

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 82 08075**

---

⑮ Détecteur d'écoulement et procédé pour détecter des variations du débit massique de l'écoulement de particules transportées pneumatiquement.

⑯ Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). G 01 F 1/56, 1/76.

⑰ Date de dépôt..... 10 mai 1982.

⑱ ⑳ ㉑ Priorité revendiquée : EUA, 11 mai 1981, n° 06/262 762.

㉒ Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 45 du 12-11-1982.

---

㉓ Déposant : Société dite : KENNECOTT CORPORATION, résidant aux EUA.

㉔ Invention de : Adolph C. Carlson.

㉕ Titulaire : *Idem* ㉓

㉖ Mandataire : Rinuy, Santarelli,  
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

L'invention concerne d'une manière générale des perfectionnements apportés à des dispositifs pour la détection du débit massique de particules transportées pneumatiquement, et elle a trait plus particulièrement à un détecteur ou capteur d'écoulement, du type à transducteur, destiné à capter ou détecter des variations du débit massique de l'écoulement de ces particules.

Conformément à l'invention, on a découvert que si le conduit dans lequel les particules sont normalement transportées de façon pneumatique comprend un tronçon ayant une paroi active formée d'une matière dure pouvant vibrer en fonction des particules la frappant, et si la paroi du tronçon est reliée au capteur mécanique d'un transducteur qui produit un signal électrique puissant à une fréquence différant notablement des fréquences de vibrations auxquelles il peut être soumis et autres que celles appliquées à la paroi du tronçon par le débit d'écoulement massique des particules (énergie cinétique), le transducteur pouvant être relié à un dispositif de contrôle, toute variation du débit d'écoulement massique (énergie cinétique) des particules peut être aisément détectée.

En particulier, on attache de plus en plus d'importance à la nécessité, dans l'industrie du nettoyage par projection et du grenailage, de contrôler avec précision le débit massique de la matière projetée vers une buse de projection pneumatique. Un appareil typique de projection pneumatique comprend un réservoir d'air comprimé contenant un abrasif qui est dosé dans une conduite d'air comprimé le transportant pneumatiquement vers une buse de projection pneumatique. Le mélange d'air et d'abrasif est accéléré et propulsé à partir de la buse pour effectuer le travail utile de nettoyage par projection, de grenailage et d'autres types de travaux.

Il existe plusieurs conditions possibles d'écoulement qui affectent le fonctionnement normal d'un appareil typique de projection pneumatique. Ces conditions comprennent :

1. Une buse partiellement ou totalement obturée plaçant l'appareil dans un état d'écoulement atténué ou totalement arrêté ;

5 2. Le dosage impropre de l'abrasif dans la conduite d'air comprimé, provoquant une condition d'écoulement qui nuit à l'efficacité d'une projection convenable ;

3. Des variations imprévues du volume et de la pression de l'alimentation en air comprimé.

10 Par exemple, dans l'industrie du martelage à lagrenaille ronde, une commande de processus (quantité et vitesse de la grenaille) est d'une importance primordiale pour l'application convenable de ce procédé.

15 L'invention concerne un appareil qui détecte et contrôle les caractéristiques dynamiques d'une matière en particules pendant le transport pneumatique de cette matière. L'écoulement des particules entraînées n'est pas idéal, c'est-à-dire qu'un rendement de 100 % ne peut être obtenu. Les particules en écoulement ont une vitesse analogue à celle du milieu de transport. Cependant, la  
20 direction dans laquelle les particules s'écoulent présente de nombreuses variations aléatoires dues aux chocs se produisant accidentellement contre la paroi du conduit dans lequel les particules s'écoulent. L'énergie de ces chocs dépend de l'énergie propre de chaque particule et du  
25 nombre de particules dans l'écoulement. Lorsque le nombre de particules se déplaçant dans le courant ou écoulement augmente par unité de temps, la masse combinée des particules augmente également. Par conséquent, lorsque la masse de l'écoulement varie avec le nombre de particules dans  
30 le courant, l'énergie cinétique totale de la masse des particules s'écoulant varie également. Une partie de l'énergie cinétique de l'écoulement de masse est transmise à la paroi du conduit entourant cet écoulement, sous la forme de vibrations. Les vibrations sont transformées en un  
35 signal de tension par un transducteur sensible aux vibrations et placé en contact avec une matière dure et isolée située à la surface extérieure d'un tronçon de conduit. Le transducteur produit une tension de sortie ayant, à sa

