# 金型磨きの無人化

第 10 回
2013 年“超”モノづくり部品大賞
「機械部品賞」
受賞
主催：モノづくり推進会議／日刊工業新聞社
後援：経済産業省／日本商工会議所

金型磨き加工の自動化を NC 工作機械上で実現

# 機上ポリッシングツール

「機上ポリッシングツール」は、柳下技研株式会社で登録商標・特許取得済み

# 使用説明書

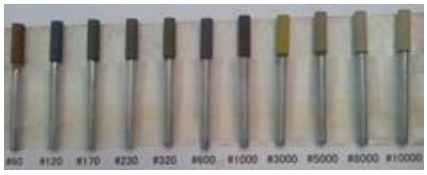
（第５版　2020.12）

磨き加工のイメージ

「機上ポリッシングツール（以下、ツールという）」は、MC 上での磨きを実現しました。軸付砥石を MC の主軸先端部に直接装着して使用すると砥石はすぐ摩耗するため、連続して磨くことは困難です。

軸付砥石を取り付けたツールを MC の主軸先端部に装着して、砥石を機械原点から少し差し込んで磨くことにより、ダンパー機能（ツールに内蔵されたスプリング）により、砥石が摩耗した分だけ戻り、同じ圧力でワークに当たり続けるため、MC 上での長時間にわたる磨きを可能にしました。

機上ポリッシングツール（3 種類）



**専用ラバーボンド砥石**
**ハイブリッドラビン**
〇径：φ1mm～φ20mm
〇粒度：#60～#10000
〇砥粒：ダイヤモンド

●ご使用の前に、この「使用説明書」をよくお読みのうえ、内容を理解してからお使いください。
●お読みになったあとも、本製品のそばなどいつも手もとに置いてお使いください。

～想像し創造する～
http://www.yagishitagiken.jp/
柳下技研株式会社

## 安全にお使い頂くために必ずお読みください

### １）「機上ポリッシングツール」

●使用限度回転数以下で使用してください。
●作業に入る前に、低速で回転させ、異常がないことを確認してください。
●「機器」および「工具」を始動させる際には、安全な位置に「工具」を向けるか、安全な位置に立って始動させてください。
●保護メガネ、安全帽などの安全具を必ず着用してください。
●「工具」および「砥石」の取り付けは、正しく、確実に行ってください。
●本体カバーを除き、SUS(ステンレス）製ですが、精密部品を使用しておりますので、湿度の高いところなどに長期間放置しないように付属ケースに保管してください。
●使用中に何らかの異常が認められた場合には、ただちに使用を中止し、当社までご連絡ください。その際、製品型名と製造番号をご連絡ください。

### ２）機上ポリッシングツール専用ラバーボンド砥石「ハイブリッドラビン」

誤った使い方をした場合、「砥石」が破壊して死亡または重傷をまねく恐れがあります。
使用限度回転数以下で使用してください。（回転数は納品時のシールに記載しています。）
●「ハイブリッドラビン」は、一般的に、他種の弾性砥石に比べ重くなります。
代替としてご利用になる際には、特に使用限度回転数の違いにご注意ください。
●使用限度回転数以下でご利用の場合でも、押し付け過ぎによる曲がりで破損、事故の可能性がありますのでご注意ください。
●また、使用限度回転数以下でご利用の場合でも、片減り、その他の摩耗の具合によって破損、事故の可能性があります。ゴム弾性のため、片減りの場合、他種の砥石に比べ、フレが大きくなります。使用を中止するか、修正してお使いください。
●作業に入る前に、低速で回転させ、フレその他の異常がないことを確認してください。
●「機器」および「工具」を始動させる際には、安全な位置に「工具」を向けるか、安全な位置に立って始動させてください。
●ゴム弾性がありますので、特に急激な負荷を加えることは避けてください。変形によって破損する可能性があります。
●接触面積が広い場合や、負荷が大きい場合、連続使用の場合など、過度の発熱によって、ゴム強度が低下し、破損、事故が起きる可能性があります。放熱、冷却を行ってください。
●紫外線により劣化しますので保管の際には、日光が当たらないよう保管してください。
●保護メガネ、安全帽、手袋などの安全具を必ず着用してください。
●「砥石」の使用中に何らかの異常が認められた場合には、ただちに使用を中止し、当社までご連絡ください。

## はじめに

機上ポリッシングツールは、理研ベンチャー　新世代加工システム株式会社から引き継ぎ、2012 年 5 月発売開始以来、200 社を超えるお客様にご利用いただいています。

