Gegenstände herum bewegt werden und dabei die Schlauchleitungen nachgezogen werden müssen, kann es manchmal zu Knickstellen in den Schlauchleitungen kommen, was infolge der damit verbundenen Querschnittsverengung zu einem Verstopfen der Leitungen führen kann. Dies führt zu einer Unterbrechung oder Störung des Arbeitsablaufs und macht es erforderlich, die verstopften Leitungen mit zusätzlichem Zeit- und Arbeitsaufwand auszublasen. Ähnliche Probleme können auch bei automatischen Sprühauftragsvorrichtungen auftreten, wenn die zu diesen führenden Schlauchleitungen schlecht verlegt sind.

[0006] Die aus der DE 102 47 829 A1 und der DE 102 61 053 A1 bekannte Tandempumpe wird darüber hinaus auch bei der Herstellung von Schläuchen aus Kunststoff oder Gummi eingesetzt, um diese Schläuche während ihrer Extrusion von innen her mit Talkpulver als Gleitmittel zu beschichten. Das Talkpulver wird dort von der Tandempumpe durch eine Rohrleitung zu einer in der Mitte der Extrusionsdüse ange-

ordneten Blasdüse gefördert, aus der es in den aus der Extrusionsdüse austretenden Schlauch geblasen wird, wobei die mit Talk beladene Förderdruckluft diesen auf seiner gesamten Länge durchströmt. Wenn es bei diesem Verfahren in der Nähe der Extrusionsdüse zu einer Verstopfung des Schlauchs durch Talkpulver kommt, bewegt sich diese Verstopfung mit hoher Geschwindigkeit von der Extrusionsdüse weg. Wenn die Bedienungsperson des Extruders die Verstopfung nicht schnell genug erkennt, führt dies dazu, dass aus dem fertigen Schlauchstrang lange Schlauchabschnitte herausgeschnitten und als unbrauchbar verworfen werden müssen.

[0007] Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu entwickeln, mit denen Schwankungen der Strömungsverhältnisse und insbesondere Verstopfungen innerhalb des Leitungsstrangs detektierbar sind, um eine kontinuierliche Prozessüberwachung zu ermöglichen.

[0008] Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, die Durchflussmenge der Förderdruckluft in einer von der Druckluftquelle zu den beiden Kammern führenden gemeinsamen Druckluftzufuhrleitung mittels eines Durchflussmengenmessers zu messen und die gemessene Durchflussmenge auszuwerten.

[0009] Wenn die Durchflussmenge in der Druckluftzufuhrleitung bei gleichbleibendem Druck in der Druckluftquelle absinkt, ist dies ein Anzeichen für eine Vergrößerung des Strömungswiderstandes des Leitungsstrangs infolge einer Querschnittsverengung. Wenn der Leitungsstrang dabei vollständig blockiert wird, zeigt sich dies in einem steilen Abfall der Durchflussmenge der Druckluft, da eine solche Verstopfung in der Regel plötzlich auftritt. Wird dabei ein vorzugsweise einstellbarer Schwellenwert unterschritten, dann wird dies der Bedienungsperson gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung durch ein Warnsignal angezeigt oder alternativ die Dichtstromförderung durch Schließen eines Ventils in der Druckluftzufuhrleitung unterbrochen.

[0010] Wenn die Abnahme der Durchfluss- oder Strömungsmenge langsamer und weniger stark erfolgt, kann die Ursache zum Beispiel eine allmähliche Anbackung von pulverförmigem Material an den Innenwänden des Leitungsstrangs sein, die sich gegebenenfalls durch eine Erhöhung des Drucks in der Druckluftzufuhrleitung beseitigen lässt. Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht daher vor, dass der Durchflussmengenmesser Teil einer Regelkreises ist, der Einrichtungen zur Veränderung des Drucks oder der Durchflussmenge in der Druckluftzufuhrleitung umfasst, so dass dem Absinken der Durchflussmenge durch eine Erhöhung des Drucks und/oder der Durchflussmenge entgegen gewirkt

werden kann.

[0011] Eine sehr geringe Abnahme der Durchfluss- oder Strömungsmenge der Druckluft in der Druckluftzufuhrleitung kann darüber hinaus auch durch eine allmähliche Abnahme der Permeabilität eines Partikelfilters verursacht werden, der bei den bekannten Pumpen zwischen jeder Kammer und der Druckluftzufuhrleitung angeordnet ist. Dieser Partikelfilter hat die Aufgabe, einen Rückstrom von pulverförmigem Material in die Leitung zu verhindern, wenn getrennte Teilstücke derselben zwischen den Kammern und einem Mehrwege-Schaltventil abwechselnd als Druckluftzufuhrleitung und als Unterdruckleitung verwendet werden, um durch Anlegen eines Unterdrucks an den Kammern pulverförmiges Material in dieselben anzusaugen. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht daher vor, diese allmähliche Abnahme zu nutzen, um den optimalen Zeitpunkt für den Austausch des Partikelfilters zu ermitteln.

