(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3704542号
(P3704542)
(45)発行日　平成17年10月12日(2005.10.12)　(24)登録日　平成17年8月5日(2005.8.5)

(51)Int.Cl.[7]　F I
F04C 18/16　F04C 18/16 B
F04C 18/16 T

請求項の数 9　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願平9-137846
(22)出願日　平成9年5月12日(1997.5.12)
(65)公開番号　特開平10-311288
(43)公開日　平成10年11月24日(1998.11.24)
審査請求日　平成14年3月26日(2002.3.26)

(73)特許権者　503405689
ナブテスコ株式会社
東京都港区海岸一丁目９番１８号
(74)代理人　100101878
弁理士　木下　茂
(72)発明者　福井　清純
東京都世田谷区南烏山５－１－１９

審査官　尾崎　和寛

(56)参考文献　特開平０８－０７４７６５（ＪＰ，Ａ）
実開昭６３－０１４８８４（ＪＰ，Ｕ）
特開平０８－０７４７６５（ＪＰ，Ａ）
実開昭６３－０１４８８４（ＪＰ，Ｕ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】スクリュー型真空ポンプおよびスクリュー加工機

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

相互に噛み合って回転する雄雌一対のスクリューと、これらのスクリューを回転させる駆動装置とを備えたスクリュー型真空ポンプにおいて、前記各スクリューとして、軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一であり、かつリード角が４０度未満の角度となるよう切削または研削による創生法で加工されたスクリューを用いたことを特徴とするスクリュー型真空ポンプ。

【請求項２】

前記リード角は６度乃至２５度の範囲の角度であることを特徴とする請求項１に記載されたスクリュー型真空ポンプ。

【請求項３】

前記リード角は、軸線方向のいずれの位置においても一定であることを特徴とする請求項１または請求項２に記載されたスクリュー型真空ポンプ。

【請求項４】

相互に噛み合って回転する雄雌一対のスクリューと、これらのスクリューを回転させる駆動装置とを備えたスクリュー型真空ポンプにおいて、前記各スクリューとして、軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一であり、吸気側のリード角が４０度未満であってかつ吸気側から排気側に向かって漸次リード角が小さくなるよう切削または研削による創生法で加工されたスクリューを用いたことを特徴とするスクリュー型真空ポンプ。

【請求項５】

排気側のリード角が６度乃至２５度の範囲の角度であることを特徴とする請求項４に記載されたスクリュー型真空ポンプ。
【請求項６】
相互に噛み合って回転する雄雌一対のスクリューと、これらのスクリューを回転させる駆動装置とを備えたスクリュー型真空ポンプにおいて、前記各スクリューとして、軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一であり、吸気側のリード角が４０度未満であってかつ吸気側から排気側に向かって漸次小さくなるようにリード角が変化し、排気側端部では該リード角が変化せず一定となるよう切削または研削による創生法で加工されたスクリューを用いたことを特徴とするスクリュー型真空ポンプ。
【請求項７】
排気側端部のリード角が６度乃至２５度の範囲の角度であることを特徴とする請求項６に記載されたスクリュー型真空ポンプ。
【請求項８】
相互に噛み合って回転する一対のスクリューと、これらのスクリューを回転させる駆動装置とを備えたスクリュー型真空ポンプにおいて、前記各スクリューが、軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一となるよう回転円盤状の刃具で成形加工され、かつ、当該刃具により加工中のスクリュー溝面に対して刃具を挟んで斜めに隣接する溝面と、当該刃具とが干渉を生ずるようなスクリュー形状を有することを特徴とするスクリュー型真空ポンプ。
【請求項９】
スクリュー型真空ポンプ等のスクリューを創成加工する機械において、回転刃がスクリューリードに接しうる位置で該回転刃を回転させる刃物軸と、前記刃物軸を設置した刃物台と、スクリュー創成材料である被加工物を回転させるω軸と、被加工物の中心から法線方向に前記刃物台と被加工物とを相対移動させるｙ軸と、被加工物の軸方向に前記刃物台と被加工物とを相対移動させるｘ軸と、前記刃物軸を設置した刃物台を回してスクリューリード角を変えるθ軸と、を有し、少なくとも前記ω軸およびｘ軸を同時に制御できることを特徴とするスクリュー加工機。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明はスクリュー型真空ポンプ、及びそのスクリュー型真空ポンプに用いられるスクリューを機械加工するためのスクリュー加工機に関する。
【０００２】
【従来の技術】
スクリュー型真空ポンプはルーツ型やクロー型の真空ポンプと同様に容積移送型のポンプとして、大気圧近傍から10^{-4}Ｔｏｒｒ程度の高真空領域で優れた特性を有している。そのため、従来から、例えば半導体製造装置等の排気に用いられている。
このスクリュー型真空ポンプの構造の概略について、図１３に基づいて説明すると、スクリュー型真空ポンプは互いに噛み合いながら回転する一対の雄スクリュー５０及び雌スクリュー５１をケーシング（図示せず）に収納し、前記スクリューに形成された歯車５０ａ、５１ａと前記ケーシングにより作動室を形成し、前記作動室に閉じ込められた吸入気体を前記スクリュー５０、５１の回転によって吐出口から圧出するようになされている。
【０００３】
このような構成を有するスクリュー型真空ポンプは、一般に低振動、低騒音、小型であると共に、油回転ポンプのように使用している潤滑油が半導体製造過程で用いられる各種ガス（例えば、ヒ素、ガリウム、塩素、Ｐｏｌｙ－Ｓｉ、フッ素）と接触し、前記潤滑油の寿命を短くしたり、あるいはまた油分子が半導体製造装置内に混入し、汚染することもなく、また半導体製造過程で用いられる各種ガスによってポンプ内に生成される固体生成物に対して、より優れた耐久性と信頼性を有していること等から、半導体製造装置の排気ポンプに適したものと考えられている。

