

明 細 書

発明の名称： 研磨装置および研磨方法

技術分野

[0001] 本発明は、被加工物の研磨加工を行う研磨装置、および研磨方法に関する。本発明は、小型の被加工物に用いることができるものに関する。

背景技術

[0002] 被加工物の研磨は、エアブラスト装置による加工が広く用いられている。エアブラスト装置は、研磨材をノズルより圧縮空気と共に噴射し、被加工物に衝突させることで、被加工物の表面のバリ取り、面粗度の調整、丸み付け（R付け加工）、表面層の除去等の研磨加工を行う装置である。

[0003] ブラスト加工装置による研磨では、被加工物の大きさに特に制限はないが、近時小型の被加工物を研磨する要望が増えてきている。例えば、被加工物が電子部品の場合、スマートフォン又はタブレット端末の普及により、さらに小型の被加工物の研磨の要求が増えてきている。

[0004] エアブラスト装置による加工は、一度に大量の被加工物を研磨できるので、加工性が良好である。しかし、研磨材を圧縮空気と共に固気二相流として被加工物に吹き付けるため、被加工物のサイズや重量によっては、被加工物が飛散する。小型の被加工物を研磨する装置および研磨方法が特許文献1に開示されている。特許文献1では、図11で示すように、研磨加工の際、汎用的に市販されているタンブラ型ブラスト加工装置のタンブラに被加工物が装入された補助タンブラを装入してブラスト加工をすることで、効率よく研磨加工を行うことが可能となる。しかし、補助タンブラを使用するので、タンブラの容積に対して処理できる被加工物の量が少ない。そのため、さらに生産性の高い研磨装置が求められている。

[0005] また、被加工物が非常に小さい場合や扁平形状の場合や溝がある場合など、被加工物の形状によっては従来知られている研磨方法では良好に研磨できない場合がある。例えば、細い溝を有する被加工物をバレル研磨にて研磨す

る場合、該溝に研磨メディアが入り込みづらいので、良好に研磨することができない。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2002-301664号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 即ち、本技術分野では、エアブラスト装置を用いた加工に替わる新たなプロセスを用いた研磨装置および研磨方法が望まれている。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一側面の研磨装置は、被加工物の表面を研磨する研磨装置であって、研磨材が通過可能な底面部を有すると共に、被加工物を前記底面部上に滞留させる加工容器と、前記加工容器内において前記被加工物を流動させる流動化ユニットと、研磨材を前記加工容器内の前記被加工物に向けて投入する研磨材投入ユニットと、研磨材が前記加工容器を通過する方向に向かう気流を発生させると共に研磨材を吸引して回収する吸引ユニットと、を備えることを特徴とする。

[0009] 吸引ユニットによる吸引力によって、加工容器近傍および加工容器の内部には、吸引ユニットに向かう気流が発生している。加工容器内には複数の被加工物が装入されており、研磨材投入ユニットより加工容器内に装入された被加工物に向かって投入された研磨材は、この気流によって、吸引ユニットに向かう。この研磨材の流れによって被加工物の表面が研磨される。この際、加工容器内に装入している被加工物は、流動化ユニットによって加工容器内で流動することで攪拌される。このため、加工容器内に装入している被加工物の面は任意の方向を向くので、全ての被加工物の表面全体を、均一に研磨することができる。加工容器近傍および加工容器の内部でこのような気流を効率よく発生させるために、吸引ユニットは、加工容器との間に隙間を設

けて配置される吸引部材を備えてもよい。

なお、ここでいう「研磨材の投入」とは、エアブラスト装置のように研磨材を加工容器内にある被加工物に吹き付けるのではなく、単に研磨材を被加工物に投入する意味である。例えば、研磨材投入ユニットが加工容器の上方に配置されている場合は、加工容器に向けて研磨材を自然落下させるだけでもよい。また、研磨材を吸引ユニットで吸引することにより、加工容器内に供給してもよい。さらに、研磨材が周りに飛散しない程度の弱い風力で、研磨材を加工容器に向けて供給してもよい。

[0010] 一形態では、前記流動化ユニットは、前記加工容器を振動させる振動ユニットまたは前記加工容器をその底面部の中心を軸心として回転させる回転ユニットとしてもよい。本形態によれば、簡便な構造で被加工物を効率よく流動化できる。

[0011] 一形態では、前記流動化ユニットは、流動状態を変化させる流動制御ユニットを更に備えてもよい。本形態によれば、被加工物の形状や質量等に合わせ被加工物の流動状態を変更することができる。このため、あらゆる被加工物を研磨することができる。

[0012] 一形態では、前記流動化ユニットは前記回転ユニットであり、前記加工容器は、水平面に対して傾斜するように前記回転ユニットに支持されていてもよい。本形態によれば、被加工物の性状に合わせて加工容器の回転数および傾斜角度を適宜選択することで、被加工物を良好に流動化できる。また、加工容器の傾斜角度は水平面に対して 30° 以上 70° 以下の範囲より選択すると、被加工物をより均一に流動化できる。

[0013] 一形態では、前記加工容器の底面部には、開口部を設けられていてもよい。本形態では、開口部が、吸引ユニットの吸引力によって、研磨材のみを加工容器の底面部を通過させる。すなわち、加工容器内の研磨材のみを選択的に吸引ユニットで吸引することができる。

[0014] 一形態では、前記開口部は網目状に構成されており、当該開口部の目開きを $70\mu\text{m}$ 以上 $1100\mu\text{m}$ 以下の範囲内としてもよい。本形態では、網目

状の開口部は開口率が高いので、加工容器近傍および加工容器内で吸引ユニットに向かう気流を効率よく発生することができる。また、この開口部の目開きを前述の範囲とすることで、被加工物が通過せずに、研磨材を通過させることができる。

[0015] 一形態では、前記吸引ユニットによる吸引時に、前記加工容器の底面部の一部には、研磨材が当該加工容器を通過して前記吸引ユニットに吸引される研磨材吸引部を形成してもよい。加工容器の全面に研磨材吸引部を形成すると、被加工物の流動が阻害される場合がある。研磨材吸引部を加工容器の一部に形成することで、吸引による被加工物の流動が阻害されるのを防ぐことができる。一形態では、被加工物の均一な流動化を促進するために、この研磨材吸引部の面積は底面部の面積の $1/8$ 以上 $1/4$ 以下とすることができる。また、一形態では、研磨材吸引部を通過する吸引速度は、 5 m/sec 以上 100 m/sec 未満にしてもよい。さらに、一形態では、前記研磨材吸引部の中心は、前記加工容器の底面部中心から周縁部下端の方向に対して当該加工容器の回転方向側に所定の角度離れて位置するようにしてもよい。

[0016] また、一形態では、前記加工容器の底面部中心に、研磨材が当該加工容器を通過するための気流の流れを制御する気流制御部材を配置してもよい。加工容器の底面部中心の近傍を吸引すると被加工物の流動が阻害される場合がある。本形態では、気流制御部材を加工容器の底面部中心に配置することで、吸引による被加工物の流動が阻害されるのを防ぐことができる。

[0017] 一形態では、前記研磨材投入ユニットは、研磨材を貯留する貯留タンクと、研磨材を前記被加工物へ向けて投入する研磨材投入口と、前記貯留タンクから供給された研磨材を前記研磨材排出口へ向けて搬送する搬送ユニットと、を備えてもよい。この構成により、研磨材を連続して被加工物に投入することができる。

[0018] 前記搬送ユニットは、回転軸に螺旋状の羽根が設けられた搬送スクリュと、前記搬送スクリュを内包し、先端の下部（前方）に前記研磨材投入口が開口され、後部位の上面（後方）には前記貯留タンクと連結される研磨材供給

口が開口されたトラフと、を備え、前記トラフ内の空間は、前記搬送スクリュ及び前記トラフで形成される空間と、前記搬送スクリュの前方に位置し、前記研磨材投入口を含む空間と、に分割されており、前記搬送スクリュの先端（前方端）と前記研磨材投入口との間には、研磨材が通過できる解砕部を設けた（開口している）規制板を配置してもよい。研磨材投入部は研磨材搬送部より送られた研磨材を押し固めて脱気することができる。この際、研磨材同士は凝固する。凝固した研磨材は、さらに前進を続け、規制板を通過する。規制板に設けられた解砕部を通過する際に解きほぐされ、供給口へ定量で搬送される。このため、搬送ユニット内で気体が混入することによる、研磨材のかさ比重の変動が発生しなくなる。また、搬送ユニットの送りムラによる研磨材の供給精度の低下が発生しなくなる。よって、被加工物に定量で供給できる。

[0019] また、一形態では、被加工物は硬脆材料により形成されていてもよい。上述の研磨装置は、被加工物として鋳造品や鍛造品、切削加工品をはじめとする金属製品、ゴムやプラスチックをはじめとする非金属製品に用いられてもよい。その中でもとりわけ、セラミックスやシリコンやフェライトや結晶材料等、硬くて脆い性質を持つ硬脆材料により形成された被加工物への研磨加工に用いられてもよい。また、硬脆材料で形成された被加工物の場合、例えば積層セラミックスコンデンサーやインダクタの部品のような小型の電子部品として用いられる部品の研磨に用いられてもよい。

[0020] 別の一側面の研磨方法は、被加工物が装入される加工容器と、当該被加工物を流動化させるための流動化ユニットと、研磨材を前記加工容器内の当該被加工物に投入する研磨材投入ユニットと、当該研磨材を吸引して回収する吸引ユニットと、を備える研磨装置を用いた研磨方法が提供される。前記被加工物を前記加工容器に装入する被加工物装入工程と、前記吸引ユニットにより研磨材が前記加工容器を通過する方向に向かう気流を発生する気流発生工程と、前記流動化ユニットにより前記加工容器内に装入した前記被加工物を流動化する流動化工程と、研磨材を前記研磨材投入ユニットから前記加工