[0012] Die erfindungsgemäße Anordnung des Durchflussmengenmessers in der gemeinsamen Druckluftzufuhrleitung hat den Vorteil, dass der Durchflussmengenmesser im Wesentlichen ununterbrochen von Druckluft durchströmt wird. Somit muss die Messung bzw. die Auswertung der gemessenen Durchflussmenge nicht unterbrochen werden, während Pulver in die Kammer angesaugt wird, da während dieses Zeitraums Druckluft in die andere oder eine der anderen Kammern zugeführt wird. Durch die reinluftseitige Anordnung des Durchflussmengenmessers kann außerdem eine Verschmutzung durch die geförderten Pulverpartikel verhindert werden, die bei einer Anordnung von Sensoren innerhalb des Leitungsstrangs hinter der Förderpumpe unvermeidlich ist.

[0013] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Durchflussmenge der Förderdruckluft stromaufwärts von einem Mehrwege-Schaltventil gemessen wird, das die gemeinsame Druckluftzufuhrleitung im Wechsel mit den Kammern bzw. jede der Kammern abwechselnd mit der Druckluftquelle und einer Unterdruckquelle verbindet. Bei einer Förderpumpe mit zwei im Tandembetrieb arbeitenden Kammern ist das Mehrwege-Schaltventil vorzugsweise ein Vierwege- oder Fünfwege-Schaltventil mit zwei oder drei Eingängen und zwei Ausgängen, wobei einer der Eingänge mit der gemeinsamen Druckluftzufuhrleitung und der oder die anderen Eingänge mit einer zu einer Unterdruckquelle führenden Unterdruckleitung verbunden sind, während jeder der beiden Ausgänge mit einer der beiden Kammern verbunden ist.

[0014] Die Messung der Durchflussmenge in der Druckluftförderleitung kann grundsätzlich nach unterschiedlichen Messprinzipien erfolgen, zum Beispiel nach dem Schwebekörperprinzip, bei dem eine be-

wegliche Stauscheibe oder Stauklappe in einem von der Druckluft durchströmten Trichter des Durchflussmengenmessers in Abhängigkeit von der Durchflussmenge mehr oder weniger stark ausgelenkt und ihre Auslenkung über ein Drehpotentiometer oder dergleichen in ein elektrisches Auswertesignal umgewandelt wird. Ein solcher Durchflussmengenmesser besitzt eine relativ große Trägheit, so dass ein bei jedem Umschalten des Schaltventils während eines Zeitraums von 2 bis 3 Millisekunden auftretender kurzzeitiger Abfall der Durchflussmenge keine spürbaren Auswirkungen auf die gemessene Durchflussmenge hat.

[0015] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird jedoch ein nach dem Hitzdraht- oder Heißfilmprinzip arbeitender Durchflussmengenmesser oder Luftmassenmesser verwendet, der eine sehr geringe Baugröße aufweist und ohne bewegliche Teile auskommt. Nach diesem Prinzip arbeitende Luftmassenmesser sind aus der Kfz-Technik bekannt, wo sie zur Messung des Ansaugluftstroms von Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Wegen des schnellen Ansprechverhaltens derartiger Durchflussmengen- oder Luftmassenmesser wird für die Auswertung bevorzugt diejenige Durchflussmenge herangezogen, die in einem kurzen Zeitabstand von 5 bis 10 Millisekunden nach dem Umschalten des Wegeventils gemessen wird, so dass der kurzzeitige Abfall der Durchflussmenge beim Umschalten des Ventils das Ergebnis der Auswertung nicht beeinflusst.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann die gemessene Durchflussmenge in der Druckluftförderleitung auch herangezogen werden, um die durch den Leitungsstrang geförderte Pulvermenge zu bestimmen, beispielsweise durch Auswertung von Kennfeldern, in denen die jeweilige pro Zeiteinheit durch den Leitungsstrang geförderte Pulvermenge in Abhängigkeit von der gemessenen Durchflussmenge und anderen Betriebsparametern der Förderpumpe abgelegt ist.

[0017] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

[0018] Fig. 1: eine Draufsicht auf eine Vorrichtung zur pneumatischen Förderung von Pulverlack im Dichtstromverfahren mit zwei Dosierkammern;

[0019] Fig. 2: eine teilweise geschnittene und etwas schematisierte Ansicht der Vorrichtung entsprechend Fig. 1;

[0020] Fig. 3: eine vergrößerte Längsschnittansicht eines Teils von einer der beiden Dosierkammern der Vorrichtung;

[0021] Fig. 4: ein vereinfachtes Pneumatikschaltbild eines Teils der Vorrichtung;

[0022] Fig. 5: eine Ansicht eines Durchflussmengenmessers der Vorrichtung;

[0023] Fig. 6: eine Schnittansicht eines bevorzugten Unterdruckerzeugers der Vorrichtung.

[0024] Die in Fig. 1 und Fig. 2 der Zeichnung dargestellte Vorrichtung **2** wird eingesetzt, um in einer Pulverbeschichtungsanlage Pulverlack für die elektrostatische Pulverlackierung von Gegenständen pneumatisch im Dichtstromverfahren aus einem Vorratsbehälter **6** zu einer Sprühpistole **8** zu fördern.

[0025] Alternativ dazu kann die in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellte Vorrichtung jedoch auch bei der Extrusion von Schläuchen aus Kunststoff oder Gummi eingesetzt werden, um Talkpulver mittels Druckluft aus einem Vorratsbehälter zu einer Extrusionsdüse (nicht dargestellt) zu fördern, durch die das Talkpulver-/Druckluftgemisch ins Innere eines gerade extrudierten Schlauchs zugeführt wird, um diesen auf seiner Innenseite zur Reibungsminderung mit dem Talkpulver zu beschichten.