【０００４】
しかしながら、近年、半導体ウエハの大径化に伴い、半導体製造装置の排気用真空ポンプも排気速度と到達真空度（到達圧力）の向上（排気能力が10^{-1}～１０Ｔｏｒｒ程度の真空状態において数千ｌ／ｍｉｎ．から数万ｌ／ｍｉｎ．、到達真空度10^{-2}～10^{-6}Ｔｏｒｒ程度）が望まれており、更なる真空ポンプの性能向上が望まれている。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
ところで、このようなスクリュー型真空ポンプでは、雌雄スクリューのピッチ円接線上の噛み合い点近傍において、加工誤差や運転隙間（スクリュー外周とケーシング内周との間に設けられる運転上必要な隙間）に起因しない、大気側（吐出側）と真空側（吸入側）とを連通するブローホールと呼ばれる空隙が生じ、高真空度の達成を阻害するという技術的課題を有している。
【０００６】
本願発明者は、このブローホールの問題について、鋭意研究を重ねた結果、スクリュー自体の歯形を変えることなく、スクリューのリード角を従来のものに比べて小さくすることにより、ブローホールをより小さくすることができ、到達真空度の向上を図ることができることを知見した。
【０００７】
また、前記したようにスクリューのリード角を小さくすると、スクリュー１回転当たりの排気量が小さくなるという新たな課題が生ずる。
この課題を解決するためには、スクリューのリード角を小さくすると共に、スクリューの外径を大きくして排気量を確保する方法が考えられるが、スクリューの外径を大きく形成した場合、スクリュー外周とケーシング内周との間に与えられる運転隙間を、排気側スクリュー部の熱膨張を考慮して大きく形成しなければならない。
【０００８】
しかしながら、スクリュー外周とケーシング内周との間に与えられる運転隙間を大きく形成すると、該運転隙間からの吹抜量が増大し、その吹抜量の増加分が、リード角を小さくすること等による上記ブローホールからの吹抜量の減少分より大きくなり、高真空度が得られない。
即ち、単にスクリューの外径を大きくするだけでは装置が大型になるという欠点が生じるだけでなく、スクリュー型真空ポンプの高真空度大排気速度化を達成することができないという技術的課題を招くものである。
【０００９】
この点について、本願発明者が、スクリューのリード角が一定のもの（以下、「リード角一定型」という）のスクリュー型真空ポンプと、スクリューのリード角が吸気側（真空側）から排気側（大気側）に向かって徐々に減少するもの（以下、「リード角漸減型」という）のスクリュー型真空ポンプについて鋭意研究を重ねた。
その結果、本願発明者は、スクリュー１回転当たりの気体移送容積が同一の場合、リード角漸減型は、リード角一定型と比べて、排出側で密なスクリューリードとなすことができるため、ブローホールの影響が大きい排気側において、そのブローホールをリード角一定型のものよりも小さくすることができることを知見した。
即ち、本願発明者は、リード角一定型のスクリュー型真空ポンプよりもリード角漸減型のスクリュー型真空ポンプの方が、より高い真空度を得られるものであることを知見した。
【００１０】
しかし、リード角漸減型のスクリュー、即ちスクリューのリード角が吸気側（真空側）から排気側（大気側）に向かって徐々に減少するようなスクリューは従来の機械加工では経済的にかつ精度よく加工できず、鋳造法、放電加工法等で試験的に製作されたことはあるが、これら製造方法によるものも精度または経済性の面から実用されるまでには至っていない。
本願発明者は、この問題についても鋭意検討した結果、その加工機についても案出したも

のである。
【００１１】
以上の説明から明らかなように、本発明の第１の目的は、スクリューのリード角を従来のものに比べて小さく形成することにより、ブローホールをより小さくすることができ、到達真空度の向上を図ることのできるスクリューポンプを提供することである。
【００１２】
また、本発明の第２の目的は、スクリューのリード角が吸気側から排気側に向かって漸次小さくなるようリード角が変化する経済的にかつ精度よく加工されたスクリューを備えることにより、大型化させることなく、大排気量化及び到達真空度の向上を図ることができるスクリューポンプを提供することである。
【００１３】
更に、本発明の第３の目的は、大排気量と高い到達真空度を同時達成するために、リード角が小さく、しかもリード角一定となるよう機械加工された精度の高いスクリュー部と、リード角が上記スクリュー部のリード角より大きくかつ漸次リード角が小さくなるよう機械加工された精度の高いスクリュー部とを一体に組み合わせることで、単にリード角が漸減するようにした型のものより更に、高い真空度を得られるスクリューポンプを提供することである。
【００１４】
更にまた、本発明の第４の目的とするものは、リード角が一定のスクリューおよびリード角が漸次小さくなるように変化するスクリューを機械加工することができる加工機械を提供することである。
【００１５】
【課題を解決するための手段】
上記技術的課題を解決するためになされた本発明にかかるスクリュー型真空ポンプは、相互に噛み合って回転する雄雌一対のスクリューと、これらのスクリューを回転させる駆動装置とを備えたスクリュー型真空ポンプにおいて、前記各スクリューとして、軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一であり、かつリード角が４０度未満の角度となるよう切削または研削による創生法で加工されたスクリューを用いたことを基本的構成としている。
ここで、前記リード角は６度乃至２５度の範囲の角度であることが好ましい。
【００１６】
また、本発明にかかるスクリュー型真空ポンプは、相互に噛み合って回転する雄雌一対のスクリューと、これらのスクリューを回転させる駆動装置とを備えたスクリュー型真空ポンプにおいて、前記各スクリューとして、軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一であり、吸気側のリード角が４０度未満であってかつ吸気側から排気側に向かって漸次リード角が小さくなるよう切削または研削による創生法で加工されたスクリューを用いたことを基本的構成としている。
ここで、排気側のリード角が６度乃至２５度の範囲の角度であることが好ましい。
【００１７】
また、本発明にかかるスクリュー型真空ポンプは、相互に噛み合って回転する雄雌一対のスクリューと、これらのスクリューを回転させる駆動装置とを備えたスクリュー型真空ポンプにおいて、前記各スクリューとして、軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一であり、吸気側のリード角が４０度未満であってかつ吸気側から排気側に向かって漸次小さくなるようにリード角が変化し、排気側端部では該リード角が変化せず一定となるよう切削または研削による創生法で加工されたスクリューを用いたことを基本的構成としている。
ここで、排気側端部のリード角が６度乃至２５度の範囲の角度であることが好ましい。
【００１８】
更に、本発明にかかるスクリュー型真空ポンプは、相互に噛み合って回転する一対のスクリューと、これらのスクリューを回転させる駆動装置とを備えたスクリュー型真空ポン