容器内の前記被加工物へ向けて投入する研磨材投入工程と、研磨材を前記加工容器内に装入した前記被加工物同士の間を通過させて研磨する研磨工程と、前記吸引ユニットにより研磨材を回収する研磨材回収工程と、を有してもよい。上記方法では、エアブラスト加工装置による加工のように、研磨材を被加工物に吹き付けることがないので、研磨材や被加工物が周囲に飛散することが防止される。なお、上記の研磨方法においては、各工程を順番に実施してもよいし、2つ以上の工程を同時に実施してもよい。

[0021] 別の一側面の研磨方法は、研磨材を通過させ、被加工物をその上に滞留させる底面部、及び被加工物を外部に排出する排出部を有する加工容器と、被加工物を流動化させるための流動化ユニットと、研磨材を加工容器内の当該被加工物に投入する研磨材投入ユニットと、研磨材を吸引して回収する吸引ユニットと、を備える研磨装置を用いる研磨方法であって、被加工物を加工容器に連続的又は断続的に装入する被加工物装入工程と、吸引ユニットにより研磨材が加工容器を通過する方向に向かう気流を発生させる気流発生工程と、流動化ユニットにより加工容器内の被加工物を流動化させると共に、被加工物投入工程において装入された被加工物を排出部に向けて前進させる流動化前進工程と、研磨材を、研磨材投入ユニットから加工容器内の被加工物へ向けて投入する研磨材投入工程と、研磨材を、加工容器内の被加工物同士の間を通過させて被加工物を研磨する研磨工程と、吸引ユニットにより研磨材を回収する研磨材回収工程と、排出部から排出された被加工物を回収する被加工物回収工程と、を有する。なお、上記の研磨方法においては、各工程を順番に実施してもよいし、2つ以上の工程を同時に実施してもよい。

[0022] 一形態では、研磨材が前記加工容器内に装入した前記被加工物同士の間を通過する通過速度は、 5 m/sec 以上 100 m/sec 未満とすることができる。

[0023] 一形態では、前記流動化ユニットは、前記加工容器をその底面部の中心を軸心に回転させる回転ユニットであり、前記流動化工程では、前記回転ユニットによって前記加工容器を臨界回転数の5%以上50%以下で回転させて

もよい。本形態では、研磨時に、被加工物を効率よく流動化することができるので、被加工物毎の仕上がり精度にムラがなく、均一な研磨を実現することができる。

発明の効果

[0024] 本発明の種々の側面及び種々の形態によれば、エアブラスト装置を用いた研磨に替わる新たなプロセスを用いた、小型部品の研磨装置および研磨方法およびこの研磨装置で加工した被加工物を提供できる。これらの側面及び形態では、研磨材を圧縮空気と共に固気二相流として被加工物に向けて噴射することがないので、被加工物が固気二相流により加工容器の外に飛散することがない。よって、被加工物の飛散による製品歩留まりの低下がない。また、研磨材が周囲に飛散することがないので、研磨材の飛散による作業環境の悪化がない。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]第一実施形態の研磨装置の構成を示す模式図である。

[図2]第一実施形態における加工容器の形態を示す説明図である。図2（A）は側面からの断面を示す模式図、図2（B）は図2（A）におけるA－A方向からの矢視を示す模式図、である。

[図3]第一実施形態における加工容器の変更例を示す模式図である。図3（A）は側壁が球形状の一部により形成された場合を示す側面図である。図3（B）は底面部が多角形である場合を示す底面図である。図3（C）は、上端部に鍔部を設けた場合を示す断面図である。

[図4]第一実施形態における加工容器内の被加工物の流れを示す模式図である。

[図5]第一実施形態における研磨材投入ユニットの構成を示す模式図である。

[図6]第一実施形態における研磨材吸引部の位置を説明するための説明図である。

[図7]第二実施形態における研磨装置の構成を示す模式図である。図7（A）は研磨装置の全体を示す模式図、図7（B）は第一錘及び第二錘の位置関係

を説明するための模式図である。

[図8]第二実施形態における加工容器内の被加工物の流れを示す模式図である。図8（A）は平面からの模式図、図8（B）は縦断面における模式図、である。

[図9]第三実施形態における研磨装置の構成を模式的に示す平面図である。

[図10]図9のX-X線に沿った断面図である。

[図11]従来の研磨装置を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0026] 研磨装置の実施形態の一例を、図面を参照して説明する。以下の説明において上下左右方向は特に断りのない限り図中における方向を指す。なお、本発明は本実施形態の構成に限られず、必要に応じて適宜変更することができる。

[0027] （第一実施形態）

本実施形態の研磨装置1は図1に示すように加工容器10と、流動化ユニットと、研磨材投入ユニット30と、吸引ユニット40と、を備えている。本実施形態では、流動化ユニットとして回転ユニット20を備えている。

[0028] 加工容器10は、図2（A）に示すように、壁部11および底面部12を備えている。壁部11は、例えば円筒形状を有しており、底面部12の縁から底面部12に対して交差する方向に延在している。即ち、壁部11は、底面部12上の空間を側方から画成している。底面部12には開口部13が設けられている。開口部13はパンチングメタルのように部分的に開口された構成としてもよいし、網目状のように全体が開口された構成としてもよい。本実施形態では、図2（B）に示すように、底面部12を網目状の部材を用いて開口部13を設けた構成とした。

[0029] 開口部13は、研磨材が通過可能であるが被加工物は通過できない大きさとする必要がある。開口部13の径または開口部13を網目状とした場合の目開きの大きさは、 $70\mu\text{m}$ 以上 $1100\mu\text{m}$ 以下の範囲内としてもよく、 $70\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下の範囲内としてもよい。このように、被加工物

よりも小さく、研磨材の粒径よりも大きな径を有する開口部 13 を底面部 12 に設けることにより、研磨材を通過させると共に、底面部 12 上に被加工物を滞留させることができる。

[0030] 加工容器 10 の形状は、図 2 のように縦断面が四角形でなくてもよい。例えば、図 3 (A) に示すように球形状の一部により構成されてもよい。ここでいう球形状とは、単なる球形状ばかりでなく、楕円体をも含む。また、図 3 (B) に示すように底面部 12 が多角形の平面形状を有する箱形状としてもよい。

[0031] また、被加工物 W が加工容器 10 の外にこぼれ落ちないように、図 3 (C) に示すように上端部に鍔部 14 を設けてもよい。鍔部 14 は、壁部 11 の延在方向よりも加工容器 10 の内側に傾斜するように壁部 11 の上端部から延びている。壁部 11 と鍔部 14 との成す角度は 90 度以上 150 度以下の範囲とすることができ、より詳細には 90 度以上 120 度以下の範囲とすることができ、壁部 11 と鍔部 14 とのなす角度が小さすぎると、壁部 11 と鍔部 14 とで形成される空間に被加工物 W が挟まる恐れがあり、角度が大きすぎると、鍔部 14 を設けた効果が得られない。

[0032] 回転ユニット 20 は、図 1 に示すように、ホルダ 21、モータ 22、および回転伝達部材 23 を備えている。ホルダ 21 は、例えば円筒形状を有しており、加工容器 10 の壁部 11 を外側から同心に囲うように加工容器 10 を固定する。モータ 22 は、当該モータ 22 の駆動によって回転する回転軸を備えている。回転伝達部材 23 は、例えば円筒又は円柱形状をなしており、その中心軸方向とモータ 22 の回転軸方向が一致するよう、モータ 22 の回転軸の先端に固定されている。回転伝達部材 23 としては、ゴム等の摩擦係数の大きな円筒形状の部材を利用し得る。回転伝達部材 23 の外周面はホルダ 21 に接触しており、モータ 22 の回転力をホルダ 21 に伝達する。また、ホルダ 21 は、円形断面の中心に直交する回転軸線 T を中心に回転可能に図示しない架台に支持されている。加工容器 10 をホルダ 21 に固定した後、モータ 22 を作動させると、モータ 22 の回転が回転伝達部材 23 を介し

てホルダ 21 に伝達される。ホルダ 21 は架台に回転可能に支持されているので、ホルダ 21 およびホルダ 21 に固定された加工容器 10 が、回転軸線 T、即ち底面部 12 の中心を軸心に回転する。なお、加工容器 10 を回転させる方法は、上記構成に限定されない。例えば、その他の構成として、ホルダ 21 の外周面に山歯を設け、この山歯に噛合できるギヤをモータ 22 の回転軸に固定してもよいし、ホルダ 21 の外周面およびモータ 22 の回転軸にプーリを固定し、当該プーリ同士をベルトで連結してもよいし、その他公知の構成を適宜用いることができる。

[0033] 一実施形態では、ホルダ 21、即ち加工容器 10 は水平面に対して所定の角度 θ で傾斜するように回転ユニット 20 に支持され得る。これにより、加工容器 10 の回転および重力の作用によって被加工物 W の流動化を促進することができる。具体的には図 4 に示すように、加工容器 10 に装入された被加工物 W は遠心力によって加工容器 10 の壁部 11 に沿って移動するが、所定の位置に到達すると遠心力より重力の影響が大きくなるので、被加工物 W は下方に落下する。一実施形態では、このような流動状態とするに、加工容器 10 の水平面に対する傾斜角度 θ を 30° 以上 70° 以下とすることができる、より詳細には、 40° 以上 60° 以下とすることができる。傾斜角度 θ が小さすぎると重力による流動化の促進の効果が少なく、大きすぎると遠心力に対して重力が大きくなりすぎるので加工容器 10 の回転速度をより速くしなくてはならない。

