

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-154482
(P2021-154482A)

(43) 公開日 令和3年10月7日(2021.10.7)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B23Q 3/08 (2006.01)	B23Q 3/08 A	2G085
H05H 7/20 (2006.01)	H05H 7/20 ZAA	3C016

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2021-34685 (P2021-34685)	(71) 出願人	597100538 株式会社ミラプロ
(22) 出願日	令和3年3月4日(2021.3.4)		山梨県北杜市須玉町穴平1100番地
(31) 優先権主張番号	特願2020-55735 (P2020-55735)	(71) 出願人	504151365
(32) 優先日	令和2年3月26日(2020.3.26)		大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		茨城県つくば市大穂1番地1
		(74) 代理人	100135781 弁理士 西原 広徳
		(74) 代理人	100217227 弁理士 野呂 亮仁
		(72) 発明者	中村 哲朗 山梨県北杜市須玉町穴平1100番地 株式会社ミラプロ内

最終頁に続く

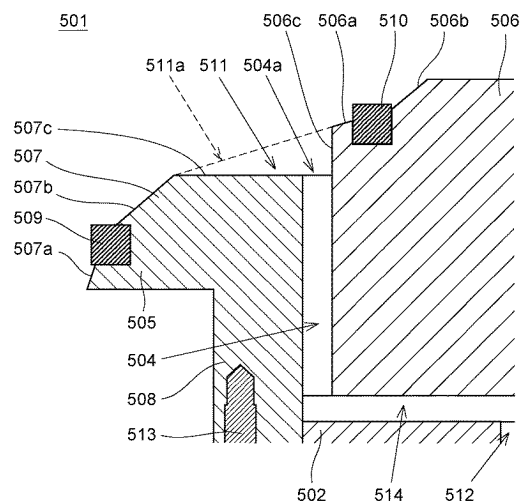
(54) 【発明の名称】 加工装置および加工方法

(57) 【要約】

【課題】湾曲した形状の金属形成体である加工対象を、内面に傷をつけず、脱落しないようにしっかりと吸着保持する技術を提供する。

【解決手段】外部の吸引ポンプに接続され、金属製の対象物の曲面を吸着保持する保持部材に、吸着側開口511aと吸着側開口511aの開口面積よりも小さい開口面積を有する排気用開口504aとが形成される減圧空間511を形成するホルダー部501と、吸着側開口511aを囲むように配置され、対象物を保持するときに当該対象物の曲面に当接する外周角リング509および内周角リング510とを設ける。そして、吸引ポンプにより減圧空間511の内部の雰囲気気を排気用開口を介して吸引することにより圧力を減圧して対象物の曲面を吸着保持する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

金属製の対象物を切削する加工装置であって、
気体を吸引する吸引ポンプと、
前記対象物を保持する保持部材と、
前記保持部材に保持された前記対象物を切削する切削装置とを備え、
前記保持部材は、
前記対象物に対向する対象物対向面に 1 以上の開口が設けられて前記吸引ポンプにより気体が吸引される気体流路を有し、
前記対象物対向面に、前記開口を囲み、かつ前記対象物対向面より前記対象物側へ突出して前記対象物に当接するシール部材を備え、
前記吸引ポンプは、前記シール部材が前記対象物に当接している状態で前記気体流路から気体を吸引して前記対象物対向面と前記対象物と前記シール部材の間に減圧空間を生じさせる構成である
加工装置。

10

【請求項 2】

前記保持部材と前記切削装置のいずれか一方を他方に対して相対的に回転させる回転駆動部を備え、
前記対象物は、
前記回転駆動部の回転軸と直行する平面での断面がリング状で、前記回転軸の方向に内径が変化して一方に小開口部、他方に大開口部を有する形状であり、
前記保持部材の前記対象物対向面は、前記回転軸の半径外側より半径内側が凹になる形状であり、
前記シール部材は、前記対象物の外表面に当接する構成である
請求項 1 記載の加工装置。

20

【請求項 3】

前記シール部材は、
前記回転軸を中心とするリング状の第 1 シール部材と、
前記回転軸を中心とする前記第 1 シール部材よりもリング内径が小さい第 2 シール部材とを有し、
前記保持部材の前記対象物対向面に配置された前記第 1 シール部材と前記第 2 シール部材の間に前記開口が形成されている
請求項 2 記載の加工装置。

30

【請求項 4】

前記シール部材は、厚み方向の断面において前記保持部材に当接する全周にわたる角を 2 つ以上備える形状を有し、
前記保持部材は、前記シール部材を固定する位置決め部を有する
請求項 1、2、または 3 記載の加工装置。

【請求項 5】

前記シール部材は、前記対象物に当接する面の厚み方向の断面形状が、少なくとも当該対象物と当接していない際には外周側に凸に湾曲する曲面に形成される
請求項 4 記載の加工装置。

40

【請求項 6】

前記減圧空間は、
排気用開口と吸着側開口とを有し、
前記排気用開口は、前記吸着側開口よりも小さい開口面積を有する
請求項 1 から 5 のいずれか 1 つに記載の加工装置。

【請求項 7】

加工対象である金属製の前記対象物が、超伝導加速部の形成に使用される金属セルのハーフセルであり、

50

前記対象物の内表面には前記保持部材および前記シール部材が当接しない構成である請求項 2 または 3 に記載の加工装置。

【請求項 8】

金属製の対象物を切削する加工方法であって、前記対象物を保持部材によって保持し、吸引ポンプによって、前記保持部材における前記対象物の対向面と前記対象物とシール部材との間に減圧空間を生じさせ、前記対象物の曲面を保持する工程と、保持された前記対象物を切削装置によって加工する工程と、を有する加工方法。

【請求項 9】

前記減圧空間は、排気用開口と吸着側開口とを有し、前記排気用開口は、前記吸着側開口よりも小さい開口面積を有する請求項 8 記載の加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、例えば、湾曲した形状を有する対象物を保持し、加工する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

加速した電子と陽電子を衝突させ、発生した粒子の精密測定や、新粒子の発見を試みる取り組みが行われている。また、電子および陽電子を加速させる方法として、複数の金属製中空セルに、強い電磁場を形成し、発生した電場を電子および陽電子に作用させて加速する、超伝導加速が利用されている。

【0003】

超伝導加速に使用する金属セルは、セル内部に強い電磁波を発生させ、ためこむために、金属セルの内面を可能な限り凹凸がない湾曲した鏡面とすることが必要である。そのため、傷のつきにくい金属セルの加工方法が模索されていた。

【0004】

金属セルは、2つのおわん型であるハーフセルの開放口どうしを連結させて製造される。また、ハーフセルにおける底部には開口部が設けられ、開口部は金属セルどうしの結合点となる。ハーフセルの開放口と、開口部の切削加工において、これまでおわん型のハーフセルを固定するため、種々の特殊専用治具が用いられてきたが、ハーフセルの治具への取り付けが煩雑であることや、金属セル内面に治具が接触すること、セルの開放口と開口部を同時に加工できないこと等様々な問題があった。

【0005】

旋盤加工時に、ボルトを使用せずに加工物を固定可能な旋盤用チャック装置用把握生爪が発明されている（特許文献 1 参照）。

【0006】

しかし、特許文献 1 の方法では、湾曲した加工対象を固定することはできなかった。また、生爪で挟み込んで固定した場合、加工対象の生爪の接触部に傷をつけてしまう恐れがあった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2003 - 127011 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

この発明は、上述の問題に鑑みて、湾曲した形状の金属形成体である加工対象を、内面

10

20

30

40

50

に傷をつけず、脱落しないようにしっかりと吸着保持する技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するため、本発明は、金属製の対象物を切削する加工装置であって、気体を吸引する吸引ポンプと、前記吸引ポンプに接続され、前記対象物を、当該対象物の曲面に近接して吸着保持する保持部材と、前記保持部材に保持された前記対象物を切削する切削装置とを備え、前記保持部材は、排気用開口または前記排気用開口と吸着側開口とを有する減圧空間と、すべての前記排気用開口または前記減圧空間を囲むように配置され、前記対象物を保持するとき当該対象物の曲面に当接するシール部材とを備える加工装置とした。

10

【発明の効果】

【0010】

この発明により、湾曲した形状の金属形成体である加工対象を、内面に傷をつけず、脱落しないようにしっかりと吸着保持することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施例1における金属湾曲形成体加工装置の概観図。