プにおいて、前記各スクリューが、軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一となるよう回転円盤状の刃具で成形加工され、かつ、当該刃具により加工中のスクリュー溝面に対して刃具を挟んで斜めに隣接する溝面と、当該刃具とが干渉を生ずるようなスクリュー形状を有することを基本的構成としている。

【００１９】

上記技術的課題を解決するためになされた本発明にかかるスクリュー加工機は、スクリュー型真空ポンプ等のスクリューを創成加工する機械において、回転刃がスクリューリードに接しうる位置で該回転刃を回転させる刃物軸と、前記刃物軸を設置した刃物台と、スクリュー創成材料である被加工物を回転させるω軸と、被加工物の中心から法線方向に前記刃物台と被加工物とを相対移動させるｙ軸と、被加工物の軸方向に前記刃物台と被加工物とを相対移動させるｘ軸と、前記刃物軸を設置した刃物台を回してスクリューリード角を変えるθ軸と、を有し、少なくとも前記ω軸およびｘ軸を同時に制御できることを基本的構成としている。

ここで、前記加工機の回転刃は、比較的薄い回転刃またはエンドミル状の回転刃であるのが好ましい。

【００２０】

本発明によれば、上記したようにスクリューのリード角を従来のリード角（４０度程度）より小さく形成することにより、ブローホールをより小さくすることができ、到達真空度の向上を図ることができる。

また、スクリューのリード角が吸気側から排気側に向かって漸次小さくなるようリード角が変化するスクリューを備えることにより、大型化させることなく、大排気量化及び到達真空度の向上を図ることができる。

更に、リード角が小さく、しかもリード角一定となるよう加工されたスクリュー部と、リード角が上記スクリュー部のものより大きくかつ漸次リード角が小さくなるよう加工されたスクリュー部とを一体に組み合わせることで、単にリード角が漸減するようにした型のものより更に高い真空度が得られるスクリュー型真空ポンプを得ることができる。

更にまた、本発明の加工機によれば、リード角一定型およびリード角漸減型のいずれのスクリューをも機械加工することができる。

【００２１】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明にかかるスクリュー型真空ポンプの実施形態について図１、２に基づいて説明する。尚、図１はスクリュー型真空ポンプの概略断面図であり、図２（ａ）は図１のスクリュー型真空ポンプに用いられている雄雌スクリューの側面図である。

【００２２】

図に示すように、このスクリュー型真空ポンプの雄スクリュー１と雌スクリュー２は、主ケーシング３に収納され、前記主ケーシング３の一端面を密封する端板４に取りつけられた軸受５、６と副ケーシング７に取りつけられた軸受８、９とにより回転自在に支持されている。

前記雄雌スクリュー１、２の回転軸１０、１１には、副ケーシング７内に収納されたタイミングギヤ１２、１３が取付られ、雄、雌スクリュー１、２が互いに接触しないように両スクリュー間の隙間が調整されている。また前記雄スクリュー１の回転軸１０には、カップリングまたは増速用ギヤを介してモータＭが取り付けられ、モータＭの回転は雄スクリュー１に伝達され、タイミングギヤ１２、１３を介して雌スクリュー２を回転させるように構成されている。

【００２３】

また、前記軸受８、９の潤滑は飛まつ給油により行うため、副ケーシング７内に溜った潤滑油（図示せず）をタイミングギヤ１２、１３によって跳ねかけるようになされている。そして前記軸受５、６および８、９にはそれぞれシール材１４、１５が取りつけられ、前記シール材１４、１５によってタイミングギヤ１２、１３による潤滑油が作動室内へ侵入するのを防いでいる。

前記主ケーシング３の一端側には、吸入口１６が設けられている。また前記主ケーシング３の端板４側には雄雌スクリュー１、２で圧縮された気体を外部に吐出する吐出口１７が設けられている。尚、主ケーシング３の外側には気体の圧縮により温度が上昇するため、冷却ジャケット１８が設けられ、このジャケット内に冷却水を通しケーシング３や圧縮気体を冷却するように成されている。

【００２４】

このように構成されたスクリュー型真空ポンプは、モータＭにより雄スクリュー１を回転駆動すると、タイミングギヤ１２、１３によって雌スクリュー２が回転駆動される。そして、雄、雌スクリュー１、２の回転に伴い気体が吸入口１６から雄スクリュー１と雌側スクリュー２とケーシング３とによって形成される作動室に吸い込まれる。吸い込まれた気体は、雄雌スクリュー１、２の回転に伴い当初容積一定のまま気体を移送するが、さらにスクリュー１、２が回転するとその容積を減少させ気体を圧縮する。そして、圧縮された気体は、最終的に圧縮されながら吐出口１７から吐出される。