[0034] また、一実施形態では、加工容器 10 の回転速度は臨界回転数の 5% 以上 50% 以下としてもよく、より詳細には 10% 以上 30% 以下としてもよい。臨界回転数とは、加工容器 10 の回転速度を上昇させていく上で、加工容器 10 に装入された被加工物 W にかかる遠心力が重力を上回り、被加工物 W が加工容器 10 の壁部 11 より落下しなくなる時の回転速度を指す。回転速度が遅すぎる場合は、遠心力に対して重力の影響が大きすぎるので、被加工物 W が加工容器 10 の壁部 11 に沿って十分に移動せず、その結果落下による流動が十分に行われない。回転速度が速すぎる場合は、遠心力に対して重

力が小さすぎるので、加工容器 10 の壁部 11 に押し付けられたまま落下しない被加工物 W が存在することとなり、流動が十分に行われない。

[0035] 被加工物 W は落下する際に底面部 12 の中央付近を通過する。落下により被加工物 W の流動、即ち攪拌が行われているのでこの落下の流れが乱れるのは好ましくない。この地点で後述の吸引力が発生していることで、この落下の流れが乱れて攪拌が阻害される場合は、気流制御部材 50 を設けてもよい。本実施形態では、気流制御部材 50 として円盤状の部材を底面部 12 の裏面に貼り付けることで、加工容器 10 の底面部 12 の中央付近で吸引力が発生しない構成とした。この気流制御部材 50 の径は、底面部 12 の径に対して 10% 以上 40% 以下の範囲とすることができる。

[0036] 研磨材投入ユニット 30 は、図 5 に示すように貯留タンク 31 および搬送ユニット 32 を備えている。搬送ユニット 32 は、両端面が閉止された円筒形状のトラフ 32a と、トラフ 32a に内包された搬送スクリュ 32f と、搬送スクリュ 32f に連結された搬送モータ 32i と、を備えている。搬送スクリュ 32f は、搬送軸 32g および搬送羽根 32h で構成される。搬送羽根 32h は、隣接する羽根同士が所定間隔で並ぶように螺旋状に搬送軸 32g の外周面に固定されている。

トラフ 32a は後部位（同図左側）の上面に研磨材供給口 32b が、先端（同図右側）の下部に研磨材排出口 32e が、それぞれ開口されている。さらにトラフ 32a の内部の空間は、トラフ 32a および搬送スクリュ 32f で形成される研磨材搬送部 32c と、搬送スクリュ 32f の前方に位置し、研磨材排出口 32e を含む研磨材排出部 32d と、に分割されている。

[0037] 貯留タンク 31 は、研磨材を一時的に貯留するための容器であって、下方に向かって同じ横断面形状を持つ直胴部と、前記直胴部の下端に連結し、下方に向かって横断面の面積が縮小する縮小部と、を備える。直胴部の横断面の形状は円形でも多角形でもよい。本実施形態では四角形とした。前記縮小部の下端は搬送ユニット 32 の基部が露出した前記研磨材供給口 32b と連結されている。

[0038] 搬送軸 32 g の後方端はトラフ 32 a の後方端を貫通しており、任意の速度で回転可能な搬送モータ 32 i に連結されている。搬送モータ 32 i を任意の速度で作動することで、搬送スクリュ 32 f が回転する。研磨材供給口 32 b よりトラフ 32 a の内部に装入された研磨材は、搬送スクリュ 32 f の回転によって、図 5 における右方向に一定速度で前進する。即ち、目標とする量の研磨材を一定速度で前進させることができる。

[0039] 研磨材搬送部 32 c を通過した研磨材は、研磨材排出部 32 d に進入してさらに前進を続ける。搬送スクリュ 32 f の先端には規制板 32 j が配置されている。この規制板 32 j は、搬送軸 32 g の先端に固定してもよいし、規制板 32 j の周縁部をトラフ 32 a の内壁に固定してもよい。また、規制板 32 j には、研磨材が通過する解砕部（図示せず）が設けられている。この規制板 32 j によって、研磨材は圧縮されるので、研磨材同士の間の空気が脱気され、かさ比重が高められる。また、規制板 32 j には解砕部が開口されているので、規制板 32 j の前で所定密度に達し、大きな塊となった研磨材は、解砕部を通過する際に解砕され、前進を続ける。そして、研磨材排出口 32 e より研磨材投入ユニット 30 の外部に排出される。以上のように、規制板 32 j の作用により、貯留タンク 31 内の研磨材間の気体の混入によるかさ比重の変動に影響されることなく、また搬送スクリュ 32 f の送り速度のムラに影響されることなく、研磨材を一定量ずつ研磨材排出口 32 e に送ることができる。「解砕部」は、大きな塊となった研磨材が解砕されて通過できれば良く、例えば規制板 32 j の表面に任意の形状の穴を設けてもよいし、規制板 32 j の周縁部に溝を設けてもよい。

[0040] また、解砕部は、搬送軸 32 g 先端に固定された規制板 32 j と、トラフ 32 a の内壁とで形成された隙間としてもよい。規制板 32 j の前で所定密度に達し、大きな塊となった研磨材は、解砕部である前記隙間を通過する際に解砕され、前進を続ける。そして、研磨材排出口 32 e より研磨材投入ユニット 30 の外部に排出される。また、解砕部は、前述した規制板 32 j に設けられた表面の穴や周縁部の溝、および規制板 32 j とトラフ 32 a の内

壁との隙間、を組み合わせ形成してもよい。

[0041] 研磨材排出口 3 2 e より排出された研磨材は、加工容器 1 0 に装入された被加工物 W に向けて落下する。この際、研磨材が飛散せず被加工物 W に向けて落下するよう誘導するために、両端が開口された中空構造の研磨材投入部材 3 3 を研磨材排出口 3 2 e に接続してもよい。

[0042] なお、本実施形態では搬送スクリュ 3 2 f の回転によって研磨材を前進させる構成であるが、これに替えて、例えば前後に架け渡されたベルトの回転により研磨材を前進させる構成でもよいし、振動によって研磨材を前進させる構成でもよい。

[0043] 吸引ユニット 4 0 は、一端面が加工容器 1 0 の底面部 1 2 と隙間を設けるようにして配置される吸引部材 4 1 と、吸引力を発生させる集塵装置 4 2 と、吸引部材 4 1 と集塵装置 4 2 とを連結するホース 4 3 と、で構成される。吸引部材 4 1 は両端が開口され、連続して同じ横断面をもつ円筒形状の整流部 4 1 a と、前記整流部 4 1 a の一端面に連結され、整流部 4 1 a から離れるに従って横断面の面積が縮小する円錐形状の吸引部 4 1 b と、を備える。吸引部 4 1 b の縮径端にはホース 4 3 が接続されており、ホース 4 3 の他端は研磨材を吸引して回収することができる集塵装置 4 2 に接続されている。これにより、吸引部材 4 1 と集塵装置 4 2 とは連結された構成となっている。

[0044] 吸引ユニット 4 0 は、研磨材が加工容器 1 0 の底面部 1 2 を通過する方向、即ち、研磨材投入部材 3 3 から吸引部材 4 1 に向かう気流を発生させる。吸引部材 4 1 の整流部 4 1 a は、吸引する際に発生する気流が外部に向かって逆流することなく、集塵装置 4 2 に向かって流れるように気流を整流する働きを担う。また、吸引部 4 1 b は整流部 4 1 a を通過した気流を効率よく集塵装置 4 2 に流れるよう、気流を加速させる役割を担う。なお、吸引部 4 1 b のみで研磨材を吸引部材 4 1 の外部に飛散させることなく吸引することができれば、整流部 4 1 a を設けなくてもよい。

[0045] 吸引部材 4 1 は、開口端（前記縮径端の他端側）の大きさを加工容器 1 0

の底面部 1 2 より僅かに大きくして底面部 1 2 の全面より吸引できる構成としてもよいし、底面部 1 2 より小さくし、底面部 1 2 の一部より吸引できる構成としてもよい。また、吸引部材 4 1 の開口端を加工容器 1 0 の底面部 1 2 との間に隙間を設けるように配置してもよい。本実施形態では、吸引部材 4 1 の開口端の大きさを加工容器の底面部 1 2 より小さくし、底面部 1 2 の一部より吸引できる構成とし、開口端の対向する位置に研磨材が投入できるように研磨材投入ユニット 3 0 を配置している。なお、ホース 4 3 のみで研磨材を外部に飛散させることなく吸引することができれば、吸引部材 4 1 を設けなくてもよい。

[0046] 集塵装置 4 2 を作動させると、底面部 1 2 における吸引部材 4 1 の開口端に対面する位置には、図 6 に示すように研磨材が底面部 1 2 を通過して吸引部材 4 1 に吸引される研磨材吸引部 B が形成される。即ち、研磨材吸引部 B は、底面部 1 2 において研磨材が通過する領域である。研磨材吸引部 B の面積は加工容器 1 0 の底面部 1 2 の面積の 1 0 % 以上 4 0 % 以下としてもよい。また、一実施形態では、研磨材吸引部 B の面積は、底面部 1 2 の面積の $1/8$ 以上 $1/4$ 以下としてもよい。研磨材吸引部 B の面積が大きすぎると必要以上の被加工物 W が底面部 1 2 に固定されるので被加工物 W の攪拌が不十分となり、小さすぎると研磨材の吸引を十分に行うことができない。なお、図 6 に示す例では、研磨材吸引部 B の形状が円形であるが、研磨材吸引部 B の形状は円形に限定されない。例えば、研磨材吸引部 B の形状を多角形状や底面部 1 2 の縁部に沿った帯状や外周の一部が底面部 1 2 の縁部に沿った扇形状としてもよい。研磨材吸引部 B の形状は、吸引部材 4 1 の開口端の平面形状を変更することによって、所望の形状に変更することができる。