【図2】実施例1における金属湾曲形成体加工装置の対象物である金属湾曲形成体の斜視図。

20

【図3】実施例1における金属湾曲形成体加工装置のブロック図。

【図4】実施例1における金属湾曲形成体を保持した状態の保持部材を示す断面図。

【図5】実施例1における保持部材のホルダー部の部分拡大図。

【図6】実施例1におけるホルダー部を(+Z)側から(-Z)側に向けて見た平面図。

【図7】実施例1におけるチャック土台部を(+Z)側から(-Z)側に向けて見た平面図。

【図8】実施例1における金属湾曲形成体の加工方法を示す流れ図。

【図9】実施例1における金属湾曲形成体を実際に使用する超伝導加速器の内部図。

【図10】実施例2における金属湾曲形成体を保持した状態の保持部材を示す断面図。

【図11】実施例2における保持部材のホルダー部の部分拡大図。

30

【図12】実施例3における金属湾曲形成体を保持した状態の保持部材を示す断面図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の好適な実施の形態について、添付の図面を参照しつつ、詳細に説明する。ただし、以下の説明において特に断らない限り、方向や向きに関する記述は、当該説明の便宜上、図面に対応するものであり、例えば実施品、製品または権利範囲等を限定するものではない。

【実施例1】

【0013】

図1は、金属湾曲形成体加工装置1の概観図である。なお、図1に示すX軸、Y軸およびZ軸は互いに垂直な軸である。また、本実施の形態では、X軸およびY軸は水平面に平行な軸を示し、Z軸は鉛直方向を示すものとして説明する。以下の図についても、同様とする。

40

【0014】

詳細は後述するが、金属湾曲形成体加工装置1は、加工の対象物である金属湾曲形成体4を内部に設置して加工する装置として構成されている。加工対象である金属湾曲形成体4は、荷電粒子に運動エネルギーを与える超伝導加速システムにおいて、中空状の超伝導加速空洞を形成するために用いられる部材である。この金属湾曲形成体4は、一方に大径部、他方に小径部を有するハーフセルと呼ばれるものであり、向きを交互に並べて大径部同士および小径部同士を接続する形で複数個連続させることによって、荷電粒子の進行方

50

向（ハーフセルの接続方向）へ向かって内径がなだらかかつ規則的に大小に変化する形状となる。このハーフセルは、内面に傷等があると使用時にスパークが発生する等の問題が生じるため、内面を傷つけず、かつ、連続するハーフセル内に真空を保てる程度に接続部の加工精度を高精度にすることが要求されるものである。

【 0 0 1 5 】

図 2 は、金属湾曲形成体加工装置 1 の対象物である金属湾曲形成体 4 の斜視図である。ただし、図 2 では、加工後の金属湾曲形成体 4 を図示している。

【 0 0 1 6 】

金属湾曲形成体 4 は、円筒状の金属製の部材であって、円筒軸方向において、外径および内径が変化する形状（略おわん型形状）を有している。なお、ここに示す例では、金属湾曲形成体 4 は、ニオブを原料とする金属製であるが、金属湾曲形成体加工装置 1 の対象物はこれに限定されるものではない。

10

【 0 0 1 7 】

金属湾曲形成体 4 は、円形に開放した開口部 4 0 1 と開口部 4 0 3 とを有している。開口部 4 0 1 は、（ + Z ）側に開口しており、開口部 4 0 3 は、（ - Z ）側に開口している。さらに、開口部 4 0 1 は（ + Z ）側に突出した開口部縁 4 0 2 を有する。すなわち、金属湾曲形成体 4 は、（ - Z ）側に開口した大開口部である開口部 4 0 3 と、開口部 4 0 3 より径が小さい小開口部である（ + Z ）側に開口した開口部 4 0 1 を有する。金属湾曲形成体 4 の内面は、おわんの内面のように、湾曲した曲面 4 0 4 となっている。ただし、対象物の形状はここに示す形状に限定されるものではない。

20

【 0 0 1 8 】

図 1 に戻って、金属湾曲形成体加工装置 1 は、加工対象である金属湾曲形成体 4 を設置して加工する加工部 2 と、操作命令を外部から受け付ける操作部 3 とを有する。

【 0 0 1 9 】

図 3 は、金属湾曲形成体加工装置 1 のブロック図である。

【 0 0 2 0 】

操作部 3 は、切削駆動部 9 を操作するための切削操作部 3 0 1 と、回転駆動部を操作する回転駆動操作部 3 0 2 と、吸引ポンプ部 7 を操作する吸引ポンプ操作部 3 0 3 とを有する。

【 0 0 2 1 】

加工部 2 は、金属湾曲形成体 4 を保持する保持部材 5 と、加工時に金属湾曲形成体 4 を回転させる回転駆動部 6 と、気体（雰囲気）を吸引する吸引ポンプ部 7 と、金属湾曲形成体 4 を切削加工する切削部 8 と、切削部 8 を駆動させる切削駆動部 9 とを有する。

30

【 0 0 2 2 】

図 4 は、金属湾曲形成体 4 を保持した状態の保持部材 5 を示す断面図である。なお、図 4 において、ポンプ吸気路 7 0 1 は断面として示していない。

【 0 0 2 3 】

保持部材 5 は、金属湾曲形成体 4 を内側から保持するホルダー部 5 0 1 と、ホルダー部 5 0 1 の内部を減圧状態にするための排出口を形成する排気接続部 5 0 2 と、ホルダー部 5 0 1 および排気接続部 5 0 2 を固定する土台であるチャック土台部 5 0 3 を有する。

40

【 0 0 2 4 】

図 5 は、保持部材 5 のホルダー部 5 0 1 の部分拡大図である。また、図 6 は、ホルダー部 5 0 1 を（ + Z ）側から（ - Z ）側に向けて見た平面図である。なお、図 5 および図 6 において、金属湾曲形成体 4 については図示を省略している。

【 0 0 2 5 】

ホルダー部 5 0 1 は、図 6 に示すように、ホルダー部 5 0 1 の外周部分に配置されるホルダー外周部 5 0 5 と、ホルダー部 5 0 1 の内周部分に配置されるホルダー内周部 5 0 6 とから構成される。詳細は後述するが、ホルダー部 5 0 1 は、本発明における空間形成部材に相当する部材である。

【 0 0 2 6 】

50

ホルダー外周部 505 は、図 5 に示すように、第 1 ホルダー外周部 507 および第 2 ホルダー外周部 508 から構成される。

【0027】

第 1 ホルダー外周部 507 は、ホルダー外周部 505 のうち (+Z) 側に配置される部分である。第 1 ホルダー外周部 507 のうち外周側に突出した部分の表面の一部は、近接面 507a, 507b を形成している。近接面 507a, 507b は、図 4 に示すように、金属湾曲形成体 4 の内側の曲面 404 に接触せず近接する。なお、近接面 507a, 507b が金属湾曲形成体 4 の曲面 404 に万一接触したときに、金属湾曲形成体 4 にダメージを与えることのないように、ホルダー外周部 505 は、金属湾曲形成体 4 に比べて柔らかい材質であることが好ましい。

10

【0028】

近接面 507a, 507b の間には、溝が外周に一周連続して同じ太さ同じ深さで形成されている。この溝の深さと幅は、外周角リング 509 の太さと同一に形成されている。この溝には、外周角リング 509 が隙間なく嵌め込まれている。

【0029】

第 1 ホルダー外周部 507 の外周端部付近 (近接面 507a と近接面 507b との間) には、図 5 に示すような凹部が設けられている。当該凹部には、外周角リング 509 が取り付けられている。

【0030】

さらに、第 1 ホルダー外周部 507 の (+Z) 側の面は、XY 平面に平行な向きに配置される表面 507c を形成している。詳細は後述するが、表面 507c は、減圧空間 511 を形成するための隔壁の一部を構成する。

20

【0031】

第 2 ホルダー外周部 508 は、ホルダー外周部 505 のうち (-Z) 側に突出した部分である。第 2 ホルダー外周部 508 は、ホルダー内周部 506 よりもさらに (-Z) 側に突出し、突出した (-Z) 側の端部が排気接続部 502 と当接する。

【0032】

なお、第 2 ホルダー外周部 508 が排気接続部 502 と当接する部分には、リング 518 が取り付けられている。リング 518 は、第 2 ホルダー外周部 508 と排気接続部 502 との隙間から雰囲気漏れを防止する。

30

【0033】

ホルダー内周部 506 は、ホルダー外周部 505 より (+Z) 側に突出した形状を有している。ホルダー内周部 506 の表面の一部は、図 5 に示すように、近接面 506a, 506b を形成している。近接面 506a, 506b は、図 4 に示すように、金属湾曲形成体 4 の曲面 404 に接触せず近接する。なお、近接面 506a, 506b が金属湾曲形成体 4 の曲面 404 に万一接触したときに、金属湾曲形成体 4 にダメージを与えることのないように、ホルダー内周部 506 は、金属湾曲形成体 4 に比べて柔らかい材質であることが好ましい。

【0034】

近接面 506a, 506b の間には、溝が外周に一周連続して同じ太さ同じ深さで形成されている。この溝の深さと幅は、内周角リング 510 の太さと同一に形成されている。この溝には、内周角リング 510 が隙間なく嵌め込まれている。

