

真空チャックによる機械加工技術資料

真空チャックは昔から有った技術だが、一部の分野においてしか使用されず、マシニングセンタ・NC 旋盤での部品加工では加工実績・データ等が無く取り組みにくい技術であった。

真空チャックと言っても機械加工現場では一般的にあまりなじみがない。クランプする力はメカクランプと比較すれば非常に弱いのが特徴だが使い方によっては大変便利なチャック方法である。

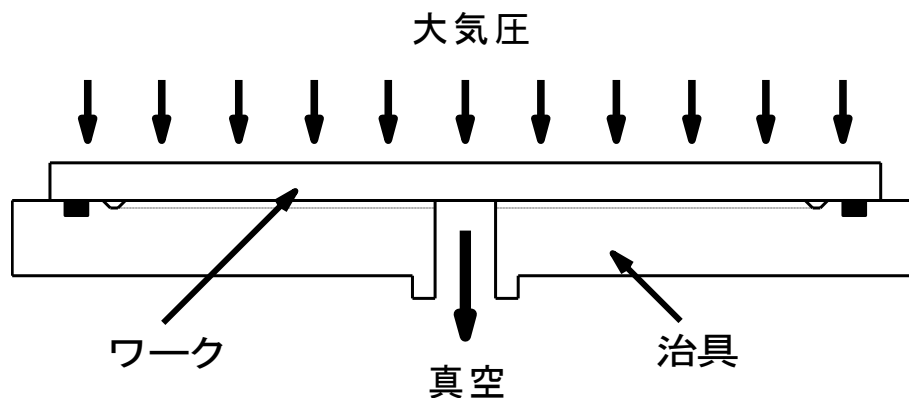
機械加工において真空チャックを使用としたとき、資料がほとんど無いのも実情である。何故かと言えば真空チャック方式は、万能的に使用出来るものでない為、一般的に普及が遅れているのではないかと思う。しかし万能的ではないが故に、使い方によっては有効な技術である。

ここでは真空チャックを使った機械加工の経験から、真空チャックをどの様に立ち上げたらいいかをまとめてみた。参考になれば幸いである。

真空チャックで機械加工をする時のポイントは、ワークを取り付けるテーブル(以下治具と明記)をどの様に作るかである。当社における真空チャック方式ではジグからのリークは極力無い様に考えている為、使用する真空ポンプユニットの排気量は必要最小限に押さえている。

【ワークの吸着力】

真空チャックは、ワークとジグの間を真空ポンプによって排気するものであり、ワークが大気圧により押されることを利用している。吸着力は真空ポンプの到達真空度とジグの O リング内面積で決まる。



真空ポンプの種類・性能によって到達真空度に差はあるが $-0.08\text{MPa} \sim -0.092\text{MPa}$ (気圧差により変化はあるが)になれば、 $0.79\text{kgf}/\text{cm}^2 \sim 0.92\text{kgf}/\text{cm}^2$ になる。

横方向の保持力は金属同士ならば摩擦係数 0.35 位を掛ける。

仮に O リングの内寸法が $500\text{mm} \times 500\text{mm}$ の治具のときは、 $50 \times 50 \times 0.8 = 2000\text{kgf}$ (2t) 横方向の保持力は $50 \times 50 \times 0.8 \times 0.35 = 700\text{kgf}$ (0.7t) になる。

【素材の適正】

鉄・アルミ・銅・ステンレス・プラスチック・その他、通気性の少ない素材。

【工作機械の適正】

旋盤、フライス盤、マシニングセンタ、ボール盤、平面研削盤、プレーナー、その他。

【使用した効果】

- ・Z方向の加工精度が非常に安定している。
- ・ワークがジグに密着する為、ビブリの発生がまったくなかった。
- ・クランプによる歪がまったく発生しない為、仕上がり寸法精度が安定している。
- ・ワークの切削熱がジグより放熱される為、歪の発生が少なく、加工精度が安定している。
- ・クランプ用金具とカッターの干渉が無い為、五面方向からの加工が可能になった。
- ・取り付け、取り外しがワンタッチで出来る為、作業性が向上した。
- ・マシニングセンタの稼働率・稼働時間が向上した。
- ・クランプ金具を使わない為、多数個取りが楽に出来る様になった。
- ・取り付け、取り外しに技能が必要で無くなった。

【使用しての問題点】

- ・マシニングセンタの加工ワークでは、汎用的なジグベースが使用しづらい為、専用ジグが多い。
- ・汎用的なジグは補助的なジグとして使用している。
- ・薄い素材の歪は、歪を直しクランプする。その為、素材面を捨て削りして基準面を作ることもある。
- ・ワークとジグの当る面積が他のクランプ方式に比べ広い。その為切り屑を挟み易い。