[0047] 一実施形態では、研磨材吸引部 B を通過する吸引速度は 5 m/sec 以上 100 m/sec 未満としてもよいし、 5 m/sec 以上 50 m/sec 未満としてもよいし、 5 m/sec 以上 30 m/sec 未満としてもよい。吸引速度が遅すぎると、研磨材投入ユニット 3 0 から投入された研磨材を吸引ユニット 4 0 に吸引する力が弱いため、研磨材を十分に吸引できない。吸引

速度が速すぎると、加工容器 10 内に装入された被加工物 W が集塵装置 42 による吸引力によって底面部 12 に固定されるので、被加工物 W の流動が阻害される。

[0048] さらに、研磨材が加工容器 10 内に装入した被加工物 W 同士の間を通過する通過速度を 5 m/sec 以上 100 m/sec 未満に調整する必要がある。この通過速度は、 5 m/sec 以上 50 m/sec 未満としてもよく、より詳細には 5 m/sec 以上 30 m/sec 未満としてもよい。通過速度が遅すぎると、研磨材が被加工物 W に衝突・接触する力が弱いため、被加工物 W の研磨を行うことができない。通過速度が速すぎると、研磨材が被加工物 W に衝突・接触する力が強いため、研磨時において被加工物 W にクラックやチッピングが生じやすくなる。通過速度を調整する方法は、研磨材投入ユニット 30 と加工容器 10 との距離を調節することで調整してもよいし、集塵装置 42 の吸引力を調節することで調整してもよい。

[0049] そして、研磨材吸引部 B の位置は、図 6 における「×」印で示すように、加工容器 10 の底面部 12 における周縁部下端方向（同図における下端方向への仮想線、即ち底面部 12 の中心から底面部 12 の傾斜する方向に沿って延びる仮想線 L）に対して当該加工容器 10 の回転方向側に所定の角度 α だけ離れた場所に研磨材吸引部 B の中心が位置するように設定してもよい。加工容器 10 が回転すると、被加工物 W は同図の点線で示すようにこの回転に従動して回転方向に移動するからである。角度 α は 0° 超過 45° 以下より選択してもよい。角度 α が大きすぎると効率よく被加工物 W の攪拌を行うことができない。

[0050] 研磨材吸引部 B を加工容器 10 の底面部 12 の一部にのみ形成する他の形態として、底面部 12 の裏面側にスリット等の開口部を設けた板材を底面部 12 と隙間を設けて配置した構成としてもよい。この場合、吸引部材 41 の開口端の大きさを加工容器 10 の底面部 12 より僅かに大きくした構成とすることができる。この構成によって、加工容器 10 の全面より吸引することができるので、研磨材の飛散をより防ぐことができる。その結果、作業環境

の悪化をより減少することができる。

[0051] 集塵装置42を作動させると、ホース43を介して吸引部材41の内部が吸引されるので、加工容器10を通過した研磨材が吸引部材41に向かって吸引される。その際、吸引部材41の開口端近傍では、外側から内側に向かう気流が発生しているので、加工容器10を通過した研磨材が吸引部材41の外側に飛散することがない。しかし、加工容器10と吸引部材41の開口端との間の隙間が小さすぎると、外気を十分に吸引できないので吸引部材41の外から内側に向かう気流が発生しない。また、前記隙間が大きすぎると、圧力損失により吸引部材41の外から内側に向かう気流が発生しない。従って、前記隙間が大きすぎても小さすぎても加工容器10を通過した研磨材が吸引部材41の外側に飛散する恐れがある。加工容器10が吸引部材41に最も接近した時の加工容器10と吸引部材41との隙間は1mm以上25mm以下の範囲としてもよく、より詳細には5mm以上15mm以下としてもよい。

[0052] 集塵装置42にて回収された研磨材には、再度利用が可能な研磨材の他に、被加工物Wとの接触により割れや欠けが発生して小さくなった研磨材や被加工物Wの研磨屑、といった微粒子も含まれる。研磨材と微粒子から再度利用可能な研磨材を回収するために、さらに分級ユニットを設けてもよい。分級ユニットにより再度利用が可能な研磨材と微粒子とに分別され、再度利用が可能な研磨材は貯留タンク31に戻すことができる。分級ユニットは、吸引部材41から集塵装置42に向かう経路の途中に設けてもよいし、別経路で設けてもよい。分級ユニットは、気流分級装置や、篩等、公知の装置を含むことができる。

[0053] 加工容器10内の被加工物Wの流動状態を制御する（変化させる）ための流動制御ユニット（図示せず）を更に用いてもよい。流動制御ユニットとして例えば、加工容器10の傾斜角度 θ を任意に変更するためのユニットや、モータ22の回転速度を任意に変更するユニットが挙げられる。研磨の進行に併せて、当該角度や当該速度を変更することで被加工物Wの流動状態を変

更できる。これにより、あらゆる被加工物Wの性状等に合った条件で、流動することができる。さらに、被加工物Wがチップングやクラックを発生しやすいものの場合、流動開始時における被加工物Wのチップングやクラックを防ぐことができる。

[0054] 次に、本実施形態の研磨装置による研磨方法の一例を、添付図面を参照して説明する。ここでは、被加工物WとしてSiCとAl₂O₃との混合物で構成されるセラミックス（寸法；0.5mm×0.5mm×1.0mm）の角部の丸み付けを施す際の研磨方法について説明する。

[0055] （工程1：準備工程）

予め、図1で示す貯留タンク31に研磨材を装入しておく。この際装入する研磨材の大きさは、加工容器10の開口部13の径、若しくは開口部13が網目状の場合、目開きよりも小さい。研磨時に、加工容器10に備えられている開口部13から研磨材が通過可能にするためである。また、研磨装置1の任意の位置に備えられており、モータ22と、搬送モータ32iと、集塵装置42と、を制御する制御部（図示せず）に研磨条件を入力しておく。なお、ここでいう「研磨条件」とは、研磨時間、モータ22の運転条件、研磨材の投入速度（単位時間当たりの投入量）、運転パターン、等のことをいう。

[0056] 研磨材は、金属または非金属のショットやグリッドやカットワイヤ、セラミックス系粒子、植物系粒子、樹脂系粒子、等の各種粒子より、被加工物の材質や形状、および加工目的に合わせて適宜選択できる。例えば、被加工物に大きな丸み付けを行ったり強固なバリを除去したりする場合は高硬度の粒子であるアルミナ系粒子、炭化珪素系粒子、ジルコニア系粒子、等を選択することができる。また、研磨に由来する異物を被加工物に付着させたくない場合は、被加工物と同等の材質の粒子を研磨材としてもよい。この場合、例えば磁性材料で形成される電子部品の研磨を行う場合、研磨材として被加工物と同等の材質の磁性材料を用いることで、研磨後の被加工物の表面に異物が付着することがない。これにより、異物による電子部品の性能の低下を防

ることができる。

研磨材の形状は球形、円柱形状、直方体、異方形状、等特に限定されず、被加工物の材質や形状、および研磨目的に合わせて適宜選択できる。

研磨材の粒子径も同様に、被加工物の材質や形状、および研磨目的に合わせて適宜選択できる。例えば、セラミックス系粒子を研磨材とした場合、JIS (Japanese Industrial Standards) B6001で規定される粒度がF220または#240以上#1000以下の範囲より適宜選択することができる。

本実施形態の研磨材は、粒度が#800である、異方形状のアルミナ系の粒子を用いた。

[0057] (工程2：被加工物装入工程)

次に、被加工物Wを加工容器10内に装入する。その後、加工容器10を、ボルト等でホルダ21に固定する。

[0058] (工程3：気流発生工程)

次に、制御部に備えられている作動スイッチ（図示せず）を入れると、集塵装置42が作動し、研磨材吸引部B近傍において吸引部材41に向かって吸引する気流が発生する。ここで、集塵装置42は研磨材が加工容器10内に装入した被加工物W同士を通過する通過速度を前述範囲内となるよう、集塵装置42による吸引力を調整し得る。併せて、加工容器10と研磨材投入ユニット30との距離を調整し得る。

[0059] (工程4：流動化工程)

また、モータ22が作動しホルダ21、即ち加工容器10が回転することで、加工容器10内の被加工物Wが図4に示すように流動し、攪拌される。ここで、加工容器10の回転速度は前述したように、臨界回転数の5%以上50%以下とすることができ、より詳細には10%以上30%以下とすることができる。

[0060] (工程5：研磨材投入工程)

次いで、研磨材投入ユニット30の搬送モータ32iが作動し、研磨材が

一定速度で、研磨材排出口 3 2 e から加工容器 1 0 内に装入した被加工物 W に向けて投入（落下）する。

[0061] （工程 6：研磨工程）

加工容器 1 0 内では、流動している被加工物 W 同士の隙間にも吸引部材 4 1 に向かって吸引する気流が発生している。加工容器 1 0 に向かって投入された研磨材は、この気流により被加工物 W 同士の隙間を通過し、吸引部材 4 1 に向かう。この際、研磨材と被加工物 W とが擦れあうため、被加工物 W が研磨される。また、被加工物 W は加工容器 1 0 内を図 4 のように流動しているため、全ての被加工物 W 毎の仕上がり精度にムラがなく、いずれの被加工物 W も均一に研磨することができる。本実施形態の研磨装置は、エアブラスト装置のように、研磨材を圧縮空気と共に固気二相流として被加工物 W に吹き付けないため、被加工物 W が小型軽量であっても、加工容器から飛散することなく研磨することができる。