40

【0035】

ホルダー内周部 506 の外周端部付近 (近接面 506a と近接面 506b との間) には、図 5 に示すような凹部が設けられている。そして、当該凹部には、内周角リング 510 が取り付けられている。

【0036】

さらに、ホルダー内周部 506 のうち、第 1 ホルダー外周部 507 の表面 507c よりも (+Z) 側に配置される部分 ((+Z) 側に突出した部分) の表面の一部は、図 5 に示すように、Z 軸に平行な向きに配置される曲面 506c を形成している。詳細は後述する

50

が、曲面506cは、減圧空間511を形成するための隔壁の一部を構成する。

【0037】

厳密には、近接面506aと金属湾曲形成体4の曲面404との間には隙間が形成される。したがって、当該隙間や内周角リング510が取り付けられる凹部の一部は、減圧空間511の一部を構成する。同様に、厳密には、近接面507bと金属湾曲形成体4の曲面404との間には隙間が形成される。したがって、当該隙間や外周角リング509が取り付けられる凹部の一部は、減圧空間511の一部を構成する。しかし、以下の説明では、説明の便宜上、ホルダー部501において、第1ホルダー外周部507の表面507cと、ホルダー内周部506の曲面506cとによって、減圧空間511が形成されるものとして説明する。

10

【0038】

図5に示す減圧空間511は、排気用開口504aによって(-Z)側に開放されている。排気用開口504aは、排気流路504の開口でもある。言い換えれば、減圧空間511と排気流路504とは、排気用開口504aを介して連通接続されている。

【0039】

また、減圧空間511は、図5に破線で示す吸着側開口511aによって(+Z)側に開放されている。吸着側開口511aは、主に、表面507cの(+Z)側に形成される開口である。すなわち、吸着側開口511aは、図6に示す表面507cと同様にリング状である。さらに、吸着側開口511aは、図5に示すように、XY平面に対して傾いている。したがって、吸着側開口511aの形状は、円錐台の斜面と同様の形状である。

20

【0040】

図5に示すように、ホルダー外周部505とホルダー内周部506との境界付近には、排気流路504が形成される。排気流路504は、Z軸に平行な方向に延びるように形成され、(+Z)側と(-Z)側とに開口している。

【0041】

排気流路504の(+Z)側の開口は、排気用開口504aである。図6に示すように、本実施の形態におけるホルダー部501は、第1ホルダー外周部507の表面507cに、8つの排気用開口504aが設けられている。ただし、排気用開口504aの数は、8つに限定されるものではない。

【0042】

8つの排気用開口504aは、リング状の表面507cにおいて、同心円上となるように、リング状に配置されている。さらに、各排気用開口504aは、隣り合う他の排気用開口504aとの距離が同一となるように配置されている。

30

【0043】

各排気流路504の(-Z)側は、排気空間514に連通接続される。すなわち、排気流路504は、減圧空間511内の雰囲気気を排気用開口504aを介して、後述する排気空間514に導く機能を有している。

【0044】

図6から明らかなように、排気用開口504aの開口面積(8つの合計)は、表面507cの面積より小さい。そして、図5から明らかなように、表面507cの面積は、吸着側開口511aの開口面積より小さい。したがって、保持部材5において、排気用開口504aの開口面積(8つの合計)は、吸着側開口511aの開口面積よりも小さい。

40

【0045】

外周角リング509、内周角リング510およびOリング518は、いずれも可撓性(弾性)のある物質(例えばゴムなどの樹脂)により製造されたドーナツ状の部材である。外周角リング509、内周角リング510およびOリング518は、所定の部材が当接する(さらに付勢力が加わる)ことにより、当該当接箇所において、気体の通過を規制する(密閉する)機能を有している。

【0046】

すでに説明したように、外周角リング509は、第1ホルダー外周部507の外周端部

50

に配置されている。したがって、外周角リング509は、図6に示すように、表面507cの外周付近に配置されている。また、内周角リング510は、ホルダー内周部506の近接面506aの内周付近に配置されている。したがって、内周角リング510は、図6に示すように、曲面506cの(+Z)側端部付近に配置されている。すなわち、外周角リング509および内周角リング510は、吸着側開口511aを囲むように配置されている。

【0047】

外周角リング509および内周角リング510は、図4に示すように、保持部材5が金属湾曲形成体4を保持するとき当該金属湾曲形成体4の曲面404に当接する。また、詳細は後述するが、保持部材5は、金属湾曲形成体4の曲面404を、外周角リング509および内周角リング510に付勢する付勢力として、吸着力(吸引ポンプ部7による吸引力および重力)を利用する。したがって、外周角リング509および内周角リング510は、金属湾曲形成体4の曲面404に当接する場所において、金属湾曲形成体4の曲面404に密着する。

10

【0048】

このように、吸着側開口511aを囲むように配置された外周角リング509および内周角リング510に金属湾曲形成体4の曲面404が密着することによって、ホルダー部501において吸着側開口511aが密閉(シール)される。したがって、外周角リング509はリング状の吸着側開口511aの外縁を囲む外周シール部材であり、内周角リング510はリング状の吸着側開口511aの内縁を囲む内周シール部材である。

20

【0049】

なお、外周角リング509および内周角リング510の硬さは、金属湾曲形成体4の曲面404に隙間なく当接するよう柔軟に変形でき、かつ、金属湾曲形成体4が吸引されても曲面404がホルダー内周部506の近接面506a, 506bおよび第1ホルダー外周部507の近接面507a, 507bに接触しない程度の強度(弾性力)を有する硬さに形成されている。

【0050】

また、図4に示すOリング518は、第2ホルダー外周部508と排気接続部502とに当接し、詳細は後述するが、付勢力としてホルダー固定ねじ513による締結力(および重力)を利用する。このようにして、Oリング518は、すでに説明したように、第2ホルダー外周部508と排気接続部502との隙間から雰囲気漏れを防止する。

30

【0051】

図4に示すように、排気接続部502は、中心部分が(-Z)側に突出しており、略円卓形状の部材となっている。排気接続部502の中心部分の内部には、排気接続部502をZ軸方向に貫通する主排気路512が形成されている。排気接続部502の(+Z)側表面の外周部分は、第2ホルダー外周部508の(-Z)側端部と当接しており、ホルダー固定ねじ513によって固定される。

【0052】

なお、ホルダー固定ねじ513は、(-Z)方向から(+Z)方向に向けて螺入され、排気接続部502と第2ホルダー外周部508とを締結するとともに、Oリング518に対する付勢力を加える機能を有している。したがって、すでに説明したように、Oリング518は、シール部材として機能する。

40

【0053】

また、排気接続部502の(-Z)側に突出した突出部は、チャック土台部503の中央凹部に挿入される。このとき、第2ホルダー外周部508は、ホルダー内周部506より下側に突出しているため、排気接続部502の(+Z)側の表面と、ホルダー内周部506の(-Z)側の表面との間に円筒形状の排気空間514が形成される。すでに説明したように、各排気流路504の(-Z)側は、排気空間514に連通接続されている。すなわち、排気空間514は、排気流路504を介して、減圧空間511と連通接続されている。

50

【 0 0 5 4 】

図7は、チャック土台部503を(+Z)側から(-Z)側に向けて見た平面図である。チャック土台部503は、中央に排気接続部502の突出部を挿入するため凹形状を有し、(+Z)側の表面に生爪515を有する。生爪515は、等間隔に3つ配置されている。

【 0 0 5 5 】

生爪515は、チャック土台部503の外周および内周方向に向かってスライド移動することが可能であるとともに、生爪固定部516によって固定することも可能である。3つの生爪515をそれぞれチャック土台部503の内周方向に移動させて、生爪515の内周側端部を排気接続部502の側面および第2ホルダー外周部508の側面に当接させると、3つの生爪515によって排気接続部502および第2ホルダー外周部508を挟み込みむことが可能である。したがって、このような位置で、3つの生爪固定部516の固定ねじを締めることで、排気接続部502およびホルダー部501は、3つの生爪515によってチャック土台部503に固定される。

10

【 0 0 5 6 】

図3に示す回転駆動部6は、すでに説明したように、加工時に金属湾曲形成体4を回転させる機能を有している。より詳細には、回転駆動部6は、金属湾曲形成体4を保持した状態の保持部材5を回転させる。

【 0 0 5 7 】

吸引ポンプ部7は、図4に示すように、ポンプ吸気路701を有する。吸引ポンプ部7は、ポンプ吸気路701から雰囲気(気体)を吸引して外部に排気する機能を有している。なお、吸引ポンプ部7は、ポンプ吸気路701の接続先から雰囲気を吸引できるものであれば種類は限定されず、公知のものを用いることができる。

20

【 0 0 5 8 】

ポンプ吸気路701は、チャック土台部503を貫通する。そして、ポンプ吸気路701の(+Z)側の端部は、排気接続部502の主排気路512の(-Z)側に挿入される。これにより、保持部材5における減圧空間511、8つの排気流路504、排気空間514、および、主排気路512が、ポンプ吸気路701に連通接続される。すなわち、ポンプ吸気路701が排気接続部502に挿入されることにより、保持部材5が吸引ポンプ部7に接続される。