【ワークとコストの適正】

- ・鉄・非鉄の難加工品（付加価値が高くジグを作っても採算の合う製品）。
- ・量産部品（作業性、多数個取りで生産性が向上する製品）。

【真空ポンプの適正と排気量】

ポンプの種類は一般的に機械式とエジェクタ方式がある。切削油を吸引した後のメンテナンスを考えると、作業が乾式で無い限りエジェクタ方式が有利である。

吸着能力は吸着面積と到達真空圧によって決定される。その為むやみに排気量の大きなポンプ使う必要はない。

今までの実績より判断すると吸着時 40L/min その後の保持に 10L/min 有れば十分である。

【真空ポンプユニット】

当社では、真空チャックで機械加工を始めたとき、思った様なポンプユニットが無かった為自社開発をした。

先に真空ポンプの選定では使用するポンプの方式・能力について述べたが実際に使用するには他の機能も必要である。

真空ユニットの開発と同時に数多くのワークの加工・ジグの製作を行った経験から、作業現場での数多くのノウハウを生かし完成度の高いユニットを開発した。

【開発した真空ポンプユニットの特長】

- ・安全上エア圧力が低下してもクランプ ON 状態は急激な変化はない。

- ・ジグ側のリークテストが出来る。
- ・ジグ側のエアブローが出来る。
- ・真空ユニットの作動は圧縮エアのみで良い。
- ・少エネルギー設計になっている(作動中以外エアの消費はない)。
- ・人間工学に基づいた使い易い操作パネル(操作中計器が手の影にならない)。
- ・ポンプと操作盤をコンパクトにまとめた為、作業台の隅に置ける。
- ・必要以上の能力は装備していない。
- ・コンパクトであるが汎用旋盤から五面加工機までを対象にした真空ユニットである。

真空ユニットから治具までに使用する部品

【ジグへの接続用のホース】

工作機械で使用するので耐油性・弾力性が有り、切り屑等により損傷し難い物で(保護カバー等で保護してもよい)、安価で入手し易い物でよい。

太さは内径でφ6 以上有れば、特殊な場合を除き問題はない。使用に当っては必要以上に長くしない。

色は透明か半透明で内部が見えると、切削油が侵入した時に確認ができ便利である。

当社においては、トヨリングの内径φ9mm・ソフトナイロンチューブの内径φ6 の物を状況に合わせて使用している。

【竹の子 φ9 PT1/4】

トヨリングに接続し、PT1/4 のネジでジグに取り付ける[継手 PCF8-02 PH8-02 PA8-02・ソフトナイロンチューブ NB0860(型式ピスコ)、ジグの背面より真空ラインを取り出すとき、又は複数のジグを並べるときに便利である。

【O リング】

大気と真空を分ける為に使用するのであるから、耐油性や弾力性が有り硬度が低い紐状のものが有れば良い。

一般的に入手しやすい工業用 O リングが代用出来れば楽だが、長さが合わない時は切断をして、アロンアルファ等の接着材で繋げば良い(ネオプレンスポンジ丸紐では接着しなくても使用出来る)。

O リングの線径は、治具の大きさ O リング溝の内 R と O リングの硬度により、取り扱いが楽なものがよい。

当社では今までジグが大きく O リング溝が単純な物にはφ8 位、ジグが小さく O リング溝が複雑な時にはφ2.62 位の物を用いた。

色々な種類が有り、選定に迷うと思うが、初めて真空チャックを使用する場合にはネオプレンスポンジ丸紐のφ3 が良い。寿命が短い欠点は有るが、柔軟性が有り取り扱いが楽である。ジグを作り馴れて来たら選定の幅を広げれば、立ち上げが楽になる(ネオプレンスポンジ丸紐の寸法はφ3～φ15 まで1mm跳びに有る)。