# 鏡面加工ツール本格展開

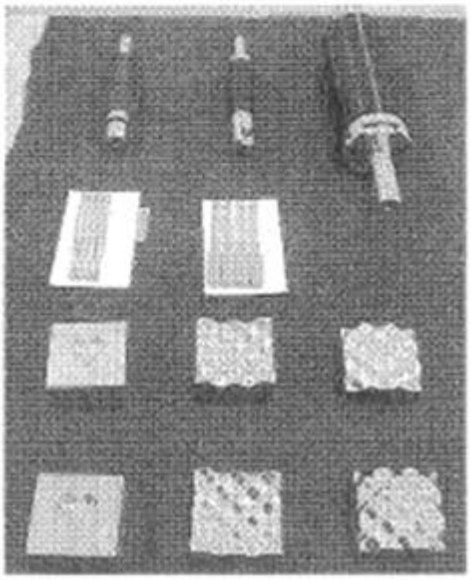
## 理研ベンチャーの事業再生

### 柳下技研

【川越】柳下技研（埼玉県和光市、柳下勇社長、048・466・8372）は、理研ベンチャーで3月に解散した新世代加工システムから買収した鏡面加工ツール事業などを再生し、成長軌道に乗せる。4月に開始した3Dプリンター造形サービス」と合わせた新規事業として育成する。初年度に新規事業全体で数千万円規模の売り上げを見込む。

新世代加工システムから買収したのは、金型磨き作業の自動化ツール「機上ポリッシングツール」、研削鏡面加工技術「ELID研削システム」の鏡面加工2事業のほか、再生医療に用いるチタンメッシュ事業。機上ポリッシングツールは、切削加工に利用した3Dデータをそのまま用いて、複雑形状金型などの表面磨きを自動化する。ELID研削システムは研削加工のみで鏡面仕上げを実現する技術。「ともに面粗度で数ナノ（ナノは10億分の1）程度の鏡面仕上げが可能」（新規事業部）という。これら2事業の展開を先行させ、チタンメッシュ事業は、市場動向をにらみながら展開を決める。3Dプリンター造形サービスでは、熱溶融積層式、光造形式の各1台を用いて、試作部品から量産部品の加工受託を進めていく。

新世代加工システムは理研ベンチャーとして1998年に創業したが、財務内容の悪化などにより今年3月に解散。7月末に、柳下技研が同社全事業の買収を完了した。柳下技研は1973年の創業で、各種部品加工や治具、メカトロ装置、計測装置製造などを手がける。14年3月期の売り上げは28億円。



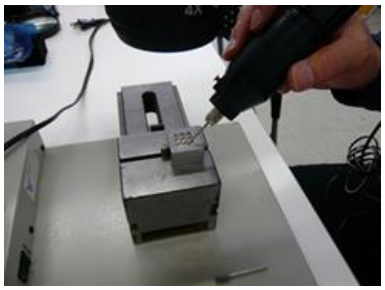
柳下技研の機上ポリッシングツール（手前2列は磨いた金型）

（日刊工業新聞　平成 26 年 8 月 26 日）

理研ベンチャーとは、研究所から生じた研究成果の社会実装を主たる目的として設立された企業であって、研究成果を中核技術とした事業化を企業自らが迅速に行い、研究成果の普及とその活用に有意義であるとして理化学研究所から認定を受けた企業群です。

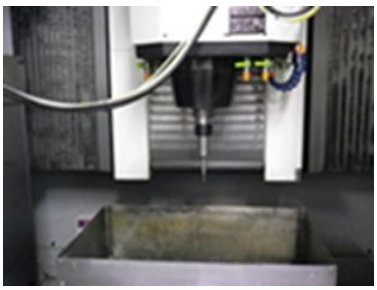
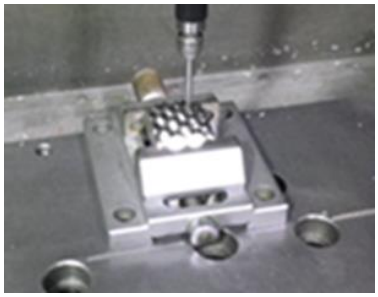
# マシニングセンタ上での磨きを実現しませんか。

磨き加工の必要性が高まっていますが、磨きはいまも手作業が主流の工程で、磨き職人も減少しており、磨きの機械化は焦眉の課題になっています。



## 機上ポリッシングツール導入（機械化）によるメリット

・数値データを残すことができ、技能伝承が可能になります。
・個人差による面粗度のバラツキがなくなり、品質が安定します。
・ATC 使用により夜間自動運転も可能で工期短縮が図れます。
・磨きに係る外注手配や熟練技術者等の要員手配から解放されコスト削減が図れます。