【００２５】

次に、図２に基づいて雄雌スクリューについて説明する。

この雄雌スクリューの特徴は、例えば後述する加工機によって形成可能なスクリューであって、リード角αを従来のものに比べて小さく形成したことにある。即ち、従来の雄雌スクリューのリード角が、４０度程度以上であったのに対し、本発明は、スクリューのリード角を６度乃至２５度にした点に特徴がある。

ここでリード角とは、ねじ山のつる巻曲線とその上の１点を通るねじの軸に直角な平面とがなす角をいう。

【００２６】

このようにリード角αを小さくすると、ブローホールを小さくすることができる。ブローホールはケーシング３の内周３ａと雄雌スクリュー１、２の歯先部１ａ、２ａとの間に生じる吹き抜け穴であり、その穴（通路）の形状は、日本機械学会論文集（Ｂ編）５０巻４５２号の「スクリュー圧縮機の性能解析」の図７にも示されているように、ほぼ三角形に近く、本願実施例では、これを図２（ｂ）、図２（ｃ）に示す。図２（ｂ）はリードL_0におけるブローホールH_0を示し、図２（ｃ）はリードL_1（$L_1 < L_0$）におけるブローホールH_1を示す。

ここでブローホールH_0、H_1の面積S_0、S_1は、スクリューの軸直角断面形状が同一であれば$S_0 : S_1 \quad L_0 : L_1$となる。つまり、リード角αが小さくなるとリードＬも小さくなって、ブローホールが小さくなるのである。

【００２７】

以上説明したように、スクリューのリード角を従来のものに比べて小さく形成したため、ブローホールをより小さくすることができ、到達真空度の向上を図ることのできるスクリューポンプを得ることができる。

【００２８】

また、前記各スクリューとして、その軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一とし、シールラインの解析や形成を容易に行えるようにしている。

【００２９】

次に、図３及び図４に基づいて、スクリューの第１の変形例について説明する。

尚、図３（ａ）は雄スクリューの側面図であり、（ｂ）はそのＩＩＩ－ＩＩＩ断面図であり、図４（ａ）は雌スクリューの側面図であり、（ｂ）はそのＩＶ－ＩＶ断面図である。

この雄雌スクリューの特徴は、例えば後述する加工機によって経済的にかつ精度よく機械加工可能なスクリューであって、リード角を従来のものに比べて小さく形成すると共に、前記リード角が吸気側から排気側に向かって、ねじ山のつる巻曲線が漸次密になるようリード角が徐々に小さくなるように変化させた点にある。

【００３０】

即ち、吸気側の雄雌スクリュー１、２のリード角は１５、２５度であって、排気側の雄雌スクリュー１、２のリード角は６、１２度となるように構成されている。

また、リード角の変化率は、以下の式で表される。

【００３１】

【数１】

$$\frac{d}{dx}\tan^{-1}\left(\frac{1}{\pi D}(-cx+L_0)\right)$$

【００３２】

ここでＤは、スクリュー加工点における直径であり、ｘは加工原点からの軸方向長さであり、L_0 は加工原点で見たリード長であり、ｃは定数である。

【００３３】

尚、リード角が漸減するスクリューのブローホールの大きさは真空側（吸気側）で大きくなるが、大気側（排気側）で小さければ、これは到達真空度との関係では問題とはならない。

【００３４】

以上のように、前記リード角が吸気側から排気側に向かって、ねじ山のつる巻曲線が漸次密になるようリード角が徐々に小さくなるように変化させたスクリューは、スクリュー１回転当たりの気体移送容積が同一の場合、リード角一定を有するスクリュー型真空ポンプと比べて、ブロー－ホールをより小さくすることができる。即ち、より高い真空度を得ることができる。なお、前記したように、前記各スクリューは軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一としている。

【００３５】

次に、図５及び図６に基づいて、スクリューの第２の変形例について説明する。

尚、図５（ａ）は雄スクリューの側面図であり、（ｂ）はそのＶ－Ｖ断面図であり、図６（ａ）は雌スクリューの側面図であり、（ｂ）はそのＶＩ－ＶＩ断面図である。

この雄雌スクリューの特徴は、リード角が吸気側から排気側に向かってねじ山のつる巻曲線が漸次密になるようリード角が徐々に小さくなるように変化し、排気側端部では該リード角が変化せず一定とした点にある。

ここでリード角変化部における吸気側および排気側のリード角並びにリード角変化率は図３、４の場合と同じである。

【００３６】

以上のように、リード角一定のスクリュー部と、リード角が漸次小さくなるよう加工されたスクリュー部とを一体に組み合わせることで、小型大排気量、高到達真空度のスクリュー型真空ポンプを得ることができる。

【００３７】

次に、上述したスクリュー型真空ポンプのスクリューを加工する機械について、図７に基づいて説明する。

図に示すように、回転刃１００がスクリューリードに接しうる位置で該回転刃１００を回転させる刃物軸Ａと、回転刃１００の上方に位置し、スクリュー創成材料である被加工物Ｗを回転させるω軸と、被加工物Ｗを刃物台１０２に対して上下方向に移動させるｙ軸と、被加工物Ｗを刃物台１０２に対して前後方向に移動させるｘ軸と、前記刃物軸Ａを設置した刃物台１０２を回してスクリューリード角を変えるθ軸とから構成され、前記ω軸、θ軸およびｘ軸を同時に制御できるようになされている。なお、前記回転刃１００は比較的薄い回転刃またはエンドミル状の回転刃である。