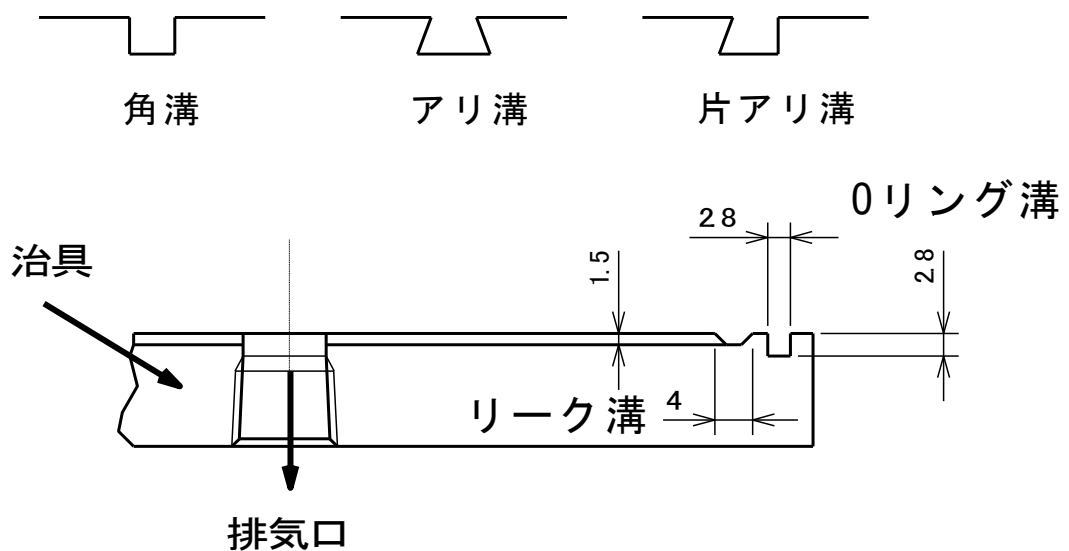
ジグの構造

【O リング溝】

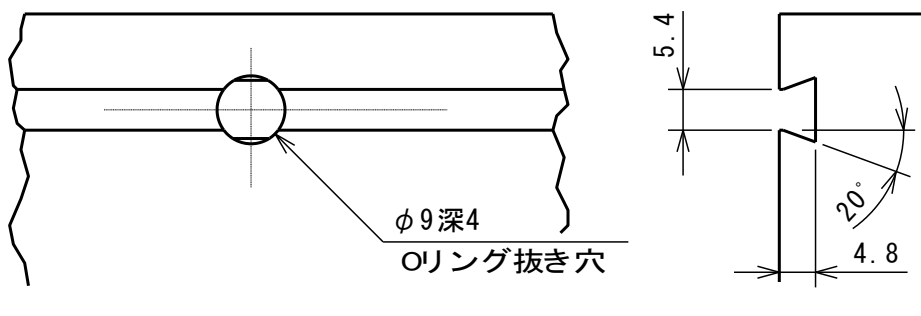
O リングの入る溝をワークに合わせてジグを作る。平面形状は貫通穴・切り欠きを避け平面

積を大きく取れる様にする。断面形状は角溝・アリ溝・片アリ溝等有る。角溝は加工が楽である。欠点はジグのクリーニング時に O リングが外れやすい。アリ溝・片アリ溝は加工が難しいが、O リングがクリーニング時に外れにくい。一長一短があるがジグの使用頻度・作業性・コストを検討し決定すると良い。ジグを作るのが初めてなら角溝が楽でよい。O リングが外れる様なら接着剤で止めると良い。

当社でも実績は少ないが、O リングの内側・外側になる物をワイヤーカット等で加工した物をネジ止めしても O リング溝の役目はする。

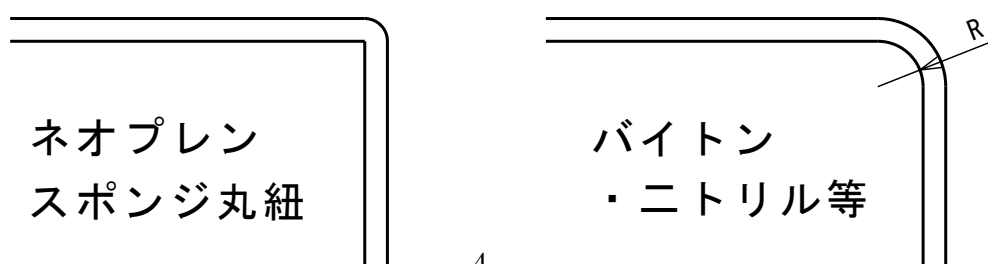


ネオプレンスポンジ φ3の時の寸法



φ6 Oリングの時のアリ溝寸法(リーク溝は省略)

O リング溝の角部はネオプレンスポンジ丸紐なら角部は直角になっても良い。バイトン・ニトリル等のゴム硬度の高い物は、内側に線径の2倍以上の R を付ける。



【Oリング溝の面精度】

Oリング溝底面の仕上げ面精度が悪いと、リークの元になるので Rmax25S 以下に仕上げる。底面が機械仕上げで仕上がらなかつたら手仕上になる。

マニキュワ・ラッカー塗料を均一又は部分的に塗って仕上げてもかまわない。

Oリングの材質、硬度、潰し代、仕上げ面精度でリーク量は変わって来るのでジグが完成したらワークを付けてテストをすること。

【Oリングの潰し代】

Oリングとワーク及びジグの密着をよくする為に、Oリング線径の 10%~20%を潰す様に Oリング溝を加工する。これは経験によるがワークの面粗さ平面度が良いものは少なめにし、反対に面粗さ平面度が悪い物は多めに取ると良い。

【リーク溝】

ジグの排気孔と Oリングの間に空気が流れる溝を作る。断面積は 2mm平方位で加工のしやすい断面形状でよい。

平面形状は、Oリング溝の 1~2mm程内側に作り排気孔につながる溝を数本入れる。リーク溝の目的はジグとワーク間のエア排気と Oリングからのリークチェック及び切削油等が浸透した時の排気用の溝であるから必ず作ること。

【ジグの材質】

ジグの材質は加工精度が満足でき、コストがかからなければ後は作業性と取り扱いが楽な物がよい。材質はベークライト、アクリル、アルミ、銅、SS~S55C 等、身近に有るものから検討すれば良い。最終的にはコストと要求精度のバランスになる。