[0026] Wie am besten in Fig. 2 dargestellt, weist die Vorrichtung **2** zwei parallele zylindrische Dosierkammern **10**, **12** auf, deren entgegengesetzte offene Stirnenden einen Einlass **14**, **16** bzw. einen Auslass **18**, **20** für das jeweils geförderte pulverförmige Material **4** bilden und mit einem Y-förmigen Leitungsabschnitt **22** einer zum Vorratsbehälter **6** führenden Beschickungsleitung **24** bzw. mit einem Y-förmigen Leitungsabschnitt **26** einer zur Sprühpistole **8** führenden flexiblen Förderleitung **28** verbunden sind.

[0027] Jede der beiden Dosierkammern **10**, **12** ist im Bereich ihres Einlasses **14**, **16** und ihres Auslasses **18**, **20** mittels eines Quetschventils **30** verschließbar. Die Quetschventile **30** für die beiden Einlässe **14**, **16** sind ebenso wie die Quetschventile **30** für die beiden Auslässe **18**, **20** jeweils mittels eines zwischen den beiden Dosierkammern **10**, **12** angeordneten doppeltwirkenden Pneumatikzylinders **32** betätigbar. Die Pneumatikzylinder **32** weisen jeweils zwei Kolbenstangen **34** auf, die nach entgegengesetzten Seiten überstehen und deren sphärisch gerundete freie Enden **36** am Einlass **14**, **16** bzw. am Auslass **18**, **20** durch Ausnehmungen **38** in einem starren zylindrischen Außenwandabschnitt **40** der benachbarten Dosierkammer **10**, **12** hindurch mit einem elastisch verformbaren nachgiebigen Innenwandabschnitt **42** der Kammer **10**, **12** in Eingriff treten, um diesen gegen einen gegenüberliegenden Kammerwandteil zu drücken und den Einlass **14**, **16** bzw. den Auslass **18**, **20** luftdicht zu verschließen. Außer im Bereich der Ausnehmungen **38** sind die elastischen Innenwandabschnitte **42** fest mit den

starken Außenwandabschnitten verbunden, um ihre Kontraktion beim Anlegen eines Unterdrucks in der Kammer **10**, **12** zu verhindern.

[0028] Die beiden Pneumatikzylinder **32** sind jeweils durch ein elektromagnetisches Mehrwege-Schaltventil **44**, **46** (Fig. 1) mit einem Druckluftbehälter **48** (Fig. 4) verbunden. Im Förderbetrieb werden die beiden Schaltventile **44**, **46** immer so geschaltet, dass die Pneumatikzylinder **32** kreuzweise mit Druckluft beaufschlagt werden, so dass bei einer Kammer **10** der Einlass **14** geöffnet und der Auslass **18** geschlossen ist, während bei der anderen Kammer **12** der Einlass **16** geschlossen und der Auslass **20** geöffnet ist, oder umgekehrt (wie in Fig. 2 dargestellt).

[0029] Um ein Ansaugen von Pulverlack **4** aus dem Vorratsbehälter **6** in die Kammer **10** bzw. **12** mit dem geöffneten Einlass **14** bzw. **16** und ein Ausstoßen des angesaugten Pulverlacks **4** aus der Kammer **12** bzw. **10** mit dem geöffneten Auslass **20** bzw. **18** in die Förderleitung **28** zu ermöglichen, sind die beiden Kammer **10**, **12** jeweils mit einem luftdurchlässigen und für Pulverlack **4** undurchlässigen hohlzylindrischen Filterelement **50** versehen, das die Kammer **10**, **12** zwischen ihrem Einlass **14**, **16** und ihrem Auslass **18**, **20** auf einem Teil ihrer Länge in Umfangsrichtung begrenzt und einen Umfangswandabschnitt der Kammer **10**, **12** bildet.

[0030] Das hohlzylindrische Filterelement **50** besteht aus gesinterem Polyethylen mit einer Wanddicke zwischen 2 und 4 mm und einer Porengröße von etwa 5 µm und weist einen Innendurchmesser zwischen 5 und 30 mm auf, der im Wesentlichen dem Innendurchmesser der an beiden Seiten angrenzenden Wandabschnitte **40**, **42**, der Y-förmigen Leitungsabschnitte **22** und **26** sowie der Beschickungsleitung **24** und der Förderleitung **28** entspricht. Das Filterelement **50** erstreckt sich etwa über die halbe Kammerlänge (zwischen den Mitten der Quetschventile **30** gemessen), wobei es zweckmäßig eine Länge zwischen 20 und 70 mm aufweist. An seinen beiden Stirnenden ist das Filterelement luftdicht mit dem jeweils anschließenden Umfangswandabschnitt **40**, **42** verbunden.