30

【 0 0 5 9 】

また、ポンプ吸気路701は、主排気路512との当接部に、シール部材である吸引ポンプリング702を有する。これにより、吸引ポンプリング702は、ポンプ吸気路701と排気接続部502との隙間から雰囲気が漏れることを防止することができる。

【 0 0 6 0 】

したがって、ポンプ吸気路701から雰囲気(気体)が吸引されて外部に排気されると、主排気路512、排気空間514、8つの排気流路504、および、減圧空間511は外部に比べて減圧される。減圧空間511の内部が減圧されると、外部との圧力差によって、外周角リング509および内周角リング510に当接した金属湾曲形成体4に対する吸引力が生じる。これにより、金属湾曲形成体4は、ホルダー部501(保持部材5)に吸着され、保持される。

40

【 0 0 6 1 】

吸引ポンプ部7が減圧空間511の内部の雰囲気を吸引することにより生じる吸引力は、より詳細には、当該金属湾曲形成体4の曲面404のうち、吸着側開口511aに対向する部分に対して働くことになる。

【 0 0 6 2 】

従来は、ポンプからの吸引路の開口により対象物を吸着する構造であった。すなわち、排気用の開口と、対象物に吸着する側の開口とがほぼ同一のサイズであった。このような構造では、ポンプによる吸引力が対象物の比較的狭い部分に集中して作用するため、吸引力を増大させると対象物の変形するなどのダメージを生じるおそれがあった。したがって

50

、従来は、吸引力を増大させるには限界があり、加工する際に脱落する危険があった。そのため、従来は、対象物の内面と外面とを挟み込むように保持するための部材（外面保持部材）を用いる必要があった。

【 0 0 6 3 】

これに対して、保持部材 5 では、排気用開口 5 0 4 a の開口面積（ 8 つの合計）は、吸着側開口 5 1 1 a の開口面積よりも小さくなるように設計されている。これにより、吸引ポンプ部 7 の吸引力を分散させることができる。また、このように分散させたとしても、合成吸引力（金属湾曲形成体 4 に作用する吸引力の合計）は、あまり低下しない。したがって、金属湾曲形成体 4 が脱落しない程度にまで吸引ポンプ部 7 の吸引力を増大させることができる。

10

【 0 0 6 4 】

図 3 に示す切削部 8 は、対向する 2 本の切削工具（図示せず）を備える。切削部 8 の 2 本の切削工具の位置は、切削操作部 3 0 1 の指示を受けた切削駆動部 9 によって、変更することが可能である。すなわち、切削工具は、移動可能に構成されている。

【 0 0 6 5 】

切削駆動部 9 は、切削操作部 3 0 1 からの指示に従って、切削部 8 の 2 本の切削工具を移動させる機能を有する。切削駆動部 9 は、加工前に金属湾曲形成体 4 に当接する位置に切削工具を移動させるとともに、加工後に金属湾曲形成体 4 から離間する位置（退避位置）に切削工具を移動させる。

【 0 0 6 6 】

以上が金属湾曲形成体加工装置 1 の構成および機能の説明である。次に、金属湾曲形成体 4 を加工する加工方法について説明する。

20

【 0 0 6 7 】

図 8 は、金属湾曲形成体 4 の加工方法を示す流れ図である。

【 0 0 6 8 】

図 8 に示す処理が開始されると、保持部材 5 の準備が行われる（ステップ S 1）。ステップ S 1 では、作業者は、ホルダー部 5 0 1 と、ポンプ吸気路 7 0 1 が接続された排気接続部 5 0 2 をホルダー固定ねじ 5 1 3 でねじ留めすることで固定する。そして、固定したホルダー部 5 0 1 と排気接続部 5 0 2 を、金属湾曲形成体加工装置 1 の加工部 2 内にある、チャック土台部 5 0 3 の中央凹部に排気接続部 5 0 2 の突出部を挿入する。その後、3 つの生爪 5 1 5 をチャック土台部 5 0 3 の内周側にスライドさせ、生爪 5 1 5 でホルダー部 5 0 1 と排気接続部 5 0 2 の側面を挟み込み、ホルダー部 5 0 1 および排気接続部 5 0 2 をチャック土台部 5 0 3 に固定する。

30

【 0 0 6 9 】

ステップ S 1 を終了すると、作業者は、金属湾曲形成体 4 を、金属湾曲形成体 4 の内面をホルダー部 5 0 1 に当接させて設置する（ステップ S 2）。このとき、金属湾曲形成体 4 の正確な設置位置を決定するため、金属湾曲形成体固定治具 5 1 7 のような位置決め補助治具を用いることができる。

【 0 0 7 0 】

作業者は、ステップ S 2 を終了し、金属湾曲形成体 4 の設置位置を確認したら、吸引ポンプ操作部 3 0 3 を操作して、吸引ポンプ部 7 を稼働させる。吸引ポンプ部 7 の吸引が開始されることによって、ホルダー部 5 0 1 の減圧空間 5 1 1 の内部は減圧され（ステップ S 3）、外気圧との気圧差によって金属湾曲形成体 4 はホルダー部 5 0 1 に押さえつけられ、吸着保持が開始される（ステップ S 4）。なお、金属湾曲形成体固定治具 5 1 7 を使用した場合、作業者は、金属湾曲形成体 4 が確実にホルダー部 5 0 1 に固定されていることを確認してから、金属湾曲形成体固定治具 5 1 7 を取り外す。

40

【 0 0 7 1 】

金属湾曲形成体 4 の保持が開始されたら、作業者は、加工部 2 の扉を閉める。その後、作業者は、回転駆動操作部 3 0 2 を操作し、保持部材 5 および保持部材 5 に保持された金属湾曲形成体 4 を所定の速度で回転させる（ステップ S 5）。このとき、回転速度は、遅

50

すぎると加工面が粗くなり、早すぎると金属湾曲形成体 4 が遠心力によって移動する恐れがあるため、加工に適した速度で、かつ金属湾曲形成体 4 が遠心力でズレ動かない程度とするのがより好ましい。

【 0 0 7 2 】

回転が安定したことを確認したら、作業者は、切削操作部 3 0 1 を操作する。これにより、切削駆動部 9 が、回転している金属湾曲形成体 4 の開口部 4 0 3 および開口部縁 4 0 2 の、表面および内面に切削部 8 の切削工具を当接させる（ステップ S 6）。これにより、開口部 4 0 3 および開口部縁 4 0 2 の加工処理を行う（ステップ S 7）。なお、開口部 4 0 3 および開口部縁 4 0 2 のいずれを先に加工してもよい。

【 0 0 7 3 】

金属湾曲形成体 4 に対する切削加工が終了したら、切削操作部 3 0 1 を操作して切削部 8 を金属湾曲形成体 4 から退避させる（ステップ S 8）。さらに、作業者は、回転駆動操作部 3 0 2 を操作して保持部材 5 および金属湾曲形成体 4 の回転運動を止め（ステップ S 9）、加工部 2 の扉を開く。その後、吸引ポンプ操作部 3 0 3 を操作し、吸引ポンプ部 7 を停止させ（ステップ S 1 0）、金属湾曲形成体 4 を取り外す（ステップ S 1 1）。

【 0 0 7 4 】

これにより、金属湾曲形成体加工装置 1 によって、加工処理が施された金属湾曲形成体 4 を得ることができる。なお、別の加工対象である金属湾曲形成体 4 を同様の手順で必要な数、加工する場合は、ステップ S 2 に戻って処理を繰り返せばよい。

【 0 0 7 5 】

図 9 は、金属湾曲形成体 4 を実際に使用する超伝導加速器 1 0 の内部図である。

【 0 0 7 6 】

超伝導加速器 1 0 は、冷却溶液を満たす箱型容器と、電子加速部とを有する。電子加速部は、2 つの金属湾曲形成体 4 の開口部 4 0 3 を金属リングで連結した金属セルを、箱型容器内で、異なる金属セルの開口部 4 0 1 を金属リングで長手方向に複数連結させた中空の部材である。

【 0 0 7 7 】

超伝導加速器 1 0 は、箱型容器内を液体ヘリウムなどで満たし、電子加速部内を極低温の超伝導状態とする。これにより、電子加速部の内部は磁場で満たされ、高い電場が発生する。電子加速部内を通過する電子は、発生した電場による電圧を加えられ、加速する。しかし、金属セルの内面に損傷があると電場が発生したときにスパークが発生し、エネルギーロスや、金属セルが破壊されるといった不具合が生じる。そのため、金属セルの内面は、傷などの損傷がないことが望ましい。