【００３８】
ここで、テーブル１０３には刃物台１０２を支持する支持台１０４が設けられており、刃物台１０２はサーボモータ１０５によりθ軸上で回転しうるように構成されている。刃物台１０２にはθ軸と直行する刃物軸Ａ上でモータ１０６により回転させられる回転砥石（刃物）１００が着脱可能に取り付けられている。また刃物１００はその厚みのほぼ中心若しくはその厚み方向における加工ポイント（刃物１００と被加工物Ｗとの接触部分（図８参照））がθ軸線上に位置するように調整できるようになされている。
【００３９】
テーブル１０３にはガイド１０７に沿ってθ軸と直角なｘ軸方向にスライドしうるようコラム１０８が取り付けられており、コラム１０８は図示しない周知のスライド機構を介してサーボモータ１０９によりｘ軸方向にスライド可能とされている。
【００４０】
コラム１０８にはガイド１１５に沿ってｘ軸と直角なｙ軸方向にスライドしうるようワーク取付台１１０が取り付けられており、このワーク取付台も図示しない周知のスライド機構を介してサーボモータ１１１によりｙ軸方向にスライド可能とされている。
【００４１】
ワーク取付台１１０には周知のワークチャック機構１１２および芯押し機構１１３が設けられており、被加工物Ｗは、ｘ軸と平行でかつθ軸と直行するω軸上でサーボモータ１１４により回転させられるようになっている。
【００４２】
このように構成された加工機により、図２に示すリード角一定型スクリューを回転総形刃物を用いて加工する場合について説明する。
図２のスクリューは、１以上のねじれ巻数を有すると共に、軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一となるように設計されており、また、そのリード角は前述したように従来のものより小さく設計されている。
【００４３】
図８に示すようにその円周部断面が目的とするスクリュー溝断面とほぼ同じ形状に成形された回転総形刃物（砥石）を、その厚みのほぼ中心がθ軸線上に位置するよう、刃物軸Ａに取り付ける。このとき、回転刃１００のは被加工物Ｗの真下に位置した状態におかれている。
次に、リード角一定型スクリューのリード角θに対応した指令信号をサーボモータ１０５に入力してθ軸を回転させ、刃物の回転平面とスクリュー歯筋と（リード角と）を概ね一致させる。次に回転刃を高速回転させると共に、ｘ軸およびｙ軸を各サーボモータにより作動させ回転刃をワークの一端（第１条目の一端）にほぼ当接させる。次にｙ軸により所定切り込み深さｈを与え、ω軸とｘ軸とを同時に制御しながら、つまりワークを一定角速度で回転させつつｘ軸方向に一定速度で移動させながら、リード角一定型のスクリュー溝を一端から他端に形成していく。
【００４４】
このようにして第１条目の最初の切り込み工程を行い、次に第２条目、第３条目と次々に各条について同様に切り込み作業を行う。各条について１回目の切り込み作業が終わると、次に更に切り込み深さを与えて第２回目の切り込み作業を各条について行う。このようにして、最終的に切り込み深さの累積値が溝深さになるまで何回かの切り込み作業を行うことにより、リード角一定型スクリューの加工が終了する。
【００４５】
上記したようにω軸とｘ軸は同時に制御されるが、その制御は一定の関係をもって制御される。即ち、図９に示すような、Ωとｘの相関関係に基づいて生成される指令信号により、ω軸（サーボモータ１１４）とｘ軸（サーボモータ１０９）は同時制御される。
ここで、図９はリード角一定型スクリューの所定溝深さにおける歯筋つる巻線の展開図を示し、横軸Ωはスクリューの回転角を示し、縦軸ｘは回転角Ωに対応したスクリュー軸方向位置を示す。

このようにして成形加工されたスクリューは軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一となる。

【００４６】

次に図３、図４に示すリード角漸減型スクリューを加工する場合について説明する。ここで図３および図４に示すスクリューは、１以上のねじれ巻数を有すると共に、そのリード角が吸気側から排気側に向かってスクリューの回転角Ωに比例して漸次小さくなるように、かつ、軸直角断面が軸線のいずれの位置においても同一になるよう設計されている。このようなリード角漸減型スクリューの場合には最も密なリードになっている排気部の溝断面とほぼ同形状を有する総形回転刃物（砥石）による粗加工と、厚さの薄い回転刃物（砥石）による仕上げ加工とを行う。

【００４７】

先ず粗加工について説明すると、スクリューの吸気側から排気側に向かって溝を加工していく場合、ω軸を一定角速度で回転させると共にｘ軸の移動速度を徐々に遅くし、かつリード角が徐々に小さくなるようにθ軸を徐々に回転させていく。他の加工手順については、上述したリード角一定型スクリューの加工の場合と同様である。図１０は粗加工が終了したスクリューの部分断面図であり、図中点線は設計上のプロフィールを示し、点線と実線間の肉圧部が仕上代である。この図からも分かる通り本実施例での粗加工はスクリューの溝幅中央を切削するものである。

【００４８】

この粗加工は、図１１に示すような、スクリューの溝幅中央の所定深さ位置でのつる巻線展開図から求められる座標データに基づいてω軸、θ軸、ｘ軸を制御する。図１１において横軸Ωはスクリューの回転角、縦軸ｘはスクリュー軸方向位置を表す。

【００４９】

仕上げ加工では上記仕上代を薄肉回転刃物で切削していく。本実施例では、図１０に示すＡ点を通るつる巻線部の加工から始める。この加工においては、Ａ点を起点とした、図１１に示されたつる巻線展開図から求められる座標データに基づいてω軸、θ軸、ｘ軸を同時制御する。Ａ点を通るつる巻線部の加工が終了すると、Ｂ点、Ｃ点という具合に、加工溝のプロフィールが滑らかになるような刻みをもって、次々のつる巻線部を加工していく。他の加工手順については上述したリード角一定型スクリューの場合と同じである。

