

明 細 書

発明の名称：

ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム、及び、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法、ならびに該方法およびシステムにおいて使用される超音波ユニットに関する。

背景技術

[0002] 従来から、例えば、溶射装置、液晶基板のスペーサ散布装置、粉体圧縮成形、サンドブラスト装置、3Dプリンター、レーザークラディング、又は、粉体塗装装置などでは、金属、セラミックス、プラスチックなどの微細な粒径を有する粉体を定量的に安定して供給する装置が広く用いられている（例えば、特許文献1、2参照）。

[0003] 例えば、特許文献1には、粉体の表面の位置を検出するための表面位置検出手段と、フィードノズルの流出口を該粉体表面近傍の適正位置に調整するためのレベル調整機構と、該フィードノズルの流出口を適正位置に保つための制御手段とにより、フィードノズルの先端に設けた流出口と、カセット容器内の粉体の表面とを常に最適な装置位置に設定できることにより、粉体の性状に合わせて所望の量の粉体を定量的に供給できる、粉体のガス搬送式定量供給装置が開示されている。

また、特許文献2には、特許文献1に開示の構成に加えて、粉体補給部を更に備えることにより、所望の量の粉体を長時間連続して溶射装置などに供給できる、粉体のガス搬送式定量供給装置が開示されている。

[0004] このようなガス搬送式粉体定量供給装置は、先ず、粉体収容容器から粉体搬送路へ定量的に粉体を取り込み、次に、目的の位置まで取り込んだ粉体をガス搬送して、目的の位置で搬送したガスと粉体との混合流体を放出するこ

とにより、粉体の定量供給を行っている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平08-309177号公報

特許文献2：特開2016-40196号公報

特許文献3：特許第6612418号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 既述のように、粉体を粉体収容容器から粉体搬送路へ定量的かつ安定的に取り込むことについては、特許文献1および特許文献2に記載の従来技術により達成された。しかしながら、このような装置では、粉体はガス搬送中に搬送路内壁との摩擦により静電気を帯び、特に質量の極めて軽い微粉体粒子においては、逆電荷を帯びた管内壁との静電引力に抗し切れずに、管内壁に付着してしまう。そして、付着した微粉体の層は、装置の運転時間が長くなるにつれて成長し、最終的には搬送路を閉塞させてしまうことにより、粉体の供給停止に至りかねない。

[0007] このような問題を回避するために、従来は、搬送路を構成する材料に電荷移動が容易な金属や導電性プラスチックを使用して静電気を地中に逃がす手法が用いられてきた。しかしながら、このような導電性材料を使用すると、当該導電性材料からなる搬送路に搬送される粉体が接触して搬送路内壁が摩耗することにより、搬送路の取替を頻繁に行わなければならないという新たな問題が生じる。また、発生した電荷に逆電荷イオンを吹きかけることにより電氣的に中和する方法も知られているが、粉体搬送路のような細長い通路の入口から逆電荷を有するイオンを送り込んでも、イオンの寿命が短いため途中でイオンの電荷は消滅してしまい、搬送路全体に行き渡らないことから効果は薄い。

[0008] 一方で、従来、粉体を扱う分野においては、基本的に粉体への水分含有を

可能な限り回避し、特にガス搬送式粉体定量供給の分野においては、粉体のみならず搬送ガスも乾燥させることが通常である。これは、水分含有量が多い場合、粉体の流動性を損なう粒子間付着力を惹起する要因となる粒子間の液架橋を生じるためである。しかしながら、水分を排除することによる液架橋力の低減は、粉体流動性に依存するタイプの粉体、すなわち流動性の良好な粉体についてはその定量的・安定的供給に貢献するが、流動性の低い微粉体のような粉体の場合には、むしろ乾燥状態で発生する静電気による弊害の方が大きいため、静電気に起因する問題への解決策が必要である。

[0009] そこで、微粉体を搬送ガスにより定量的に搬送供給するために、搬送路への粉体付着の原因である静電気を徐電する方法およびそのような方法に用いるシステムが提案されている（例えば、特許文献3参照）。

[0010] ここで、このようなガス搬送粉体定量供給装置の役目は、第一ステップとして、粉体溜りから粉体搬送路へ定量の粉体を取込み、第二ステップとして、取り込んだ粉体を目的位置までガス搬送し、第三ステップとして、当該粉体を放出する三ステップを経て完了する。

[0011] そこで、本発明者らは、上記第一ステップが困難とされていた難流動性粉体は（主に、微粉体）の取り込みを、既述の特許文献1に記載の従来技術を用いて克服した。

そして、上記第二ステップにおいて、難流動性粉体は発生し、搬送経路の閉塞を生じ易いという新たな問題を惹起する。この問題に対して、本発明者らは、既述の特許文献3に記載の加湿することで混合流体において発生する静電気を抑制する従来技術で克服した。

[0012] しかしながら、既述の特許文献3に記載の技術を適用しても、難流動性粉体定量供給の特徴が最も活かされるべき微粉体溶射において、微粉体が凝集大塊となって、上記第一、第二ステップを通過し、第三ステップにおいて、当該凝集大塊がそのまま放出されることが頻繁に発生し、その度に溶射皮膚に斑紋が現れることが判明した。

[0013] すなわち、既述の特許文献3に記載の、加湿することで混合流体において

発生する静電気を抑制する従来技術を用いても、凝集性の強い微粉体の搬送においては、凝集大塊の生成及びそれに起因する粉体表面高さの不均一が生じる。スクレーパーやフラップなどによる粉体表面を均す過程において、凝集性の強い微粉体は粉体同士、または粉体とスクレーパーなどの接触頻度が多くなるにつれて、凝集大塊が生じる。

[0014] このような凝集大塊が生成されるとスクレーパーやフラップなどでは微粉体表面を均すことができなくなり、微粉体表面高さが不均一になる。その結果、供給ノズルが凝集大塊を吸引すること及び微粉体表面高さの不均一性に起因する取り込み量のムラが発生する。これにより、搬送先の溶射装置では大脈動を伴う不安定な粉末供給によって、不均一な斑紋を含む溶射皮膜を形成することになる。

[0015] 本発明は、上述した問題に鑑みてなされたものであり、粉体のうち特に質量の極めて軽い微粉体を定量的かつ安定的に搬送供給することができる、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法およびシステムを提供するものである。また、このような方法およびシステムに用いることができる、装置についても併せて提供するものである。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明の一態様に係るガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、

搬送ガスを加湿するための加湿チャンバーと、

前記加湿チャンバーからの搬送ガスの供給により、前記搬送ガスと微粉体との混合流体を微粉体使用装置へ定量的に供給するガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置と、

を備えたガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムであって、

前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置は、

前記微粉体を収容する微粉体収容容器と、

前記微粉体収容容器をガス気密的に収容する筐体と、

前記搬送ガスを前記筐体に供給する補給口と、

前記搬送ガスの前記筐体への供給量を調整する流量調節機構と、
前記微粉体及び前記搬送ガスを取り込むための粉体吸入口を有し、前記微粉体収容容器内から前記微粉体を前記搬送ガスに同伴させて前記微粉体使用装置へ供給する供給ノズルと、
前記供給ノズルと前記微粉体収容容器に収容された前記微粉体の表層の微粉体表面との相対位置を検出するための位置検出センサーと、
少なくとも前記供給ノズルの前記粉体吸入口の下方に配置されるとともに、超音波振動することが可能であり、上下方向に前記微粉体が通過することが可能な通過領域を有する超音波振動湧出部と、
前記供給ノズル及び前記超音波振動湧出部を上下方向に移動させる供給ノズル駆動部と、
前記筐体内の湿度を計測するための湿度計測センサーと、を備え、
前記超音波振動湧出部の少なくとも一部が、前記微粉体収容容器に収容された前記微粉体の表層の前記微粉体表面に接触した状態で、超音波振動することにより、前記微粉体表面から前記超音波振動湧出部の前記通過領域を介して前記超音波振動湧出部に湧き上がる前記微粉体を、前記搬送ガスとともに前記供給ノズルの前記粉体吸入口から取り込むことを特徴とする。

[0017] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、
前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との前記上下方向に垂直な横方向における相対的な位置関係を変化させる状態で、前記超音波振動湧出部を超音波振動させることにより、前記超音波振動湧出部のうち前記微粉体表面に接触した前記通過領域の下方から上方に前記微粉体が前記通過領域を通過することで、前記微粉体を前記微粉体表面から前記超音波振動湧出部に湧き上がらせることを特徴とする。

[0018] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、
前記筐体内に配置され、前記超音波振動湧出部を超音波振動させる超音波

振動駆動部をさらに備える

ことを特徴とする。

[0019] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、
前記超音波振動駆動部は、超音波振動子であることを特徴とする。

[0020] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、
前記超音波振動駆動部、前記位置検出センサー、及び前記供給ノズルが固定される把持部を備える
ことを特徴とする。

[0021] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、
前記超音波振動駆動部の動作を制御することにより、前記超音波振動湧出部が振動する周波数及び振幅を制御する超音波振動制御装置をさらに備える
ことを特徴とする。