## コストを考えた最適な磨き加工

磨き加工は切削加工などと比べて非常に多くの時間と費用がかかるので、それらに見合う経済性の検討が必要です。機上ポリッシングツールによる磨き加工は、形状および寸法を変えずに、非常に小さな砥粒で、表面のわずかな凹凸の凸部を削って、面粗さだけを良くするための加工です。例えば、磨き加工で形状を変えるには膨大な磨き回数と時間が必要になり、また面粗さを良くするほど削り取る量は少なくなり、多くの時間がかかります。従って、必要とする面粗さの程度に応じた砥石の選定が非常に重要です。面粗さの良い磨き加工を能率良く行う場合、始めから粒度の細かな砥粒で磨くのではなく、粒の大きな砥粒で粗磨きをし、次に中程度の大きさの砥粒で中磨きをし、最後に小さな砥粒で仕上げの磨き加工を行います。

また、手作業による磨きを機上ポリッシングツールによる磨きですべて代替できれば良いのですが、前加工後の面粗さを細かくできない場合、コーナーRが 0.5mm より小さい場合、ワークが光学素子などで磨き後の期待する面粗さが Ra1nm 未満である場合など、機上ポリッシングツールだけではすべてを実現できない場合には、手作業による磨きとの組み合わせにより、これまでの手作業による作業量を減らすことができます。

# 目次


安全にお使い頂くために必ずお読みください P.2
はじめに「理研ベンチャーの事業再生」 P.3
マシニングセンタ上での磨きを実現しませんか P.4
１．製品の特長と仕様
１）「機上ポリッシングツール」 P.6～7
２）「ハイブリッドラビン」 P.8～9
２．製品の使用上の注意と機械化に成功する方法 P.10
３．使用前の準備
１）加工液 P.11
２）加工液が交換できない場合の対応 P.11
３）「機上ポリッシングツール」の選定方法 P.11
４）「NC 工作機械」への「機上ポリッシングツール」の装着方法 P.11
５）「機上ポリッシングツール」への「ハイブリッドラビン」の装着方法 P.12～14
６）「ハイブリッドラビン」の選定方法 P.15
７）「ハイブリッドラビン」のツルーイングとドレッシング P.16～17
８）「ハイブリッドラビン」の寸法公差 P.17
４．磨き基本データ（平面磨き） P.18～21
５．磨き加工事例
１）球面　R15 P.22
２）形状凹凸波型 P.23
３）形状ハート型 P.24
４）立壁　テーパー角 1 度 P.25
６．お問合せの前に（Q&A 集） P.26～27
７．ご参考資料
１）表面粗さ P.28
２）砥石の粒度の規格 P.29
３）雑誌「型技術」掲載記事 P.30～31
８．機上ポリッシングツール専用ホームページ P.32

## １．製品の特長と仕様

「本製品」は、「機上ポリッシングツール」と「ハイブリッドラビン」から構成されています。

### １）「機上ポリッシングツール」

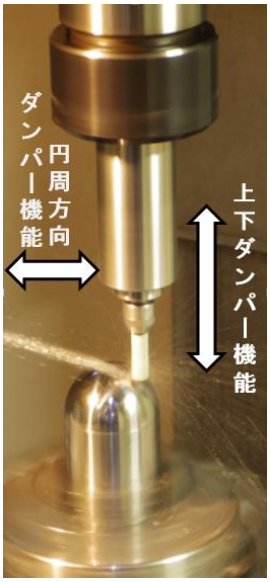
【特長】

「機上ポリッシングツール」は、「マシニングセンタなどの NC 工作機械」の主軸チャックに装着して、金型磨き加工の自動化を実現するもので、磨き専用機を購入するなど新たな設備投資を必要とせず、簡単な構造で安価な磨き加工を提供します。「機上ポリッシングツール」の最大の特長は、ダンパー機能を持たせたことで、後述する「ハイブリッドラビン」との融合により、切削加工などの前加工面の形状に砥石端面が倣い、平面、三次元形状の自由曲面、立壁等の前加工目を除去して、遊離砥粒を用いることなく、固定砥粒のみでナノオーダー（nm）の鏡面磨きを実現しました。

【仕様】

「機上ポリッシングツール」は、上下ダンパー機能を有する標準仕様・小型仕様、および上下ダンパー機能と円周方向ダンパー機能を有する立壁用コレットチャック仕様の 3 種類があります。