【００５０】

次に図５、６に示すリード角漸減型とリード角一定型とからなるスクリューを加工する場合について説明すると、この加工における粗加工および仕上げ加工は、リード角一定型部でθ軸の回転を停止する点およびｘ軸の移動速度を一定とする点を除き、上記リード角漸減型スクリューを加工する場合と同じである。

【００５１】

また、図３～図６のスクリューの加工において直径を２５０ｍｍ以下の回転刃物を用いることにより、リード角が漸減するよう加工する場合における、刃物と、刃物を挟んで斜めに隣接する歯面との干渉を生じないようにしている。

【００５２】

なお、上述した各スクリューの仕上げ加工においては、ある半径方向位置（例えば図１０のＡ点）に刃物を位置させ、その位置を起点として歯筋に沿って終端まで連続加工し、この加工を順次異なる半径方向に施す方法について説明したが、このような加工において図１２（ａ）に示すような断面形状の刃物を用いかつ送り込みピッチを粗くして加工すると、同図に示すようにスクリュー歯の軸直角断面が階段状となる。

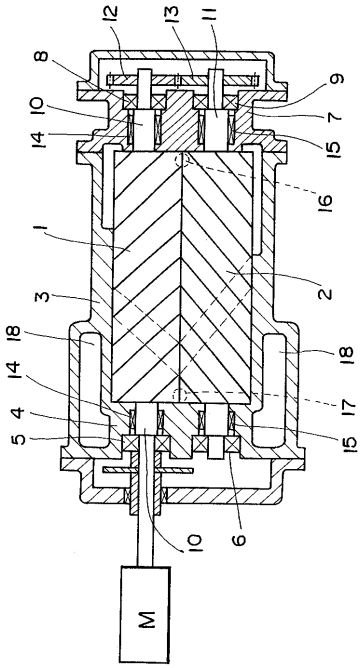
【００５３】

そこで、他の仕上げ加工方法として、スクリューの軸直角断面毎のプロフィールに沿って次々に仕上げ加工を施すようにしてもよい。つまりｘ軸を固定したままω軸およびｙ軸を同時制御しながらある１つの軸直角断面の全周を仕上げ、次にｘ軸をわずかに動かし、その仕上げた軸直角断面からわずかに軸方向にずれた軸直角断面について同様に加工を施すという工程を次々に行っていく。

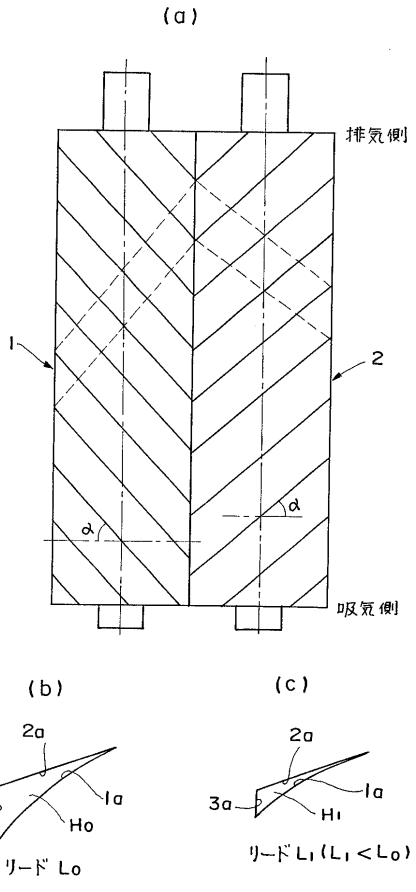
【００５４】
この場合、リード角は歯溝の深さ方向位置で連続的に変化するので、ｘ軸およびｙ軸の同時制御に加えθ軸もそれらと同時制御することとなる。このような加工を施すことにより、歯の軸直角断面は図１２（ｂ）に示すように、わずかに折れ線形状とはなるが、図１２（ａ）の断面形状に比べて格段に滑らかなものとすることができる。また、この加工においては軸直角断面毎に加工していくため、歯筋方向の加工形状が図１２（ｃ）に示すように波状となるが、例えば外径が１０５ｍｍの刃物を用い、ｘ軸方向の送りピッチを１ｍｍとして加工した場合であっても、上記波の高さｈはたかだか１ミクロン程度であり、雌雄スクリューの噛み合い面でも、真空ポンプの機能面でも、実用上問題とならない。なお、図１２（ａ）、（ｂ）、（ｃ）は、刃物１００、１００’とワークＷの上下位置関係を逆に表している。
また、上記２通りの仕上げ加工方法において、図１２（ｂ）に示すように、歯の右半分の仕上げは加工エッジを右側に設けた刃物１００を用いて行い、左半分の仕上げは加工エッジを左側に設けた刃物１００’を用いて行うのが、好ましい。
この場合も、図１２（ａ）、（ｂ）に示すようにθ軸線上に加工点がくるようにする。そうすることにより、θ軸を回転させても加工点は常にθ軸線上にあることとなり、加工プログラムの作成が容易となると共に、加工時における刃物１００、１００’とスクリュー歯面との干渉が生じ難くなり、その結果刃物直径を２５０ｍｍ以下とすることと相まってリード角の小さいスクリューを作ることができる。
【００５５】
【発明の効果】
本発明にかかるスクリュー型ポンプによれば、リード角を従来のものに比べて小さく形成した結果、ブローホールをより小さくすることができ、到達真空度の向上を図ることができる。
また、本発明にかかるスクリュー型ポンプによれば、スクリューのリード角が吸気側から排気側に向かって漸次小さくなるようリード角が変化するスクリューを備えているため、大型化させることなく、大排気量化及び到達真空度の向上を図ることができる。
【００５６】
更に、本発明にかかるスクリュー型ポンプによれば、リード角が小さく、かつリード角一定となるよう加工されたスクリュー部と、リード角が漸次小さくなるよう加工されたスクリューとが一体に組み合わせられているため、単にリード角が漸減するようにした型のものより更に高い真空度を得ることができる。
更にまた、本発明のスクリュー加工機によればリード角一定型のスクリューは勿論のこと、従来の旋盤や研削盤では加工できなかったリード角漸減型のスクリューも経済的かつ精度よく加工可能となる。
【図面の簡単な説明】
【図１】図１は、本発明の実施形態にかかるスクリュー型真空ポンプの概略断面図である。
【図２】　図２（ａ）は、図１に示された雄雌スクリューを示す図であって、（ｂ）（ｃ）はブローホールの形状を示す模式図である。
【図３】　図３は、雄スクリューの第１の変形例を示す図であって、（ａ）は側面図、（ｂ）は（ａ）のＩＩＩ－ＩＩＩ断面図である。
【図４】　図４は、雌スクリューの第１の変形例を示す図であって、（ａ）は側面図、（ｂ）は（ａ）のＩＶ－ＩＶ断面図である。
【図５】　図５は、雄スクリューの第２の変形例を示す図であって、（ａ）は側面図、（ｂ）は（ａ）のＶ－Ｖ断面図である。
【図６】　図６は、雌スクリューの第２の変形例を示す図であって、（ａ）は側面図、（ｂ）は（ａ）のＶＩ－ＶＩ断面図である。
【図７】　図７は、本発明にかかるスクリュー加工機の斜視図である。
【図８】　図８は加工状態を示す図である。