[0022] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、
前記超音波振動制御装置は、前記超音波振動湧出部の少なくとも一部が前記微粉体表面に接触した状態で、前記超音波振動湧出部が振動する周波数が3 kHz以上になるように、前記超音波振動駆動部の動作を制御する
ことを特徴とする。

[0023] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、
上下方向を回転軸として、前記微粉体収容容器を、基準回転方向に回転するように、駆動する回転駆動部を備え、
前記回転駆動部が前記微粉体収容容器を前記基準回転方向に回転させることにより、前記基準回転方向における、前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との相対的な位置関係が変化する
ことを特徴とする。

[0024] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、
前記超音波振動湧出部は、
板状の形状を有するプレート部を、含み、
前記プレート部は、前記通過領域として、前記プレート部の上面と下面と

の間を上下方向に貫通する貫通孔が形成されており、

前記回転駆動部が前記微粉体収容容器を前記基準回転方向に回転させた状態で、前記供給ノズル駆動部は、前記プレート部の下面側が前記微粉体表面に接触するように、前記超音波振動湧出部を上下方向に移動させることを特徴とする。

[0025] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、前記プレート部は、一定以上の剛性を有する金属、セラミックス、又は、樹脂で構成されていることを特徴とする。

[0026] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、前記プレート部の端部に接続された平滑化壁部を含み、前記基準回転方向における前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との相対的な位置関係が変化する状態で、前記平滑化壁部は、前記微粉体の表層の前記微粉体表面を平滑化するとともに、前記微粉体表面に位置する前記微粉体が横方向から前記プレート部の上面側に流入するのを抑制するようになっていることを特徴とする。

[0027] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、前記回転駆動部が前記微粉体収容容器を前記基準回転方向に回転させるとともに前記超音波振動湧出部を超音波振動させた状態で、前記プレート部の上面側に位置する前記微粉体を前記搬送ガスとともに前記供給ノズルの前記粉体吸入口から取り込むことを特徴とする。

[0028] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、前記プレート部は、前記平滑化壁部を介して前記超音波振動駆動部に接続されていることを特徴とする。

[0029] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、前記超音波振動湧出部は、パイプ状の形状を有するパイプ部を含み、

前記パイプ部は、前記通過領域として、前記パイプ部の上端と下端との間を上下方向に繋がる前記パイプ状の形状の内部が形成されており、

前記パイプ部の下端を前記微粉体表面に接触させるとともに、前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との前記横方向における相対的な位置関係を変化させる状態で、前記超音波振動湧出部を超音波振動させることにより、前記供給ノズルは、前記通過領域として前記パイプ状の形状の内部を介して前記パイプ部の上端から超音波振動湧出部の上面に湧き上がる前記微粉体を、前記搬送ガスとともに前記供給ノズルの前記粉体吸入口から取り込むことを特徴とする。

[0030] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、前記超音波振動湧出部は、前記通過領域として上面と下面との間を貫通する網状の形状を有する網部を含み、

前記網部の下面を前記微粉体表面に接触させるとともに、前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との前記横方向における相対的な位置関係を変化させる状態で、前記超音波振動湧出部を超音波振動させることにより、前記供給ノズルは、前記通過領域として前記網部を介して前記超音波振動湧出部の上面に湧き上がる前記微粉体を、前記搬送ガスとともに前記供給ノズルの前記粉体吸入口から取り込む

ことを特徴とする。

[0031] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、前記微粉体の平均粒径が $3\mu\text{m}$ 以下あることを特徴とする。

[0032] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、前記微粉体は、スピネル、酸化チタン、イットリア、タングステンカーバイド、銅、亜鉛、ニッケル、又は、アルミナからなる粉体であることを特徴とする。

[0033] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムにおいて、前記加湿チャンバーは、前記搬送ガスを加湿するための液体を収容する水槽と、

前記液体を霧化するための超音波振動機構と、
前記湿度計測センサーと連動して前記筐体内の湿度を制御するための湿度制御機構と、を備える
ことを特徴とする。

[0034] 本発明の一態様に係る装置は、
前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムと、
前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムの前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置の前記供給ノズルから前記搬送ガスに同伴された前記微粉体が供給される前記微粉体使用装置である溶射装置と、を備える
ことを特徴とする。

[0035] また、前記装置において、
前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムは、前記供給ノズルの前記粉体吸入口から前記溶射装置までの搬送経路において搬送される前記微粉体の搬送の脈動の発生が抑制されるようにして、前記溶射装置に対して前記微粉体を供給し、
前記溶射装置は、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムから供給される前記微粉体を用いて、対象物に対して、斑模様の生成を抑制して均一になるように溶射皮膜を成膜する
ことを特徴とする。

[0036] 本発明の一態様に係るガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法において、
搬送ガスを加湿するための加湿チャンバーと、前記加湿チャンバーからの搬送ガスの供給により、前記搬送ガスと微粉体との混合流体を微粉体使用装置へ定量的に供給するガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置と、を備えたガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムを用いたガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法であって、
前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置は、
前記微粉体を収容する微粉体収容容器と、

前記微粉体収容容器をガス気密的に収容する筐体と、
前記搬送ガスを前記筐体に供給する補給口と、
前記搬送ガスの前記筐体への供給量を調整する流量調節機構と、
前記微粉体及び前記搬送ガスを取り込むための粉体吸入口を有し、前記微粉体収容容器内から前記微粉体を前記搬送ガスに同伴させて前記微粉体使用装置へ供給する供給ノズルと、
前記供給ノズルと前記微粉体収容容器に収容された前記微粉体の表層の微粉体表面との相対位置を検出するための位置検出センサーと、
少なくとも前記供給ノズルの前記粉体吸入口の下方に配置されるとともに、超音波振動することが可能であり、上下方向に前記微粉体が通過することが可能な通過領域を有する超音波振動湧出部と、
前記供給ノズル及び前記超音波振動湧出部を上下方向に移動させる供給ノズル駆動部と、
前記筐体内の湿度を計測するための湿度計測センサーと、を備え、
前記超音波振動湧出部の少なくとも一部が、前記微粉体収容容器に収容された前記微粉体の表層の前記微粉体表面に接触した状態で、超音波振動することにより、前記微粉体表面から前記超音波振動湧出部の前記通過領域を介して前記超音波振動湧出部に湧き上がる前記微粉体を、前記搬送ガスとともに前記供給ノズルの前記粉体吸入口から取り込むことを特徴とする。

- [0037] また、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法において、
前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との前記上下方向に垂直な横方向における相対的な位置関係を変化させる状態で、前記超音波振動湧出部を超音波振動させることにより、前記超音波振動湧出部のうち前記微粉体表面に接触した前記通過領域の下方から上方に前記微粉体が前記通過領域を通過させて、前記微粉体を前記微粉体表面から前記超音波振動湧出部に湧き上がらせることを特徴とする。

発明の効果

[0038] 本発明によれば、質量の極めて軽い微粉体を、該微粉体を使用する装置へ、定量的かつ安定的に搬送供給することができる。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]図1は、本発明の微粉体定量供給方法の概念図である。

[図2]図2は、粉体搬送のための管内での微粉体堆積の概念図である。

[図3]図3は、粉体搬送時に凝集した微粉体により搬送経路で発生する脈動の概念を示す図である。

[図4]図4は、従来の微粉体供給装置において、微粉体表面から微粉体を搬送ガスとともに供給ノズル内へ搬送する一例を示す図である。

[図5]図5は、本発明の一実施形態による微粉体供給装置を示す図である。

[図6]図6は、本発明の一実施形態による超音波振動湧出部及び供給ノズルの一部を示す図である。

[図7]図7は、本発明の一実施形態によるロッドの先端付近に取り付けられる把持部の構成を示す図である。

[図8]図8は、本発明の一実施形態による微粉体供給システムを示す図である。

[図9]図9は、本発明の一実施形態による加湿ユニットを示す図である。

[図10]図10は、本発明と従来技術の試験例における微粉体の供給量と経過時間との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0040] 以下、本発明を実施するための形態（以下、実施形態という）を図面に基づいて詳細に説明する。なお、下記実施形態により本発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のものが含まれる。さらに、下記実施形態で開示した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

[0041] <ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法>

本発明のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法について説明する。図

1 は、本発明のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法の概念図である。本発明のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法は、前提となる基本構成として、微粉体を搬送する際の、微粉体と搬送ガスとの混合流体における静電気の発生を低減するように、搬送ガスの湿度調整を行う。搬送ガスの湿度調整は、図 1 のフロー F 1 に示すように、ガス供給源から微粉体供給装置へ乾燥状態のガスを供給する際に、高湿度のガスと混合することなどにより湿度調整を行うことができる。また、図 1 のフロー F 2 に示すように、予め湿度調整を行った搬送ガスを準備しておき、湿度調整した搬送ガスをそのまま微粉体供給装置へ供給することもできる。