【 0 0 7 8 】

また、電子加速部の金属セルは複数の金属湾曲形成体 4 を連結することで作製される。そのため、連結部となる金属湾曲形成体 4 の開口部 4 0 3 および開口部縁 4 0 2 の形状は、連結時に確実に固定するため、ゆがみのない同心円状でなければならない。しかし、切削部位ごとに金属湾曲形成体 4 を位置替えのために取り外し、再度取り付ける作業をすると、作業中の位置決めに誤差が生じ、金属湾曲形成体 4 ごとに開口部 4 0 3 および開口部縁 4 0 2 の形状に微小な差が発生し、金属湾曲形成体 4 を連結させる際にうまく連結できない恐れがある。よって、開口部 4 0 3 および開口部縁 4 0 2 の、表面および内面の切削加工は、金属湾曲形成体 4 を途中で取り外すことなく、連続して行うことが望ましい。

【 0 0 7 9 】

本発明の金属湾曲形成体加工方法は、金属湾曲形成体 4 を、気圧差によって当接するホルダー部 5 0 1 に吸着して保持することで、生爪で物理的に挟み込む、ボルトで締め付けるといった、従来の固定方法と比較して、金属湾曲形成体 4 の内面に傷を生じさせることなく加工することができる。また、表面と内面を同時に切削することで、開口部 4 0 3 および開口部縁 4 0 2 にゆがみを発生させることなく、高精度な加工ができる。さらに、金属湾曲形成体 4 の開口部 4 0 3 および開口部縁 4 0 2 を同時に切削加工することで、取り付けおよび取り外しの回数が少なくなり、加工作業の迅速化および高精度化が可能である

。

【0080】

すなわち、金属湾曲形成体4の用途は特に限定されるものではないが、金属湾曲形成体加工装置1は、例えば、超伝導加速器10の部品としての金属湾曲形成体4を製造する場合に特に適している。

【0081】

以上の構成により、金属湾曲形成体4を切削する金属湾曲形成体加工装置1は、雰囲気を吸引する吸引ポンプ部7と、吸引ポンプ部7に接続され、金属湾曲形成体4の曲面404を吸着保持する保持部材5と、保持部材5に保持された金属湾曲形成体4を切削する切削部8とを備えている。そして、保持部材5は、吸着側開口511aと当該吸着側開口511aの開口面積よりも小さい開口面積を有する排気用開口504aとが形成される減圧空間511を形成するホルダー部501と、吸着側開口511aを囲むように配置され、金属湾曲形成体4を保持するときに当該金属湾曲形成体4の曲面404に当接する外周角リング509および内周角リング510とを備えており、減圧空間511は、吸引ポンプ部7により排気用開口504aを介して吸引されることにより内部の圧力が減圧される。これにより、吸着力が、金属湾曲形成体4の狭い領域に集中することなく分散するため、金属湾曲形成体4の曲面404に与えるダメージを抑制できる。

10

【0082】

また、吸着側開口511aはリング状に形成されており、リング状の吸着側開口511aの外縁を囲む外周角リング509と、リング状の吸着側開口511aの内縁を囲む内周角リング510とを備えることにより、リング状の吸着側開口511aによって金属湾曲形成体4を吸着するので、吸着力を均一化させることができる。

20

【0083】

また、減圧空間511に対して複数の排気用開口504aが形成されることにより、さらに、吸着力を均一化させることができる。

【0084】

さらに、複数の排気流路504を同心円状に備え、複数の排気流路504を、排気空間514を経由して主排気路512の1つに統一することで、1つの吸引ポンプ部7で、減圧空間511内を平均的にばらつきなく減圧状態とすることができる。

【0085】

この発明は、上述の実施形態の構成のみに限定されるものではなく、多くの実施の形態を得ることができる。

30

【0086】

例えば、実施例ではホルダー部501と排気接続部502とを異なるパーツとし、排気接続部502とホルダー内周部506との間に形成された排気空間514を通じて排気流路504と主排気路512とを連通させると説明した。しかし、ホルダー部501と排気接続部502とを1つのパーツとし、排気流路504と主排気路512とを直接連通する構成としてもよい。

【実施例2】

【0087】

また、本発明の異なる実施形態として、実施例2について図面とともに説明する。

40

図10は、実施例2における金属湾曲形成体4を保持した状態の保持部材5を示す断面図であり、図11は、実施例2における保持部材5のホルダー部1501の部分拡大である。

なお、実施例2において、実施例1と同一の構成要素には同一符号を付して説明を省略する。また、金属湾曲形成体加工装置1における保持部材5以外の構成、すなわち、図3に示した加工部2の回転駆動部6、吸引ポンプ部7、切削部8、および切削駆動部9と、操作部3の切削操作部301、回転駆動操作部302、および吸引ポンプ操作部303と、保持部材5の、チャック土台部503、生爪515、生爪固定部516は、実施例1と同一である。

50

【 0 0 8 8 】

図 10 に示すように、ホルダー部 1 5 0 1 は、排気接続部 1 5 0 2 と、チャック土台部 5 0 3 と、ホルダー外周部 1 5 0 5 と、ホルダー内周部 1 5 0 6 とで構成される。また、ホルダー部 1 5 0 1 には、シール部材としての外周シールリング 5 2 0 (第 1 シール部材) と、内周シールリング 5 2 1 (第 2 シール部材) とが配置されている。また、ホルダー部 1 5 0 1 の上面は、金属湾曲形成体 4 の外表面の形状に対応し、外周から内周に向かって下方に凹となるように形成される。

【 0 0 8 9 】

ホルダー部 1 5 0 1 は、排気接続部 1 5 0 2 と、ホルダー外周部 1 5 0 5 と、ホルダー内周部 1 5 0 6 とが一体に形成され、その内部に排気流路 1 5 0 4 と、排気空間 1 5 1 4 と、主排気路 1 5 1 2 とで構成された気体流路 5 2 6 が形成される。

10

【 0 0 9 0 】

排気流路 1 5 0 4 は、ホルダー部 1 5 0 1 を Z 軸方向 (回転軸方向) に貫通する円柱形状の空間であり、ホルダー外周部 1 5 0 5 とホルダー内周部 1 5 0 6 との間に形成される。また、排気流路 1 5 0 4 は、上端に排気用開口 1 5 0 4 a が形成される。本実施例では、ホルダー部 1 5 0 1 の上面に 8 つの排気用開口 1 5 0 4 a が回転軸を中心とする同一円周上に等間隔で配置されるように形成されているが、排気用開口 1 5 0 4 a (排気流路 1 5 0 4) の数および配置はこれに限定されない。

【 0 0 9 1 】

排気空間 1 5 1 4 は、X Y 軸平面方向 (回転軸半径方向) に径を有する円柱状 (円盤状) の空間であり、ホルダー内周部 1 5 0 6 と、排気接続部 1 5 0 2 との間に形成されている。また、排気空間 1 5 1 4 は、その外周の一部が排気流路 1 5 0 4 の下部外周に接続されて連通している。すなわち、排気流路 1 5 0 4 と排気空間 1 5 1 4 は連続した空間に形成される。また、排気空間 1 5 1 4 の高さ (Z 軸方向の長さ) は、少なくとも上端が排気流路 1 5 0 4 の中間より下で、かつ下端が排気流路 1 5 0 4 の下端よりも上に形成されている。

20

【 0 0 9 2 】

主排気路 1 5 1 2 は、Z 軸方向に伸びた円柱状の空間であり、上端が排気空間 1 5 1 4 の中央下端と接続されて連通し、下端がポンプ吸気路 1 7 0 1 と接続されて連通している。すなわち、排気流路 1 5 0 4 と排気空間 1 5 1 4 と主排気路 1 5 1 2 は連続した空間に形成される。本実施例では、主排気路 1 5 1 2 は円柱形状であり、ホルダー部 1 5 0 1 の Z 軸方向の中心軸上に形成されているが、主排気路 1 5 1 2 の形状および位置はこれに限定されない。ただし、どの形状および位置であっても、主排気路 1 5 1 2 の下端はホルダー部 1 5 0 1 の Z 軸方向の中心軸上に形成されていることが好ましい。

30

【 0 0 9 3 】

図 11 に示すように、ホルダー外周部 1 5 0 5 は、上面が外周に向かって上方に伸びる湾曲形状を有する。すなわち、ホルダー外周部 1 5 0 5 の上面は、回転軸の半径外側より半径内側の方が凹となっている。ホルダー外周部 1 5 0 5 の上面は、近接触面 1 5 0 5 a , 1 5 0 5 b を形成している。近接触面 1 5 0 5 a , 1 5 0 5 b は、金属湾曲形成体 4 の曲面 4 0 4 の内の外表面に接触または近接する。すなわち、ホルダー外周部 1 5 0 5 の上面および上面を構成する近接触面 1 5 0 5 a , 1 5 0 5 b は、加工対象物である金属湾曲形成体 4 に対向する対象物対向面となる。ホルダー外周部 1 5 0 5 は、近接触面 1 5 0 5 a , 1 5 0 5 b が金属湾曲形成体 4 の曲面 4 0 4 にダメージを与えることのないように、金属湾曲形成体 4 に比べて柔らかい材質で成形されることが好ましい。