[0031] Wie am besten in Fig. 3 dargestellt, ist jedes Filterelement **50** von einem Gehäuse **52** umgeben, das durch einen zylindrischen Ringraum **54** vom Filterelement **50** getrennt ist und einen Anschluss **56** aufweist, der abwechselnd mit Unterdruck aus einem Unterdruckerzeuger **58** (Fig. 4) und mit Druckluft aus dem Druckluftbehälter **48** beaufschlagbar ist. An den beiden entgegengesetzten Stirnenden des Gehäuses **52** und des Filterelements **50** ist jeweils ein Schlauchstutzen **58** vorgesehen, auf den der anschließende elastisch nachgiebige Umfangswandabschnitt **42** aufgeschoben und mittels

Schlauchschellen (nicht dargestellt) befestigt werden kann. Die Schlauchstutzen sind **58** durch Überwurfmutter **60** mit dem Gehäuse **52** verschraubt. Zwischen den Schlauchstutzen **58** und das Filterelement **50** bzw. das Gehäuse **52** eingesetzte Dichtringe **62**, **64** sorgen dafür, dass bei der Beaufschlagung der Kammer **10**, **12** mit Druckluft in diesem Bereich keine Druckluft aus der Kammer **10**, **12** oder aus dem Ringraum **54** des Gehäuses **52** entweicht und bei der Beaufschlagung der Kammer **10**, **12** mit Unterdruck keine Luft von außen in die Kammer **10**, **12** oder in den Ringraum **54** eintritt.

[0032] Wie am besten in Fig. 4 dargestellt, wird der Druckluft-/Unterdruck-Anschluss **56** am Gehäuse **52** jeder Dosierkammer **10**, **12** über ein elektromagnetisches 5-Wege-Schaltventil **66** abwechselnd mit dem Unterdruckerzeuger **58** und mit dem Druckluftbehälter **48** verbunden, um die jeweilige Kammer **10**, **12** zur Ansaugung von Pulverlack **4** aus dem Vorratsbehälter **6** bei geöffnetem Einlass **14** bzw. **16** und geschlossenem Auslass **18** bzw. **20** mit Unterdruck zu beaufschlagen bzw. um den in die Kammer **10**, **12** gesaugten Pulverlack **4** bei geschlossenem Einlass **14** bzw. **16** und geöffnetem Auslass **18** bzw. **20** durch Zufuhr von Druckluft in die Kammer **10**, **12** aus der Kammer **10**, **12** auszustoßen und im Dichtstrom- oder sogenannten Pfropfen-Förderverfahren durch die Förderleitung **28** zu drücken.

[0033] Der durch einen Verdichter **68** mit Druckluft befüllbare Druckluftbehälter **48** ist mit einem der drei Eingänge des 5-Wege-Schaltventils **66** über eine Druckluftzufuhrleitung **70** verbunden, durch die beide Kammern **10**, **12** gemeinsam mit Förderdruckluft versorgt werden. In die Druckluftzufuhrleitung ist ein Durchflussmengenmesser **72** eingesetzt, der zwischen einem Druckregler **74** und dem 5-Wege-Schaltventil **66** angeordnet ist. Die beiden anderen Eingänge des 5-Wege-Schaltventils **66** sind darüber hinaus durch eine Leitung **76** mit dem als Vakuuminjektor ausgebildeten Unterdruckerzeuger **58** verbunden.

[0034] An Stelle eines 5-Wege-Schaltventils könnte auch ein 4-Wege-Schaltventil verwendet werden, von dessen beiden Eingängen einer über den Durchflussmengenmesser **72** und den Druckregler **74** und mit dem Druckluftbehälter **48** und der andere mit dem Unterdruckerzeuger **58** verbunden ist, während die beiden Ausgänge jeweils mit einer der beiden Kammern **10**, **12** verbunden sind, so dass diese bei jedem Umschalten des Ventils abwechselnd mit Druckluft bzw. mit Unterdruck beaufschlagt werden.

[0035] Zeitgleich mit dem Umschalten des 5-Wege-Schaltventils **66** werden auch die beiden Mehrwege-Schaltventile **44**, **46** (Fig. 1) in den Druckluftzuleitungen der Pneumatikzylinder **32** umgeschaltet, um bei der unmittelbar zuvor entleerten Kammer **10** bzw.

12 den Auslass **18** bzw. **20** zu schließen und den Einlass **14** bzw. **16** zu öffnen, sowie bei der unmittelbar zuvor befüllten Kammer **12** bzw. **10** den Einlass **16** bzw. **14** zu schließen und den Auslass **20** bzw. **18** zu öffnen.

[0036] Wie in Fig. 5 dargestellt, besteht der nach dem Hitzdraht-Prinzip arbeitende Luftmassen- oder Durchflussmengenmesser **72** im Wesentlichen aus einem luftdicht in eine Öffnung in der Wand der Druckluftzufuhrleitung **70** einsetzbaren Gehäuse **78** und einem aus dem Gehäuse **78** ins Innere der Druckluftzufuhrleitung **70** überstehenden Hitzdrahtelement **80**, das über externe Anschlüsse **82** und ein an eine Auswerteschaltung **88** angeschlossenes Strommessgerät **84** mit einer Heizstromquelle **86** verbindbar ist. Das Hitzdrahtelement **80** umfasst einen drahtförmigen Heizwiderstand **90** aus Platin, der zusammen mit einem Temperaturmesswiderstand, einem Sensorwiderstand und einem einstellbaren Widerstand (nicht im einzelnen dargestellt) eine Brückenschaltung bildet, die als dünner Film auf die Oberfläche eines von der Förderdruckluft umströmten Keramikträgers **92** aufgebracht ist. Im Betrieb des Durchflussmengenmessers **72** wird die Brückenschaltung so abgeglichen, dass eine konstante Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwiderstand **90** und dem Temperaturmesswiderstand aufrechterhalten wird. Da die am Hitzdrahtelement **80** vorbei strömende Förderdruckluft den Heizwiderstand **90** abkühlt, muss der zur Aufrechterhaltung dieser Temperaturdifferenz zum Heizwiderstand **90** zugeführte Strom umso größer sein, je größer der vorbeitretende Luftmassenstrom und damit die Abkühlung des Heizwiderstandes **90** ist, da der Temperaturmesswiderstand durch die Größe des Luftmassenstroms unbeeinflusst bleibt. Der zum Heizwiderstand **90** zugeführte Strom wird vom Strommessgerät **84** gemessen und anschließend in der Auswerteschaltung **88** ausgewertet. Dabei wird der Auswertung der etwa 10 Millisekunden nach dem Umschalten des 5-Wege-Schaltventils **66** gemessene Strom zugrunde gelegt, wodurch vermieden werden kann, dass die gemessene Durchflussmenge durch das Absinken des Luftmassenstroms infolge des etwa 3 Millisekunden währenden Umschaltens des 5-Wege-Schaltventils **66** beeinflusst wird. Wenn der gemessene Strom immer in einem konstanten Zeitabstand nach dem Umschalten des 5-Wege-Schaltventils **66** gemessen wird, kann außerdem eine eventuelle geringfügige Beeinflussung der Durchflussmenge durch unterschiedliche Pulvermengen in der Kammer **10**, **12** vermieden werden.