[0042] 搬送ガスの湿度調整（加湿）方法は、本発明の効果を発揮することができる限りにおいては、任意の方法を用いることができる。例えば、乾燥状態のガスと霧化により微粒化された液体を含有する湿度の高いガスとを混合し、それらの混合比率を適宜調整することにより、搬送ガスを所望の範囲の湿度に調整することができる。液体の霧化方法は、超音波によるものが一般的である。したがって、本発明のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法においては、微粉体定量供給装置へ搬送ガスを供給する前に、乾燥状態のガスと高湿度ガスとを混合して湿度を調整する工程を含んでいてもよく、あるいは、搬送ガスの湿度を予め調整しておいたものをそのまま微粉体定量供給装置へ供給してもよい。

[0043] ここで、本発明において微粉体とは、平均粒径が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下（より好ましくは、平均粒径が $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下）の微細な粉体のことであり、その平均粒径が小さいほど静電気の影響を受けやすい。微粉体の種類としては、特に限定されるものではないが、金属や、プラスチック、セラミックスなどが挙げられる。また、金属よりも帯電しやすく、質量の軽いプラスチックやセラミックスの方が静電気の影響を受けやすいことから、静電気の除去へのニーズは高い。本発明において、微粉体の平均粒径は、例えば、一般的な溶射に使用される粉体の場合には、画像測定法による幾何的粒度測定により求めることができる。

- [0044] このように非常に粒径が小さく質量が極めて軽い微粉体は、従来の粉体供給分野において実施されてきたような水分の除去による液架橋力あるいは毛管力の低減では、微粉体どうし、または微粉体と他の物質との間の吸着を防ぐことができない。粉体の搬送されやすさに寄与する粉体の流動性は、粒径が小さくなるほど表面特性への依存度が高くなり、特に搬送チューブのような管内では搬送時に粉体と搬送チューブとの間に生じる摩擦のために、微粉体の吸着は水による液架橋よりも静電気力が支配的になる。また、搬送路を構成する材料に電荷移動が容易な金属や導電性プラスチックを使用して静電気を地中に逃がす手法では、微粉体が管内壁へ衝突することにより搬送路の摩擦が生じるという新たな問題がある。また、逆電荷イオンによる中和は、非常に細長い形状を有する粉体搬送路ではイオンが管内部に十分に行き渡らないことから効果が薄い。
- [0045] ここで、静電気とは、静止した電荷によって引き起こされる物理現象のことであり、微粉体供給の場面においては、微粉体をガス搬送する際にある程度以上の速度で移動する微粉体と搬送チューブ内壁とが接触することにより静電気が発生するものと考えられる。図2に示すように、微粉体の搬送時に混合流体内で静電気が発生すると、質量の極めて軽い微粉体 a は搬送チューブ 1 に引き寄せられて付着し、該チューブ 1 の内壁へ堆積する。そして、堆積した微粉体 a' はその後搬送されてくる微粉体 a を引き寄せて更に積層し、最終的には搬送チューブ 1 が詰まり、微粉体 a の供給ができなくなってしまう。したがって、微粉体 a と搬送ガスとの混合流体内における静電気を抑制することが、微粉体の定量的かつ安定的な供給に重要であるといえる。
- [0046] 一方、搬送ガスの湿度が高すぎる場合や微粉体自体を加湿する場合には、搬送路が結露して搬送路内に微粉体が付着して供給不能となり、その後の溶射において微粉体の溶融が不完全となることがある。
- [0047] そこで、本発明においては、前提となる基本構成として、既述の特許文献 3 に記載のように、所定の湿度範囲内に湿度調整することにより、搬送供給過程で生じる静電気を低減させる。

[0048] <散乱時間 τ >

静電気による粉体搬送への影響の大きさの指標として、散乱時間 τ を用いて評価することができる。 τ とは、静電気が発生してから解消する（散乱する）までの時間を示すパラメータである。例えば、絶対湿度が高いほど、静電気は帯電しにくくなることから τ は小さくなり、静電気の溜まりにくさと湿度とは非常に相関性が高いことが知られている。また、同じ絶対湿度においては、温度が低い程 τ は小さくなることが知られている。したがって、絶対湿度を高く維持しながら温度を下げることにより、静電気の消滅までの時間を短くすることができるといえる。

本発明において、散乱時間 τ は以下の方法により測定した値をいうものとする。即ち、ファラデーカップに一定量の帯電した微粉体（例えば、アルミナ粉体）を収容し、任意の湿度に保たれた加湿チャンバーに配置する。次いで、微粉体を収容したファラデーカップを加湿チャンバー内へ配置した直後から、制電容量メーターなどの測定機器を用いて微粉体の帯電量を測定して帯電量変化曲線を記録し、微粉体の帯電量が $t = 0$ の初期値の 37.8% まで低下するまでの時間を読み取り、その時間を τ とする。

[0049] 絶対湿度と τ との間には、一義的に決定される相関関係があり、特定の物質に発生する静電気については、いずれか一方の数値が分かれば他方を決定することが可能である。具体的には、散乱時間 τ （秒）と、静電気が発生する物質の電気抵抗 R （ Ω ）と、静電容量 C （F）との間には、下記式：

$$\tau = R \times C$$

の関係式が成立する。ここで、 C は LCR メーターなどの制電容量メーターにより測定可能な値であり、電気抵抗 R は絶対湿度との間に指数関数的な関係性があることが知られていることから、絶対湿度と散乱時間 τ のうちのいずれか一方が分かれば、他方を算出することができる。

[0050] なお、散乱時間 τ は、0～10 秒であり、好ましくは 0～8 秒であり、より好ましくは 0～5 秒である。そのような範囲の τ である場合には、管内で発生する静電気による粉体詰まりへの影響は小さく、微粉体を定量的かつ安

定的に搬送供給することができる。

[0051] そして、事前にこのような τ と湿度との相関関係を決定しておくことにより、湿度を調整することによって散乱時間 τ を所定の範囲内で維持することができる。

したがって、本発明を実施する際に、散乱時間 τ または湿度のいずれかの値が分かっているればよい。

[0052] ここで、既述のように、加湿することで混合流体において発生する静電気を抑制する技術（例えば、既述の特許文献3参照）を用いても、凝集性の強い微粉体の搬送においては、凝集大塊の生成及びそれに起因する粉体表面高さの不均一が生じる。スクレーパーやフラップなどによる粉体表面を均す過程において、凝集性の強い微粉体は粉体同士、または粉体とスクレーパーなどの接触頻度が多くなるにつれて、凝集大塊が生じる場合がある。

[0053] このような凝集大塊が生成されるとスクレーパーやフラップなどでは粉体表面を均すことができなくなり、粉体表面高さが不均一になる。その結果、供給ノズルが凝集大塊を吸引すること及び粉体表面高さの不均一性に起因する取り込み量のムラが発生する。これにより、搬送先の溶射装置では、例えば、図3に示すように、搬送経路における大脈動を伴う不安定な粉末供給によって、不均一な斑紋を含む溶射皮膜を形成することになる。

[0054] そして、例えば、乾式にて粉体を粉砕や解砕を行う場合、ローターミルやビーズミル、ジェットミル等が使用されている。

[0055] しかし、粒子径の小さく凝集性の強い粉体の粉砕や解砕では、解砕中にも凝集粉体が生成されること、装置内部や排出経路へ粉末が付着して、装置の連続運転が難しくなることが多い（図4）。

[0056] そこで、本発明者らは、新たな解砕方法として超音波振動による解砕を考案した。一般的に凝集性の強い粉体に振動を与えると、粒子同士が接触、衝突し合い、凝集粉体が生成され始める。そして、さらに、生成された凝集粉体に、振動を与え続けると、凝集粉体のサイズが大きくなり、当該凝集粉体は大塊に成長する。他方、凝集大塊に振動数3kHz以上の振動を与えると解砕

されることが検証試験の結果分かった。

[0057] また、例えば、凝集性の強い粉体をスクレーパーで均す場合、粉体がスクレーパーに接触すると当然付着する。しかし、スクレーパーに超音波振動を与えると、摩擦低減効果により粉末は付着し難くなる。この効果を利用することにより、粉体表面を均す金属板（板状剛性体）に空けた小さい穴から、粉体を湧き上がらせることができる。

[0058] 通常、板面に小さい穴を空けた板を凝集性の強い粉体表面に沿って水平方向へ板面で均しても、当該穴から粉体が一定量連続して湧き上がることは期待できない。この理由としては凝集大塊が大きく穴を通過しないこと、穴を通過する際の摩擦抵抗が非常に大きいことが挙げられる。

[0059] しかしながら、後述のように、本発明においては、超音波振動湧出部を構成する板状のプレート部を超音波振動させると、凝集大塊の解砕および摩擦低減効果によって、当該プレート部の近傍の微粉体の流動性が上昇し、プレート部に形成された通過領域の貫通孔から当該プレート部の上面側に微粉体が湧出する。この貫通孔から湧出する微粉体の量は、当該プレート部の貫通孔の大きさ、当該プレート部の形状、当該プレート部を動かす速度、当該プレート部の材質、当該プレート部を振動させる周波数と振幅などの設定（条件）によって変化する。つまり、これらの設定（条件）を厳密に制御することにより、供給ノズルの粉体吸入口から、解砕された微粉体を取り込まれるとともに、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置 10 の微粉体の供給量が定量的になる。