40

【 0 0 9 4 】

近接触面 1 5 0 5 a , 1 5 0 5 b の間には、外周シールリング固定溝 5 2 5 が一周連続して一律の太さおよび深さで形成されている。外周シールリング固定溝 5 2 5 は、外周側面 5 2 5 b と、底面 5 2 5 a と、内周側面 5 2 5 d と、各側面と底面 5 2 5 a とを接続する角 5 2 5 c とで構成され、上面は開放された形状を有する。また、外周側面 5 2 5 b と内周側面 5 2 5 d は、Z 軸に平行に形成される。本実施例の底面 5 2 5 a は、X Y 軸平面

50

に平行に形成され、外周側面 5 2 5 b および内周側面 5 2 5 d との間で直角に角 5 2 5 c を形成しているが、底面 5 2 5 a の形状はこれに限定されない。例えば、底面 5 2 5 a にさらに角を設け、角 5 2 5 c を直角でない構成としてもよい。

【 0 0 9 5 】

外周シールリング 5 2 0 は、可撓性（弾性）のある物質（例えばゴムなどの樹脂）により製造され、外周シールリング固定溝 5 2 5 にはめ込まれ、位置決めされており、一周連続して一律の太さで形成されている。すなわち、外周シールリング固定溝 5 2 5 は、外周シールリング 5 2 0 の位置決め部としてはたらく。また、外周シールリング 5 2 0 は、お互い平行に対向する 2 つの側面 5 2 0 d と、底面 5 2 0 a と、各側面と底面 5 2 0 a とを接続する 2 つの角 5 2 0 c と、上方向に湾曲する断面円弧形状の上面 5 2 0 b とで構成される。2 つの側面 5 2 0 d 間の長さ（外周シールリング 5 2 0 の X Y 軸平面方向の太さ）は、外周シールリング固定溝 5 2 5 の太さと同じに形成される。すなわち、2 つの側面 5 2 0 d は外周側面 5 2 5 b および内周側面 5 2 5 d と当接し、角 5 2 0 c は角 5 2 5 c と当接する。また、上面 5 2 0 b は、少なくとも一部が外周シールリング固定溝 5 2 5 の開放された上面から突出している。また、外周シールリング 5 2 0 は、厚み方向の断面形状において内周シールリング固定溝 5 2 5 と当接する 2 つの角 5 2 0 c を有し、加工対象物である金属湾曲形成体 4 と対向（当接）する面が、外周側に凸する断面円弧形状の上面 5 2 0 b となっている。なお、本実施例では、底面 5 2 5 a が底面 5 2 0 a と当接するが、底面 5 2 5 a および 5 2 0 a の形状に応じて当接しなくてもよい。

【 0 0 9 6 】

ホルダー内周部 1 5 0 6 は、上面が外周に向かって上方向に伸びる傾斜を有する。すなわち、ホルダー内周部 1 5 0 6 の上面は、回転軸の半径外側より半径内側の方が凹となっている。ホルダー内周部 1 5 0 6 の上面は、近接触面 1 5 0 6 d , 1 5 0 6 e を形成している。近接触面 1 5 0 6 d , 1 5 0 6 e は、金属湾曲形成体 4 の曲面 4 0 4 の内の外表面に接触または近接する。すなわち、ホルダー内周部 1 5 0 6 の上面および上面を構成する近接触面 1 5 0 6 d , 1 5 0 6 e は、加工対象物である金属湾曲形成体 4 に対向する対象物対向面となる。ホルダー内周部 1 5 0 6 は、近接触面 1 5 0 6 d , 1 5 0 6 e が金属湾曲形成体 4 の曲面 4 0 4 にダメージを与えることのないように、金属湾曲形成体 4 に比べて柔らかい材質で成形されることが好ましい。

【 0 0 9 7 】

近接触面 1 5 0 6 d , 1 5 0 6 e の間には、内周シールリング固定溝 5 2 4 が一周連続して一律の太さおよび深さで形成されている。内周シールリング固定溝 5 2 4 は、外周側面 5 2 4 b と、底面 5 2 4 a と、内周側面 5 2 4 d と、各側面と底面 5 2 4 a とを接続する角 5 2 4 c とで構成され、上面は開放された形状を有する。また、外周側面 5 2 4 b と内周側面 5 2 4 d は、Z 軸に平行に形成される。本実施例の底面 5 2 4 a は、X Y 軸平面に平行に形成され、外周側面 5 2 4 b および内周側面 5 2 4 d との間で直角に角 5 2 4 c を形成しているが、底面 5 2 4 a の形状はこれに限定されない。例えば、底面 5 2 4 a にさらに角を設け、角 5 2 4 c を直角でない構成としてもよい。

【 0 0 9 8 】

内周シールリング 5 2 1 は、可撓性（弾性）のある物質（例えばゴムなどの樹脂）により製造され、内周シールリング固定溝 5 2 4 にはめ込まれ、位置決めされており、一周連続して一律の太さで形成されている。すなわち、内周シールリング固定溝 5 2 4 は、内周シールリング 5 2 1 の位置決め部として機能し、内周シールリング 5 2 1 は、外周シールリング 5 2 0 よりもリング内径が小さい。また、内周シールリング 5 2 1 は、お互い平行に対向する 2 つの側面 5 2 1 d と、底面 5 2 1 a と、各側面と底面 5 2 1 a とを接続する 2 つの角 5 2 1 c と、上方向に湾曲する断面円弧形状の上面 5 2 1 b とで構成される。すなわち、2 つの側面 5 2 1 d 間の長さ（外周シールリング 5 2 0 の X Y 軸平面方向の太さ）は、内周シールリング固定溝 5 2 4 の太さと同じに形成される。すなわち、2 つの側面 5 2 1 d は外周側面 5 2 4 b および内周側面 5 2 4 d と当接し、角 5 2 1 c は角 5 2 4 c と当接する。また、上面 5 2 1 b は、少なくとも一部が内周シールリング固定溝 5 2 4 の

開放された上面から突出している。また、内周シールリング 5 2 1 は、厚み方向の断面形状において内周シールリング固定溝 5 2 4 と当接する 2 つの角 5 2 1 c を有し、加工対象物である金属湾曲形成体 4 と対向（当接）する面が、外周側に凸する断面円弧形状の上面 5 2 1 b となっている。なお、本実施例では、底面 5 2 4 a が底面 5 2 1 a と当接するが、底面 5 2 4 a および 5 2 1 a の形状に応じて当接しなくてもよい。

【 0 0 9 9 】

また、本実施例における排気用開口 1 5 0 4 a が配置された円周と、外周シールリング 5 2 0 と、内周シールリング 5 2 1 は、同一の軸を中心として配置される。すなわち、排気用開口 1 5 0 4 a が配置された円周と、外周シールリング 5 2 0 と、内周シールリング 5 2 1 は、お互い平行に配置され、一定の距離を保持している。

10

【 0 1 0 0 】

本実施例において、金属湾曲形成体 4 の加工方法は実施例 1 と同様である。ただし、本実施例において、金属湾曲形成体 4 は、実施例 1 と異なり、図 1 0 に示すように開口部 4 0 1 が（- Z）側に開口しており、開口部 4 0 3 が（+ Z）側に開口している。すなわち、保持部材 5 が金属湾曲形成体 4 を保持する際は、外周シールリング 5 2 0 の上面 5 2 0 b および内周シールリング 5 2 1 の上面 5 2 1 b が、金属湾曲形成体 4 の外表面に当接する。また、同様に近接触面 1 5 0 5 a、1 5 0 5 b、1 5 0 6 d、および 1 5 0 6 e が金属湾曲形成体 4 の外表面に当接または近接する。また、近接触面 1 5 0 5 b および 1 5 0 6 e が金属湾曲形成体 4 の外表面に近接している場合は、近接触面 1 5 0 5 b、1 5 0 6 e、外周シールリング 5 2 0、内周シールリング 5 2 1、および金属湾曲形成体 4 の外表面によって減圧空間が形成される。

20

【 実施例 3 】

【 0 1 0 1 】

また、本発明のさらに異なる実施形態として、実施例 3 について図面とともに説明する。

図 1 2 は、実施例 3 における金属湾曲形成体 4 を保持した状態の保持部材 5 を示す断面図である。

なお、実施例 3 において、実施例 1 または実施例 2 と同一の構成要素には同一符号を付して説明を省略する。また、金属湾曲形成体加工装置 1 における保持部材 5 以外の構成、すなわち、図 3 に示した加工部 2 の回転駆動部 6、吸引ポンプ部 7、切削部 8、および切削駆動部 9 と、操作部 3 の切削操作部 3 0 1、回転駆動操作部 3 0 2、および吸引ポンプ操作部 3 0 3 と、保持部材 5 のチャック土台部 5 0 3、生爪 5 1 5、生爪固定部 5 1 6 は、実施例 1 と同一であり、保持部材 5 の内周シールリング 5 2 1、外周シールリング 5 2 0 は、実施例 2 と同一である。