左から、標準仕様、小型仕様、立壁用コレットチャック仕様




磨き加工のイメージ

① 標準仕様は、大径砥石が装着できるように、ヘッド交換（砥石チャック径φ３orφ６）が可能です。
② 小型コレットチャック仕様は、周速が低くなる小径砥石を高速回転できるように、スプリングコレットで芯ブレを抑えました。
③ 立壁用コレットチャック仕様は、上下ダンパー機能に円周方向ダンパー機能を加え、立壁の磨きも可能にした画期的新製品です。

| 製品名 | NX-TKP1030 | NX-TKP0530S | NX-YTP10 |
|---|---|---|---|
| | 標準仕様 | 小型コレットチャック仕様 | 立壁用コレットチャック仕様 |
| 差込量Z方向 | 0～9mm | 0～4mm | 0～3mm |
| 差込量XY方向 | ― | ― | 0～0.1mm |
| バネ荷重 | **下記参照*1** | 500～700g | 1000～3000g |
| 使用最大回転数(φ5基準) | 5000 $min^{-1}$ | 20000 min-1 | 20000 min-1 |
| 送り速度 | 100mm/min～1000mm/min | | |
| 寸法　全長x最外径xシャンク(mm) | 136xφ30xシャンクφ16 xL25 | 80xφ12xシャンクφ6xL20 | 90xφ24xシャンクφ16xL27.5 |
| 砥石チャック方式 | 側面止めネジ | コレットチャック | |
| 砥石チャック径 | φ3、φ6 | φ3 | φ3 |
| 使用砥石外径(mm) | φ1(R0.5)～φ30(R15.0) | φ1(R0.5)～φ5(R2.5) | φ1(R0.5)～φ10(R5.0) |