[0060] この現象をガス搬送式微粉体供給装置に利用することによって、これまで問題となっていた搬送先である溶射装置にて発生する大脈動を伴う不安定な粉体供給が解消される。このため、斑紋の発生が抑制されて、均一な溶射皮膜を得ることができる。

[0061] このように、本発明は、超音波振動による凝集大塊の解砕、粉体表面高さの平滑化、および大脈動のない安定的な微粉体の供給が可能な、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給

方法、および、装置を提供するものである。

[0062] なお、本実施形態においては、微粉体は、例えば、セラミックスの粉体、アルミナの粉体である。しかしながら、微粉体は、既述のように、アルミナ、セラミックス以外の無機物や有機物の粉体であってもよい。より具体的には、微粉体は、スピネル、酸化チタン、イットリア、タングステンカーバイド、銅、亜鉛、又は、ニッケルからなる粉体であってもよい。

そして、既述のように、当該微粉体の平均粒径は、例えば、 $10\mu\text{m}$ 以下であるが、特に、微粉体の平均粒径が、凝集性がより大きくなる $3\mu\text{m}$ 以下である場合に、本発明に係るガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムを適用することで、凝集した微粉体の解砕及び粉体表面の平滑化、並びに微粉体の高精度な取り込みを実現することができる。

[0063] 以下、図面に示された具体例を参照して本発明の一実施の形態について説明する。なお、本件明細書に添付する図面においては、図示と理解のしやすさの便宜上、適宜縮尺及び縦横の寸法比等を、実物のそれらから変更し誇張してある。また、本明細書において用いる、形状や幾何学的条件並びにそれらの程度を特定する、例えば、「平行」、「直交」、「同一」等の用語や長さや角度の値等については、厳密な意味に縛られることなく、同様の機能を期待し得る程度の範囲を含めて解釈することとする。

[0064] <微粉体定量供給装置>

本発明のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法は、本発明による効果を発揮できる限りにおいては、任意の微粉体定量供給装置を用いて実施することができる。本発明のように平均粒径が $10\mu\text{m}$ 以下（特に、 $3\mu\text{m}$ 以下）の微粉体を定量的かつ安定的に搬送供給するには、従来の粉体搬送装置のうち、例えば、既述の特許文献3に開示のような、いわゆる表面倣い式の粉体定量供給装置を用いることが好ましいが、これに限定されるものではない。

[0065] ここで、図5は、本発明によるガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法において用いることができる微粉体定量供給装置の一実施形態を示す図であ

る。また、図6は、本発明の一実施形態による超音波振動湧出部及び供給ノズルの一部を示す図である。また、図7は、本発明の一実施形態によるロッドの先端付近に取り付けられる把持部の構成を示す図である。

[0066] 例えば、図5に示すように、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置10は、微粉体収容容器（円形カップ）11と、筐体12と、補給口13と、第1流量調節機構14と、供給ノズル15と、位置検出センサー16と、位置制御機構17と、湿度計測センサー19と、回転駆動部25と、回転軸40と、回転座41と、超音波振動駆動部101と、超音波振動湧出部102と、超音波振動制御装置200と、を備える。

[0067] 筐体12は、その内部に微粉体収容容器11を備える。筐体12は、例えば、円筒形に形成されている。筐体12はガス気密的構造を有しており、その内部において、微粉体収容容器11との間にケーシング空間bを有する。また、ケーシング空間bの湿度を監視するための湿度センサー19を備えていてもよく、該湿度センサー19と連動して、搬送ガス供給通路L1を通じて補給口13より筐体12へ供給される加湿された搬送ガス量を、第1流量調節機構14により調節してもよい。湿度センサー19と連動して、加湿された搬送ガス供給量を調節することにより、ケーシング空間b内の湿度を所定の範囲内に保つことができる。更に、ケーシング空間bの圧力が高くなり過ぎるような場合に備えて、所定の圧力以上になるとガスが排気されるような排気弁（図示せず）を備えていてもよい。

[0068] 微粉体収容容器11は、微粉体aを収容するものである。微粉体aは、微粉体収容容器11内に装置の運転開始前に充填されていてもよいし、例えば装置を運転しながら補給ノズル（図示せず）などにより充填されるようにしてもよい。装置の運転開始時から微粉体11を外部に供給できるようにするため、微粉体aは微粉体収容容器11に予め充填させておくようにすることが好ましい。

[0069] 微粉体収容容器11内に収容された微粉体aは、供給ノズル15により搬送ガスとともに取り込まれて、微粉体aと搬送ガスとの混合流体cとして、

微粉体供給通路（搬送経路）L 2を通り、溶射装置20などの微粉体使用装置へと供給される。このようにして微粉体aが搬送ガスにより微粉体使用装置へ供給される際に、搬送ガスの湿度が所定の範囲内に調整されることにより、微粉体供給通路L 2における静電気による微粉体aの詰まりを防止することができる。

[0070] 供給ノズル15は、微粉体a及び搬送ガスGを取り込むための粉体吸入口15Aを有し、微粉体収容容器11内の微粉体aを、補給口13から供給された湿度調整された搬送ガスに同伴させて排出するものである。

[0071] 微粉体収容容器11内に供給された搬送ガスは、微粉体収容容器11内の微粉体aを取込みながら供給ノズル15に流れる。供給ノズル15から流出した混合流体cは、微粉体供給通路L 2を通り、溶射装置20などの微粉体使用装置へ供給される。

[0072] 微粉体供給装置10から溶射装置20へ供給される混合流体cの供給速度は、微粉体を使用する用途や、微粉体の特性、例えば、微粉体の比重や嵩密度により、適宜調整することが好ましい。

[0073] 微粉体収容容器11内の微粉体aを搬送ガスに同伴させる際、例えば、図6に示すように、供給ノズル15の先端部に設けた粉体吸入口（流出口）15Aは、超音波振動湧出部102を構成する板状のプレート部102P上に配置され、特に通過領域Qの近傍に位置することが好ましい。これにより、供給ノズル15に流れる搬送ガスの吸引作用で、供給ノズル15の先端の近傍にあるプレート部102P上の微粉体aが同時に取り込まれ、搬送ガスに同伴して排出される。搬送される微粉体aの量は、先端部の微粉体aの表面からの侵入深さや、ノズル先端の粉体吸入口（流出口）15Aへの微粉体aの侵入速度（微粉体の移動速度）に依存する。なお、供給ノズル15の先端部の流出口15Aへの微粉体aの侵入速度は、微粉体収容容器11の回転速度などに依存する。

[0074] ここで、既述のように、超音波振動湧出部102を構成する板状のプレート部102Pを超音波振動させると、凝集大塊の解砕および摩擦低減効果に

よって、プレート部102Pの近傍の微粉体の流動性が上昇し、貫通孔102Bからプレート部102Pの上面側に微粉体が湧出する。当該貫通孔102Bから湧出する微粉体aの量は、当該プレート部102Pの貫通孔102Bの大きさ、当該プレート部102Pの形状、当該プレート部102Pを動かす速度、当該プレート部102Pの材質、当該プレート部102Pを振動させる周波数と振幅などの設定（条件）によって変化する。つまり、これらの設定（条件）を厳密に制御することにより、供給ノズル15の粉体吸入口15Aから、解砕された微粉体aが取り込まれるとともに、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置10の微粉体aの供給量が定量的になる。

[0075] また、供給ノズル15は、蓋部18から筐体12の内部に挿入されている。供給ノズル15は、位置制御機構17により筐体12内を上下方向に移動可能に構成されている。

[0076] 位置制御機構17は、筐体12の上部の蓋部18に設けられ、供給ノズル15を上下方向に移動可能とするものである。限定されるものではないが、位置制御機構17としては、例えば、電動シリンダーを用いることができる。

[0077] 位置制御機構17は、供給ノズル15を上下に移動するシリンダー本体30と、シリンダー本体30内で上下方向に移動可能なロッド31と、ロッド31に連結され、供給ノズル15を把持する把持部32と、供給ノズル駆動部（駆動機構）33とを有する。

[0078] 位置制御機構17は、ロッド31の高さを調整することにより、把持部32に保持されている供給ノズル15及び超音波振動湧出部102の高さを調整することができる。供給ノズル15は、シリンダー本体30の把持部32を、ロッド31を介して上下方向に移動させ、供給ノズル15の先端部の位置を調整する。すなわち、供給ノズル駆動部33は、供給ノズル15及び超音波振動湧出部102を上下方向に移動させるようになっている。

これにより、供給ノズル15の先端部に設けた流出口15A及び超音波振動湧出部102の位置（高さ）を微粉体表面Z近傍の適正位置に調整すること

ができる。

[0079] 例えば、位置制御機構 17 は、微粉体収容容器 11 内の微粉体 a を微粉体供給通路 L2 に供給する場合には、供給ノズル 15 の先端部及び超音波振動湧出部 102 を、微粉体収容容器 11 内の微粉体 a の微粉体表面 Z に向かって降下させる。

