

明 細 書

発明の名称： 研磨装置及び研磨方法、並びに機械部品

技術分野

[0001] 本開示の一実施形態は、研磨装置及び研磨方法、並びに機械部品に関する。

背景技術

[0002] 半導体装置、表示装置用の表示パネルなどの様々な電子部品の製造工程において、真空中での処理が行われる。このような真空中での処理で使用される真空容器を構成する部品同士が接触する部分には、容器内部の密封性を確保するために、接触する部品の一方、又は両方に溝が設けられ、該溝にＯリングなどのシール部材が設置される。特許文献１には、ヘールバイト形切削工具を用いてワークを切削する切削加工方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開平０６－１２６５２０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] シール部材に設けられる溝は、通常、エンドミル等の回転式切削工具などを用いて、シール面を切削加工することにより形成される。所望の形状の溝を切削した後のシール面には、凹凸や切削屑が僅かに残ることがあり、これらを取り除くために研磨加工が必要である。シール面の研磨加工は、作業員により手作業で行われることが多いが、研磨完了までに長時間を要し、作業員の経験や技量に応じて、研磨面の表面粗さに差が生じ、シール面の品質が安定化しないという問題があった。

[0005] 本開示の一実施形態は、上記問題に鑑み、研磨加工に要する時間を短縮化し、シール面の品質を安定化させることができる研磨装置、及び研磨方法を提供することを目的の一つとする。

[0006] また、本開示の一実施形態は、シール面の品質を安定化された機械部品を提供することを目的の一つとする。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の一実施形態による研磨装置は、研磨具を支持する支持部と、研磨対称物を保持するステージと、前記支持部と前記ステージとを研磨面の形状に沿って相対的に移動させる第1駆動部と、前記第1駆動部と同期して、前記研磨具に取り付けられた研磨部材の一端が、移動方向を向くように前記支持部を回転させる第2駆動部と、を有する。

[0008] 本開示の一実施形態による研磨方法は、硬質アルマイト上の研磨面を研磨する研磨方法であって、第1研磨部材により、第1の押圧強度で前記研磨面を研磨する第1の段階と、前記第1の段階の後に、第2研磨部材により、第2の押圧強度で前記研磨面を研磨する第2の段階と、を有し、前記第1の押圧強度は、前記第2の押圧強度より低い。

[0009] 本開示の一実施形態による機械部品は、硬質アルマイト表面を有し、前記硬質アルマイト表面の一部に研磨面を有し、前記研磨面のうねりは $0.2\mu\text{m}$ 以下であり、且つ前記研磨面の表面粗さは、 $0.4\mu\text{m}$ 以下である。

発明の効果

[0010] 本開示の一実施形態によると、研磨工程を機械で自動化することにより、研磨加工に要する時間を短縮化し、シール面の品質を安定化させることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本開示の一実施形態に係る研磨装置の構成の一例を説明するための図である。

[図2]一実施形態に係る研磨装置の機能ブロック図である。

[図3]一実施形態に係る研磨装置において使用される研磨具の一例を示す概略図である。

[図4]一実施形態に係る研磨装置において使用される研磨具の一例を示す概略図である。

[図5]一実施形態に係る研磨装置において使用される研磨具の一例を示す概略図である。

[図6]一実施形態に係る研磨装置において使用される研磨具の治具の概略分解図である。

[図7]研磨対象物の一例を上から見た平面図である。

[図8]研磨対象物の非円形の研磨面を研磨する際における第2研磨部材の移動ルートを説明するための概略図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本開示の実施形態を、図面等を参照しながら説明する。但し、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、以下に例示する実施形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。図面は説明をより明確にするため、実際の態様に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表される場合があるが、あくまで一例であって、本開示の解釈を限定するものではない。

[0013] 図面は、説明をより明確にするため、実際の態様に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表される場合があるが、あくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。また、本明細書と図面において、既出の図に関して説明したものと同様の機能を備えた要素には、同一の符号を付して、重複する説明を省略することがある。また、本明細書と図面において、同一部分または同様な機能を有する部分には同一の符号または類似の符号（数字の後にA、B等を付しただけの符号）を付し、その繰り返しの説明は省略する場合がある。

[0014] 本明細書において、ある部材又は領域が他の部材又は領域の「上に（又は下に）」あるとする場合、特段の限定がない限りこれは他の部材又は領域の直上（又は直下）にある場合のみでなく他の部材又は領域の上方（又は下方）にある場合を含み、すなわち、他の部材又は領域の上方（又は下方）において間に別の構成要素が含まれている場合も含む。

[0015] また、本明細書において「 α はA、B又はCを含む」、「 α はA、B及び

Cのいずれかを含む」、「 α はA、B及びCからなる群から選択される一つを含む」、といった表現は、特に明示が無い限り、 α はA乃至Cの複数の組み合わせを含む場合を排除しない。さらに、これらの表現は、 α が他の要素を含む場合も排除しない。