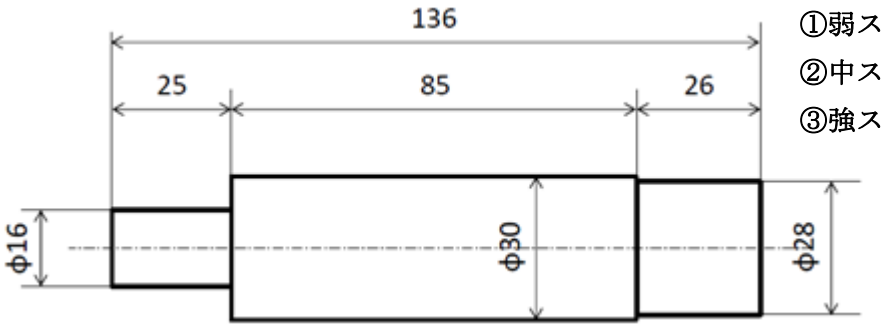
●機上ポリッシングツール本体は即納が可能です。

***1 標準仕様のバネ荷重を３種類に増やしました。（2020.5 以降）**

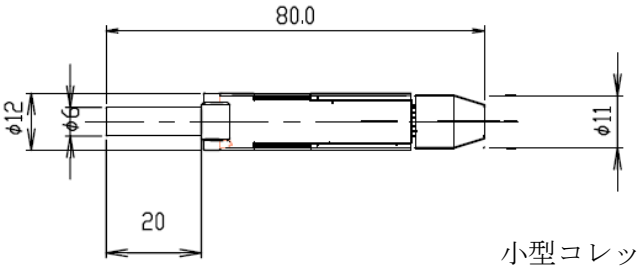
**最大荷重**

**①弱スプリング仕様　8.8N**
**②中スプリング仕様　10.3N**
**③強スプリング仕様　15.4N**

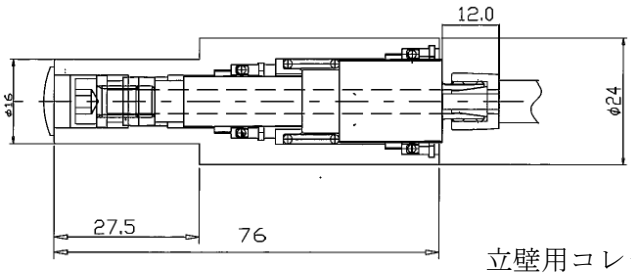
【概略図】




標準仕様（NX-TKP1030）




小型コレットチャック仕様（NX-TKP0530S）




立壁用コレットチャック仕様（NX-YTP10）

## ２）「ハイブリッドラビン」

【特長】

・機上ポリッシングツールの専用ラバーボンド砥石で、ダイヤモンド砥粒を結合剤（ゴム）で保持している無気孔タイプです。

・ゴムの弾性効果により、砥粒がゴムに吸収されワークへのアタリが軽減され、研削目が均一化され、面粗度が向上するとともに、深い研磨キズを残しません。

・切り屑が多少付着するものの、ゴムの持つ適度な剥離性により、『目詰まり』『目潰れ』がしにくく、研削能力が維持されるため、連続加工ができます。

・砥石の表面が黒くなってからも切れ味が落ちることはありません。

・鉄系素材にも不適合が起きにくく、CBN 砥粒を必要としません。

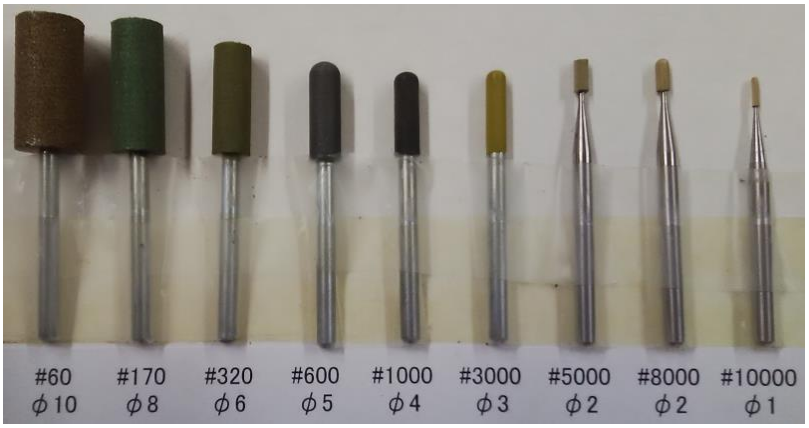
【仕様】

●砥石径：Φ１～Φ２０、●砥石番手：#60～#10000

●ゴム硬度：JIS デュロメーター　A スケール 95

●ダイヤモンド砥粒、●集中度 100

●砥石軸：ステンレス製（金鋸などで切断できます。）

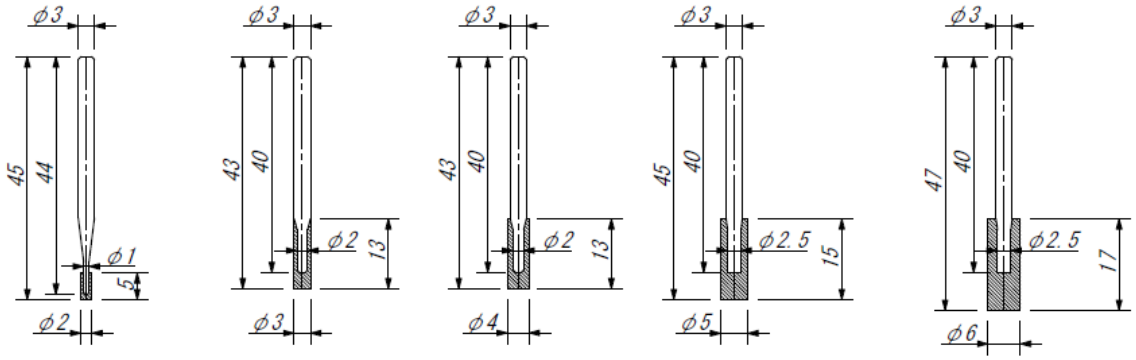



●常備在庫品は以下のとおりです。〇印のストレート砥石は即納が可能です。
　在庫状況、および常備品以外の砥石につきましては、お気軽にお問合せ下さい。

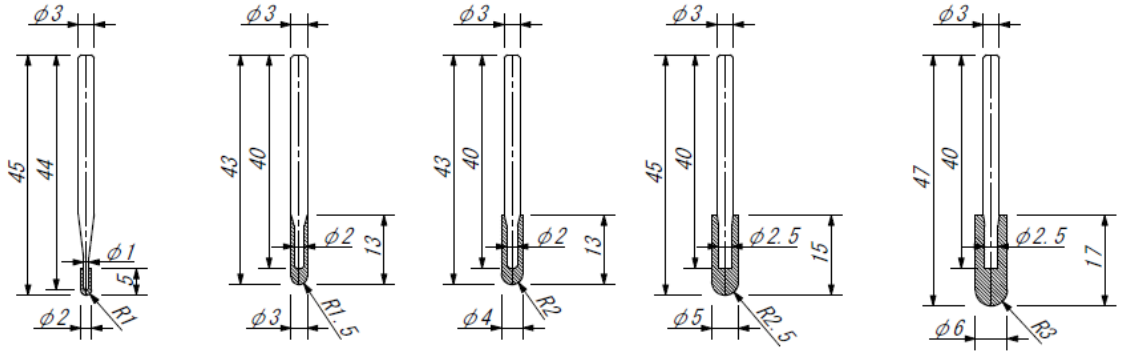
| | #60 | #120 | #170 | #230 | #320 | #600 | #1000 | #3000 | #5000 | #8000 | #10000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Φ1 | × | × | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Φ2 | × | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Φ3 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Φ4 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Φ5 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Φ6 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Φ8 | ○ | × | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Φ10 | ○ | × | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