[0080] 一方、位置制御機構 17 は、微粉体収容容器 11 内の微粉体 a を微粉体供給通路 L2 に供給することを停止する場合には、供給ノズル 15 及び超音波振動湧出部 102 を上昇させ、供給ノズル 15 の先端部及び超音波振動湧出部 102 の下面側が微粉体 a と接触しないようにする。

[0081] 回転駆動部 25 は、微粉体収容容器 11 を軸方向に対して水平方向に回転させるものである。微粉体収容容器 11 はその底部の中心に回転軸 40 を有する回転座 41 に置かれ、回転駆動部 25 が運転して回転軸 40 が回転することにより微粉体収容容器 11 が回転する。回転駆動部 25 は、混合流体 c の供給量に応じた速度で回転軸 40 を回転させることができる。微粉体収容容器 11 を回転させることにより、超音波振動する超音波振動駆動部 102 が微粉体表面 Z を平滑化するとともに、超音波振動する超音波振動駆動部 102 の近傍に微粉体 a が無くなること（すなわち、供給ノズル 15 の粉体吸入口 15A の近傍に貫通孔 102B から湧出する微粉体 a が無くなること）を抑制することで、微粉体 a の取り込みを安定して行うことができる。

[0082] 特に、回転駆動部 25 は、筐体 12 の内部において、上下方向を回転軸として、微粉体収容容器 11 を、基準回転方向 R に回転する（例えば、この回転の回転数は、400rpm である）ように、駆動するようになっている。この回転駆動部 25 は、例えば、電動モーターである。

この回転駆動部 25 が微粉体収容容器 11 を基準回転方向 R に回転させることにより、基準回転方向 R（横方向）における、微粉体表面 Z と超音波振動湧出部 102 との相対的な位置関係が変化することとなる。

[0083] 位置検出センサー 16 は、供給ノズル 15 の先端（粉体吸入口 15A）及び／又は超音波振動駆動部 102 に対する所定の高さを保持して供給ノズル

15に固定されており、供給ノズル15の先端の位置及び／又は超音波振動駆動部102の下面の位置を測定基準として微粉体aの表面までの距離を測定するためのものである。

すなわち、位置検出センサー16は、微粉体供給ノズル15と微粉体収容容器11に収容された微粉体aの表層ZAの微粉体表面Zとの相対位置を検出している。

[0084] この位置検出センサー16は、微粉体収容容器11の回転に対して描かれる相対運動の軌道上で、微粉体収容容器11の先端の粉体吸入口15A及び／又は超音波振動駆動部102の前方の微粉体の表面位置を検出する。

[0085] これにより、粉体吸入口15Aから吸い込まれる微粉体aの表面位置と粉体吸入口15Aとの高さ、及び／又は超音波振動駆動部102の下面側が接触する微粉体aの表面位置と粉体吸入口15Aとの高さを、事前に測定することができる。位置検出センサー16の測定結果から、供給ノズル15の高さ及び／又は超音波振動駆動部102の高さは適宜調整される。

[0086] また、超音波振動湧出部102は、例えば、図6に示すように、少なくとも供給ノズル15の粉体吸入口15Aの下方に配置されるとともに、超音波振動することが可能であり、上下方向に微粉体aが通過することが可能な通過領域Qを有する。

[0087] そして、例えば、図6に示すように、この超音波振動湧出部102は、板状の形状を有するプレート部102Pと、平滑化壁部102Kと、を含む。

[0088] そして、プレート部102Pは、通過領域Qとして、プレート部102Pの上面と下面との間を上下方向に貫通する貫通孔（例えば、横方向における当該貫通孔の断面の直径は、約2mmである）が形成されている。

[0089] このプレート部102Pは、例えば、アルミナ、PEEK、一定以上の剛性を有する金属、セラミックス、又は、樹脂等で構成されている。特に、例えば、プレート部102Pは、銅板、ステンレス板等の金属板である。

[0090] 特に、回転駆動部25が微粉体収容容器11を基準回転方向Rに回転させた状態で、供給ノズル駆動部33は、プレート部102Pの下面側が微粉体

表面Zに接触するように、超音波振動湧出部102を上下方向に移動させるようになっている。

[0091] また、例えば、図6に示すように、平滑化壁部102Kは、プレート部102Pの端部102Aに沿って接続され、上下方向に延在する。そして、図6に示すように、プレート部102Pは、平滑化壁部102Kを介して超音波振動駆動部101に接続されている。

[0092] ここで、基準回転方向Rにおける微粉体表面Zと超音波振動湧出部102との相対的な位置関係が変化する状態で、平滑化壁部102Kは、微粉体aの表層ZAの微粉体表面Zを平滑化するとともに、微粉体表面Zに位置する微粉体aが横方向（基準回転方向R）からプレート部102Pの上面側に流入するのを抑制する（堰き止める）ようになっている。

[0093] また、超音波振動駆動部101は、例えば、図5に示すように、筐体12内に配置され、超音波振動湧出部102を超音波振動させるようになっている。この超音波振動駆動部101は、例えば、超音波振動子である。

[0094] なお、例えば、図5に示すように、この超音波振動駆動部101（超音波振動湧出部102）、位置検出センサー16、及び供給ノズル15が、把持部32に固定されるようになっている。

[0095] （超音波振動制御装置）

また、超音波振動制御装置200は、例えば、図5に示すように、超音波振動駆動部101の動作を制御することにより、超音波振動湧出部102が振動する周波数及び振幅を制御するようになっている。

[0096] 特に、超音波振動制御装置200は、超音波振動湧出部102の少なくとも一部が微粉体表面Zに接触した状態で、超音波振動湧出部が振動する周波数が3kHz以上になるように、超音波振動駆動部101の動作を制御する。

[0097] ここで、例えば、図5、図6に示すように、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置10は、超音波振動湧出部102の少なくとも一部が、微粉体収容容器11に収容された微粉体aの表層ZAの微粉体表面Zに接触した状態で、超音波振動することにより、微粉体表面Zから超音波振動湧出部10

2の通過領域Qを介して超音波振動湧出部102（例えば、プレート部102）上に湧き上がる（解砕された）微粉体aを、搬送ガスGとともに供給ノズル15の粉体吸入口15Aから取り込む。

[0098] より詳しくは、図6に示すように、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置10は、微粉体表面Zと超音波振動湧出部102との上下方向に垂直な横方向（基準回転方向R）における相対的な位置関係を変化させる状態で、超音波振動湧出部102を超音波振動させることにより、超音波振動湧出部102のうち微粉体表面Zに接触した通過領域Qの下方から上方に微粉体aが通過領域を通過することで、微粉体aを微粉体表面Zから超音波振動湧出部102（プレート部102P）上に湧き上がらせる。

[0099] 特に、既述のように、回転駆動部25により、基準回転方向Rにおける微粉体表面Zと超音波振動湧出部102との相対的な位置関係が変化する状態で、平滑化壁部102Kは、微粉体aの表層ZAの微粉体表面Zを平滑化するとともに、微粉体表面Zに位置する微粉体aが横方向（基準回転方向R）からプレート部102Pの上面側に流入するのを抑制する（堰き止める）ようになっている。

[0100] そして、回転駆動部25が微粉体収容容器11を基準回転方向Rに回転させるとともに超音波振動湧出部102を超音波振動させた状態で、プレート部102Pの上面側に位置する微粉体aを搬送ガスGとともに供給ノズル15の粉体吸入口15Aから取り込む。

[0101] これにより、超音波振動による凝集大塊の解砕、粉体表面高さの平滑化、および大脈動のない安定的な微粉体の供給が可能となる。

[0102] また、例えば、図7に示すように、把持部32に、スクレーパー60、フラップ61、およびブラシ62などを固定して垂下させてもよい。把持部32に、スクレーパー60、フラップ61、およびブラシ62を固定して垂下させることにより、微粉体収容容器11内の微粉体aの表面がならされ、滑らかな表面にすることができる。これにより、微粉体aの表面高さの差を低減できるため、供給ノズル15からの微粉体aの取り込み量を安定にするこ

とができる。また、表面が滑らかになることから、微粉体 a の表面高さの差をより正確に測定することができる。把持部 32 には、スクレーパー 60、フラップ 61、およびブラシ 62 が全て備えられている必要はなく、これらの一つ以上を備えるようにしてもよい。

[0103] 以上のような構成を有する微粉体供給装置 10 を用いることにより、微粉体 a と搬送ガスとの混合流体 c の搬送時に発生する静電気を抑制しつつ、凝集した微粉体を解砕して供給ノズルに取り込むことで、定量的かつ安定的に微粉体を微粉体使用装置へ搬送供給することができる。

[0104] <ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム>

ここで、本発明によるガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムについて説明する。図 8 は、本発明によるガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム 70 を含む装置（微粉体供給システム）の概略図であり、上記のような微粉体定量供給方法を実施するために用いることができる。

本発明によるガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム 70 は、搬送ガスを加湿するための加湿チャンバー 80 と、該加湿チャンバー 80 からの加湿された搬送ガスの供給により、該搬送ガスと微粉体 a との混合流体 c を溶射装置 20 などの微粉体使用装置へ定量的に供給するガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置 10 を備える。