fréquence de résonance, une amplitude supérieure d'au moins un ordre de grandeur, exprimé en décibels, à celle de la tension de sortie à toutes les fréquences autres que la fréquence de résonance pour une force d'excitation donnée. Le signal électrique produit varie avec l'énergie cinétique de la masse des particules s'écoulant dans le conduit et il est donc représentatif de la condition d'écoulement d'ensemble. Lorsqu'il est transmis convenablement à un autre équipement, le signal est utilisé pour capter et détecter des conditions d'écoulement anormales (masse ou vitesse modifiée) et il peut être utilisé comme commande précise de processus.

Plus particulièrement, il est proposé, selon l'invention, d'utiliser un transducteur excité par vibrations, qui produit, à sa fréquence de résonance, une tension notablement supérieure à celle générée à toutes les autres fréquences. Ainsi, la tension générée à la sortie du transducteur reste à un niveau constant pendant tout le temps que le débit massique correspond à la valeur choisie. Par conséquent, lorsque le débit d'écoulement massique (énergie cinétique des particules s'écoulant dans le tronçon de conduit, qui peut varier en fonction de la masse des particules, de leur vitesse ou des deux) varie, la tension de sortie du transducteur varie conformément à cette variation ou ce changement et elle peut être contrôlée pour produire un signal représentatif de ce changement ou de cette variation de l'énergie cinétique. Le changement détecté peut ensuite être utilisé pour déclencher des dispositifs d'alarme ou pour commander une opération effectuée par l'équipement.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemple nullement limitatif et sur lesquels :

- la figure 1 est une élévation schématique d'un appareil typique de projection pneumatique selon l'invention, comportant un conduit destiné à l'écoulement de particules et dont un tronçon comporte un transducteur selon l'invention, ce dernier étant représenté comme étant connecté à une unité de commande ;

- la figure 2 est une vue en plan, à échelle agrandie, de la partie du conduit comprenant le tronçon et le transducteur ;

5 - la figure 3 est une coupe longitudinale partielle suivant la ligne 3-3 de la figure 2, montrant notamment la réalisation du tronçon de conduit et la façon dont un bloc portant le transducteur et un pré-amplificateur associé est relié à la paroi du tronçon de conduit ;

10 - la figure 4 est une coupe transversale partielle, dans un plan vertical, suivant la ligne 4-4 de la figure 3, montrant plus particulièrement des détails du bloc de montage par rapport au tronçon de conduit et à la poutre du transducteur ; et

15 - la figure 5 est un schéma d'un dispositif de commande pouvant comporter plusieurs capteurs ou détecteurs d'écoulement.

La figure 1 représente un appareil typique de projection pneumatique, identifié globalement par la référence numérique 10 et comprenant un réservoir d'air comprimé 20 12 qui contient un abrasif pouvant être dosé dans une conduite 14 d'air comprimé qui est reliée à un conduit 16 transportant pneumatiquement l'abrasif vers une buse 18 de projection pneumatique. La conduite 14 d'air comprimé comporte également un prolongement 22 qui est relié au 25 réservoir 12 d'air comprimé. L'appareil comporte en outre une conduite principale 20 d'alimentation en air.

Selon l'invention, un tronçon du conduit 16, indiqué globalement en 24, est réalisé en matière dure, par exemple en aluminium, en acier, en matière plastique ou 30 en toute autre matière dure. Le tronçon 24 de conduit est constitué d'une certaine longueur de tube 26 traversée par une lumière 28 dont le diamètre correspond au diamètre normal de la lumière du conduit 16. Les extrémités opposées du tube 26 présentent des contre-alésages 30 35 dimensionnés pour loger étroitement le conduit 16. Des organes convenables 32 de fixation sont utilisés pour brider les extrémités des sections 16 de conduit dans les alésages 30, comme mieux montré sur la figure 2.