[0062] （工程 7：研磨材回収工程）

加工容器 1 0 を通過した研磨材は、集塵装置 4 2 に向かって吸引する気流により、吸引部材 4 1 に向かう。加工容器 1 0 と吸引部材 4 1 との間には小さな隙間が形成されているので、外気を吸引して吸引部材 4 1 の外から内側に向かう気流が発生する。そのため、加工容器 1 0 を通過した研磨材は外部に飛散することなく、全て吸引部材 4 1 に向かう。

[0063] 吸引部材 4 1 内の研磨材は、ホース 4 3 を通り、集塵装置 4 2 に回収される。

[0064] 以上の工程で、被加工物 W を研磨することができる。

[0065] 制御部に入力した研磨時間が完了したら、自動で研磨材投入ユニット 3 0 が停止し、研磨材の投入が停止する。この時、モータ 2 2 および集塵装置 4 2 は作動を継続しているので、加工容器 1 0 内に残留している研磨材が集塵装置 4 2 に回収される。所定時間が経過した後、モータ 2 2 が停止し、次いで、集塵装置 4 2 が停止する。

[0066] 加工容器 1 0 を、ホルダ 2 1 から取り外し、被加工物 W を回収して研磨が

完了する。

[0067] 以上の研磨方法を用いることで、被加工物Wの丸み付け（R付け加工）を施すことができた。

[0068] 次に、第一実施形態の研磨装置を用いて、被加工物を研磨した結果について説明する。ここでは、被加工物の角部の丸み付けを目的に研磨を行い、流動化（流動状態）の評価と、研磨後の被加工物の評価と、研磨後の環境の評価を行った。

[0069] （流動化の評価）

まず、流動化の評価について記載する。被加工物Wは、SiCとAl₂O₃との混合物で構成されるセラミックスの生材（焼結前の物）とした。この被加工物Wの寸法は、0.5mm×0.5mm×1.0mmとした。この被加工物Wの半数を、油性塗料で黒色に塗装した。

[0070] 次に、加工容器10の容積の1／5程度となるように、被加工物Wを加工容器10に装入する。被加工物Wは未塗装品と塗装品が1：1となるように装入した。

[0071] 次いで、集塵装置42を作動させた後、加工容器10を30分回転させて被加工物Wを流動化させる。なお、この流動化（攪拌）の条件は、表1の通りとした。表1における各評価条件は、下記の内容を示す。

傾斜角度（deg.）；加工容器10の水平面に対する傾斜角度 θ

回転数（%）；加工容器10の回転数／臨界回転数×100

面積；研磨材吸引部Bの面積／加工容器10の底面部12の面積

吸引速度（mm／s）；研磨材吸引部Bにおける吸引の風速

位置（deg.）；底面部12中心から底面部12の周縁部下端に向けた仮想線を基準とし、当該仮想線から加工容器10の回転方向への位相角度 α

気流制御部材50の有無；加工容器10の底面部12裏面に、当該底面部の径の1／3の気流制御部材50を配置したか否か

[0072] 30分経過後、加工容器10および集塵装置42の作動を停止する。作動が停止した後、前述の位相角度が 0° 、 -10° 、 10° の位置で被加工物Wをそれぞれ100個ずつ採取し、未塗装品個数を数えた。この作業を3回行い、この3箇所×3回の平均値を算出することで、被加工物Wの流動状態を評価した。評価基準は以下の通りである。

◎・・・未塗装品の個数が45～55個

○・・・未塗装品の個数が40～44個または56～60個

△・・・未塗装品の個数が30～39個または61～70個

×・・・未塗装品の個数が29個以下または71個以上

[0073] [表1]

	評価条件						流動化の 評価
	傾斜角度 (deg.)	回転数 (%)	吸引部			制御部材 の有無	
			吸引速度 (m/s)	面積	位置 (deg.)		
実施例1- 1	20	65	15	1/5	45	なし	△
実施例1- 2	40	65	15	1/5	45	なし	○
実施例1- 3	50	65	15	1/5	45	なし	○
実施例1- 4	60	65	15	1/5	45	なし	○
実施例1- 5	45	50	15	1/5	45	なし	△
実施例1- 6	45	60	15	1/5	45	なし	○
実施例1- 7	45	70	15	1/5	45	なし	○
実施例1- 8	45	80	15	1/5	45	なし	○
実施例1- 9	45	65	5	1/5	45	なし	○
実施例1- 10	45	65	10	1/5	45	なし	○
実施例1- 11	45	65	30	1/5	45	なし	○
実施例1- 12	45	65	50	1/5	45	なし	△
実施例1- 13	45	65	100	1/5	45	なし	△
実施例1- 14	20	50	15	1/8	45	なし	△
実施例1- 15	20	50	15	1/6	45	なし	○
実施例1- 16	20	50	15	1/4	45	なし	○
実施例1- 17	20	50	15	1/5	10	なし	△
実施例1- 18	20	50	15	1/5	40	なし	○
実施例1- 19	20	50	15	1/5	50	なし	○
実施例1- 20	20	50	15	1/5	60	なし	△
実施例1- 21	45	65	15	1/5	45	あり	◎

[0074] 流動化の評価を表1にまとめた。実施例1-1～実施例1-20では、気流制御部材50を配置せずに被加工物Wの攪拌をおこなった。その結果、いずれの条件においても評価は「△」または「○」であった。「△」の評価は、実際に研磨を行う際には、ムラが生じることが実製品として問題が生じることがないレベルであり、実用上問題がない評価であることを、実験で確認している。またその他の条件を最適化することで「○」評価になるレベルで

ある。よって、表 1 の条件で被加工物 W を良好に攪拌できることが確認された。なお、実施例 1 - 4 は定性評価では「○」評価であったが、定量評価では実施例 1 - 3 に比べ若干劣っていた。同様に、実施例 1 - 9 は実施例 1 - 10 に比べて定量評価では若干劣っていた。

また、加工容器 10 の底面部 12 裏面に気流制御部材 50 を配置した場合（実施例 1 - 20）、評価は「◎」となっており、より均等に攪拌できていることが確認された。

[0075] （研磨後の被加工物の評価、研磨後の環境の評価）

次に、研磨後の被加工物の評価及び研磨後の環境の評価について記載する。アルミナ質の砥粒（WA # 800；新東工業株式会社製）を、研磨材投入ユニット 30 より 20 g / 分の投入速度で投入して被加工物を研磨時間 30 分で研磨した結果について説明する。本実施評価では、6 種類の被加工物で評価を行った。以下に被加工物の詳細を示す。

被加工物 A；SiC と Al_2O_3 との混合物で構成されるセラミックスの生材（寸法；0.5 mm × 0.5 mm × 1.0 mm）

被加工物 B；SiC と Al_2O_3 との混合物で構成されるセラミックスの生材（寸法；0.15 mm × 0.15 mm × 0.20 mm）

被加工物 C；SiC と Al_2O_3 との混合物で構成されるセラミックスの生材（寸法；1.0 mm × 1.0 mm × 1.5 mm）

被加工物 D；フェライト（寸法；0.5 mm × 0.5 mm × 1.0 mm）

被加工物 E；ガラス（寸法；0.5 mm × 0.5 mm × 1.0 mm）

被加工物 F；銅（寸法；0.5 mm × 0.5 mm × 1.0 mm）

[0076] 加工容器 10 の容積の 1 / 5 程度となるように、被加工物を加工容器 10 に装入する。そして、集塵装置 42 を作動させた後、加工容器 10 を 30 分回転させて被加工物を流動化させる。なお、この流動化（攪拌）の条件は、表 2 の通りとした。表 2 における各評価条件について、傾斜角度・回転数・面積・位置・気流制御部材の有無は、流動化の評価にて記載した評価条件の内容と同様である。流動化の評価と異なる評価条件である、通過速度につい

て以下に記載する。

通過速度（mm/s）；研磨材が加工容器10内に装入した被加工物同士の間を通過する速度。

通過速度は、流速計測システム（株式会社フローテック・リサーチ；PIVシステム）にて研磨材の流体速度を測定することで評価した。具体的には、研磨材投入ユニット30から投入された研磨材が、被加工物Wに接触する直前の部分の速度を測定し、この値を通過速度とした。

[0077] 次に、アルミナ質の砥粒（WA#800；新東工業株式会社製）を貯留タンク31に装入し、当該研磨材の投入速度を20g/minで装入するように搬送モータ32iを作動した。加工容器10および集塵装置42を作動させて、30分間研磨を行った。

[0078] 研磨後の被加工物について評価を行った。具体的には、「加工精度」「表面状態」「研磨材の残留」の評価を行った。それぞれの評価方法および評価基準は以下の通りである。

<加工精度>

それぞれの条件で研磨を行った被加工物を10個ずつ採取し、マイクロスコープ（キーエンス製VHX-2000）にて観察を行い、角部の丸み付け加工を評価した。加工精度の評価基準は以下の通りである。

○・・・全ての被加工物において、丸み付け加工が行われている。

△・・・丸み付け加工が行われていない被加工物が1個～3個ある。

×・・・丸み付け加工が行われていない被加工物が4個以上ある。

<表面状態>

それぞれの条件で研磨を行った被加工物Wを、それぞれ10個ずつ採取し、マイクロスコープ（キーエンス製VHX-2000）にて観察を行い、被加工物の表面状態（クラック・チッピング・傷の有無）を評価した。表面状態の評価基準は以下の通りである。

○・・・全ての被加工物において、クラック又はチッピングが観察されない。

△・・・クラック又はチッピングが存在する被加工物が1個～3個ある。

×・・・クラック又はチッピングが存在する被加工物が4個以上ある。

<研磨材の残留>

それぞれの条件で研磨を行った研磨後の被加工物について、超音波振動篩を用いて、研磨後の被加工物と被加工物に付着していた付着物を篩分けにより分別する。篩分けに用いる篩の目開き（メッシュ径）は研磨後の被加工物を通さず付着物のみを通すように設定している。その後、付着物除去後の被加工物と付着物の重量をそれぞれ測定する。そして、研磨材の残留率を「（付着物の重量）／（付着物除去後の被加工物の重量）×100（%）」で算出して、研磨材の残留を評価した。「研磨材の残留」の評価基準は以下の通りである。