[0105] そして、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置 10 としては、上述したように、微粉体収容容器 11 と、筐体 12 と、補給口 13 と、第 1 流量調節機構 14 と、供給ノズル 15 と、位置検出センサー 16 と、位置調節機構 17 と、湿度計測センサー 19 と、回転駆動部 25 と、回転軸 40 と、回転座 41 と、超音波振動駆動部 101 と、超音波振動湧出部 102 と、超音波振動制御装置 200 と、を備える装置を用いることが好ましいが、このような装置に限定されるものではなく、本発明の効果を発揮できる限りにおいては、任意のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置を用いてもよい。

[0106] また、加湿チャンバー 80 は、搬送ガスを加湿するための液体 d を収容する水槽 81 と、液体 d を霧化するための超音波振動機構 82 と、搬送ガス供

給通路L 1 を介して加湿した搬送ガスを装置へ供給するための加湿搬送ガス供給ノズル8 3 と、微粉体供給装置1 0 の筐体1 2 内の湿度計測センサー1 9 と連動して、筐体1 2 内の湿度を制御するための湿度制御機構8 5 と、を備える。

[0107] 加湿チャンバー8 0 は、例えば円筒形にガス気密的に形成されている。水槽8 1 は、例えば円筒形に形成されており、その上部が開放されている。

[0108] 水槽8 1 は、搬送ガスを加湿するための液体dおよび該液体dを霧化するための霧化用超音波振動機構8 2 を備える。搬送ガスを加湿するための液体dは、水が好ましいが、所望により水以外の液体としてもよい。

[0109] また、本実施形態においては、水を超音波振動機構8 2 により霧化しているが、搬送ガスを加湿することができれば、加熱により水を蒸発させてもよい。

[0110] 超音波振動機構8 2 は、電圧素子と高周波電源から構成され、圧電素子に高周波電界を印加することにより超音波振動するものであり、水などの液体dをこの振動機構8 2 の振動エネルギーにより霧化させることができる。

霧化された水などの液体dは、加湿チャンバー8 0 内において、乾燥した搬送ガスと混合されることにより、所望の湿度範囲へ加湿することができる。

[0111] 湿度計測センサー1 9 は、微粉体供給装置1 0 の筐体1 2 内のケーシング空間bの湿度を監視する。

[0112] 湿度計測センサー1 9 は、該ケーシング空間bの湿度を所定の範囲内に維持するために、湿度計測結果に基づいて湿度制御機構8 5 によって、霧化用超音波振動機構8 2 の出力や、加湿チャンバー8 0 へ補給する乾燥ガス量を第2流量調節機構8 4 で制御することにより、微粉体供給装置1 0 へ供給される搬送ガスの湿度を所定の範囲内に調節することができる。

[0113] <加湿ユニット>

本発明の加湿ユニットについて説明する。図9は、本発明の加湿ユニット9 0 の概略図であり、上記のようなガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方

法ないしガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム70に使用される。

本発明による加湿ユニット90は、微粉体供給装置10の筐体12内のケーシング空間bの湿度を計測するための湿度計測センサー19と、搬送ガスを加湿するための加湿チャンバー80と、加湿した搬送ガスを装置へ供給するための加湿搬送ガス供給ノズル83とを備え、該加湿チャンバー80は、搬送ガスを加湿するための液体dを収容する水槽81と、該液体dを霧化するための超音波振動機構82と、加湿チャンバー80へ補給する乾燥ガス量を制御するための第2流量調節機構84と、該湿度計測センサー19と連動して筐体12内の湿度を制御するための湿度制御機構85とを備える。

[0114] 湿度制御機構85は、湿度計測センサー19により測定した微粉体供給装置10の筐体12内のケーシング空間bの湿度と連動して、加湿チャンバー80を構成する各構成部材の出力を調整し、加湿チャンバー80から微粉体供給装置10へ供給する、加湿された搬送ガスの湿度および流量を調整することにより、ケーシング空間bの湿度を所定の値に維持することができる。

[0115] <制御部>

ここで、本発明のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムないし加湿ユニットは、制御部（図示せず）を更に備えていてもよい。

この制御部は、位置検出センサー16および湿度計測センサー19から得られる情報に基づいて、第1流量調節機構14、位置制御装置17、回転駆動部25、超音波振動機構82、第2流量調節機構84などの各構成部材と連結されていてもよく、既述の超音波振動制御装置200を含むようにしてもよい。

[0116] 本発明の一態様において、回転駆動部25は、制御部により運転が制御され、混合流体cの所望の供給量に応じた速度で回転軸40を回転させることができる。

[0117] 特に、本発明の一態様において、位置検出センサー16の測定結果に基づいて、当該制御部により供給ノズル駆動部33を制御して、供給ノズル15及び超音波振動駆動部101の高さを超音波振動湧出部102の少なくとも

一部が微粉体収容容器 11 に収容された微粉体 a の表層 Z A の微粉体表面 Z に接触する高さに適宜調整するとともに、当該制御部が回転駆動部 25 及び超音波振動駆動部 101 を制御することで、微粉体表面 Z と超音波振動湧出部 102 との横方向（基準回転方向 R）における相対的な位置関係を変化させる状態で、超音波振動湧出部 102 を所定の周波数及び振幅で超音波振動させることにより、微粉体 a の取り込み量を制御することができる。

[0118] 本発明の一態様において、制御部は湿度制御機構 85 の機能を兼ね備えていてもよく、湿度計測センサー 19 の測定結果に基づいて、超音波振動機構 82 の出力や、第 2 流量調節機構 84 による加湿チャンバー 80 への乾燥ガス供給量を調整することにより、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置 10 へ供給する加湿された搬送ガスの湿度を調整することができる。

[0119] 制御部は、例えば、制御プログラムや各種記憶情報を格納する記憶手段と、制御プログラムに基づいて動作する演算手段とを含んで構成することができる。制御部は、微粉体定量供給装置 10 への加湿された搬送ガスの供給量を算出するため、前記記憶手段には、試験等により、ケーシング空間 b の湿度と搬送ガス補給速度との関係、ケーシング空間 b の湿度と超音波振動機構 82 の出力との関係、微粉体収容容器 11 内の微粉体 a の供給ノズル 15 への取り込み量と回転駆動部 25 の回転速度との関係などを予め求め、算出された関係式または相関表などを記憶させておく。

[0120] 制御部は、既述の関係式または相関表などに基づき、搬送時に微粉体の定量的かつ安定的な搬送供給が可能になるように、加湿チャンバー 80 への乾燥ガスの供給量や超音波振動機構 82 の出力、補給口 13 から筐体 12 へ供給される加湿された搬送ガスの補給量、微粉体定量供給装置 10 から溶射装置 20 への混合流体 c の供給量などを適宜調整することができる。

[0121] すなわち、例えば、図 8 に示す微粉体供給システムは、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム 70 と、当該ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム 70 のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置 10 の供給ノズル 15 から搬送ガスに同伴された微粉体 a が供給される微粉体使用装置 2

0である溶射装置と、を備えるようにしてもよい。

[0122] そして、例えば、この微粉体供給システムにおいて、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム70は、供給ノズル15の粉体吸入口15Aから溶射装置20までの搬送経路において搬送される微粉体aの搬送の脈動の発生が抑制されるようにして、溶射装置20に対して微粉体aを供給する。

[0123] したがって、溶射装置20は、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム70から供給される微粉体aを用いて、所定の対象物に対して、斑模様の生成を抑制して均一になるように溶射皮膜を成膜することとなる。

[0124] <試験例>

ここで、既述のような構成を有する実施形態に係るガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムの試験例について説明する。図10は、本発明と従来技術の試験例における微粉体の供給量と経過時間との関係を示す図である。

[0125] 例えば、図10に示すように、搬送ガス(N_2)の流量が 35 L/min 、微粉体(アルミナ)の平均粒径が $1\text{ }\mu\text{m}$ である条件においては、例えば特許文献3に記載の搬送ガスの湿度を調整する従来技術のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置では、超音波振動湧出部を適用しないため、供給ノズルの搬送経路(ウレタンチューブ、内径： $\phi 2.5\text{ mm}$ 、長さ： 1 m)において所定の経過時間が経過しても微粉体の供給量が不安定であり、脈動が発生している。

[0126] 一方、同じ条件において、本発明の実施形態に係るガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置では、搬送ガスの湿度を調整するとともに、例えば、超音波振動湧出部の超音波振動数を 40 kHz とすることで、供給ノズルの搬送経路(ウレタンチューブ、内径： $\phi 2.5\text{ mm}$ 、長さ： 1 m)において所定の経過時間が経過しても微粉体の供給量が安定しており、脈動の発生が抑制されていることが分かる。

[0127] 以上のように、本発明の実施形態に係るガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法、および、装置に

よれば、質量の極めて軽い微粉体を、該微粉体を使用する装置へ、定量的かつ安定的に搬送供給することができる。

[0128] なお、本実施形態においては、微粉体を溶射装置に供給する場合について説明したが、液晶基板のスペーサ散布装置、粉体圧縮成形、サンドブラスト装置、粉体塗装装置などの微粉体使用装置でも同様に適用することができる。