【ジグの製作のポイント】

ジグ製作の前に加工工程の検討を十分に行い、真空チャック能力を有効に出せるジグを作る。全ての工程を真空チャックで行う必要はない。

仮に弁当箱の様なワークの中に貫通の穴が多数有るようなワークならば、掘り込みを真空チャックで加工して、穴明けは通常の取付け方法で行う等他のクランプ方式と併用する。

ジグ製作のポイントは、真空チャックの能力を理解しジグを工夫する。小さなワーク・重切削の加工が有る時は、ストッパーピン等を考える。大きなジグでは、掃除が楽になるよう考慮する。

- ・Oリング溝を極力ワークの外側にして、吸着面積が大きくなるようにする。
- ・ワークの横ズレ防止のストッパーを工夫する(ストッパーは加工穴を有効に利用するか、削り代を付けるようにするとよい)。
- ・真空チャック以外の方式を併用する(止めネジ・フリーバイス・その他)。

【加工データ】

真空チャックは使い方によっては予想外の実力を発揮するが、使い方を誤れば真価を発揮できない。

それゆえに、次のことについて注意されたい。

時間が許す限りテストカット・加工でのデータをまとめておく。真空チャックでの機械加工の資料はなかなかないからである。集めたデータが御社の加工ノウハウになります。



- ・ 左ジグと、右ワーク
- ・ 左側の黒い線は、Oリング
- ・ 左側の上下の丸は、位置決めストッパピン
- ・ 左側の上下中央の穴は、排気口とリーク溝
- ・ ワークの大きさ縦 205 横 98 厚さ 6 アルミ (A5052)
- ・ 吸着力 38Kgf