[0016] 以下、図面を参照して本開示の一実施形態に係る研磨装置10について説明する。

[0017] 図1は、本開示の一実施形態に係る研磨装置10の構成の一例を説明するための図である。図1に示すように、研磨装置10は、支持部101、ステージ103、第1駆動部105、及び第2駆動部107を含む。

[0018] 支持部101は、研磨具201を支持する。研磨具201については後述する。支持部101は、第1駆動部105に取り付けられる。

[0019] ステージ103は、研磨対象物203を保持する。研磨対象物203は、機械部品の一部である。研磨対象物203は、特に限定されないが、例えば、真空装置で用いられる真空機器を構成する部品であってもよい。この場合、研磨対象物203は真空容器のシール面を備える。シール面は、例えば、硬質アルマイト処理が施されていてもよい。研磨具201は、研磨対象物203の硬質アルマイト膜を研磨することができる。本実施形態において、研磨対象物203に形成された皮膜は硬質アルマイトに限定されるわけではない。例えば、研磨対象物203の表面の硬度はHv350～450程度である。

[0020] 第1駆動部105は、研磨対象物203の研磨面の形状に沿って、支持部101とステージ103とを相対的に移動させる。換言すると、第1駆動部105は、研磨具201が研磨面の形状に沿って移動可能なように、支持部101及びステージ103の一方又は両方の位置を移動させる機構を有する。第1駆動部105は、第1移動部109、第1ガイド部111、第2ガイド部113、第2移動部115、及び第3ガイド部117を含む。

[0021] 第1移動部109は、支持部101をz方向に沿って移動させる。第1ガイド部111は、研磨装置10の本体119に、z方向に延長するように設

けられる。第1ガイド部111は、第1移動部109のz方向への移動をガイドする。例えば、第1ガイド部111は、z方向に延長されたレールであってもよく、第1移動部109は、第1ガイド部111に沿ってz方向に摺動してもよい。第1移動部109及び第1ガイド部111は、支持部101を移動させる第1移動機構112を構成する。

[0022] 第2ガイド部113は、ステージ103のx方向への移動をガイドする。第2ガイド部113は、x方向に沿った一对の辺と、y方向に沿った一对の辺を有する矩形状のプレートであってもよい。ステージ103は、第2ガイド部113にx方向に摺動可能に支持されている。例えば、ステージ103は、第2ガイド部113のx方向に沿った一对の辺の縁を挟むように設けられ、ガイド部113のx方向に沿った一对の辺の縁に沿って摺動してもよい。

[0023] 第2移動部115は、ステージ103を支持する第2ガイド部113をy方向に沿って移動させる。第3ガイド部117は、研磨装置10の本体119に、y方向に延長するように設けられる。第3ガイド部117は、第2ガイド部113のy方向への移動をガイドする。例えば、第3ガイド部117は、y方向に延長されたレールであってもよく、第2ガイド部113は、第3ガイド部117に沿ってy方向に摺動してもよい。

[0024] 第2ガイド部113、第2移動部115、及び第3ガイド117は、ステージ103を移動させる第2移動機構118を構成してもよい。

[0025] 第1駆動部105の構成の一例を説明したが、本実施形態において、第1駆動部105の構成は、上記に限定されるわけではない。例えば、第1駆動部105は、支持部101をx方向及び／またはy方向に移動させる移動機構をさらに含んでもよい。また、第1駆動部105は、ステージ103をz方向に移動させる移動機構をさらに含んでもよい。

[0026] 第2駆動部107は、研磨具201を支持する支持部101を回転させる。また、第2駆動部107は、第1駆動部105と同期して、研磨具201に取り付けられた研磨部材の一端が、研磨対象物203の研磨面に沿った研

磨具 201 の移動方向に常に向くように、支持部 101 を回転させることができる。

[0027] 図示はしないが、研磨装置 10 は、複数のモータを備える。これらのモータにより、第 1 駆動部 105 及び第 2 駆動部 107 は、支持部 101 及びステージ 103 を移動、回転させる。

[0028] 図 2 は、研磨装置 10 の機能ブロック図の一例である。図 2 に示すように、研磨装置 10 は、入力操作部 121 及び制御部 122 を含む。

[0029] 入力操作部 121 は、操作パネル、操作ボタン、タッチパネルなどの装置であり、入力された操作に応じた信号を制御部 122 に出力する。研磨作業に従事する作業員は、入力操作部 121 を介して、研磨装置 10 の第 1 駆動部 105 及び第 2 駆動部 107 の動作を制御することができる。例えば、作業員は、入力操作部 121 を介して、研磨装置 10 によって実行される研磨工程の開始及び停止、支持部 101 の回転速度、支持部 101 及びステージ 103 に移動速度及び移動方向を設定、または変更することができる。

[0030] 制御部 122 は、CPU などの演算処理回路、及び記憶部を含む。制御部 122 は、記憶部に記憶された制御プログラムを CPU により実行して、第 1 駆動部 105 及び第 2 駆動部 107 の動作を制御して、研磨装置 10 により研磨機能を実現する。