[0129] <変形例>

ここで、既述の実施形態に係る微粉体定量供給装置10は、例えば、図5～図9に示す構成に限定されるものではなく、微粉体定量供給装置10の当該構成に追加的な構成を付加し、又は、微粉体定量供給装置10の当該構成の一部の機能を追加若しくは変更した変形例も想定される。以下、想定される各変形例について説明する。

[0130] [変形例1]

ここで、既述の図5～図9に示す実施形態では、微粉体定量供給装置10の超音波振動湧出部102は、通過領域Qとして貫通孔102Bが形成されたプレート部102Pを含むものである。

[0131] しかしながら、本変形例1においては、この微粉体定量供給装置10の超音波振動湧出部102は、超音波振動湧出部102のパイプ状の形状を有するパイプ部（図示せず）を含むようにしてもよい。そして、当該パイプ部は、通過領域Qとして、当該パイプ部の上端と下端との間を上下方向に繋がるパイプ状の形状の内部が形成されている。

[0132] この場合、当該パイプ部の下端を微粉体表面に接触させるとともに、微粉体表面Zと超音波振動湧出部102との横方向（基準回転方向R）における相対的な位置関係を変化させる状態で、超音波振動湧出部102を超音波振動させることにより、供給ノズル15は、通過領域Qとしてパイプ状の形状の内部を介して当該パイプ部の上端から超音波振動湧出部102上に湧き上がる微粉体aを、搬送ガスGとともに供給ノズル15の粉体吸入口10Aから取り込むこととなる。

[0133] これにより、微粉体収容容器 11 内で凝集した微粉体 a の解砕及び微粉体表面 Z の平滑化、並びに微粉体定量供給装置 10 供給ノズル 15 への微粉体 a の高精度な取り込みを実現することができる。

[0134] [変形例 2]

また、既述の変形例 1 に代えて、本変形例 2 においては、この微粉体定量供給装置 10 の超音波振動湧出部 102 は、通過領域 Q として上面と下面との間を貫通する網状の形状を有する網部（図示せず）を含むようにしてもよい。

[0135] この場合、超音波振動湧出部 102 の網部の下面を微粉体表面 Z に接触させるとともに、微粉体表面 Z と超音波振動湧出部 102 との横方向（基準回転方向 R）における相対的な位置関係を変化させる状態で、超音波振動湧出部 102 を超音波振動させることにより、供給ノズル 15 は、通過領域 Q として当該網部を介して超音波振動湧出部 102 の上面に湧き上がる微粉体 a を、搬送ガス G とともに供給ノズル 15 の粉体吸入口 15A から取り込むこととなる。

[0136] これにより、微粉体収容容器 11 内で凝集した微粉体 a の解砕及び微粉体表面 Z の平滑化、並びに微粉体定量供給装置 10 供給ノズル 15 への微粉体 a の高精度な取り込みを実現することができる。

[0137] [変形例 3]

また、既述の図 5～図 9 に示す実施形態では、微粉体定量供給装置 10 の超音波振動湧出部 102 が超音波振動する構成について説明したが、さらに、微粉体定量供給装置 10 の他の構成が超音波振動することで、凝集した微粉体を解砕させるようにしてもよい。

[0138] 例えば、本変形例 3 においては、この微粉体定量供給装置 10 は、微粉体収容容器 11 に収容された微粉体 a の表層 Z A の微粉体表面 Z を平滑化するように超音波振動する超音波振動平滑化部を備えるようにしてもよい。そして、この微粉体定量供給装置 10 は、当該超音波振動平滑化部を超音波振動させる超音波振動駆動部（例えば、超音波振動子）をさらに備えるようにし

てもよい。

[0139] この場合、この超音波振動平滑化部は、例えば、図 7 に示す既述のブラシ 6 2、スクレーパー 6 0、又は、フラップ 6 1 を超音波振動駆動させることで実施可能である。なお、超音波振動平滑化部は、プレート状の形状を有するようにしてもよい。

[0140] すなわち、本変形例 3 においては、微粉体定量供給装置 1 0 は、微粉体収容容器 1 1 に収容された微粉体 a の表層 Z A の微粉体表面 Z と当該超音波振動平滑化部との相対位置を少なくとも横方向（基準回転方向 R）に変化させる状態で、当該超音波振動平滑化部が超音波振動することにより、微粉体表面 Z を平滑化させつつ、微粉体表面 Z における凝集した微粉体 a を解砕する。

[0141] 特に、回転駆動部 2 5 により微粉体収容容器 1 1 を回転させることで、微粉体収容容器 1 1 に収容された微粉体 a の表層 Z A の微粉体表面 Z と当該超音波振動平滑化部との横方向の相対位置を変化させる。

[0142] これにより、微粉体収容容器 1 1 内で凝集した微粉体 a の解砕及び微粉体表面 Z の平滑化を実現することができる。

[0143] なお、本変形例 3 に係る微粉体定量供給装置は、既述のように、表面倣い式に適用可能である。

[0144] [変形例 4]

また、例えば、本変形例 4 においては、この微粉体定量供給装置 1 0 は、微粉体収容容器 1 1 に微粉体 a が収容された状態で、微粉体収容容器 1 1 を超音波振動させることにより、微粉体収容容器 1 1 に収容された状態で凝集した微粉体 a を解砕するようにしてもよい。

[0145] これにより、微粉体収容容器 1 1 内で凝集した微粉体 a の解砕を実現することができる。

[0146] なお、本変形例 4 に係る微粉体定量供給装置は、表面倣い式以外にも、局部流量式にも適用可能である。

[0147] [変形例 5]

また、例えば、本変形例 5 においては、微粉体定量供給装置 1 0 は、供給

ノズル 15 を超音波振動させる超音波振動ノズル駆動部（図示せず）をさらに備えるようにしてもよい。

[0148] そして、微粉体定量供給装置 10 は、供給ノズル 15 が粉体吸入口 15 A から微粉体を取り込む場合に、当該超音波振動ノズル駆動部が供給ノズル 15 を超音波振動させることにより、供給ノズル 15 は、凝集した微粉体 a を解砕させて粉体吸入口 15 A から取り込みつつ、取り込んだ微粉体 a が供給ノズル 15 の搬送路内において再凝集することを抑制する。

[0149] なお、本変形例 5 において、供給ノズル 15 は、粉体吸入口 15 A に隣接して設けられ、所定のガス（搬送ガス）を筐体 12 内に供給するガス注入口（図示せず）を有する、フラットノズルの構造を有するようにしてもよい。

[0150] この場合、供給ノズル 15 は、ガス注入口（図示せず）から搬送ガスを放出し、微粉体を舞い上がらせ、舞い上がった微粉体と搬送ガスと粉体吸入口 15 A から、を取り込む。

[0151] これにより、微粉体定量供給装置 10 供給ノズル 15 への微粉体 a の高精度な取り込みつつ、供給ノズル内における再凝集を防止することができる。

[0152] なお、本変形例 5 に係る微粉体定量供給装置 10 は、表面倣い式以外にも、局部流量式及び容量式にも適用可能である。

[0153] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

符号の説明

- [0154] 1 搬送チューブ
10 ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置
11 微粉体収容容器
12 筐体

- 1 3 補給口
- 1 4 第 1 流量調節機構
- 1 5 供給ノズル
- 1 5 A 粉体吸入口（流出口）
- 1 6 位置検出センサー
- 1 7 位置制御機構
- 1 8 蓋部
- 1 9 湿度計測センサー
- 2 0 溶射装置
- 3 0 シリンダー本体
- 3 1 ロッド
- 3 2 把持部
- 3 3 供給ノズル駆動部（駆動機構）
- 4 0 回転軸
- 4 1 回転座
- 6 0 スクレーパー
- 6 1 フラップ
- 6 2 ブラシ
- 7 0 ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム
- 8 0 加湿チャンバー
- 8 1 水槽
- 8 2 超音波振動機構
- 8 3 加湿搬送ガス供給ノズル
- 8 4 第 2 流量調節機構
- 8 5 湿度制御機構
- 9 0 加湿ユニット
- L 1 搬送ガス供給通路
- L 2 微粉体供給通路（搬送経路）

- a 微粉体
- a' 堆積した微粉体
- b ケーシング空間
- c 混合流体
- d 液体
- Z 微粉体表面
- Z A 微粉体収容容器に収容された微粉体の表層
- W 凝集した微粉体
- Q 通過領域
- R 基準回転方向
- G 搬送ガス
- 1 0 1 超音波振動駆動部
- 1 0 2 超音波振動湧出部
- 1 0 2 A 端部
- 1 0 2 B 貫通孔
- 1 0 2 P プレート部
- 1 0 2 K 平滑化壁部
- 2 0 0 超音波振動制御装置

請求の範囲

[請求項1]