La partie intermédiaire du tube 26 est usinée de manière à présenter une surface plane 34 qui, elle-même, constitue une paroi 36 du tronçon 24 de conduit. Bien que la paroi 36 soit représentée comme étant relativement épaisse, il est évident qu'elle doit être aussi mince qu'il est possible dans les conditions de travail de l'appareil. Il convient de noter que la paroi 36 vibre sous l'effet des particules transportées qui rebondissent contre cette paroi, et que l'amplitude des vibrations de la paroi 36 est proportionnelle à celle induite par l'écoulement massique des particules. Plus particulièrement, l'amplitude des vibrations de la paroi 36 est directement proportionnelle au débit d'écoulement massique des particules transportées pneumatiquement dans le tronçon 24 du conduit.

Un bloc creux 38 en matière dure est convenablement boulonné au moyen d'organes 40 de fixation sur la surface plane 34 de la paroi 36. Le bloc creux 38 porte un transducteur piézo-électrique 42 pouvant être excité par des vibrations, et un pré-amplificateur 44 à semi-conducteur. Un câble électrique 46 est relié au pré-amplificateur 44 et, comme décrit plus en détail ci-après, ce câble sert à la fois à transmettre le signal de sortie du transducteur 42 et à alimenter le pré-amplificateur 44 au moyen d'une source d'alimentation à tension continue.

Le transducteur piézo-électrique 42 est de préférence un accéléromètre du type à poutre en porte-à-faux et il comprend une poutre 48 (figure 4) qui est reliée à l'élément piézo-électrique.

Le transducteur du type à poutre en porte-à-faux est choisi pour les raisons suivantes :

1. La longueur de la poutre peut être aisément ajustée pour qu'elle résonne à une fréquence choisie ;
2. La masse de la poutre et son montage mécanique peuvent être choisis et conçus afin que l'élément piézo-électrique ne produise pas de tension ou ne produise qu'une faible tension, hormis à la fréquence de résonance ;
3. La poutre peut être configurée et montée de façon à vibrer dans un plan principal qui est perpendiculaire

à la direction de l'écoulement des particules dans la lumière 28, la longueur de la poutre étant orientée parallèlement à l'axe de la lumière 28. Cette disposition réduit l'excitation de la poutre par des forces autres que celles induites par les particules s'écoulant à l'intérieur du segment 24 de conduit.

Il convient de noter, à ce stade de la description, que le transducteur et le pré-amplificateur sont isolés électriquement du bloc 38 et qu'ils sont en outre isolés par une membrane de blindage (non représentée) empêchant l'introduction par induction de parasites électriques inopinés dans le signal de sortie du capteur.

Il convient également de noter qu'une fréquence de résonance de 3,1 kHz est choisie initialement de façon arbitraire. Il est apparu que cette fréquence est tout à fait fonctionnelle, mais qu'elle peut être modifiée suivant les détails particuliers de la paroi 36 et le débit d'écoulement massique des particules.

Comme représenté sur la figure 5, on voit que le dispositif comporte un circuit pré-amplificateur comprenant le pré-amplificateur 44 et un filtre passe-bande 50. Un amplificateur 52 élève la tension produite par le transducteur à sa fréquence de résonance, atténue fortement la tension produite à des fréquences supérieures et inférieures à la fréquence de résonance, et transforme l'impédance élevée du signal produit par le transducteur en un signal de sortie à faible impédance.

En raison de la faible impédance (2 kilohms ou moins) du signal de sortie du dispositif, ce dernier peut être connecté à des dispositifs électriques auxiliaires par de longs conducteurs sans perte notable de la tension du signal ou sans induction de parasites sur le signal pourvu seulement que les conducteurs soient du type blindé.

Le dispositif est relié par un tel câble blindé 56, comme mieux montré sur la figure 1, à un instrument 54 d'avertissement de découverte de défauts. Comme montré sur la figure 5, il apparaît que l'instrument d'avertissement 54 peut comprendre un dispositif 58 de déclenchement

de marche/défaut de précision réglable auquel le signal du transducteur est transmis directement.

Un conducteur 60 du dispositif 58 de déclenchement peut être relié à un dispositif logique 62 de mémorisation de défaut qui, lui-même, est connecté par un conducteur 5 64 à un indicateur 66 de défaut de tout type souhaité.

Un autre conducteur 68 partant du dispositif 58 de déclenchement peut être connecté à un dispositif logique 70 de déclenchement d'alarme qui, lui-même, est relié par 10 un conducteur 72 à un actionneur d'alarme 74. Ce dernier peut à son tour être relié à divers types de dispositifs d'alarme. Par exemple, un conducteur 76 peut relier l'actionneur d'alarme à une alarme et à un dispositif 78 offrant une possibilité d'arrêt et de dérivation.