●砥石先端形状は、磨く対象製品の形状に合わせて成形します。（P.14 をご参照ください。）
　成形砥石の納期は概ね３週間程度です。

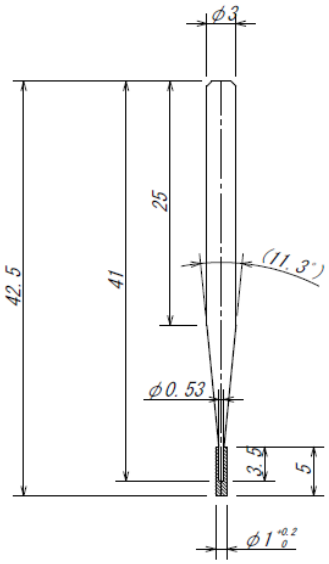
【概略図】



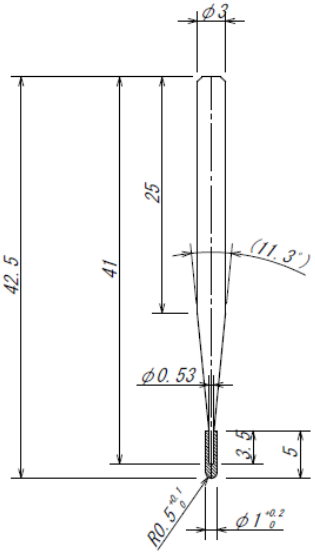

φ２～φ６　ストレート



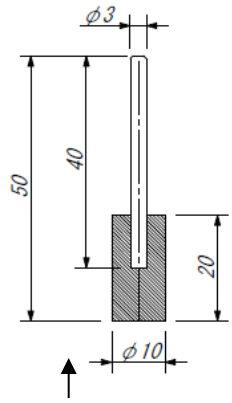

φ２～φ６　R付



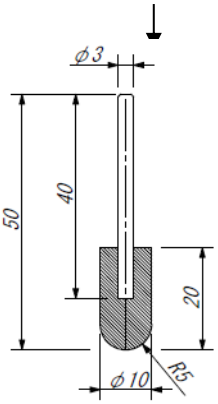

Φ１　ストレート




Φ１　R付




ストレート　Φ１０　R付




※φ1 の小径砥石の場合、低めの番手(#320 以下)は磨き加工に向いていません。粗磨きの加工負荷に対して、小径φ1 では耐久性が低く、磨きの効果があまり得られないようです。微細加工の鏡面化の場合は、小径エンドミルで細かく切削仕上げをすれば、φ1-#1000 で磨いた方が効率は良いようです。また、φ1 はカップ型に成形できません。

## ２．製品の使用上の注意と機械化に成功する方法

### １）機上ポリッシングツール使用上の注意

・機上ポリッシングツールは、“バリ取り”ツールではありません。切削加工後の僅かな凹凸を除去するためのツールです。ハイブリッドラビンを使用する場合の前加工後の面粗度は Ra で１μｍ程度が目安です。

・磨きは加工液をかけながら行います。加工液は冷却と切屑などの付着を防ぐために必要で、水溶性ソリュブルタイプを推奨しています。 ハイブリッドラビンを使用する場合、油性や水溶性エマルジョンタイプは、ワーク上に油膜ができ、砥石が滑り磨けません。

【例外】被削材が、銅やアルミニウムなど軟質の材料の場合は、ハイブリッドラビンはダイヤモンド砥粒のため傷を付けてしまいます。WA や GC など普段お使いの砥粒で挑戦してみて下さい。

### ２）ハイブリッドラビン使用上の注意

・使用条件を調整し、ゴム弾性を活かして切れ味の良さを発揮させ、低い負荷で使用できれば砥石寿命が向上します。

・結合剤（ゴム）自体の強度も低く、負荷に応じて変形し、変形量が大きいのが特徴です。安全に使用するためには、高速回転での使用は適さず、回転数、研磨圧の良いバランスを見つける事が重要です。

・ゴム砥石の場合、粒度選定が意外な落とし穴になる場合があります。面粗度から粒度を考える前に、ワーク状態に合った粒度を確認することが重要です。細かすぎる粒度で時間がかかり過ぎたり、負荷が大きくなり過ぎて、砥石の磨耗が大きくなるケースもあります。