[0037] Ein plötzliches Absinken des gemessenen Stroms, d.h. die Unterschreitung eines zuvor eingestellten Schwellenwerts des Stroms, wird von der Auswerteschaltung **88** als Verstopfung in der Schlauchleitung **28** oder in einem der Leitungsabschnitte **26** gedeutet. Diese Verstopfung wird entwe-

der der Bedienungsperson der Sprühpistole **8** durch ein Warnsignal angezeigt, oder die Beaufschlagung der Kammern **10, 12** mit Druckluft und Unterdruck wird durch Schließen von Absperrventilen (nicht dargestellt) in der Leitung **70** bzw. **76** bis zur Beseitigung der Verstopfung unterbrochen. Alternativ kann der Durchflussmengenmesser **72** jedoch auch Teil eines Regelkreises (nicht dargestellt) sein, der im Falle eines plötzlichen Absinkens des gemessenen Stroms mit Hilfe des Druckreglers **74** den Druck in der Leitung **70** kurzzeitig erhöht, um die Verstopfung zu beseitigen. Dabei kann zuvor ein Warnsignal emittiert werden, das der Bedienungsperson der Sprühpistole **8** die vorgesehene Druckerhöhung anzeigt, so dass der Sprühstrahl vorübergehend von dem zu beschichtenden Gegenstand weg gerichtet werden kann.

[0038] Wie am besten in **Fig. 6** dargestellt, weist der Vakuuminjektor **58** eine mit Druckluft P aus dem Druckluftbehälter **48** gespeiste Injektordüse **94** auf. Bei der Zufuhr von Druckluft in die Injektordüse **94** wird nach dem Venturi-Prinzip in einem den Auslass **96** der Injektordüse **94** umgebenden Ringraum **98** ein Unterdruck erzeugt, der über einen Anschlussstutzen **80** und die Leitung **76** an den beiden mit dem Unterdruckgeber **58** verbundenen Einlässen des 5-Wege-Schaltventils **66** und bei jedem Umschalten desselben abwechselnd an jeweils einer der beiden Kammern **10, 12** angelegt wird, während die jeweils andere Kammer **12, 10** gleichzeitig mit Druckluft beaufschlagt wird.

[0039] Wie am besten in **Fig. 2** dargestellt, wird durch das Anlegen eines Unterdrucks U bei geöffnetem Einlass **16** Pulverlack **4** aus dem Vorratsbehälter **6** bzw. aus der Beschickungsleitung **24** in die eine Kammer **12** gesaugt, während die durch das Filterelement **50** in die andere Kammer **10** zugeführte Druckluft P den zuvor in diese Kammer **10** angesaugten Pulverlack **4** durch den Auslass **18** und durch den einen Arm des Y-förmigen Leitungsabschnitts **26** in die Förderleitung **28** drückt. Um für eine möglichst reibungslose Förderung ohne größere Druckverluste zu sorgen, ist der Y-förmige Leitungsabschnitt **26** ebenso wie der Y-förmige Leitungsabschnitt **22** im Bereich seiner Biegungen, d.h. an den Verbindungsstellen zwischen dem Fuß und den beiden Armen des Y sowie zwischen dem jeweiligen Arm und dem Einlass **14, 16** der zugehörigen Kammer **10, 12** jeweils um weniger als 30 Grad gekrümmt.