○・・・研磨材の残留率が1%未満である。

△・・・研磨材の残留率が1%以上3%未満である。

×・・・研磨材の残留率が3%以上である。

[0079] あわせて、研磨後の環境について評価を行った。具体的には、「研磨材の飛散」の評価を行った。評価方法および評価基準は以下の通りである。

<研磨材の飛散>

それぞれの条件で研磨を行った後、研磨が終了した研磨装置1周辺について、研磨工程の際に飛散した研磨材の程度を調査するために「研磨材の飛散」の評価を行った。「研磨材の飛散」の評価基準は以下の通りである。

○・・・研磨を行った後、目視で加工容器10の外に研磨材が観察されない。

×・・・研磨を行った後、目視で加工容器10の外に研磨材が観察される。

[0080]

[表2]

	被加工物の種類	評価条件					被加工物の評価			
		傾斜角度 (deg.)	回転数 (%)	吸引部			制御部材 の有無	加工精度	表面状態	研磨材の 残留
				通過速度 (m/s)	面積	位置 (deg.)				
実施例2-1	被加工物A	20	65	15	1/5	45	なし	△	○	○
実施例2-2	被加工物A	40	65	15	1/5	45	なし	○	○	○
実施例2-3	被加工物A	50	65	15	1/5	45	なし	○	○	○
実施例2-4	被加工物A	60	65	15	1/5	45	なし	△	△	○
実施例2-5	被加工物A	45	50	15	1/5	45	なし	△	○	○
実施例2-6	被加工物A	45	60	15	1/5	45	なし	○	○	○
実施例2-7	被加工物A	45	70	15	1/5	45	なし	○	○	○
実施例2-8	被加工物A	45	80	15	1/5	45	なし	○	△	○
実施例2-9	被加工物A	45	65	5	1/5	45	なし	△	○	○
実施例2-10	被加工物A	45	65	10	1/5	45	なし	○	○	○
実施例2-11	被加工物A	45	65	30	1/5	45	なし	○	○	○
実施例2-12	被加工物A	45	65	50	1/5	45	なし	○	△	○
実施例2-13	被加工物A	45	65	100	1/5	45	なし	○	△	○
実施例2-14	被加工物A	20	50	15	1/8	45	なし	△	○	○
実施例2-15	被加工物A	20	50	15	1/6	45	なし	○	○	○
実施例2-16	被加工物A	20	50	15	1/4	45	なし	△	○	○
実施例2-17	被加工物A	20	50	15	1/5	10	なし	△	○	○
実施例2-18	被加工物A	20	50	15	1/5	40	なし	○	○	○
実施例2-19	被加工物A	20	50	15	1/5	50	なし	○	○	○
実施例2-20	被加工物A	20	50	15	1/5	60	なし	△	○	○
実施例2-21	被加工物A	45	65	15	1/5	45	あり	○	○	○
実施例2-22	被加工物B	45	65	15	1/5	45	あり	○	○	○
実施例2-23	被加工物C	45	65	15	1/5	45	あり	○	○	○
実施例2-24	被加工物D	45	65	15	1/5	45	あり	○	○	○
実施例2-25	被加工物E	45	65	15	1/5	45	あり	○	○	○
実施例2-26	被加工物F	45	65	15	1/5	45	あり	○	○	○

[0081] 研磨後の被加工物の評価および研磨後の環境の評価について表 2 にまとめた。実施例 2-1 ～実施例 2-21 では、被加工物 A の研磨を行った。その結果、いずれの条件においても評価は「△」または「○」であった。「△」と評価した被加工物の品質は、製品として問題がない程度の品質である。また、その他の条件を最適化することで「○」評価になる程度の品質である。実施例毎に、加工精度・表面状態・研磨材の残留についての結果に差が生じていることが確認できる。しかし、結果に差が生じているものの、被加工物の品質は実施例 2-1 ～実施例 2-21 のいずれの条件でも問題がない。よって、被加工物 A は表 2 の実施例において、いずれも良好に研磨できることを確認できた。

[0082] さらに、実施例 2-22 と実施例 2-23 では、被加工物の寸法を変えて、実施例 2-21 と同様の評価条件で被加工物の評価を行った。この評価の結果、被加工物の寸法の大小関係なく、良好に研磨できることを確認できた。そして、実施例 2-24 ～実施例 2-26 では、被加工物の材質を変えて、実施例 2-21 と同等の評価条件で被加工物の評価を行った。この評価の結果、フェライト・ガラス・金属（銅）のいずれの材質についても、良好に研磨できることを確認できた。

[0083] また、実施例 2-1 ～実施例 2-26 において、研磨材の飛散についての評価を、被加工物の評価と併せて行った。目立った研磨材の飛散は確認できなかったため、研磨材投入ユニット 30 から投入された研磨材はいずれの実施例についても、加工容器 10 内の被加工物の研磨を行った後、加工容器 10 の外に飛散することなく、集塵装置 42 に回収されていることが確認できた。

[0084] （第二実施形態）

次に別の形態の研磨装置の一例として、流動化ユニットとして振動ユニットを備える研磨装置を第二実施形態として説明する。なお、以下の説明では第一実施形態との変更点のみ説明する。

[0085] 本実施形態の研磨装置 101 は図 7（A）に示すように加工容器 110 と

、流動化ユニットである振動ユニット１２０と、研磨材投入ユニット１３０と、吸引ユニット１４０と、を備えている。

[0086] 加工容器１１０は、第一実施形態で説明した加工容器１０と同様の構成のものを採用している。

[0087] 振動ユニット１２０は、加工容器１１０が保持されるホルダ１２１と、振動力発生ユニット１２２と、架台１２３と、で構成される。ホルダ１２１は底面が閉止され、かつ底部に鏝部が設けられた円筒形状である。底部には後述の吸引部材１４１が装入できる開口部が設けられている。

[0088] 振動力発生ユニット１２２は、ホルダ１２１の底部中央に回転自在に保持された回転軸１２２ａと、回転軸１２２ａに保持された第一錘１２２ｂ及び第二錘１２２ｃと、架台１２３に固定されたモータ１２２ｄと、モータ１２２ｄの回転を回転軸１２２ａに伝達する回転伝達部材１２２ｅと、ホルダ１２１を架台１２３に振動可能に連結する連結部材１２２ｆと、で構成される。

[0089] 第一錘１２２ｂおよび第二錘１２２ｃは、矩形または扇形の部材であり、一端側近傍に回転軸１２２ａが嵌合できる開口が形成されており、当該開口に回転軸１２２ａが挿入された状態でボルト等により固定されている。第一錘１２２ｂおよび第二錘１２２ｃにより回転軸１２２ａが偏心するので、回転軸１２２ａが回転する際、ホルダ１２１即ち加工容器１１０に振動が付与される。この際、図７（Ｂ）に示す第一錘１２２ｂに対する第二錘１２２ｃの位相差 β を調整することで被加工物Ｗの流動状態を調整することができる。振動ユニット１２０により被加工物Ｗを流動化すると、図８に示すように円周方向に向かう流れＹと、円周に沿って移動する流れＸと、垂直方向に移動する流れＺと、が組み合わされた流れとなる。位相差 β が小さいと、円周方向に向かう流れＹは直線的に円周方向に向かう。位相差 β が大きすぎると、円周方向に向かう流れＹは底部中央に向かう流れとなる。被加工物をより均一に攪拌するために、例えば位相差 β を 30° 以上 75° 以下、望ましくは 45° 以上 60° 以下とすることができる。

- [0090] 回転伝達部材 1 2 2 e は、回転軸 1 2 2 a 及びモータ 1 2 2 d の回転軸にそれぞれ固定されたプーリと、当該プーリ同士に架け渡されたベルトと、で構成される。この構成により、モータ 1 2 2 d の回転を回転軸 1 2 2 a に伝達することができる。
- [0091] 振動力発生ユニット 1 2 2 が連結されたホルダ 1 2 1 は、連結部材 1 2 2 f を介して架台 1 2 3 の上方に連結される。連結部材 1 2 2 f はホルダ 1 2 1 を振動可能に連結できればよく、例えばバネやゴム等を用いることができる。本実施形態ではバネを用いている。ホルダ 1 2 1 の鐳部および架台 1 2 3 のそれぞれ対向する位置にバネの一端を固定できる突起を等間隔に複数個（本実施形態では 8 個）設け、当該バネによりホルダ 1 2 1 が架台 1 2 3 に振動可能に連結されている。
- [0092] なお、図 8 における垂直方向に移動する流れ Z 方向の流れを促進するために、攪拌促進部材（図示せず）を加工容器 1 1 0 の底面部 1 1 2 とホルダ 1 2 1 との間に装入してもよい。例えば、攪拌促進部材としてゴムで構成された球体を複数個装入することで、ホルダ 1 2 1 が振動する際に、加工容器 1 1 0 の底面部 1 1 2 の裏面を攪拌促進部材が叩きつけることで、垂直方向に移動する流れ Z 方向の流れが促進される。
- [0093] 研磨材投入ユニット 1 3 0 は、第一実施形態で説明した研磨材投入ユニット 3 0 と同様の構成のものを用いている。
- [0094] 吸引ユニット 1 4 0 は、一端面が加工容器 1 1 0 の底面部 1 1 2 と隙間を設けるようにして配置される吸引部材 1 4 1 と、吸引力を発生させる集塵装置 1 4 2 と、吸引部材 1 4 1 と集塵装置 1 4 2 とを連結するホース 1 4 3 と、で構成される。吸引部材 1 4 1 は両端が開口され、連続して同じ横断面をもつ円筒形状の整流部 1 4 1 a と、前記整流部 1 4 1 a の一端面に連結され、整流部 1 4 1 a から離れるに従って横断面の面積が縮小する円錐形状の吸引部 1 4 1 b と、を備える。吸引部 1 4 1 b の縮径端にはホース 1 4 3 が接続されており、ホース 1 4 3 の他端は研磨材を吸引して回収することができる集塵装置 1 4 2 に接続されている。これにより、吸引部材 1 4 1 と集塵装