30

【 0 1 0 2 】

図 1 2 に示すように、ホルダー部 2 5 0 1 は、排気接続部 2 5 0 2 と、チャック土台部 5 0 3 と、ホルダー外周部 2 5 0 5 と、ホルダー内周部 2 5 0 6 と、金属湾曲形成体固定治具 2 5 1 7 とで構成される。また、ホルダー部 2 5 0 1 には、シール部材としての外周シールリング 5 2 0 と、内周シールリング 5 2 1 とが配置されている。また、ホルダー部 2 5 0 1 は、実施例 2 と同様に金属湾曲形成体 4 の外表面の形状に対応し、外周から内周に向かって下方に凹となるように形成される。

40

【 0 1 0 3 】

ホルダー部 2 5 0 1 は、排気接続部 2 5 0 2 と、ホルダー外周部 2 5 0 5 と、ホルダー内周部 2 5 0 6 とが一体に形成され、その内部に排気流路 2 5 0 4 と、排気空間 2 5 1 4 と、主排気路 2 5 1 2 とで構成された気体流路 2 5 2 6 が形成される。

【 0 1 0 4 】

排気流路 2 5 0 4 は、ホルダー部 2 5 0 1 の内部において Z 軸方向（回転軸方向）に伸びる円柱形状の空間であり、ホルダー外周部 2 5 0 5 とホルダー内周部 2 5 0 6 との間に形成される。また、排気流路 2 5 0 4 は、上端に排気用開口 2 5 0 4 a が形成される。本実施例では、ホルダー部 2 5 0 1 の上面に 8 つの排気用開口 2 5 0 4 a が回転軸を中心と

50

する同一円周上に等間隔で配置されるように形成されているが、排気用開口 2 5 0 4 a (排気流路 2 5 0 4) の数および配置はこれに限定されない。

【 0 1 0 5 】

排気空間 2 5 1 4 は、ホルダー部 5 0 1 の Z 軸方向における中心軸付近から X Y 軸平面方向 (回転軸半径方向) に放射状に伸びる円柱形状の空間であり、ホルダー内周部 2 5 0 6 およびホルダー外周部 2 5 0 5 と、排気接続部 2 5 0 2 との間に形成されている。また、排気空間 2 5 1 4 は、その外周の一部において排気流路 2 5 0 4 の下端に接続されて連通している。本実施例では、排気空間 2 5 1 4 は、排気流路 2 5 0 4 と同数設けられ、排気流路 2 5 0 4 と排気空間 2 5 1 4 は連続した空間に形成される。また、排気空間 2 5 1 4 は、その一端がホルダー外周部 2 5 0 5 の外周上に設けられ、封止栓 5 2 2 により封止

10

【 0 1 0 6 】

主排気路 2 5 1 2 は、Z 軸方向に伸びた円柱状の空間であり、上端が排気空間 2 5 1 4 の中央側端部および治具固定孔の下端と接続されて連通し、下端がポンプ吸気路 2 7 0 1 と接続されて連通している。すなわち、複数の排気空間 2 5 1 4 の他端はホルダー部 2 5 0 1 の Z 軸方向における中心軸付近で接続され、主排気路 2 5 1 2 と治具固定孔は中心軸上において中心軸と同方向に長い形状となる。

20

【 0 1 0 7 】

金属湾曲形成体固定治具 2 5 1 7 は、底面が金属湾曲形成体 4 の対応する内表面と同形状に湾曲した形状を有する。金属湾曲形成体固定治具 2 5 1 7 は、治具固定部材 5 2 3 によってホルダー部 2 5 0 1 に固定される。このとき、金属湾曲形成体固定治具 2 5 1 7 の底面の湾曲部分が、金属湾曲形成体 4 の開口部 4 0 1 付近をホルダー内周部 2 5 0 6 と挟み込むように固定し、金属湾曲形成体 4 の位置を固定する。

【 0 1 0 8 】

以上の実施例 2 または実施例 3 の構成により、さらに有利に湾曲した形状の金属形成体である加工対象を、内面に傷をつけず、脱落しないようにしっかりと吸着保持することができる。すなわち、吸引により保持するために金属湾曲形成体 4 に接触する部位を加工対象の外表面側としたことにより、加工対象の内面を傷つけることを防止できる。また、吸引による吸着 (保持) を金属湾曲形成体 4 の外表面で行うことにより、強い吸引力で吸着しても内面が傷つくことは無いため、吸引力を向上させることを容易に実施できる。特に、超伝導加速部に用いられるハーフセルが加工対象であった場合に、強い吸引力で吸着して保持安定力を高めても、内面が傷つくことを防止できる。すなわち、吸引力を強くすることによって外周シールリング 5 2 0 と内周シールリング 5 2 1 の間で金属湾曲形成体 4 の外表面が保持部材 5 に接触しても、金属湾曲形成体 4 の内面には接触しないため、内面を傷つけずに保つことができる。

30

【 0 1 0 9 】

本発明のホルダー部 1 5 0 1、2 5 0 1 は、可撓性 (弾性) のある物質 (例えばゴムなどの樹脂) により製造された外周シールリング 5 2 0 および内周シールリング 5 2 1 が金属湾曲形成体 4 の外表面に当接して保持する構成である。この構成により、金属湾曲形成体 4 の内表面は、加工時においても金属湾曲形成体固定治具 2 5 1 7 の限られた一部としか当接しない。そのため、より金属湾曲形成体 4 の内表面に傷がつくことを防止することができ、特に超伝導加速器に必要な超伝導加速部の形成に使用される金属セル (ハーフセル) の製造に有利である。

40

【 0 1 1 0 】

また、本発明の外周シールリング 5 2 0 および内周シールリング 5 2 1 は、2 つの角 5 2 0 c および 5 2 1 c を有し、外周シールリング固定溝 5 2 5 および内周シールリング固定溝 5 2 4 のそれぞれに設けられた 2 つの角 5 2 0 c および 5 2 1 c と当接する構成であ

50

る。この構成により、外周シールリング 5 2 0 および内周シールリング 5 2 1 は、それぞれ嵌め込まれた固定溝 5 2 5 および 5 2 4 の中で移動することがなく、加工中に金属湾曲形成体 4 が移動することを防止できる。

【 0 1 1 1 】

また、本発明の外周シールリング 5 2 0 および内周シールリング 5 2 1 は、金属湾曲形成体 4 と当接する面が外周側（金属湾曲形成体 4 側）に向かって湾曲する断面円弧形状を有する。この構成により、金属湾曲形成体 4 が強く吸着保持された場合であっても、金属湾曲形成体 4 の外表面にリングの跡がつくことがなく、金属湾曲形成体 4 の外表面の外観を良好に保つことができる。

【 0 1 1 2 】

また、外周シールリング 5 2 0 および内周シールリング 5 2 1 は、金属湾曲形成体 4 と当接する面が全周にわたって湾曲する断面円弧形状となっている。これにより、外周シールリング 5 2 0 および内周シールリング 5 2 1 は、いずれも全周にわたって金属湾曲形成体 4 の外表面に隙間なく当接することができ、吸引ポンプ部 7 による吸引時に金属湾曲形成体 4 を確実に吸着して保持することができる。

【 0 1 1 3 】

また、外周シールリング 5 2 0 および内周シールリング 5 2 1 の位置は、金属湾曲形成体 4 の開口部 4 0 1 と開口部 4 0 3 のどちらからも離れた位置にあり、さらに開口部 4 0 1 と開口部 4 0 3 から離れる側となる外周シールリング 5 2 0 および内周シールリング 5 2 1 の間で吸引を行うことにより、吸引によって湾曲形成体 4 の開口部 4 0 1 や開口部 4 0 3 が変形することを防止できる。したがって、超伝導加速空洞を製造する際に湾曲形成体 4 の開口部 4 0 1 同士や開口部 4 0 3 同士を接続する際に要求される加工精度が損なわれることなく、良好な精度の湾曲形成体 4 を製造することができる。

【 0 1 1 4 】

また、本発明における排気用開口 1 5 0 4 a、2 5 0 4 a が配置された円周と、外周シールリング 5 2 0 と、内周シールリング 5 2 1 は、同一の軸を中心として配置される。この構成により、排気用開口 1 5 0 4 a、2 5 0 4 a または減圧空間をバランスよく減圧することができ、加工中に金属湾曲形成体 4 が移動することを防止できる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 1 5 】

本発明は、湾曲した金属湾曲形成体を加工する産業に用いることができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 6 】