【図９】　図９は、リード角一定型のスクリューの歯筋つる巻線の展開図である。
【図１０】　図１０は、粗加工が終了したスクリューの部分断面図である。
【図１１】　図１１は、リード漸減型のスクリューの歯筋つる巻線の展開図である。
【図１２】　図１２は仕上げ加工を示す図である。
【図１３】　従来のスクリューを示す斜視図である。
【符号の説明】
1　　雄スクリュー
1ａ　　雄スクリューの歯先部
2　　雌スクリュー
2ａ　　雄スクリューの歯先部
3　　ケーシング
3ａ　　ケーシング内周
α　　リード角
H_0　　ブローホール
H_1　　ブローホール

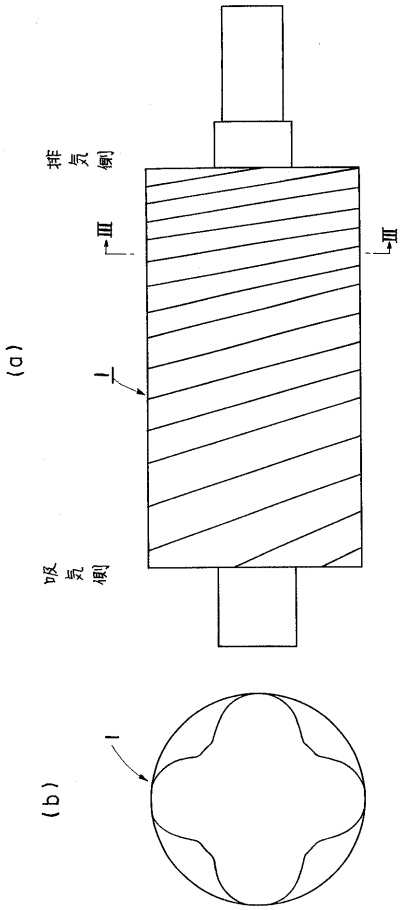
【図１】



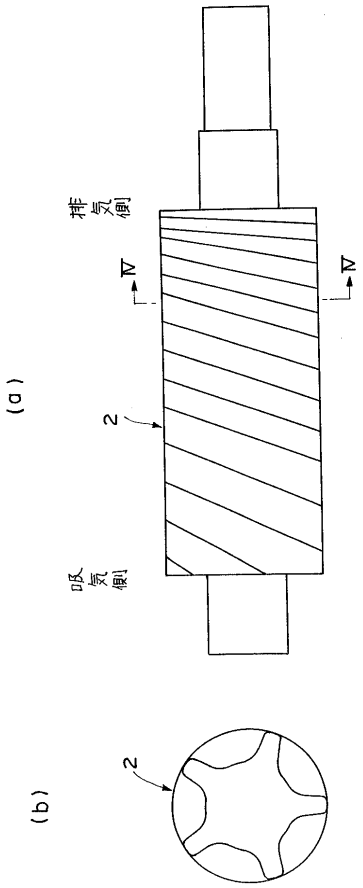
【図２】



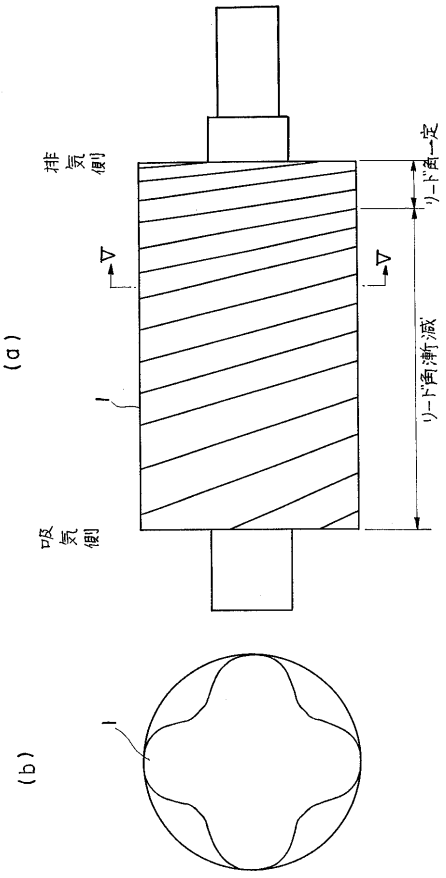
【図３】


(a)
排気側
吸気側
Ⅲ
Ⅲ
1
(b)
1

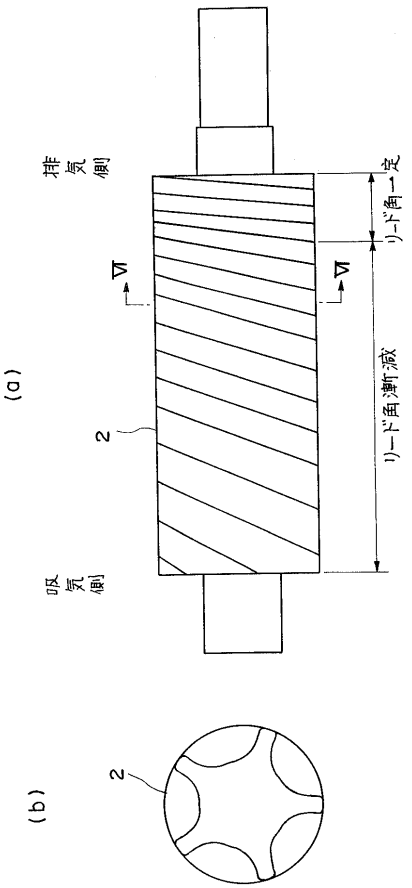
【図４】


(a)