15 L'actionneur d'alarme peut également être relié par un conducteur 80 à un dispositif 82 permettant d'accuser réception de l'alarme et d'arrêter cette alarme tout en retenant l'identité du défaut.

En variante, l'actionneur 74 d'alarme peut être 20 relié par un conducteur 84 à un relais d'alarme 86 qui, lui-même, peut être relié par un conducteur 88 à divers types de dispositifs d'alarme comprenant une trompe 90 et une lampe 92 ou tout autre dispositif de signalisation. Un dispositif de commande d'arrêt 94 peut être relié au 25 relais d'alarme par un conducteur 96 et ce dispositif 94 peut être connecté par un conducteur 98 à un circuit de commande de processus pour arrêter l'équipement.

Il convient de souligner, à ce stade de la description, que le dispositif logique 70 de déclenchement d'alarme est également commandé par un autre circuit qui 30 comprend un dispositif 100 de transfert de signaux relié à l'amplificateur 52 par un conducteur 102 et au dispositif 58 de déclenchement par un conducteur 104. Le dispositif 100 de transfert de signaux est connecté par un conducteur 106 à un instrument de mesure 108 qui affiche le débit 35 d'écoulement massique. L'instrument 108 peut lui-même être connecté par un conducteur 110 au dispositif logique 70 de déclenchement d'alarme.

Il convient également de noter que le dispositif de commande peut comprendre des éléments auxiliaires, des enregistreurs, des calculateurs, des systèmes logiques, etc., indiqués globalement par la référence numérique 111 et pouvant être connectés au dispositif 100 de transfert de signaux par un conducteur 112. Ces éléments auxiliaires peuvent être équipés d'une autre entrée adaptée 114.

Il convient également de noter que le dispositif de commande peut être connecté à un ou plusieurs capteurs supplémentaires pouvant être équipés chacun de ses propres amplificateur 44, filtre 50, amplificateur 52, dispositif 58 de déclenchement, dispositif logique 62 de mémorisation de défauts et indicateur 66 de défaut. L'amplificateur 52 est relié par un conducteur 116 à un dispositif 100 de transfert de signaux comme l'est le dispositif 58 de déclenchement par un conducteur 118. Le dispositif 58 de déclenchement est également connecté au dispositif logique 70 de déclenchement d'alarme par un conducteur 120.

Il convient également de noter, à ce stade de la description, que le dispositif 82 permettant d'accuser réception d'une alarme peut être connecté au dispositif logique 62 de mémorisation de défaut par un conducteur 122.

Il convient de noter que le dispositif d'avertissement de la figure 5 ne constitue que l'un des nombreux dispositifs pouvant être utilisés avec les capteurs ou détecteurs d'écoulement.

Il convient également de noter qu'une alimentation 124 à courant continu est connectée à chacun des pré-amplificateurs 44 au moyen d'un conducteur 126 qui est relié au conducteur 46 afin que ce dernier serve à la fois à alimenter en courant continu le pré-amplificateur 44 et à transmettre le signal provenant du transducteur.

Le capteur ou détecteur d'écoulement a été essayé avec un certain nombre de particules de types différents et il s'est avéré produire des signaux tous aussi fiables avec les particules suivantes :

billes métalliques rondes d'un diamètre compris entre 0,28 et 1,68 mm ;

grenaille métallique dans de nombreuses dimensions ;  
particules de matière plastique connues sous le  
nom de "POLYBLAST" ;

5 fragments de coque de noix de diverses dimensions ;  
sciure ;  
farine de blé ;  
particules d'oxyde d'aluminium et de carbure de  
silicium.