[0040] Die während der Förderung durch das Filterelement **50** in die jeweilige Kammer **10, 12** zugeführte Druckluft drückt nicht nur den in der Kammer **10, 12** enthaltenen Pulverlack **4** in die Förderleitung **28**, sondern reinigt auch die zylindrische innere Oberfläche des Filterelements **50** von anhaftendem Pulverlack **4**, der infolge des zuvor angelegten Unterdrucks an diese Oberfläche angesaugt worden ist. Es hat

sich jedoch gezeigt, dass der beim Beaufschlagen der Kammer **10, 12** mit Druckluft innerhalb der Kammer **10, 12** erzeugte Druckstoß nicht immer ausreicht, um auch die übrigen inneren Oberflächen der Kammer **10, 12** und des Filterelements **50** von Pulverpartikeln zu reinigen, da diese infolge einer triboelektrischen Aufladung relativ fest an den Oberflächen haften können. Grundsätzlich ist es zwar möglich, zur Reinigung einer Dosierkammer, wie beispielsweise der Kammer **10**, durch eine entsprechende Schaltung der Mehrwege-Schaltventile **44, 46** der Pneumatikzylinder **32** sowohl den Einlass **14** und den Auslass **18** dieser Kammer **10** zu öffnen (und den Einlass **16** und den Auslass **20** der anderen Kammer **12** zu schließen), um diese Kammer **10** dann zusammen mit der Förderleitung **26** und der Beschickungsleitung **24** vom Vorratsbehälter **6** oder von der Sprühpistole **8** her auszublasen.

[0041] Da eine derartige Reinigung des gesamten Leitungsstrangs jedoch nicht immer erwünscht ist, sind die beiden Kammern **10, 12** jeweils mit einem zusätzlichen Reinigungsventil **102** (**Fig. 2**) versehen, durch das Druckluft zur Reinigung der Kammer **10, 12** ins Innere derselben eingeblasen werden kann. Das zwischen dem Filterelement **50** und dem Einlass **14, 16** (oder dem Auslass **18, 20**) radial von der Seite her in die Kammer **10, 12** mündende Reinigungsventil **102** besteht im Wesentlichen aus einem metallischen Rohrnippel **104** mit ringförmigem Querschnitt, der mittels eines Außengewindes auf seinem von der Kammer **10, 12** abgewandten dickeren Ende luftdicht in eine Innengewindebohrung eines über die Kammerwand **42** überstehenden Rohrstützens **88** eingeschraubt ist und dessen der Kammer **10, 12** zugewandtes dünneres Ende stirnseitig geschlossen ist und in seiner zylindrischen Umfangswand **108** mehrere radiale Bohrungen **110** aufweist. Auf dem dünneren Ende des Nippels **104** ist eine Membran in Form eines Schlauchstücks **106** aus einem gummielastischen Material befestigt, die unter Zugspannung lose gegen seine äußere Umfangsfläche anliegt und die Bohrungen **110** verschließt, wie in **Fig. 2** unten dargestellt. Während der Zufuhr von Druckluft in das Reinigungsventil **102** wird die Membran **106** durch die Druckluft von der äußeren Umfangsfläche des Nippels **104** abgehoben, so dass die Druckluft zwischen der Membran **106** und dieser Umfangsfläche hindurch in die Kammer **10** strömen kann, wie in **Fig. 2** oben dargestellt. Bei Beendigung der Druckluftzufuhr legt sich die verformte Membran **106** infolge ihrer elastischen Rückstellkraft wieder gegen die Umfangsfläche des Nippels **104** an und verhindert, dass bei einer späteren Beaufschlagung der Kammer **10, 12** mit Druckluft Pulverlack **4** durch das Reinigungsventil **102** hindurch austreten kann.

[0042] Trotz einer regelmäßigen Reinigung lässt sich jedoch nicht verhindern, dass sich die Poren des Filterelements **50** auf dessen der Kammer **10, 12** zu-