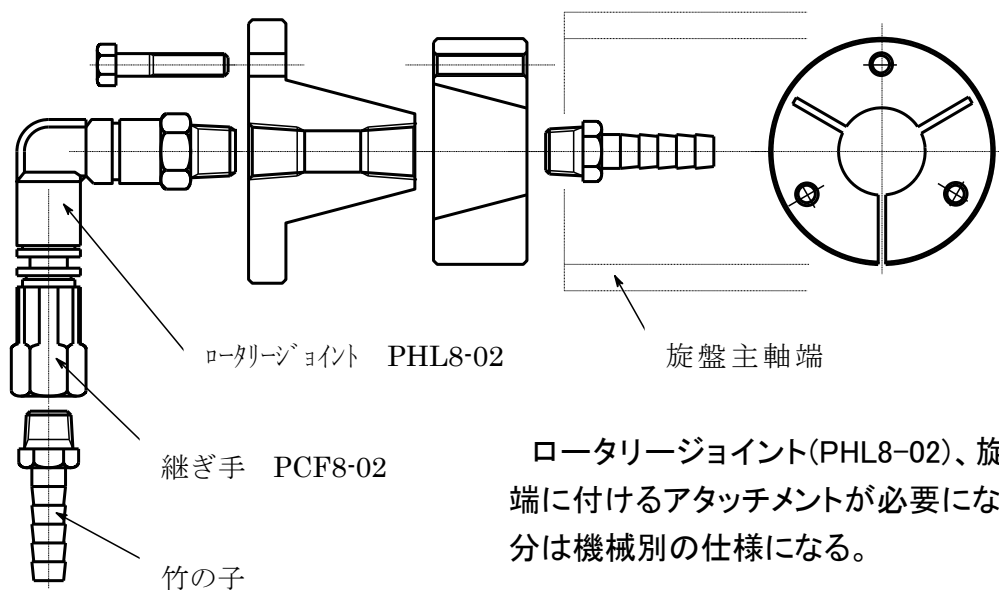


- ・ 真空チャックユニット
- ・ エアーフィルター
- ・ トヨロンホース
- ・ ジグとワーク

【旋盤用ロータリージョイント】

旋盤は、ワークを主軸に取り付ける為、主軸後部にロータリージョイントを付ける必要がある。

今までの実績では、主軸端の形状に合うフランジを作り、市販のロータリージョイントを取り付けている。



ロータリージョイント(PHL8-02)、旋盤の主軸端に付けるアタッチメントが必要になる。この部分は機械別の仕様になる。

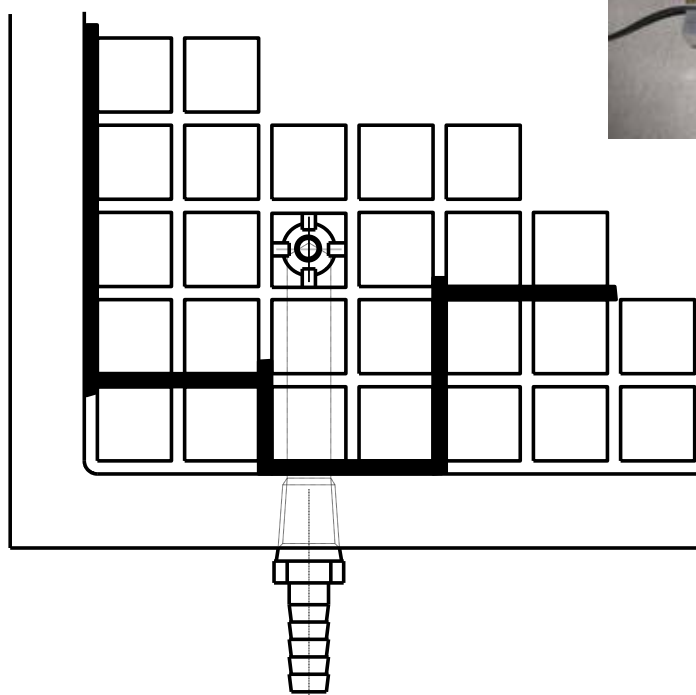
【その他真空チャックのジグでよく使用する部品】



- ・ネオプレンスポンジ丸紐
- ・竹の子
- ・継手
- ・ソフトナイロンチューブ

【汎用ジグ】

デモ用テーブル汎用ベースとして、20mmのグリッドに溝を入れた物を作ったことが有る。加工で使った実績は少ないが、有ると便利である(図面等が必要でしたらお申し頂ければ図面は出せます)。



【シール面に凹凸の有るワークの対策】

今までは、シールする面が平面形状のワークをメインに説明して来たが、シールする面に凹凸が有るワークのでは、今までの方式では対応出来ない場合が出てくる。ジグが三次元になった時も同様であるが、ここでは凹凸の有るワークの事例を説明する。

具体的には、下図の様にシール面に凹凸が有るワーク用のジグ、及び O リングの対策方法である。



シール面の展開形状

問題解決のため、成型したシリコンゴムを使いシールさせた。

この事例のワークは内径φ130 外径φ200 のリング状で有ったので下の写真の様な形状で、シール面の一部に貫通穴が有るためシール面部の一部に膨らみがある。又ワークの回り止めに、前工程で加工穴を利用しストッパーを付けた。