[0031] 図 3、図 4、及び図 5 は、本実施形態に係る研磨装置 10 の支持部 101 に支持される磨具 201 の一例を示す概略図である。

[0032] 本実施形態に係る研磨装置 10 によって実行される研磨対象物 203 の研磨工程は、第 1 研磨部材によって第 1 の押圧強度で研磨面を研磨する第 1 の段階と、第 1 の段階の後に、第 2 研磨部材によって第 2 の押圧強度で研磨面を研磨する第 2 の段階と、を含む。第 1 研磨部材と第 2 研磨部材とは、互いに異なる材質の研磨部材である。また、第 1 の押圧強度と第 2 の押圧強度とは、互いに異なる。ここで、押圧強度とは、研磨工程において、研磨部材と研磨対象物 203 の研磨対象面とが接触する際に、研磨治具にかかる荷重を意味する。

[0033] 図3は、研磨工程における第1の段階で使用される、研磨具201Aの一例を示す概略図である。研磨具201Aは、治具303、及び治具303に研磨部材保持部307を介して取り付けられた第1研磨部材305Aを含む。第1研磨部材305Aは、例えば、セラミックファイバー、ナイロンなどで形成されたブラシであってもよい。換言すると、研磨工程における第1の段階は、ブラシによる研磨工程である。

[0034] 図6は、治具303の概略分解図の一例である。図3及び図6に示すように、治具303は、研磨部材保持部307、固定部309、ホルダー311、カバー313を含む。

[0035] 固定部309は、研磨装置10の支持部101に固定される。ホルダー311は、固定部309に接合されている。ホルダー311の内部には中空の収納部312が設けられており、収納部312には、コイルスプリング315が挿入される。第1の段階で使用される研磨具201Aのコイルスプリング315のばね係数は、 1 N/mm 以上、 5 N/mm 以下である。治具303に挿入されたコイルスプリング305により、フロート機構が形成される。

[0036] 研磨部材保持部307は、固定部309の収納部312に挿入されて固定される。研磨部材保持部307は、座金316を介してコイルスプリング315を圧縮させるように、収納部312に挿入される。このとき、研磨部材保持部307は、コイルスプリング315を完全に密着させないように圧縮する。研磨保持部材307には、中空部308が設けられている。中空部308には、第1研磨部材305Aが着脱可能に取り付けられる。

[0037] ホルダー311には、一对の孔317が設けられている。孔317には、それぞれ鋼球319が挿入される。鋼球319が挿入された孔317を塞ぐようにカバー313が孔317上に配置され、カバー313がずれないように、2つの止め輪321で固定される。

[0038] 図4は、研磨工程における第2の段階で使用される、研磨具201Bの一例を示す概略図である。研磨具201Bは、治具303に取り付けられる第

2 研磨部材 305 B の材質が第 1 研磨部材 305 A の材質とは異なること、及び治具 303 内部のコイルスプリング 315 が図 3 及び図 6 に示した研磨具 201 A の治具 303 内部に挿入されたコイルスプリング 315 とは異なるばね係数を有することを除いて、図 3 及び図 6 に示した研磨具 201 A と略同一の構成を有する。

[0039] 図 4 に示す研磨具 201 B において、第 2 研磨部材 305 B は、例えば、酸化アルミニウム、酸化チタン、ジルコンなどの砥粒を塗布したスポンジ研磨剤である。換言すると、研磨工程における第 2 の段階は、スポンジによる研磨工程である。研磨部材 305 の形状は、例えば、円柱状であってもよい。

[0040] 研磨具 201 B の治具 303 に挿入されるコイルスプリング 315 のばね係数は、第 1 の段階で使用される研磨具 201 A の治具 303 に挿入されるコイルスプリング 315 のばね係数とは異なる。研磨具 201 B の治具 303 の内部に挿入されるコイルスプリング 315 のばね係数は、 1 N/mm 超、 10 N/mm 以下である。研磨具 201 B の治具 303 の内部に挿入されるコイルスプリング 315 のばね係数は、研磨具 201 A の治具 303 の内部に挿入されるコイルスプリング 315 のばね係数よりも高い。

[0041] 研磨装置 10 によって実行される研磨工程に従事する作業員は、研磨具 201 A を使用した第 1 の段階が終了した後、研磨装置 10 の支持部 101 から研磨具 201 A を取り外して研磨具 201 B を支持部 101 に取り付けてもよい。また、作業員は、研磨具 201 A の治具 303 を分解して、第 1 の段階で使用した研磨具 201 A から 1 N/mm 以上、 5 N/mm 以下のばね係数を有するコイルスプリング 315 を取り出し、第 2 の段階で使用する 1 N/mm 超、 10 N/mm 以下のばね係数を有するコイルスプリング 315 に交換することにより、研磨具 201 B を作製してもよい。この場合、作業員は、治具 303 のコイルスプリング 315 を交換するとともに、研磨具 201 A に取り付けられた第 1 研磨部材 305 A を取り外して第 2 研磨部材 305 B を着脱可能に取り付けてもよい。