搬送ガスを加湿するための加湿チャンバーと、
前記加湿チャンバーからの搬送ガスの供給により、前記搬送ガスと微粉体との混合流体を微粉体使用装置へ定量的に供給するガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置と、
を備えたガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムであって、
前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置は、
前記微粉体を収容する微粉体収容容器と、
前記微粉体収容容器をガス気密的に収容する筐体と、
前記搬送ガスを前記筐体に供給する補給口と、
前記搬送ガスの前記筐体への供給量を調整する流量調節機構と、
前記微粉体及び前記搬送ガスを取り込むための粉体吸入口を有し、
前記微粉体収容容器内から前記微粉体を前記搬送ガスに同伴させて前記微粉体使用装置へ供給する供給ノズルと、
前記供給ノズルと前記微粉体収容容器に収容された前記微粉体の表層の微粉体表面との相対位置を検出するための位置検出センサーと、
少なくとも前記供給ノズルの前記粉体吸入口の下方に配置されるとともに、超音波振動することが可能であり、上下方向に前記微粉体が通過することが可能な通過領域を有する超音波振動湧出部と、
前記供給ノズル及び前記超音波振動湧出部を上下方向に移動させる供給ノズル駆動部と、
前記筐体内の湿度を計測するための湿度計測センサーと、を備え、
前記超音波振動湧出部の少なくとも一部が、前記微粉体収容容器に収容された前記微粉体の表層の前記微粉体表面に接触した状態で、超音波振動することにより、前記微粉体表面から前記超音波振動湧出部の前記通過領域を介して前記超音波振動湧出部上に湧き上がる前記微粉体を、前記搬送ガスとともに前記供給ノズルの前記粉体吸入口から取り込む

ことを特徴とする、ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項2] 前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との前記上下方向に垂直な横方向における相対的な位置関係を変化させる状態で、前記超音波振動湧出部を超音波振動させることにより、前記超音波振動湧出部のうち前記微粉体表面に接触した前記通過領域の下方から上方に前記微粉体が前記通過領域を通過することで、前記微粉体を前記微粉体表面から前記超音波振動湧出部上に湧き上がらせる

ことを特徴とする請求項1に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項3] 前記筐体内に配置され、前記超音波振動湧出部を超音波振動させる超音波振動駆動部をさらに備える

ことを特徴とする請求項2に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項4] 前記超音波振動駆動部は、超音波振動子であることを特徴とする請求項3に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項5] 前記超音波振動駆動部、前記位置検出センサー、及び前記供給ノズルが固定される把持部を備える

ことを特徴とする請求項4に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項6] 前記超音波振動駆動部の動作を制御することにより、前記超音波振動湧出部が振動する周波数及び振幅を制御する超音波振動制御装置をさらに備える

ことを特徴とする請求項5に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項7] 前記超音波振動制御装置は、前記超音波振動湧出部の少なくとも一部が前記微粉体表面に接触した状態で、前記超音波振動湧出部が振動する周波数が3kHz以上になるように、前記超音波振動駆動部の動作を

制御する

ことを特徴とする請求項 6 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項 8] 上下方向を回転軸として、前記微粉体収容容器を、基準回転方向に回転するように、駆動する回転駆動部を備え、

前記回転駆動部が前記微粉体収容容器を前記基準回転方向に回転させることにより、前記基準回転方向における、前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との相対的な位置関係が変化する

ことを特徴とする請求項 3 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項 9] 前記超音波振動湧出部は、
板状の形状を有するプレート部を、含み、
前記プレート部は、前記通過領域として、前記プレート部の上面と下面との間を上下方向に貫通する貫通孔が形成されており、
前記回転駆動部が前記微粉体収容容器を前記基準回転方向に回転させた状態で、前記供給ノズル駆動部は、前記プレート部の下面側が前記微粉体表面に接触するように、前記超音波振動湧出部を上下方向に移動させる

ことを特徴とする請求項 8 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項 10] 前記プレート部は、一定以上の剛性を有する金属、セラミックス、又は、樹脂で構成されていることを特徴とする請求項 9 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項 11] 前記プレート部の端部に接続された平滑化壁部を含み、
前記基準回転方向における前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との相対的な位置関係が変化する状態で、前記平滑化壁部は、前記微粉体の表層の前記微粉体表面を平滑化するとともに、前記微粉体表面に位置する前記微粉体が横方向から前記プレート部の上面側に流入す

るのを抑制するようになっている

ことを特徴とする請求項 9 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項12] 前記回転駆動部が前記微粉体収容容器を前記基準回転方向に回転させるとともに前記超音波振動湧出部を超音波振動させた状態で、前記プレート部の上面側に位置する前記微粉体を前記搬送ガスとともに前記供給ノズルの前記粉体吸入口から取り込む

ことを特徴とする請求項 11 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項13] 前記プレート部は、前記平滑化壁部を介して前記超音波振動駆動部に接続されている

ことを特徴とする請求項 12 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項14] 前記超音波振動湧出部は、パイプ状の形状を有するパイプ部を含み、

前記パイプ部は、前記通過領域として、前記パイプ部の上端と下端との間を上下方向に繋がる前記パイプ状の形状の内部が形成されており、

前記パイプ部の下端を前記微粉体表面に接触させるとともに、前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との前記横方向における相対的な位置関係を変化させる状態で、前記超音波振動湧出部を超音波振動させることにより、前記供給ノズルは、前記通過領域として前記パイプ状の形状の内部を介して前記パイプ部の上端から超音波振動湧出部の上面に湧き上がる前記微粉体を、前記搬送ガスとともに前記供給ノズルの前記粉体吸入口から取り込む

ことを特徴とする請求項 2 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項15] 前記超音波振動湧出部は、前記通過領域として上面と下面との間を

貫通する網状の形状を有する網部を含み、

前記網部の下面を前記微粉体表面に接触させるとともに、前記微粉体表面と前記超音波振動湧出部との前記横方向における相対的な位置関係を変化させる状態で、前記超音波振動湧出部を超音波振動させることにより、前記供給ノズルは、前記通過領域として前記網部を介して前記超音波振動湧出部の上面に湧き上がる前記微粉体を、前記搬送ガスとともに前記供給ノズルの前記粉体吸入口から取り込む

ことを特徴とする請求項 2 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項16] 前記微粉体の平均粒径が $3\ \mu\text{m}$ 以下あることを特徴とする請求項 2 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項17] 前記微粉体は、スピネル、酸化チタン、イットリア、タングステンカーバイド、銅、亜鉛、ニッケル、又は、アルミナからなる粉体であることを特徴とする請求項 1 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項18] 前記加湿チャンバーは、
前記搬送ガスを加湿するための液体を収容する水槽と、
前記液体を霧化するための超音波振動機構と、
前記湿度計測センサーと連動して前記筐体内の湿度を制御するための湿度制御機構と、を備える
ことを特徴とする請求項 1 に記載のガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システム。

[請求項19] 前記請求項 17 に記載された前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムと、
前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムの前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置の前記供給ノズルから前記搬送ガスに伴った前記微粉体が供給される前記微粉体使用装置である溶射装置と、を備え、

前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムは、前記供給ノズルの前記粉体吸入口から前記溶射装置までの搬送経路において搬送される前記微粉体の搬送の脈動の発生が抑制されるようにして、前記溶射装置に対して前記微粉体を供給し、

前記溶射装置は、前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムから供給される前記微粉体を用いて、対象物に対して、斑模様の生成を抑制して均一になるように溶射皮膜を成膜する

ことを特徴とする装置。

[請求項20]

搬送ガスを加湿するための加湿チャンバーと、前記加湿チャンバーからの搬送ガスの供給により、前記搬送ガスと微粉体との混合流体を微粉体使用装置へ定量的に供給するガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置と、を備えたガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給システムを用いたガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法であって、

前記ガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給装置は、

前記微粉体を収容する微粉体収容容器と、

前記微粉体収容容器をガス気密的に収容する筐体と、

前記搬送ガスを前記筐体に供給する補給口と、

前記搬送ガスの前記筐体への供給量を調整する流量調節機構と、

前記微粉体及び前記搬送ガスを取り込むための粉体吸入口を有し、前記微粉体収容容器内から前記微粉体を前記搬送ガスに同伴させて前記微粉体使用装置へ供給する供給ノズルと、

前記供給ノズルと前記微粉体収容容器に収容された前記微粉体の表層の微粉体表面との相対位置を検出するための位置検出センサーと、

少なくとも前記供給ノズルの前記粉体吸入口の下方に配置されるときともに、超音波振動することが可能であり、上下方向に前記微粉体が通過することが可能な通過領域を有する超音波振動湧出部と、

前記供給ノズル及び前記超音波振動湧出部を上下方向に移動させる供給ノズル駆動部と、

前記筐体内の湿度を計測するための湿度計測センサーと、を備え、
前記超音波振動湧出部の少なくとも一部が、前記微粉体収容容器に
収容された前記微粉体の表層の前記微粉体表面に接触した状態で、超
音波振動することにより、前記微粉体表面から前記超音波振動湧出部
の前記通過領域を介して前記超音波振動湧出部上に湧き上がる前記微
粉体を、前記搬送ガスとともに前記供給ノズルの前記粉体吸入口から
取り込む

ことを特徴とするガス搬送式超音波湧出微粉体定量供給方法。