置 1 4 2 とは連結された構成となっている。

[0095] 吸引部材 1 4 1 の整流部 1 4 1 a は、吸引する際に発生する気流を整流部 1 4 1 a の開口端に向かって逆流することなく、集塵装置 1 4 2 に向かって流れるように気流を整流する働きを担う。また、吸引部 1 4 1 b は整流部 1 4 1 a を通過した気流を効率よく集塵装置 1 4 2 に流れるよう、気流を加速させる役割を担う。なお、吸引部 1 4 1 b のみで研磨材を吸引部材 1 4 1 の外部に飛散させることなく吸引することができれば、整流部 1 4 1 a を設けなくてもよい。

[0096] 吸引部材 1 4 1 は、開口端（前記縮径端の他端側）の大きさを加工容器 1 1 0 の底面部 1 1 2 より僅かに大きくして底面部 1 1 2 の全面より吸引できる構成としてもよいし、底面部 1 1 2 より小さくし、底面部 1 1 2 の一部より吸引できる構成としてもよい。また、吸引部材 1 4 1 の開口端を加工容器 1 1 0 の底面部 1 1 2 との間に隙間を設けるように配置することができる。本実施形態では、開口端の大きさを加工容器の底面部 1 1 2 より小さくし、底面部 1 1 2 の一部より吸引できる構成とし、開口端の対向する位置に研磨材が投入できるように研磨材投入ユニット 1 3 0 を配置している。なお、ホース 1 4 3 のみで研磨材を外部に飛散させることなく吸引することができれば、吸引部材 1 4 1 を設けなくてもよい。

[0097] 集塵装置 1 4 2 を作動させると、底面部 1 1 2 の吸引部材 1 4 1 の開口端に対向する位置では、研磨材が通過して吸引される研磨材吸引部 B が形成される。研磨材吸引部 B の大きさは加工容器 1 1 0 の底面部 1 1 2 の面積の 1 0 % 以上 4 0 % 以下とすることができる。研磨材吸引部 B の面積が、大きすぎると必要以上の被加工物 W が底面部 1 2 に固定されるので被加工物 W の攪拌が不十分となり、小さすぎると研磨材の吸引を十分に行うことができない。

[0098] 集塵装置 1 4 2 を作動させると、吸引部材 1 4 1 から集塵装置 1 4 2 に向かう気流が発生するので、加工容器 1 1 0 を通過した研磨材が吸引部材 1 4 1 に向かって吸引される。その際、吸引部材 1 4 1 の開口端近傍では、外側

から内側に向かう気流が発生しているので、加工容器 110 を通過した研磨材が吸引部材 141 の外側に飛散することが防止される。しかし、加工容器 110 と吸引部材 141 の開口端との間の隙間が小さすぎると、外気を十分に吸引できないので吸引部材 141 の外から内側に向かう気流が発生しない。また、前記隙間が大きすぎると、圧力損失により吸引部材 141 の外から内側に向かう気流が発生しない。従って、前記隙間が大きすぎても小さすぎても加工容器 110 を通過した研磨材が吸引部材 141 の外側に飛散する恐れがある。加工容器 110 が吸引部材 141 に最も接近した時の加工容器 110 と吸引部材 141 との隙間は 1 mm 以上 25 mm 以下の範囲とすることができ、より詳細には 5 mm 以上 15 mm 以下とすることができる。

[0099] 集塵装置 142 にて回収された研磨材には、再度利用が可能な研磨材の他に、被加工物 W との接触により割れや欠けが発生して小さくなった研磨材や被加工物 W の研磨屑、といった微粒子も含まれる。研磨材と微粒子から再度利用可能な研磨材を回収するために、さらに分級ユニットを設けてもよい。分級ユニットにより再度利用が可能な研磨材と微粒子とに分別され、再度利用が可能な研磨材は貯留タンク 131 に戻すことができる。分級ユニットは、吸引部材 141 から集塵装置 142 に向かう経路の途中に設けてもよいし、別経路で設けてもよい。分級ユニットは、気流分級装置や、篩等、公知の装置を含むことができる。

[0100] 加工容器 110 内の被加工物 W の流動状態を制御するための流動制御ユニット（図示せず）を更に用いてもよい。流動制御ユニットとして例えば、モータ 122 d の回転速度を任意に変更するユニットが挙げられる。研磨の進行に併せて、当該角度や当該速度を変更することで被加工物 W の流動状態を変更できる。これにより、あらゆる被加工物 W の性状等に合った条件で、流動することができる。さらに、被加工物 W がチップングやクラックが発生しやすいものの場合、流動開始時における被加工物 W のチップングやクラックを防ぐことができる。

[0101] (第三実施形態)

次に、第三実施形態に係る研磨装置及び研磨方法について説明する。本実施形態に係る研磨装置及び研磨方法は、被加工物を連続して研磨する。なお、以下の説明では主に第一実施形態の研磨装置および研磨方法に対する変更点について説明する。

[0102] 第三実施形態に係る研磨装置201を図9及び図10に示す。図9は研磨装置201の平面図であり、図10は図9に示す研磨装置201のX-X線に沿った断面図である。なお、以下の説明では、加工容器210の幅方向をx方向、加工容器210の長さ方向をy方向、x方向及びy方向に直交する方向をz方向と記述している。研磨装置201は、加工容器210、振動前進ユニット220、連結部材222、及び架台223を備えている。

[0103] 加工容器210は、図9に示すように、平面形状がx方向よりもy方向において長尺な略長方形をなす、略箱形状を有している。加工容器210は、底面部212及び壁部211を有している。図9に示す例では、底面部212は、網目状に配置されたワイヤを含んでおり、ワイヤで囲まれた領域が開口部213を構成している。この開口部213の幅は、研磨材の粒径よりも大きく、被加工物Wの幅よりも小さく構成されている。これにより、底面部212は、研磨材を通過させ、被加工物をその上に滞留させることができる。壁部211は、底面部212の縁部に沿って立設されており、底面部212上の空間を側方から画成している。加工容器210のy方向側の一端側（図9の右側縁部）には、壁部211が設けられていない排出部214が形成されている。排出部214は、加工容器210内の被加工物Wを外部に排出するために利用される。

[0104] 図10に示すように、加工容器210は、連結部材222を介して架台223に振動可能に支持されている。連結部材222は、例えばバネ、ゴム等によって構成され得る。

[0105] 振動前進ユニット220は、底面部212の裏面、即ち下方に設けられている。振動前進ユニット220は、加工容器210に振動を付与することに

よって、加工容器 210 内の被加工物 W を流動化させると共に、加工容器 210 内に装入された被加工物 W を排出部 214 に向けて前進させる。振動前進ユニット 220 としては、例えば偏心モータを利用することができる。

[0106] 加工容器 210 の y 方向側の他端側（図 9 の左側）の上方には、被加工物装入ユニット 260 が設けられている。被加工物装入ユニット 260 は、被加工物 W を加工容器 210 内に連続的又は断続的に装入する。ここで被加工物 W を連続的に装入するとは、所定量の被加工物 W を加工容器 210 内に継続して装入することを意味している。一方、断続的に装入するとは、所定量の被加工物 W を加工容器 210 内に間隔を空けて装入することを意味している。被加工物装入ユニット 260 としては、例えば振動フィーダ、ベルトコンベア、バケットコンベア等の公知の機構を用いることができる。

[0107] 研磨装置 201 は、更に研磨材投入ユニットおよび吸引ユニットを備えている。図 9 及び 10 では、説明の便宜上、研磨材投入ユニットおよび吸引ユニットの図示を省略している。研磨材投入ユニット及び吸引ユニットとしては、図 1 に示す研磨材投入ユニット 30 及び吸引ユニット 40 と同様の構成のものを用いることができる。この吸引ユニットの吸引部材は、底面部 212 の裏面側、即ち下方に配置される。また、研磨材投入ユニットは、底面部 212 の表面側、即ち上方に配置される。

[0108] 次に、第三実施形態に係る研磨方法について説明する。この研磨方法では、まず振動前進ユニット 220、吸引ユニット、及び研磨材投入ユニットが作動させる。次いで、被加工物装入ユニット 260 によって被加工物 W が加工容器 210 内に連続的又は断続的に装入される（被加工物装入工程）。加工容器 210 に装入された被加工物 W は加工容器 210 の振動によって加工容器 210 内で流動する。これと共に、加工容器 210 内の被加工物 W は、加工容器 210 の y 方向側の他端側から排出部 214 に向けて移動、即ち前進する（流動化前進工程）。