- [0042] 図5は、研磨工程における第2の段階で使用される、研磨具201Cの別の一例を示す概略図である。研磨具201Cの治具303に取り付けられる第2研磨部材305Cは、図4に示した第2研磨部材305Bとは異なる、第2研磨部材の別の一例である。研磨具201Cは、治具303に取り付けられる第2研磨部材305Cの形状が第2研磨部材305Bの形状とは異なることを除いて、図4に示した研磨具201Bと略同一の構成を有する。
- [0043] 研磨具201Cの第2研磨部材305Cの材質は、研磨具201Bの第2研磨部材305Bの材質と同一である。一方、第2研磨部材305Cの形状は、第2研磨部材305Bとは異なり、例えば、半球状であってもよい。
- [0044] 研磨装置10によって実行される研磨工程に従事する作業員は、研磨具201Aを使用した第1の段階が終了した後、研磨装置10の支持部101から研磨具201Aを取り外して研磨具201Cを支持部101に取り付けてもよい。また、作業員は、研磨具201Aの治具303を分解して、第1の段階で使用した研磨具201Aから1N/mm以上、5N/mm以下のばね係数を有するコイルスプリング315を取り出し、第2の段階で使用する1N/mm超、10N/mm以下のばね係数を有するコイルスプリング315に交換するとともに、研磨具201Aに取り付けられた第1研磨部材305Aを取り外して第2研磨部材305Cを着脱可能に取り付けることにより、研磨具201Cを作製してもよい。
- [0045] 図4に示した研磨具201B、及び図5に示した研磨具201Cは、いずれも研磨装置10によって実行される研磨工程の第2の段階で使用されることができる。図4に示した研磨具201Bは、好ましくは、研磨対象物203の研磨面が円形の場合に用いられる。一方、研磨具201Cは、好ましくは、研磨対象物203の研磨面が非円形の場合に用いられる。
- [0046] 図7は、研磨対象物203の一例を上から見た平面図である。研磨対象物203は、例えば、真空容器を構成する部品であり、アルミ合金、ステンレス鋼などにより形成される。研磨対象物203は、シール面701を有する。シール面701は、硬質アルマイト処理されており、硬質アルマイト皮膜

の膜厚は、約 $30\mu\text{m}$ ～約 $100\mu\text{m}$ であってもよい。シール面701は、複数の研磨面を含む。ここで、研磨面とは、シール面701上の、研磨具201によって研磨される面を意味する。研磨面は、円形の研磨面703a～703j、及び非円形の研磨面705a～705cを含む。

[0047] 円形の研磨面703a～703jを研磨する際、第2の段階において、図4に示した研磨具201Bを用いることが好ましい。第2の段階において、研磨装置10の第2駆動部107は、研磨具201Bを支持する支持部101を所定の回転速度で回転させる。換言すると、研磨具201Bの第2研磨部材305Bは、所定の回転速で回転しながら円形の研磨面703a～703jを研磨する。

[0048] 非円形の研磨面705a～705cを研磨する際、第2の段階において、図5に示した研磨具201Cを用いることが好ましい。研磨装置10の第2駆動部107は、研磨面705a～705cの形状に沿って、研磨具201Cに取り付けられた第2研磨部材305Cの所定の一端が、研磨具201Cが移動する方向に常に向くように、支持部101を回転させる。例えば、第2研磨部材305Cの所定の一端は、半球状の第2研磨部材305Cの外表面（球冠）の一部である。

[0049] 図8は、非円形の研磨面を研磨する際に、研磨具201Cに取り付けられた第2研磨部材305Cの移動ルートを説明するための概略図である。図8では、非円形の研磨面として、図7に示した非円形の研磨面705bを示している。また、図8において、研磨具201Cの移動方向は破線の矢印で示されている。図8に示すように、第2の段階において、研磨面705bの形状に沿って、第2研磨部材305Cの所定の一端801aが研磨具201Cの移動方向に常に向くように、第2駆動部107は、支持部101を回転させる。

[0050] 研磨装置10によって実行される、第1の段階及び第2の段階を含む研磨工程を経た研磨対象物203の研磨面の表面粗さは、うねりが $0.2\mu\text{m}$ 以下であり、うねりの標準偏差が $0.2\mu\text{m}$ 以下であり、面粗さが $0.4\mu\text{m}$

以下であり、面粗さの標準偏差が $0.3\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。研磨対象物203の研磨面の面粗さは、 $0.2\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。ここでは、研磨面に設けられた間隔の異なる起伏のうち、起伏のより大きなほうを「うねり」と呼ぶ。「うねり」と起伏のより小さな「粗さ」との分離には、JIS B0633に定められた基準長さ(カットオフ値)を用いることができる。