10 Il va de soi que de nombreuses modifications  
peuvent être apportées à la forme préférée de réalisation  
du capteur ou détecteur d'écoulement et de son dispositif  
de commande, décrits et représentés, sans sortir du cadre  
de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Détecteur d'écoulement destiné à détecter et contrôler les caractéristiques dynamiques d'une matière en particules transportée pneumatiquement dans un conduit (16), caractérisé en ce qu'il comporte un tronçon (24) de conduit réalisé en matière dure et comprenant une paroi (36) soumise à une vibration sous l'effet des particules frappant contre cette paroi lorsqu'elles s'écoulent dans le tronçon de conduit, un transducteur (42) qui produit une tension de sortie ayant une amplitude, à la fréquence de résonance du transducteur, supérieure d'au moins un ordre de grandeur à celle de la tension de sortie à toutes les autres fréquences, le transducteur étant excité à la fréquence de résonance par l'amplitude des vibrations de ladite paroi à un débit d'écoulement massique souhaité et choisi des particules, ledit transducteur étant monté en contact fonctionnel avec ladite paroi au moyen d'un élément (38).
2. Détecteur d'écoulement selon la revendication 1, caractérisé en ce que la fréquence de résonance est de l'ordre de 3,1 kHz.
3. Détecteur d'écoulement selon la revendication 1, caractérisé en ce que la section interne du tronçon de conduit correspond à celle d'un conduit dont ledit tronçon fait partie.
4. Détecteur d'écoulement selon la revendication 1, caractérisé en ce que le transducteur est un transducteur piézo-électrique (42) pouvant être excité par des vibrations.
5. Détecteur d'écoulement selon la revendication 4, caractérisé en ce que le transducteur est un transducteur (42) du type à poutre (48) en porte-à-faux, la longueur utile de la poutre étant réglée afin de résonner à une fréquence choisie.
6. Détecteur d'écoulement selon la revendication 4, caractérisé en ce que le transducteur (42) est du type à poutre (48) en porte-à-faux, la masse de la poutre

et le montage mécanique de ladite poutre étant choisis afin que l'élément piézo-électrique du transducteur ne génère qu'une faible ou pas de tension à des fréquences autres que ladite fréquence de résonance.

5                   7. Détecteur d'écoulement selon la revendication 4, caractérisé en ce que le transducteur (42) est du type à poutre (48) en porte-à-faux, la poutre étant configurée de manière à vibrer dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du tronçon de conduit, et la longueur de  
10 la poutre étant orientée parallèlement audit axe afin de réduire l'excitation de la poutre sous l'effet de forces agissant sur ladite paroi du tronçon de conduit et autres que celles induites par des particules s'écoulant dans ledit tronçon de conduit.

15                   8. Détecteur d'écoulement selon l'une des revendications 1 et 4, caractérisé en ce que le transducteur est d'un type à poutre (48) en porte-à-faux.

                  9. Détecteur d'écoulement selon la revendication 4, caractérisé en ce que le transducteur est monté sur un  
20 bloc (38) en matière dure qui est fixé à ladite paroi, un pré-amplificateur (44) semi-conducteur étant également monté dans le bloc et relié électriquement au transducteur.

                  10. Détecteur d'écoulement selon l'une des revendications 1 et 4, caractérisé en ce que le transducteur  
25 est monté dans un bloc (38) en matière dure fixé à ladite paroi.

                  11. Détecteur d'écoulement selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il est associé à un circuit pré-amplificateur relié au transducteur et comprenant un ampli-  
30 ficateur (52) destiné à élever la tension produite par le transducteur à sa fréquence de résonance tout en atténuant notablement la tension produite à des fréquences autres que ladite fréquence de résonance, et à transformer un signal de sortie d'impédance élevée produit par le  
35 transducteur, en un signal de sortie à faible impédance.

                  12. Détecteur d'écoulement selon la revendication 11, caractérisé en ce que l'impédance dudit signal de sortie de faible impédance est de l'ordre de 2 kilohms

ou moins.

13. Détecteur d'écoulement selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comporte un élément (56) destiné à appliquer le signal de sortie à un dispositif (58) de commande.

14. Détecteur d'écoulement selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte un pré-amplificateur (44) à semi-conducteur connecté au transducteur, un conducteur (46) qui est relié à ce pré-amplificateur afin de transmettre un signal de sortie du transducteur, et une source d'alimentation en courant continu reliée au pré-amplificateur par l'intermédiaire dudit conducteur.