[0109] また、本実施形態の研磨方法では、研磨材投入ユニットから加工容器 210 内の被加工物 W へ向けて研磨材が投入される（研磨材投入工程）。また、

吸引ユニットによって加工容器 210 を通過する方向、即ち底面部 212 の表面側から裏面側に向かう気流が発生される（気流発生工程）。これにより、底面部 212 の表面には図 6 に示すような研磨材吸引部 B が形成される。加工容器 210 内の被加工物 W は、排出部 214 に向けて前進する過程において研磨材吸引部 B 上を通過する。この際に、研磨材投入ユニットから投入された研磨材が当該気流に乗って被加工物 W 同士の間を通過し、被加工物 W と擦れ合うことにより、被加工物 W が研磨される（研磨工程）。被加工物 W の研磨量は、振動前進ユニット 220 が付与する振動の大きさを調整し、被加工物 W が研磨材吸引部 B を通過する速度を変更することで調整することができる。研磨材吸引部 B を通過した研磨済みの被加工物 W は、更に前進を続け、排出部 214 から加工容器 210 の外部に排出され回収される（被加工物回収工程）。一方、底面部 212 を通過した研磨材は、吸引ユニットにより回収される（研磨材回収工程）。このような第三実施形態に係る研磨方法によれば、被加工物 W を連続して研磨することができる。

産業上の利用可能性

[0110] 実施形態では、直方体のセラミックスの角部の丸み付け加工を行った場合を例に説明したが、被加工物の種類および被加工物の加工目的はこれに限定されない。被加工物は、セラミックスやシリコンやフェライトや結晶材料等、硬くて脆い性質を持つ硬脆材料だけでなく、樹脂等の各種複合材料も良好に研磨することができる。また、加工目的は、被加工物の面粗度の調整、バリ取り、表面層の除去等を行うことができる。例えば、上記研磨方法をセラミックスの表面層を除去加工に適用した場合には、表面層を除去することによって後工程での鍍金等の皮膜を形成した際に、皮膜との密着力を向上させることができる。

[0111] 本発明の一側面に係る研磨装置は、小型部品の研磨に特に好適に用いることができる。例えば、被加工物が積層セラミックスコンデンサーやインダクタ等の部品の場合、一辺が $800\ \mu\text{m}$ 以上 $1600\ \mu\text{m}$ 以下程度のものばかりでなく、一辺が $100\ \mu\text{m}$ 以上 $200\ \mu\text{m}$ 以下程度の非常に小さいサイズ

の場合でも良好に研磨することができる。

[0112] また、加工容器内で被加工物が流動できさえすれば、小型の被加工物だけでなく、それ以上の大きさの被加工物も研磨することができる。例えば一辺が10mm以上30mm以下程度の大きさの被加工物も良好に研磨することができる。

符号の説明

[0113] 1, 101…研磨装置、10, 110, 210…加工容器、11…壁部、12, 112, 212…底面部、13, 213…開口部、14…鍔部、20…回転ユニット、21, 121…ホルダ、22…モータ、23…回転伝達部材、30, 130…研磨材投入ユニット、31, 131…貯留タンク、32…搬送ユニット、32a…トラフ、32b…研磨材供給口、32c…研磨材搬送部、32d…研磨材排出部、32e…研磨材排出口、32f…搬送スクリュ、32g…搬送軸、32h…搬送羽根、32i…搬送モータ、32j…規制板、33…研磨材投入部材、40, 140…吸引ユニット、41, 141…吸引部材、41a, 141a…整流部、41b, 141b…吸引部、42, 142…集塵装置、43, 143…ホース、50…気流制御部材、120…振動ユニット、122…振動力発生ユニット、122a…回転軸、122b…第一錘、122c…第二錘、122d…モータ、122e…回転伝達部材、122f, 222…連結部材、123, 223…架台、214…排出部、220…振動前進ユニット、260…被加工物装入ユニット、B…研磨材吸引部、L…仮想線、T…回転軸線、W…被加工物。

請求の範囲

- [請求項1] 被加工物の表面を研磨する研磨装置であって、
研磨材が通過可能な底面部を有すると共に、前記被加工物を前記底面部上に滞留させる加工容器と、
前記加工容器内において前記被加工物を流動させる流動化ユニットと、
前記研磨材を前記加工容器内の前記被加工物に向けて投入する研磨材投入ユニットと、
前記研磨材が前記加工容器を通過する方向に向かう気流を発生させると共に前記研磨材を吸引して回収する吸引ユニットと、
を備える、研磨装置。
- [請求項2] 前記流動化ユニットは、前記加工容器を振動させる振動ユニットまたは前記加工容器をその底面部の中心を軸心として回転させる回転ユニットである、請求項1に記載の研磨装置。
- [請求項3] 前記流動化ユニットは、流動状態を変化させる流動制御ユニットを更に備えている、請求項2に記載の研磨装置。
- [請求項4] 前記流動化ユニットは前記回転ユニットであり、
前記加工容器は、水平面に対して傾斜するように前記回転ユニットに支持されている、請求項2に記載の研磨装置。
- [請求項5] 前記加工容器の傾斜角度は水平面に対して30°以上70°以下である、請求項4に記載の研磨装置。
- [請求項6] 前記加工容器の底面部には、開口部が設けられている、請求項1に記載の研磨装置。
- [請求項7] 前記開口部は網目状に構成されており、当該開口部の目開きが70 μm 以上1100 μm 以下である、請求項6に記載の研磨装置。
- [請求項8] 前記吸引ユニットによる吸引時に、前記加工容器の底面部の一部には、前記研磨材が当該加工容器を通過して前記吸引ユニットに吸引される研磨材吸引部が形成される、請求項1に記載の研磨装置。

- [請求項9] 前記研磨材吸引部の面積は、前記加工容器の底面部の面積の $1/8$ 以上 $1/4$ 以下である、請求項8に記載の研磨装置。
- [請求項10] 前記研磨材吸引部を通過する吸引速度は、 5 m/sec 以上 100 m/sec 未満である、請求項8に記載の研磨装置。
- [請求項11] 前記研磨材吸引部の中心が、前記加工容器の底面部中心から周縁部下端の方向に対して当該加工容器の回転方向側に所定の角度離れて位置する、請求項10に記載の研磨装置。
- [請求項12] 前記加工容器の底面部中心には、前記研磨材が当該加工容器を通過するための気流の流れを制御する気流制御部材が配置されている、請求項2に記載の研磨装置。
- [請求項13] 前記研磨材投入ユニットは、
前記研磨材を貯留する貯留タンクと、
前記研磨材を前記被加工物へ向けて投入する研磨材排出口と、
前記貯留タンクから供給された前記研磨材を前記研磨材排出口へ向けて搬送する搬送ユニットと、を備え、
前記搬送ユニットは、回転軸に螺旋状の羽根が設けられた搬送スクリュと、前記搬送スクリュを内包し、先端の下部に前記研磨材排出口が開口され、後部位の上面には前記貯留タンクと連結される研磨材供給口が開口されたトラフと、を備え、
前記トラフ内の空間は、前記搬送スクリュ及び前記トラフで形成される空間と、前記搬送スクリュの前方に位置し、前記研磨材排出口を含む空間と、に分割されており、
前記搬送スクリュの先端と前記研磨材排出口との間には、前記研磨材が通過できる解砕部を設けた規制板が配置されている、請求項1に記載の研磨装置。
- [請求項14] 前記被加工物は硬脆材料で形成される、請求項1に記載の研磨装置。
- [請求項15] 前記被加工物は、積層セラミックスコンデンサー又はインダクタの

部品である、請求項 14 に記載の研磨装置。

[請求項16]

研磨材を通過させ、被加工物をその上に滞留させる底面部を有する加工容器と、当該被加工物を流動化させるための流動化ユニットと、前記研磨材を前記加工容器内の当該被加工物に投入する研磨材投入ユニットと、前記研磨材を吸引して回収する吸引ユニットと、を備える研磨装置を用いる研磨方法であって、

前記被加工物を前記加工容器に装入する被加工物装入工程と、

前記吸引ユニットにより前記研磨材が前記加工容器を通過する方向に向かう気流を発生させる気流発生工程と、

前記流動化ユニットにより前記加工容器内に装入した前記被加工物を流動化する流動化工程と、

前記研磨材を前記研磨材投入ユニットから前記加工容器内の前記被加工物へ向けて投入する研磨材投入工程と、

前記研磨材を前記加工容器内に装入した前記被加工物同士の間を通過させて前記被加工物を研磨する研磨工程と、

前記吸引ユニットにより前記研磨材を回収する研磨材回収工程と、を有する、研磨方法。

[請求項17]

研磨材を通過させ、被加工物をその上に滞留させる底面部、及び被加工物を外部に排出する排出部を有する加工容器と、前記被加工物を流動化させるための流動化ユニットと、前記研磨材を前記加工容器内の当該被加工物に投入する研磨材投入ユニットと、前記研磨材を吸引して回収する吸引ユニットと、を備える研磨装置を用いる研磨方法であって、

前記被加工物を前記加工容器に連続的又は断続的に装入する被加工物装入工程と、

前記吸引ユニットにより前記研磨材が前記加工容器を通過する方向に向かう気流を発生させる気流発生工程と、

前記流動化ユニットにより前記加工容器内の前記被加工物を流動化

させると共に、前記被加工物装入工程において装入された前記被加工物を前記排出部に向けて前進させる流動化前進工程と、

前記研磨材を、前記研磨材投入ユニットから前記加工容器内の前記被加工物へ向けて投入する研磨材投入工程と、

前記研磨材を、前記加工容器内の前記被加工物同士の間を通過させて前記被加工物を研磨する研磨工程と、

前記吸引ユニットにより前記研磨材を回収する研磨材回収工程と、

前記排出部から排出された前記被加工物を回収する被加工物回収工程と、

を有する、研磨方法。

[請求項18] 前記研磨材が前記加工容器内に装入した前記被加工物同士の間を通過する通過速度が、 5 m/sec 以上 100 m/sec 未満である、請求項16又は17に記載の研磨方法。

[請求項19] 前記流動化ユニットは、前記加工容器をその底面部の中心を軸心に回転させる回転ユニットであり、

前記流動化工程では、前記回転ユニットによって前記加工容器を臨界回転数の5%以上50%以下で回転させる、請求項16に記載の研磨方法。