### ３）機械化に成功する方法

・磨きに与える要因は下記のとおりですが、この中からお客様固有の環境で要因となるパラメータを変化させて、テスト加工を繰り返し実行し、ベストの条件を探求することしか、機械化に成功する方法はありません。

・簡単なことではありませんが、不退転の決意をもって臨まれたお客様は機械化に成功していますので、是非チャレンジして下さい。

【磨きに与える要因】

・使用機械の剛性、・金型の種類、材質、形状
・前加工方法（切削加工、研削加工、放電加工）、
・前加工後の面粗さ
・切削の場合：加工条件（切削工具、主軸回転数、送り速度、ピッチ、切り込み）
・機上ポリッシングツールの種類
・ハイブリッドラビンの砥石径、砥石番手、砥石先端形状
・磨き加工条件（主軸回転数、送り速度、ピッチ、差込量、加工経路、磨き回数）
・磨き加工後の目標とする面粗さ

## ３．使用前の準備

### １）加工液

「本製品」を使用した磨きは加工液をかけながら行います。加工液は冷却と切り屑などの付着を防ぐために必要で、水溶性ソリュブルタイプを推奨しています。当社はタイユ株式会社製の水溶性ソリュブルタイプ透明型 NC-21K を使用しています。

油性やエマルジョンタイプは、ダイヤモンド砥粒が油膜で滑り磨けないため使用できません。また、ドライ加工は不可で、セミドライ加工も極微量の油剤が入っていれば影響があり不可です。

ここで、切削油剤には多くの種類がありますので、参考までに記述しておきます。切削油剤は不水溶性のものと、水溶性のものがあります。不水溶性の切削油剤は、油性タイプ、不活性極圧タイプおよび活性極圧タイプに分類されます。また、水溶性の切削油剤は、エマルジョンタイプ、ソリュブルタイプ、ソリューションタイプに分類されます。

エマルジョンタイプは、水、油および界面活性剤からなり、油の粒子が大きいのが特徴です。ソリュブルタイプは、水、油、界面活性剤、水溶性添加物および溶解物質からなり、エマルジョンと比較し、油の粒子が小さいのが特徴です。ソリューションタイプは、油を全く含まず、水と溶解物質からなり、その粒子が非常に小さいのが特徴です。

### ２）加工液が交換できない場合の対応

「本製品」の導入テストのために加工液が交換できない場合には、別置き水溶性ミスト装置で水溶性ソリュブルタイプの加工液を加工点に少量噴射するか、或いは滴下装置で水溶性ソリュブルタイプの加工液を加工点に少量滴下し（加工点に残る程度 10～20mℓ）、こぼれた液はワーク周りにウエストなどを敷いて吸収させる方法があります。

### ３）「機上ポリッシングツール」の選定方法

「機上ポリッシングツール」は、上下ダンパー（Z 方向）機能の使用だけで良い場合には、標準仕様または小型コレットチャック仕様を選定します。更に、砥石径Φ6mm より大きい砥石を使用する場合には標準仕様を選定し、砥石径Φ5mm 以下の砥石のみを使用する場合には小型コレットチャック仕様を選定します。

また、上下ダンパー（Z 方向）機能および円周方向ダンパー（XY 方向）機能を使用する場合には、立壁用コレットチャック仕様を選定します。なお、立壁用コレットチャック仕様は、砥石径Φ10mm 以下の砥石が使用できます。

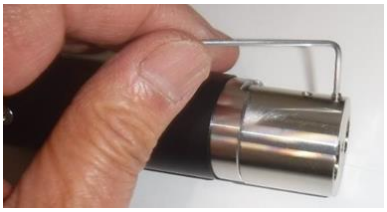
### ４）「NC 工作機械」への「機上ポリッシングツール」の装着方法

「機上ポリッシュングツール」は、「NC 工作機械」の主軸先端部のコレットに装着しますが、工具交換方法は刃物と同じです。

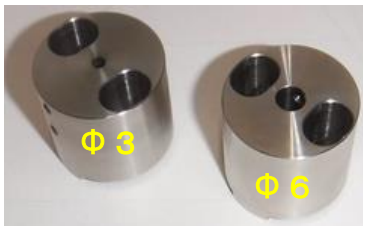
## ５）「機上ポリッシングツール」への「ハイブリッドラビン」の装着方法

① 標準仕様

・砥石の装着方法：砥石を差し込み、側面止めネジを六角レンチで締めます。砥石軸を 15㎜ 程度チャッキングします。



Φ3㎜ 軸　Φ6㎜ 軸




ヘッド（ホルダー）

六角穴付き側面止めネジ
Φ３ヘッドはＭ３ネジ
Φ６ヘッドはＭ４ネジ

砥石を差し込み過ぎるとダンパー機能が効かなくなりますのでご注意ください。
砥石軸が長い場合には金ノコでカットできます。

・ヘッド（ホルダー）の交換方法：Φ３（またはΦ６）ノックピンをホルダーとスライダーに差し込み、位置決めしたら、六角穴付きボルト２本を使用し、六角レンチで固定します。