今回成型したゴムの硬度は 40 度である。



ジグとパッキンの断面形状は次の図-1 図-2 図-3 の様になる。

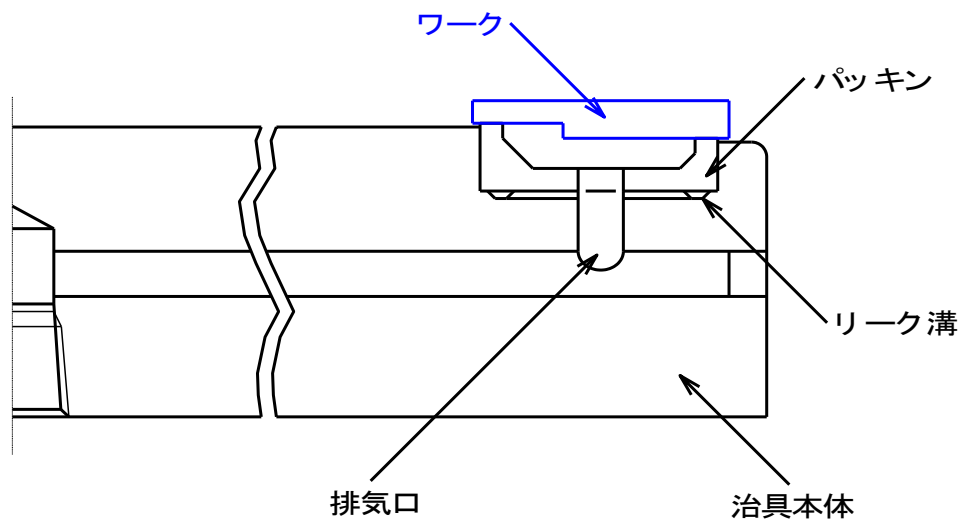


図-1

図-1 はパッキンの背面を真空にしているため、パッキンの固定はしていない(位置決めは行っている)。

ジグは角溝だけで良いためジグはシンプルである。

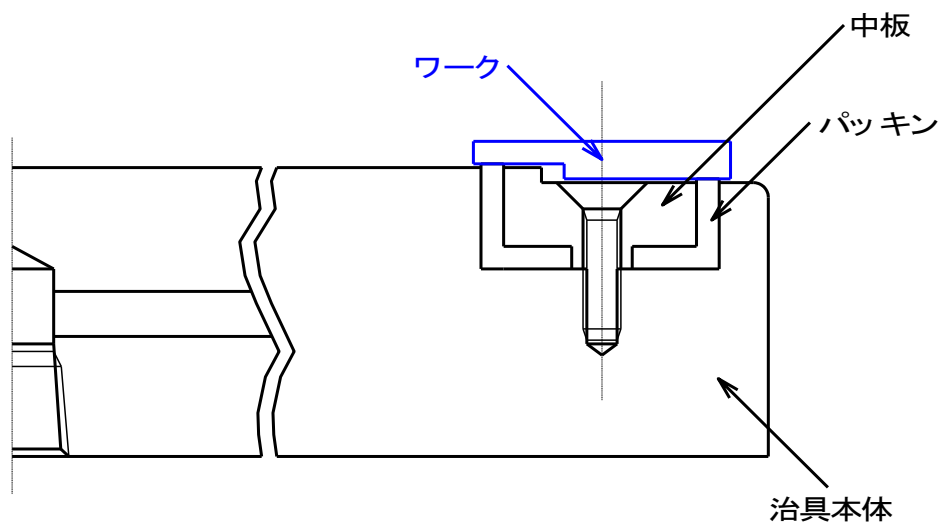
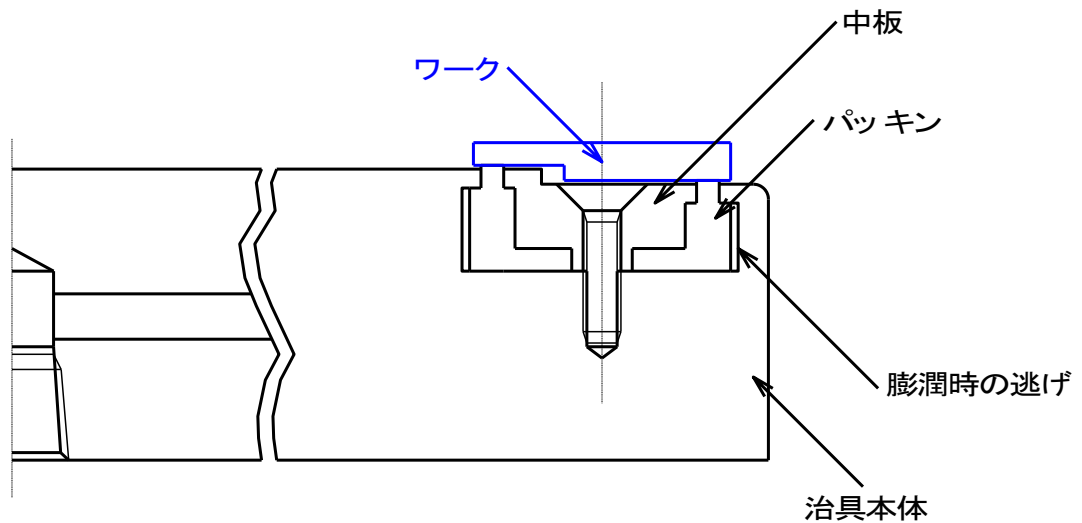


図-2

図-2 はゴムの弾力性を増すため、パッキンの高さを多く取った。パッキンの横方向剛性不足でパッキンが真空側に倒れない様に中板を入れた(図中の排気口の一部は省略)。

パッキンの高さを多く出来ることにより、同じ潰し率でも潰し量が多く取れるため、歪の有るワークでも初期吸着が楽になる。



油による膨潤対策治具 図-3

図-3 はパッキンのシリコーンゴムが切削油等で膨潤しても潰し代に影響が少ない様、ジグ・シリコーンゴムに段を付け、膨潤が潰し代に影響することを最小限に対策した形状である(図中の排気口の一部は省略)。使用するパッキンは、膨潤時に必要寸法に成る様、縮小サイズで作っている。

ゴムの耐油性・膨潤性から検討すると、バイトン・ニトリルゴムが最適である。製作を型成型・切削加工と検討をした時、シリコーンゴムと比較しバイトン・ニトリルゴムは製造コストが高かったため、今回は耐油性は良いが膨潤の大きいシリコーンゴムを使用した。

図-1 図-2 は乾式作業では使用出来るが、切削油を使用した湿式作業ではシリコーンゴムに油が含有し、膨潤するため使用は避けた方が良い。

長所

- ・シール面に凹凸が有っても問題なく吸着出来る。
- ・専用パッキンになるためパッキンの潰し代が均一に出来る。
- ・パッキンの高さ方向が自由に設定出来るので潰し代が大きく取れる、又ゴムの柔軟性が増し密着性が良い。
- ・ネオプレンスポンジゴム紐に比較し気密性が高く耐久性も良い。