gewandten Innenseite allmählich mit Feinstaub zu setzen, der in die Poren eindringt und sich trotz der Beaufschlagung des Filterelements **50** mit Druckluft oder Reinigungsluft nicht mehr vollständig beseitigen lässt. Aus diesem Grund muss das Filterelement **50** in regelmäßigen Zeitintervallen ausgetauscht werden. Dabei lässt sich der optimale Zeitpunkt für den Austausch des Filterelements **50** ebenfalls mit Hilfe des Durchflussmengenmessers **72** ermitteln, indem die über vorgegebene Zeitintervalle gemessenen Ströme gemittelt und die Mittelwerte von der Auswerteschaltung über einen längeren Zeitraum hinweg verglichen werden. Dieser Vergleich ergibt eine langsame stetige Abnahme der gemessenen Ströme infolge der allmählichen Abnahme der Durchflussmenge aufgrund des langsamen Zusetzens des Filterelements **50**, woraus sich der optimale Zeitpunkt des Austauschs des Filterelements **50** errechnen lässt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung von Strömungsverhältnissen in einem Leitungsstrang, der aus einer Förderpumpe mit einem Gemisch aus pulverförmigem Material und Förderdruckluft beaufschlagt wird, indem mindestens zwei Kammern der Förderpumpe im Wechsel mit pulverförmigem Material befüllt und durch Zufuhr von Förderdruckluft aus einer Druckluftquelle in die zuvor befüllte Kammer in den Leitungsstrang entleert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Durchflussmenge der Förderdruckluft in einer von der Druckluftquelle (**48**) zu den beiden Kammern (**10**, **12**) führenden gemeinsamen Druckluftzufuhrleitung (**70**) gemessen und ausgewertet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchflussmenge der Förderdruckluft in Strömungsrichtung der Druckluft vor einem Mehrwege-Schaltventil (**66**) gemessen wird, das die Druckluftzufuhrleitung (**70**) im Wechsel mit den Kammern (**10**, **12**) verbindet.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Auswertung diejenige Durchflussmenge zugrunde gelegt wird, die in einem vorbestimmten Zeitabstand nach jedem Umschalten des Mehrwege-Schaltventils (**66**) gemessen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei Unterschreitung eines vorgegebenen Schwellenwerts der gemessenen Durchflussmenge ein Signal angezeigt und/oder die Förderung durch den Leitungsstrang (**28**) unterbrochen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Abnahme der gemessenen Durchflussmenge der Druck und/oder die Menge der zu den Kammern (**10**, **12**) zugeführten Förderdruckluft erhöht wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die gemessene Durchflussmenge herangezogen wird, um die pro Zeiteinheit durch den Leitungsstrang (**28**) geförderte Pulvermenge zu bestimmen.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die gemessene Durchflussmenge herangezogen wird, um den Zeitpunkt des Austauschs eines vor jeder Kammer (**10**, **12**) im Strömungsweg der Förderdruckluft angeordneten Filterelements (**50**) zu bestimmen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchflussmenge mit einem Hitzdraht- oder Heißfilm-Durchflussmengenmesser (**72**) gemessen wird.
9. Vorrichtung zur Überwachung von Strömungsverhältnissen in einem Leitungsstrang, der aus einer Förderpumpe mit einem Gemisch aus pulverförmigem Material und Förderdruckluft beaufschlagbar ist, wobei die Förderpumpe mindestens zwei getrennte Kammern aufweist, die im Wechsel mit pulverförmigem Material befüllbar und anschließend aus einer Druckluftquelle mit Förderdruckluft beaufschlagbar sind, um sie durch Zufuhr von Förderdruckluft in die zuvor befüllte Kammer in den Leitungsstrang zu entleeren, dadurch gekennzeichnet, dass in einer von der Druckluftquelle (**48**) zu den Kammern (**10**, **12**) führenden gemeinsamen Druckluftzufuhrleitung (**70**) ein mit einer Auswerteeinrichtung (**88**) verbundener Durchflussmengenmesser (**72**) angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchflussmengenmesser (**72**) in Strömungsrichtung der Förderdruckluft vor einem Mehrwege-Schaltventil (**66**) angeordnet ist, das die Druckluftzufuhrleitung (**70**) im Wechsel mit den Kammern (**10**, **12**) verbindet.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (**88**) die in einem vorbestimmten Zeitabstand nach jedem Umschalten des Mehrwege-Schaltventils (**66**) gemessene Durchflussmenge auswertet.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Eingang des Mehrwege-Schaltventils (**66**) mit einer Unterdruckquelle (**58**) verbunden ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchflussmengenmesser (**72**) in Strömungsrichtung der Förderdruckluft zwischen dem Mehrwege-Schaltventil (**66**) und einem Druckregler (**74**) angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchfluss-

mengenmesser Teil eines Regelkreises zur Veränderung des Drucks und/oder der Durchflussmenge der Förderdruckluft in der Druckluftzufuhrleitung ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, gekennzeichnet durch eine Anzeigeeinrichtung zum Anzeigen eines Signals bei Unterschreitung eines vorgegebenen Schwellenwerts der Durchflussmenge und/oder zum Anzeigen des Zeitpunkts des Austauschs eines vor jeder Kammer (**10**, **12**) im Strömungsweg der Förderdruckluft angeordneten Filterelements (**50**).

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung zum Unterbrechen der Förderung bei Unterschreitung eines vorgegebenen Schwellenwerts der Durchflussmenge.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 16, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zur Bestimmung der durch den Leitungsstrang (**28**) geförderten Pulvermenge unter Berücksichtigung der gemessenen Durchflussmenge.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchflussmengenmesser ein Luftmassenmesser (**72**) ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchflussmengenmesser ein Hitzdraht- oder Heißfilmluftmassenmesser (**72**) ist.