[0051] 本実施形態では、研磨装置10によって実行される研磨工程において、第1研磨部材305Aによって第1の押圧強度で研磨面を研磨する第1の段階と、第1の段階の後に、第2研磨部材305Bまたは第2研磨部材305Cによって第2の押圧強度で研磨面を研磨する第2の段階と、を含む。第1研磨部材305Aが取り付けられた研磨具201Aの治具303に挿入されたコイルスプリング315のばね係数と、第2研磨部材305B、305Cが取り付けられた研磨具201B、201Cの治具303に挿入されたコイルスプリング315のばね係数とが互いに異なるため、ブラシによる研磨工程である第1の段階と、砥粒を含むスポンジによる研磨工程である第2の段階とで、研磨具201Aと研磨具201B、201Cにかかる押圧強度を変えることができる。具体的には、第2の押圧強度を、第1の押圧強度よりも高くすることができる。

[0052] これにより、研磨工程を機械で自動化するとともに、研磨加工に要する時間を短縮化し、シール面の品質を安定化させることができる。また、研磨面のうねり、及び表面粗さを、作業員の手作業によって研磨された研磨面のうねり、表面粗さよりも小さくすることができ、シール面の気密性を向上させることができる。

[0053] また、第2研磨部材305Cの所定の一端が研磨具201Cの移動方向に常に向くように、第2駆動部107が支持部101を回転させることにより、研磨面が非円形の場合であっても、研磨工程を機械で自動化することができる。

実施例

[0054] <実施例 1>

[研磨装置及び研磨対象物]

研磨対象物として、寸法： $\phi 360\text{ mm} \times t 40\text{ mm}$ のアルミニウム合金 A 6 0 6 1 を準備して、表面に硬質アルマイト処理を施し、厚さ $80\text{ }\mu\text{m}$ の硬質アルマイト皮膜を形成した。硬質アルマイト皮膜が表面に形成されたアルミニウム合金 A 6 0 6 1 研磨対象物として使用し、本実施形態に係る研磨装置により、硬質アルマイト皮膜が形成された表面を研磨した。研磨対象物の研磨面は、図 7 に示した研磨対象物 2 0 3 の研磨面と同一とした。研磨装置としては、F A N U C 社製のロボドリルを使用し、X E B E C 社製のフロートホルダー（F H - S T 1 2 - S L 1 0）を研磨具の治具として用いた。

[0055] [研磨具]

研磨装置によって実行される研磨工程の第 1 の段階では、ミスミ社製のコイルスプリング（W L 1 0 - 3 5、ばね係数： 1 N/mm ）を治具の内部に挿入し、ブラシ長を 12 mm に調整した X B E C 社製のブラシ（A 1 1 - E B 0 6 M）を治具に取り付けることにより作製された研磨具（以下、第 1 研磨具という）を使用した。また、研磨装置によって実行される研磨工程の第 2 の段階で円形の研磨面を研磨する際には、ミスミ社製のコイルスプリング（W T 1 0 - 3 5、ばね係数： 2 N/mm ）を治具の内部に挿入し、3 M 社製のスポンジ研磨材（スーパーファイン）を径が 21 mm 、厚さ 5 mm になるように円柱状に切り抜いて、治具に取り付けることにより作製された研磨具（以下、第 2 研磨具 A という）を使用した。また、研磨装置によって実行される研磨工程の第 2 の段階で非円形の研磨面を研磨する際には、ミスミ社製のコイルスプリング（W T 1 0 - 3 5、ばね係数： 2 N/mm ）を治具の内部に挿入し、3 M 社製のスポンジ研磨材（スーパーファイン）を幅 6 mm 、長さ 40 mm に切り抜き、先端に径が 5 mm の半球形状になるように加工し、治具に取り付けることにより作製された研磨具（以下、第 2 研磨具 B という）を使用した。

[0056] [円形の研磨面の研磨工程]

(第1の段階)

研磨工程の第1の段階において、研磨対象物の円形の研磨面10箇所(図7に示す研磨面703a~703j参照)それぞれについて、第1研磨具の回転速度5000rpm、送り速度2000mm/minで半径7.5mmの位置でヘリカルZ:2.0mmからZ-1.0mmに移動させ、半径7.5mmの円弧で5周磨いた後、1.75mmシフトさせてスパイラル経路で5周磨いた。その後、研磨対象物の円形の研磨面10箇所それぞれについて、第1研磨具の回転速度を8000rpmに変更し、送り速度2000mm/minで半径7.5mmの位置でヘリカルZ2.0からZ-1.0に移動させ、半径7.5mmの円弧で5周磨いた後、1.75mmシフトさせてスパイラル経路で5周磨いた。

[0057] (第2の段階)

研磨工程の第2の段階において、研磨対象物の円形の研磨面10箇所それぞれについて、第2研磨具Aの回転速度30rpmにて、ヘリカルZ:-3.0mmまで第2研磨具Aを下ろし、停止研磨を10秒実施することを1セットとし、これを2セット実施した。

[0058] [非円形研磨面の研磨工程]

(第1の段階)