短所

- ・パッキンを作る専用型が必要。
- ・ジグが複雑になる。

製品との相性

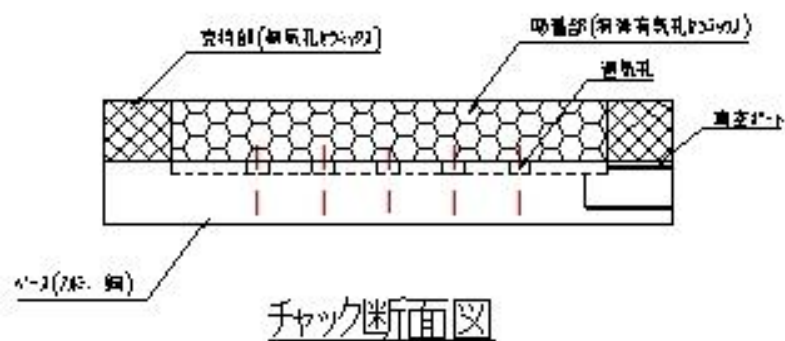
- ・ジグ、ゴム成型の型製作の初期費用が償却出来る、量産品及び少量生産品の場合

は付加価値の高い製品。

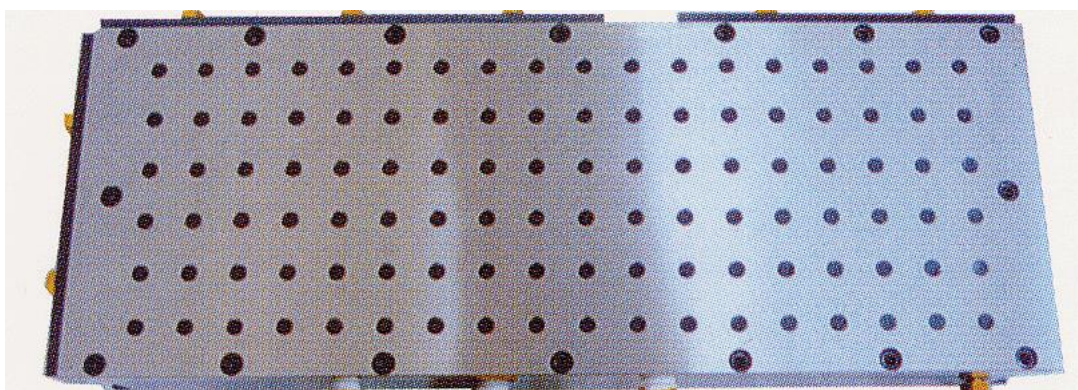
【その他のジグ】

これまでOリングを使用したジグについて説明したが、他の方式について少し述べる、Oリングは使用していません。

- 1) 多孔性の材質を吸着面に使用したジグ。
 - ・特徴としては超薄物ワークでも吸引による、Oリング、リーク溝部の歪が起こらない。
 - ・ワークの材質はセラミック・シリコン等の薄板研磨等。



- 2) 治具テーブルに吸着用のポートを加工したジグ。



・当社の実績でも方式に近い物を作った事は有るが、使用にはかなりの制約が出た。



上記とは大きさが違うが
(吸着面 1200×1200)。

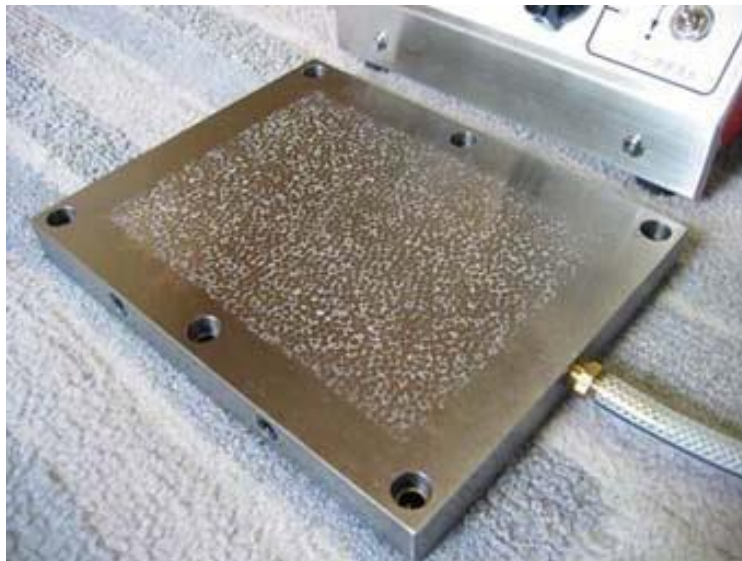
白い部分が吸着用のフィルター付き吸引ポート。

当然リークも多いので使用したユニットは特別仕様。

特別仕様のユニットも製作致します。

【多孔質テーブルの評価】

ナベヤから発売されている多孔質テーブル(商品名エアークッション)を使いテストを行った。



【ワークの想定】

旋盤・フライス盤を使用し樹脂・金属の薄板からのワークを切り出す。

両面テープ・接着剤等でも可能ですが真空チャックは前処理、後処理が不要になり作業性が向上する。

吸着はテーブルに直接ワークを置いても吸着は問題ないが、切断時カッターがテーブルに当たる為、0.05mm位手前にして加工完了後折り取る方法が一般的な方法と思う。



この様な時はテーブルとワークの間に紙(コピー紙等)を挟んで吸着させる事で意外な効果が生まれる(紙には通気性が有るため、問題無くワークを吸着する事が出来る)。



※加工は、切断を最終工程にし、切断の切削負荷を減らす様にし、カッターはワーク裏面より 0.05mm位奥まで入れワークを切断する(コピー紙の厚さは 0.08mm位有るのでテーブルに傷が付かない)。