20. Pulverbeschichtungsanlage, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

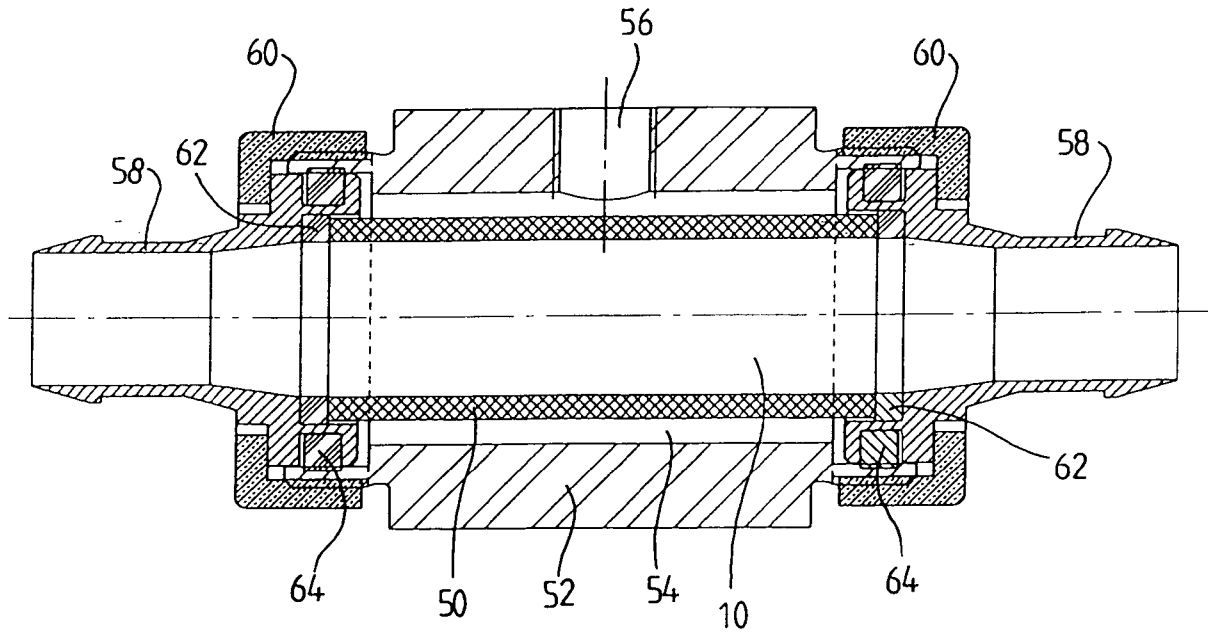


FIG. 3

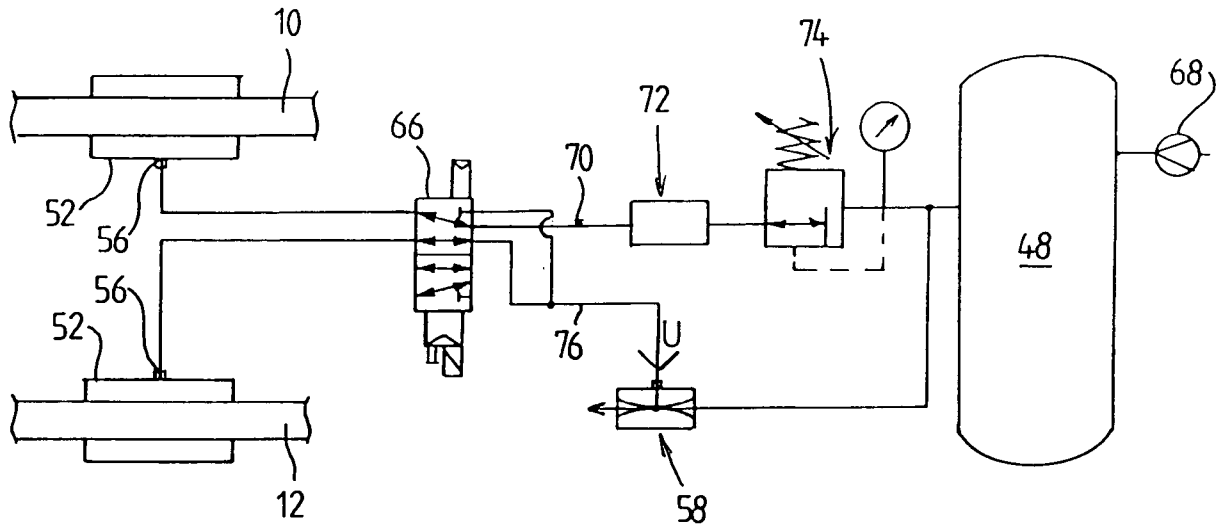


FIG. 4

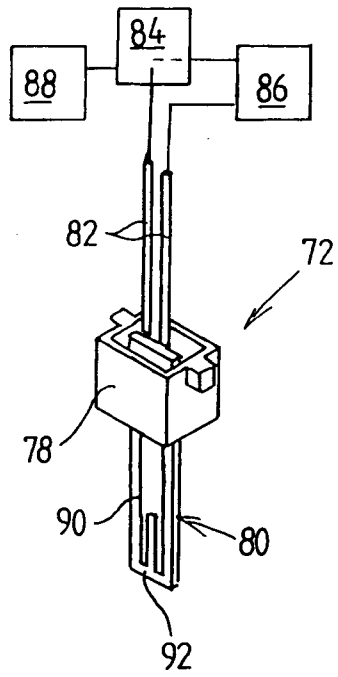


FIG. 5

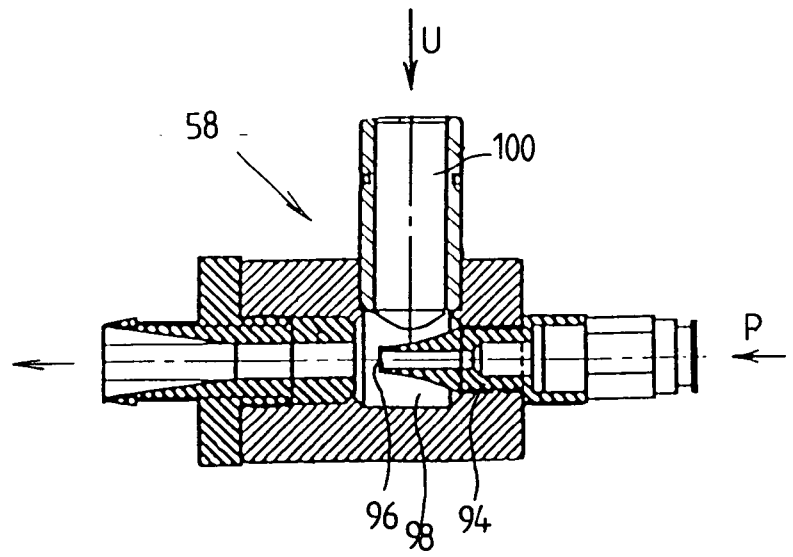


FIG. 6