研磨工程の第1の段階において、研磨対象物の非円形の研磨面3箇所(図7に示す研磨面705a~705c参照)それぞれについて、第1研磨具の回転速度5000rpm、送り速度2000mm/minに設定し、ヘリカルZ:-1.0mmまで第1研磨具を下ろし、研磨面705a及び研磨面705bをそれぞれ10周研磨し、研磨面705cを5周研磨することを1セットとし、これを研磨面705a、研磨面705b及び研磨面705cそれぞれについて2セット実施した。その後、第1研磨具の回転速度を8000rpmに変更し、ヘリカルZ:-0.5mmまで第1研磨具を下ろし、研磨面705a及び研磨面705bをそれぞれ20周研磨し、研磨面705cを10周研磨することを1セットとし、これを研磨面705a、研磨面705

b及び研磨面705cそれぞれについて2セット実施した。

[0059] (第2の段階)

研磨工程の第2の段階において、研磨対象物の非円形の研磨面3箇所(図7に示す研磨面705a~705c参照)それぞれについて、第2研磨具Bのアール(R)部では送り速度2000/min、直線部では送り速度4000/minに設定し、ヘリカルZ:-1.0mmまで第2研磨具Bを下ろし、研磨面705a及び研磨面705bをそれぞれ20周研磨し、研磨面705cを10周研磨することを1セットとし、これを6セット実施した。

[0060] <比較例1>

比較例1として、上記実施例1で使用した研磨対象物と同一の研磨対象物における、円形の研磨面703a~703jと、非円形の研磨面705a~705cを作業員による手作業で研磨した。手作業による研磨工程は、以下のとおりである。

[0061] まず、研磨対象物として、上記実施例1と同一の研磨対象物を用いた。実施例1と同様に、研磨対象物の研磨面は、図7に示した研磨対象物203の研磨面と同一とした。次に、研磨対象物の円形の研磨面10箇所(図7に示す研磨面703a~703j参照)及び非円形研磨面の3箇所(図7に示す研磨面705a~705c参照)を露出するマスキングシールを研磨対象物のシール面701に貼った。マスキングシール上に、さらに補強用のガバリを貼り付けた。この後、サルクラット(協同油脂株式会社製)を各研磨面703a~703j、705a~705cにつけた後、各研磨面703a~703j、705a~705cを3M社製のスポンジ研磨剤(ファイン)を使用して手作業で1.5時間研磨した。次に、各研磨面703a~703j、705a~705cを3M社製のスポンジ研磨剤(スーパーファイン)を使用して手作業で1.5時間研磨した。その後、NEIクリーン2をつけたクリーンワイパーで各研磨面703a~703j、705a~705cを拭き、マスキングシールを研磨面701から剥がした。

[0062] 以上に述べた、実施例1の記載した研磨工程を実施した後の研磨面の表面

粗さ（R a）と作業時間を以下の表 1 に示す。また、比較例 1 の研磨工程を実施した後の研磨面の表面粗さ（R a）と作業時間を以下の表 2 に示す。

[表1]

	研磨面	
表面粗さ(Ra)	703a	0.250μm
	703b	0.215μm
	703c	0.219μm
	703d	0.230μm
	703e	0.222μm
	703f	0.220μm
	703g	0.199μm
	703h	0.184μm
	703i	0.211μm
	703j	0.180μm
	705a	0.131μm
	705b	0.209μm
	705c	0.233μm
表面粗さ(Ra)平均	-	0.208μm
表面粗さ(Ra)標準偏差	-	0.030μm
作業時間	-	40 分

[表2]

	研磨面	
表面粗さ(Ra)	703a	0.221 μ m
	703b	0.241 μ m
	703c	0.283 μ m
	703d	0.211 μ m
	703e	0.264 μ m
	703f	0.168 μ m
	703g	0.200 μ m
	703h	0.341 μ m
	703i	0.252 μ m
	703j	0.228 μ m
	705a	0.347 μ m
	705b	0.384 μ m
	705c	0.357 μ m
表面粗さ(Ra)平均	-	0.269 μ m
表面粗さ(Ra)標準偏差	-	0.068 μ m
作業時間	-	180 分

[0063] 以上の実施例1と比較例1とを比較すると、本実施形態に係る研磨装置による研磨は、手作業による研磨よりも研磨工程にかかる時間を大幅に短縮しながら、手作業による研磨よりも良好な結果、若しくは略同等の結果が得られることが分かる。また、実施例1は比較例1よりも、研磨位置による表面粗さの差が小さく、シール面の品質を安定化させることができることが分かる。

[0064] <実施例2>

上記実施例 1 で使用した研磨対象物と同一の研磨対象物における、円形の研磨面 703 a、703 e、703 j と、非円形の研磨面 705 a～705 c とを実施例 1 と略同様の研磨工程によって研磨した。但し、上記実施例 1 とは異なり、第 2 研磨具 A または第 2 研磨具 B を使用した第 2 の段階において、上記実施例 1 で説明した第 2 の段階を 1 サイクルとして、1 サイクルが終了するごとにスポンジを交換して、それぞれ 3 サイクル行った。