排気側
吸気側
Ⅳ
Ⅳ
2
(b)
2

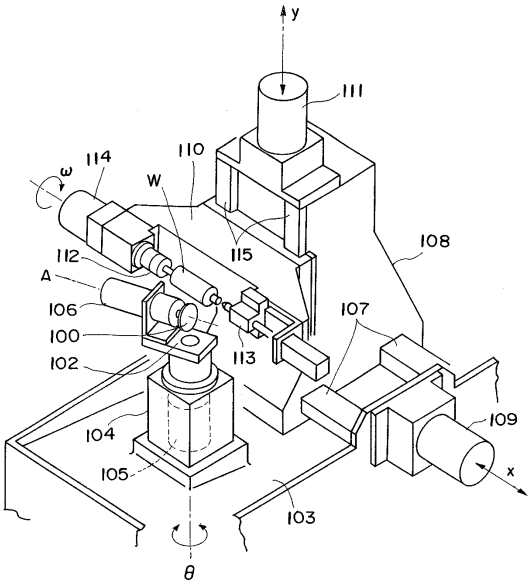
【図５】


(a)
排気側
吸気側
Ⅴ
Ⅴ
1
リード角一定
リード角漸減
(b)
1

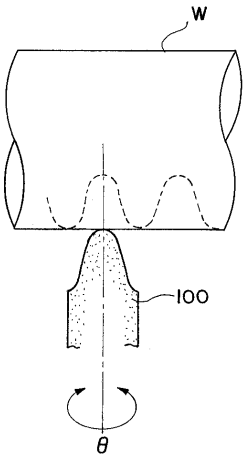
【図６】


(a)
排気側
吸気側
Ⅵ
Ⅵ
2
リード角一定
リード角漸減
(b)
2

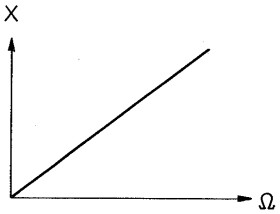
【図７】



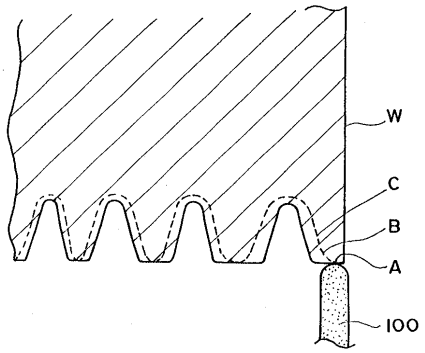
【図８】



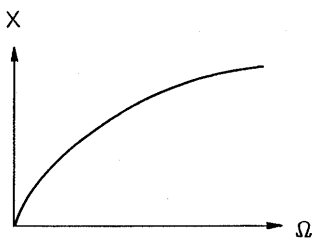
【図９】



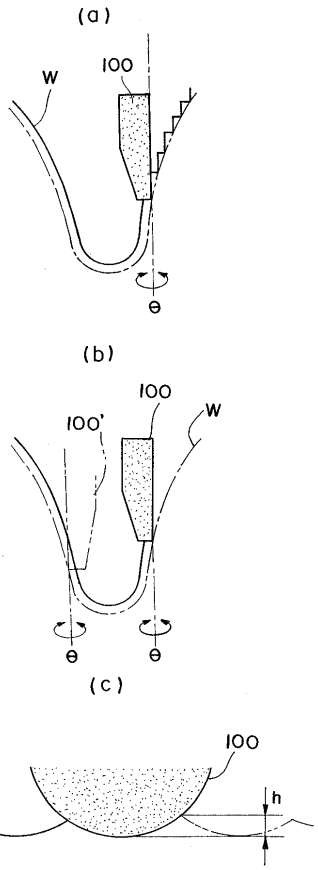
【図１０】



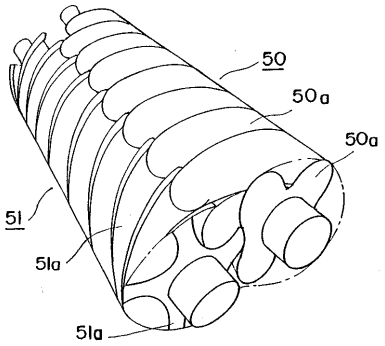
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
F04C 18/16