※使用するカッター幅は極力狭い物を使用する(切断後のリーク量の最少化)。

※切断面からのリークが多い時はユニットのバキュームをLモードにする。

【特殊な使い方】

これまで真空チャックと治具ラインは、接続した状態で使用の説明をしてきた。機械に貫通穴の無いNC旋盤・パレットチェンジャー等で使用する場合など、ユニットと治具ラインを切り離れた使い方をしたい時は次の様な対策を取る。

真空ユニットを使い、クランプ後治具側のバルブを閉じカプラー等で接続したラインを切り離す。その後、加工終了まで真空度に変化が極力無い様にしなければならないので、ラインからのリークは無いように接続する。

【Oリング】

Oリングはネオプレンスポンジ丸紐ではなく、極力耐油性の有るゴム紐を使うこと。適当な寸法が手に入りにくい時は、市販の工業用Oリングを切断し、瞬間接着剤等で繋いでエンドレスにすると良い。

ゴムの硬度は 30 位(市販のOリングは硬度 70 位です)の柔らかい物の方が、密着性が増し良い。

【Oリング溝】

Oリング溝幅の寸法は、使用するOリングの規格に合わせると良い。

Oリングの潰し代は 10%~30%になるような溝深さにする。

溝の仕上げ面荒さは R.max25s~30s以下に仕上げる(マニキュワ・ラッカー塗料で仕上げても良い)。

その他(パレットチェンジャー等でユニットを切り離すとき)。

ジグ側に真空度が確認出来る真空計等を付けると良い。

タッチセンサーで真空度を確認することも可能である。

リークの防止に、Oリングの当たる面にグリスを塗ると良い。

・テスト 1

ネオプレンスポンジ紐用に作ったジグに、エンドレスにしたバイトンの O リングを入れた。



データは、当日(左側)と 4 日後(右側)のデータです(リークはラインかワークとジグの間かは不明)。

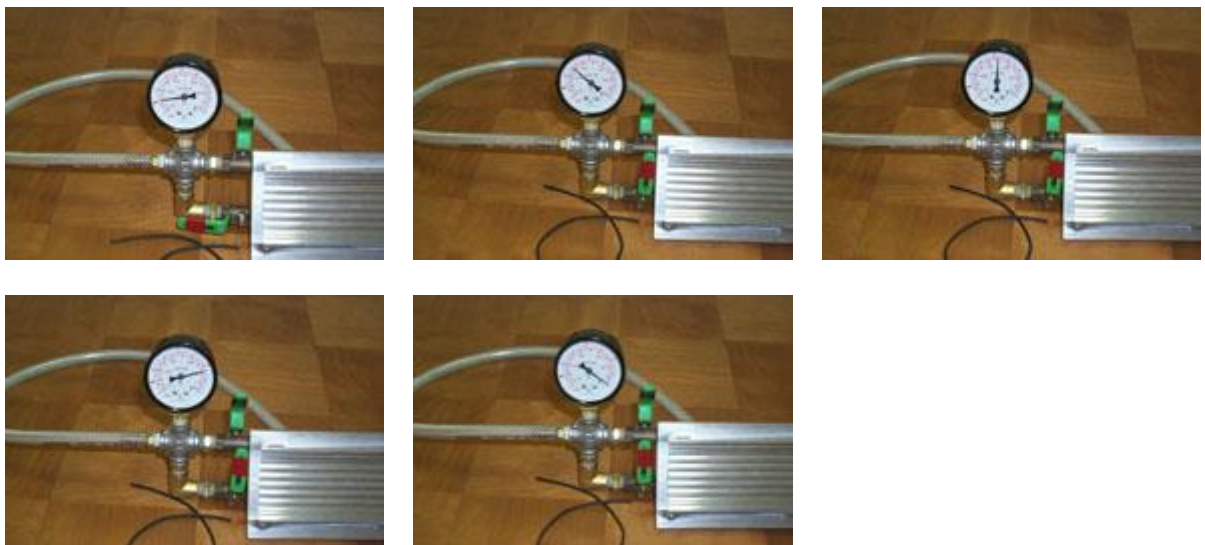
ホースをパンタイで止めている。

4 日で約-0.0075MPa 上昇した。

今回は切り離しを前提に作ったジグではない。O リングの変更のみである。

テスト2(リークの判断)

こちらはネオプレンスポンジ紐を使い、10 分置きのデータである。



真空ユニットを接続した状態の使用なら問題無い。

約 40 分で大気圧に成った。

切削油を使った時は、リークは少なくなる。

テスト 3 (乾式切削)

こちらはネオプレンスポンジ紐を外した(メタルタッチです)。



ラインをはずしユニットのみを作動。



ワーク吸引中(メインポンプのみ作動)。



右リークテストを約 8 秒後乾式切削なら問題はない。

今回使用したジグは、ネオプレンスポンジ紐の使用を前提としたジグである。
 ワーク、ジグの面粗さは R.max25s~30s に仕上がっている。
 湿式加工だと切削油が入って来るが、乾式ならまったく問題はない。
 樹脂等の加工なら、ネオプレンスポンジ紐は無くても良い。

【ワークの実例】



【ジグの実例】



【ロータリージョイント】