[0065] 以下に示す表 3 は、実施例 2 による研磨工程を経た円形の研磨面 703 a、703 e、703 j のうねり及び表面粗さを示し、表 4 は実施例 2 による研磨工程を経た非円形の研磨面 705 a～705 c のうねり及び表面粗さを示す。尚、うねりと表面粗さとを分離するためのカットオフ値は $200\text{ }\mu\text{m}$ とした。

[表3]

研磨面	うねり ($W_a[\mu\text{m}]$)	うねりの標準 偏差($W_q[\mu\text{m}]$)	表面粗さ (算術平均粗さ) ($S_a[\mu\text{m}]$)	表面粗さの標準 偏差($S_q[\mu\text{m}]$)
703a	0.062	0.079	0.193	0.262
703e	0.061	0.074	0.155	0.208
703j	0.071	0.083	0.115	0.150
平均	0.066	0.079	0.155	0.207

[表4]

研磨面	うねり (Wa[μm])	うねりの標準 偏差(Wq[μm])	表面粗さ (算術平均粗さ) (Sa[μm])	表面粗さの標準 偏差(Sq[μm])
705a	0.068	0.084	0.135	0.170
705b	0.149	0.182	0.112	0.156
705c	0.107	0.130	0.153	0.195
平均	0.108	0.132	0.133	0.173

[0066] 表3及び表4に示したように、本実施形態に係る研磨装置によって研磨工程を実施することにより、円形の研磨面及び非円形研磨面の双方で研磨面のうねりが0.2 μm以下となり、うねりの標準偏差が0.2 μm以下となった。また、円形の研磨面及び非円形研磨面の双方で研磨面の表面粗さが0.2 μm以下となり、表面粗さの標準偏差が0.3 μm以下となった。特に、円形の研磨面及び非円形研磨面の双方で研磨面の面粗さは、0.2 μm以下となった。さらに、円形研磨面では、うねりを0.1 μm以下にすることができた。

[0067] <比較例2>

比較例2として、上記実施例1で使用した研磨対象物と同一の研磨対象物における、円形の研磨面703a、703e、703jと、非円形の研磨面705a～705cを作業員による手作業で研磨した。研磨は以下に述べる手順で行った。

[0068] まず、研磨対象物の円形の研磨面703a、703e、703jと、非円形の研磨面705a～705cを露出するマスキングシールを研磨対象物のシール面701に貼った。マスキングシール上に、さらに補強用のガバリを貼り付けた。この後、サルクラット（協同油脂株式会社製）を各研磨面703a、703e、703j、705a～705cにつけた後、各研磨面703a、703e、703j、705a～705cを3M社製のスポンジ研磨

剤（ファイン）を使用して手作業で1.5時間研磨した。次に、各研磨面703a、703e、703j、705a～705cを3M社製のスポンジ研磨剤（スーパーファイン）を使用して手作業で1.5時間研磨した。その後、NE1クリーン2をつけたクリーンワイパーで各研磨面703a、703e、703j、705a～705cを拭き、マスキングシールを研磨面701から剥がした。

[0069] 以下に示す表5は、上述した手作業による研磨工程を経た円形の研磨面703a、703e、703jのうねり及び表面粗さを示し、表6は上述した手作業による研磨工程を経た非円形の研磨面705a～705cのうねり及び表面粗さを示す。尚、うねりと表面粗さとを分離するためのカットオフ値は200 μ mとした。

[表5]

研磨面	うねり (Wa[μ m])	うねりの標準 偏差(Wq[μ m])	表面粗さ (算術平均粗さ) (Sa[μ m])	表面粗さの標準 偏差(Sq[μ m])
703a	0.310	0.365	0.109	0.143
703e	0.100	0.124	0.224	0.288
703j	0.198	0.243	0.100	0.130
平均	0.203	0.244	0.145	0.187

[表6]

研磨面	うねり (Wa[μm])	うねりの標準 偏差(Wq[μm])	表面粗さ (算術平均粗さ) (Sa[μm])	表面粗さの標準 偏差(Sq[μm])
705a	0.146	0.186	0.182	0.255
705b	0.100	0.122	0.126	0.175
705c	0.10	0.124	0.247	0.385
平均	0.116	0.144	0.185	0.272

[0070] 表5及び表6に示したように、比較例2における、円形の研磨面及び非円形研磨面の双方で研磨面のうねりは、上記実施例2よりも大きくなった。また、比較例2における、非円形研磨面の面粗さ及び表面粗さの標準偏差は、上記実施例2よりも大きくなった。比較例2における、円形の研磨面の表面粗さ及び表面粗さの標準偏差は、上記実施例2よりも若干小さくなったものの、研磨位置ごとの表面粗さ及び表面粗さの標準偏差の差は、上記実施例2の円形の研磨面の、研磨位置ごとの表面粗さ及び表面粗さの標準偏差の差よりも大きくなった。