- 1 金属湾曲形成体加工装置
- 2 加工部
- 3 操作部
 - 3 0 1 切削操作部
 - 3 0 2 回転駆動操作部
 - 3 0 3 吸引ポンプ操作部
- 4 金属湾曲形成体
 - 4 0 1, 4 0 3 開口部
 - 4 0 2 開口部縁
 - 4 0 4 曲面
- 5 保持部材
 - 5 0 1 ホルダー部
 - 5 0 2 排気接続部
 - 5 0 3 チャック土台部
 - 5 0 4 排気流路
 - 5 0 4 a 排気用開口
 - 5 0 5 ホルダー外周部

10

20

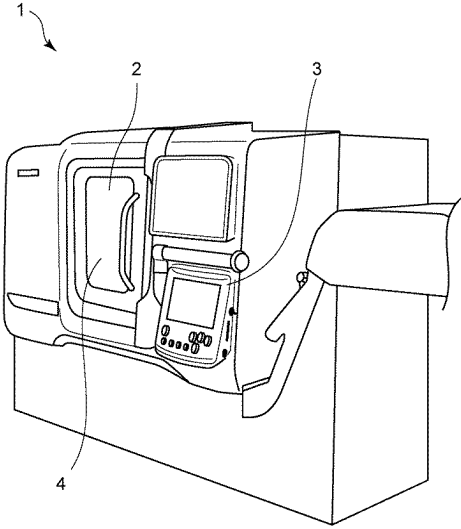
30

40

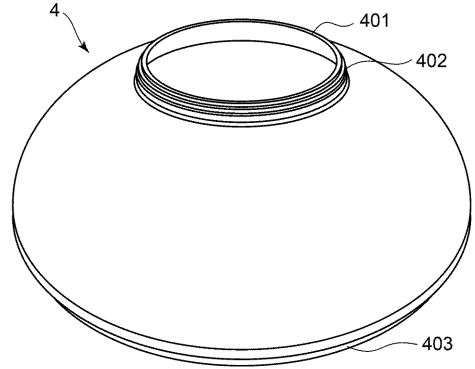
50

5 0 6	ホルダー内周部	
5 0 6 a , 5 0 6 b , 5 0 7 a , 5 0 7 b	近接面	
5 0 6 c	曲面	
5 0 7	第 1 ホルダー外周部	
5 0 7 c	表面	
5 0 8	第 2 ホルダー外周部	
5 0 9	外周角リング	
5 1 0	内周角リング	
5 1 1	減圧空間	
5 1 1 a	吸着側開口	10
5 1 2	主排気路	
5 1 3	ホルダー固定ねじ	
5 1 4	排気空間	
5 1 5	生爪	
5 1 6	生爪固定部	
5 1 7	金属湾曲形成体固定治具	
5 1 8	Oリング	
5 2 0	外周シールリング	
5 2 1	内周シールリング	
5 2 4	内周シールリング固定溝	20
5 2 5	外周シールリング固定溝	
6	回転駆動部	
7	吸引ポンプ部	
7 0 1	ポンプ吸気路	
7 0 2	吸引ポンプOリング	
8	切削部	
9	切削駆動部	
1 0	超伝導加速器	

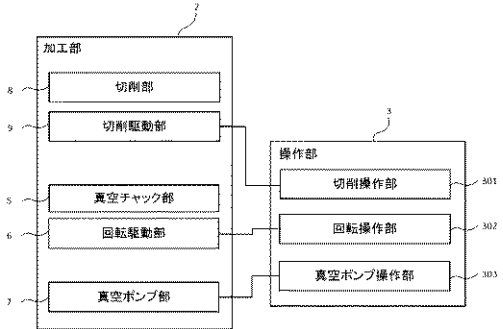
【図1】



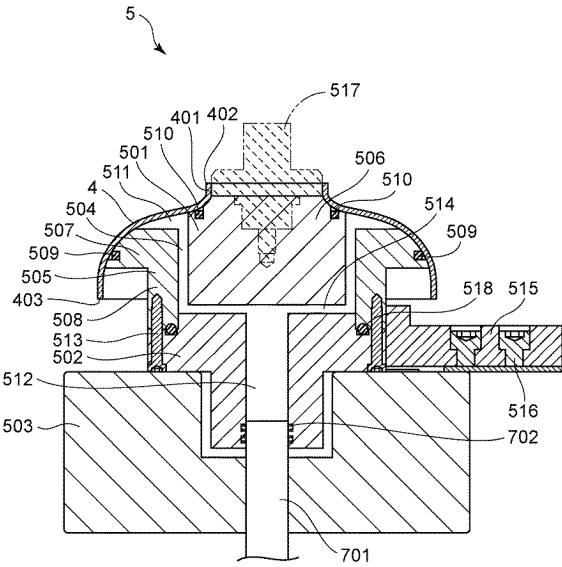
【図2】



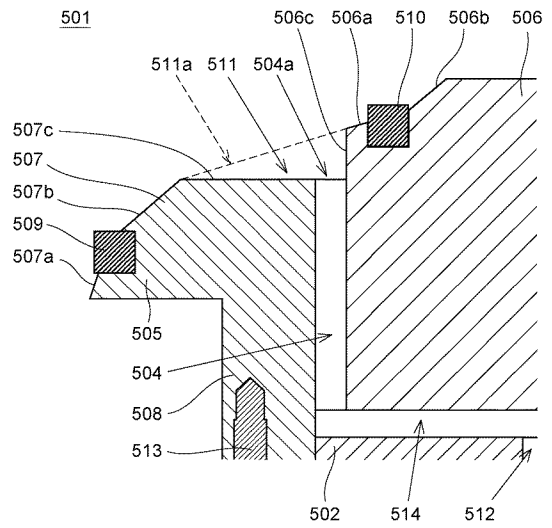
【図3】



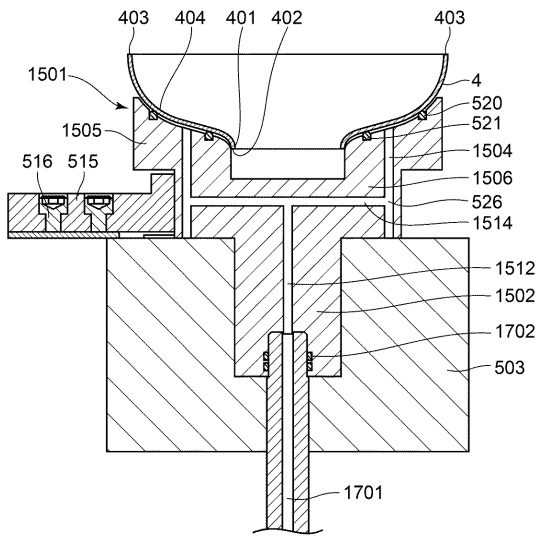
【図4】



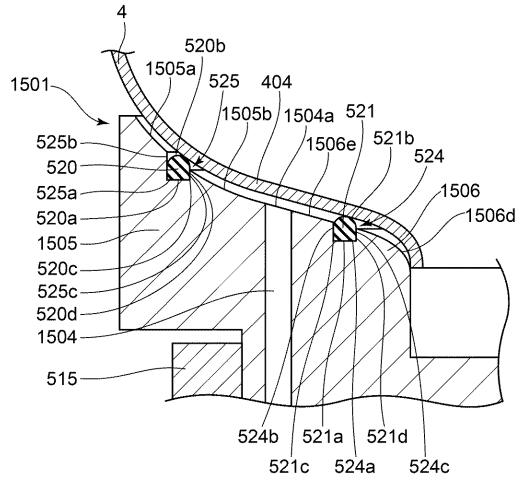
【図5】



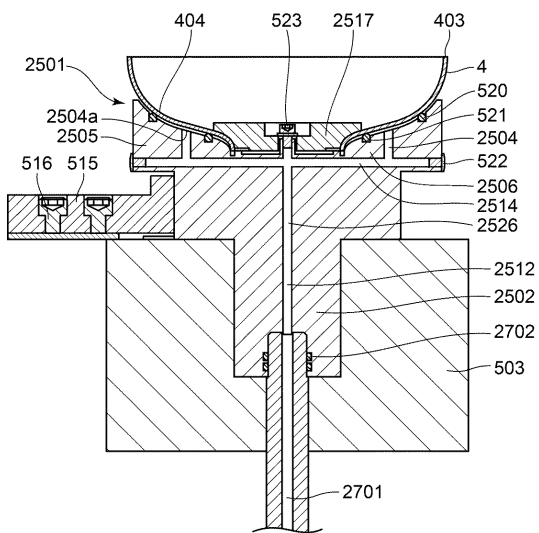
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(72)発明者 道前 武

茨城県つくば市大穂 1 番地 1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内

F ターム(参考) 2G085 AA04 BA05 BD03 BE02 EA02 EA04

3C016 DA01