15. Procédé pour détecter des variations du débit massique d'écoulement de particules transportées pneumatiquement, caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser un tronçon (24) de conduit (16) réalisé en matière dure et comprenant une paroi (36) qui vibre à une amplitude variant avec le débit massique d'écoulement, à utiliser un transducteur (42) ayant une fréquence de résonance telle que ce transducteur produit une tension notablement accrue à ladite fréquence de résonance par rapport à la tension produite aux autres fréquences, à fixer le transducteur à ladite paroi et à contrôler le signal de sortie du transducteur pour déterminer une variation du débit massique d'écoulement par rapport à la norme choisie.

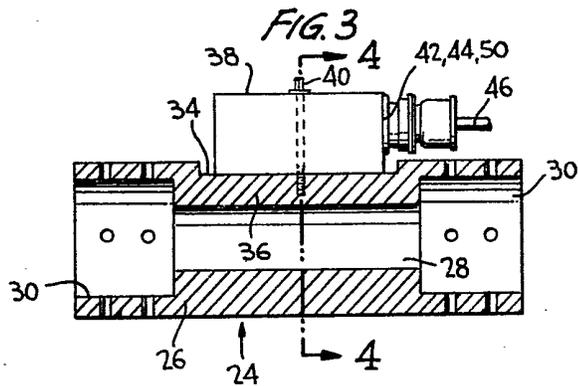
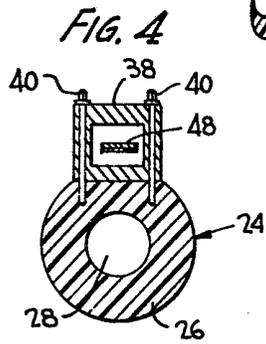
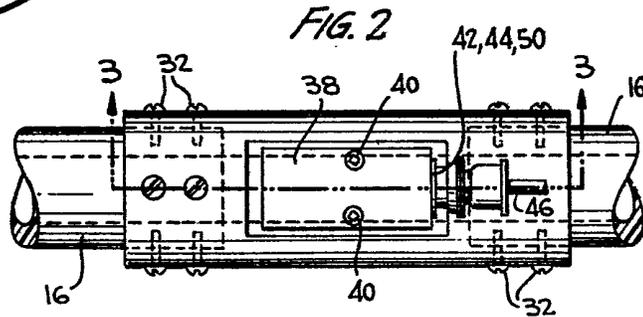
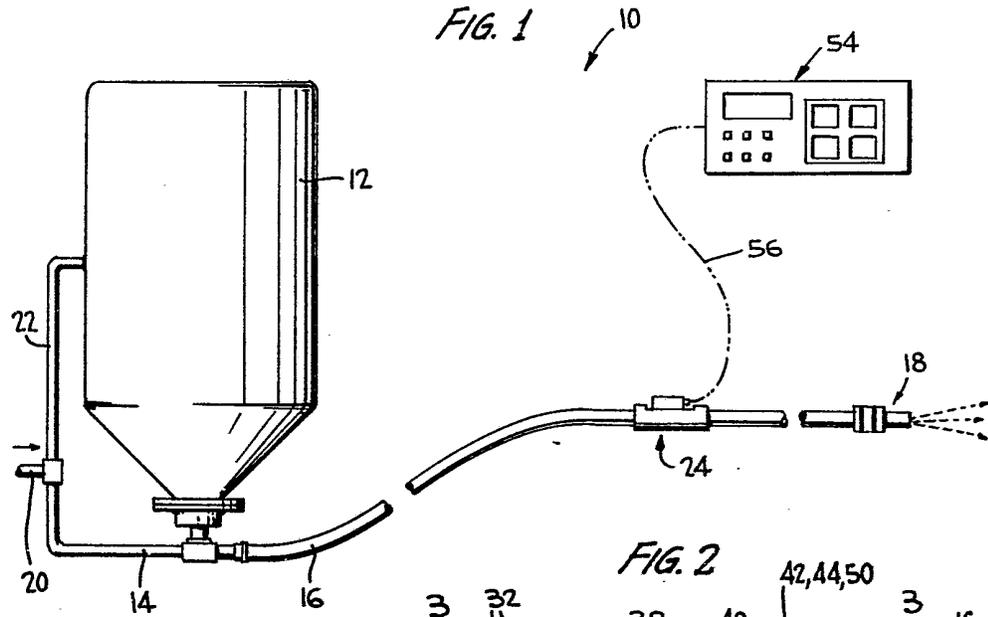


FIG. 5