[0071] 以上、実施例2と比較例2とを比較すると、本実施形態に係る研磨装置による研磨は、手作業による研磨よりも良好な結果、若しくは略同等の結果が得られることが分かる。

[0072] [変形例]

以上では、本開示の実施形態の一例を説明したが、本開示の実施形態は、上記の実施形態に限定されない。以下、本開示の研磨装置によって実行される研磨工程の変形例について説明する。

[0073] 研磨部材としてブラシを使用する第1の段階の研磨工程は、粗加工を実施する前工程、及び仕上げ加工を実施する後工程とを含んでもよい。この場合、前工程と後工程とで、研磨具の治具に、互いに異なるばね係数を有するば

ねを挿入し、前工程で使用する研磨具にかかる押圧強度と、後工程で使用する研磨具に係る押圧強度とを変えることが好ましい。より詳細には、前工程で使用する研磨具にかかる押圧強度は、後工程で使用する研磨具に係る押圧強度よりも高いことが好ましい。換言すると、前工程で使用する研磨具の治具に挿入されるばねのばね係数は、後工程で使用する研磨具の治具に挿入されるばねのばね係数よりも高いことが好ましい。

[0074] 本開示の一実施形態として上述した実施形態及び変形例は、相互に矛盾しない限りにおいて、適宜組み合わせて実施することができる。また、実施形態に示す構成を基にして、当業者が適宜構成要素の追加、削除もしくは設計変更を行ったもの、または、工程の追加、省略もしくは条件変更を行ったもの、本開示の要旨を備えている限り、発明の範囲に含まれる。

[0075] 上述した実施形態の態様によりもたらされる作用効果とは異なる他の作用効果であっても、本明細書の記載から明らかなもの、または、当業者において容易に予測し得るものについては、当然に本発明によりもたらされるものと解される。

符号の説明

[0076] 10：研磨装置、101：支持部、103：ステージ、105：第1駆動部、107：第2駆動部、109：第1移動部、111：第1ガイド部、112：第1移動機構、113：第2ガイド部、115：第2移動部、117：第3ガイド部、118：第2移動機構、119：本体、121：入力操作部、122：制御部、201：研磨具、203：研磨対象物、303：治具、305（305A～305C）：研磨部材、307：研磨部材保持部、308：中空部、309：固定部、311：ホルダー、312：収納部、313：カバー、315：コイルスプリング、317：孔、319：鋼球、321：止め輪、701：シール面、703a～703j：円形の研磨面、705a～705c：非円形の研磨面

請求の範囲

- [請求項1] 研磨具を支持する支持部と、
研磨対象物を保持するステージと、
前記支持部と前記ステージとを研磨面の形状に沿って相対的に移動させる第1 駆動部と、
前記第1 駆動部と同期して、前記研磨具に取り付けられた研磨部材の一端が、移動方向を向くように前記支持部を回転させる第2 駆動部と、
を有する研磨装置。
- [請求項2] 前記第1 駆動部は、前記研磨面の形状に沿って非円形に前記支持部と前記ステージとを相対的に移動させる、請求項1 に記載の研磨装置。
- [請求項3] 硬質アルマイト上の研磨面を研磨する研磨方法であって、
第1 研磨部材により、第1 の押圧強度で前記研磨面を研磨する第1 の段階と、
前記第1 の段階の後に、第2 研磨部材により、第2 の押圧強度で前記研磨面を研磨する第2 の段階と、を有し、
前記第1 の押圧強度は、前記第2 の押圧強度より低い、硬質アルマイト表面の研磨方法。
- [請求項4] 前記第2 の段階は、
前記第2 研磨部材を前記研磨面に押圧し、前記第2 研磨部材と前記研磨面とを相対的に移動させ、
前記第2 研磨部材の一端が前記移動方向を向くように回転させること、を含む、請求項3 に記載の硬質アルマイト表面の研磨方法。
- [請求項5] 前記第1 研磨部材は、ブラシであり、
前記第2 研磨部材は、スポンジである、請求項3 又は4 に記載の硬質アルマイト表面の研磨方法。
- [請求項6] 前記第1 研磨部材及び前記第2 研磨部材を治具で保持し、

前記第 1 の押圧強度と前記第 2 の押圧強度を前記治具のばね係数で制御する、請求項 3 乃至 5 の何れか一項に記載の硬質アルマイト表面の研磨方法。

- [請求項 7] 硬質アルマイト表面を有し、
前記硬質アルマイト表面の一部に研磨面を有し、
前記研磨面のうねりは $0.2\ \mu\text{m}$ 以下であり、且つ前記研磨面の表面粗さは、 $0.4\ \mu\text{m}$ 以下である、機械部品。
- [請求項 8] 前記研磨面のうねりの標準偏差は $0.2\ \mu\text{m}$ 以下であり、面粗さの標準偏差が $0.3\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項 7 に記載の機械部品。
- [請求項 9] 前記研磨面のうねりは $0.1\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項 7 または 8 に記載の機械部品。