ノックピンで位置決め

六角レンチで固定します。

**・スプリングの交換方法：スプリングは下記【ミスミ】MISUMI の丸線コイルスプリング等で交換が可能です。**

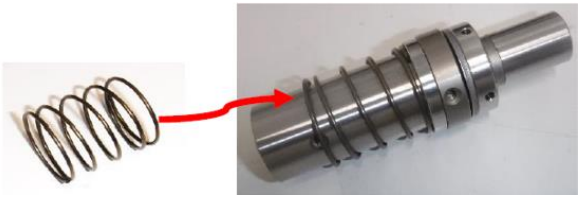
**例：商品コード**

**WR27-30 弱スプリング　外形 27mm、全長 30mm、太さ 1.3mm、最大荷重 8.8N**
**WR27-35 中スプリング　外形 27mm、全長 35mm、太さ 1.4mm、最大荷重 10.3N**
**WF27-35 強スプリング　外形 27mm、全長 35mm、太さ 1.7mm、最大荷重 15.4N**

a. 十字ドライバーで皿ネジを緩めて、カバーを外します。

b. M3 首下 3mm 六角穴付きボルトを六角レンチで緩めて外します。

c. 丸線コイルスプリングを交換します。



d. b.⇒a.と戻り、スライダーを固定して、カバーを固定すれば完了です。

② 小型コレットチャック仕様

・チャックナットをスパナで締めます。
・砥石を差し込み過ぎるとダンパー機能が効かなくなります。
・砥石のシャンク部を 15mm 程度チャッキングします。

③ 立壁用コレットチャック仕様

・チャックナットをスパナで締めます。
・砥石を差し込み過ぎるとダンパー機能が効かなくなります。
・砥石のシャンク部を 15mm 程度チャッキングします。

・コレットチャック仕様に軸付き砥石のシャンクが差し込めない場合の対応

a. まず、コレットを指で、チャックナットの下側から押し込みます。但し、この時はまだコレットは斜めになっています。

b. 次に、指に少し力を入れて、コレットを下から押し上げます。そうすると下記画像のように、チャックナットの入り口に突き当り止まります。

c. 次に、指にさらに力を入れて、コレットを押し上げると、「カチッ」と音がして、下記画像のように、コレットの先端が、チャックナットの入り口の上に飛び出します。

a.

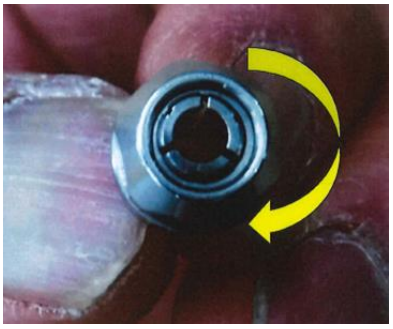
b.

c.

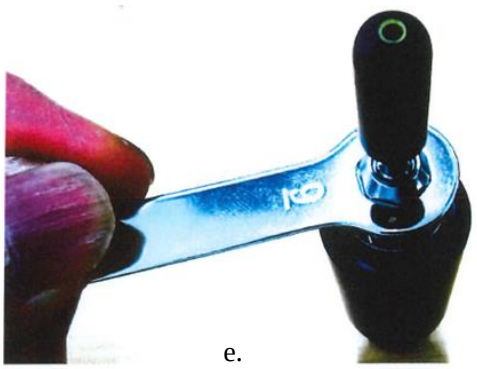
c.

d. 次に、中に入ったコレットがくるくる回ることを確認します。やり方は、下記画像のようにコレットの下側を左手の指でつまみ、チャックナットの外側を右手でつまんで、左右に回れば OK です。

e. 軸付砥石のシャンクを差し込んで、チャックナットをスパナで締め込めば終了です。



d.



e.

## ６）「ハイブリッドラビン」の選定方法

「ハイブリッドラビン」は、砥石径と砥石先端形状と砥石番手を選定します。
選定結果は、“砥石径Φ５、先端形状 R2.5、砥石番手#320、#1000、#3000”のようになります。

これらを選定するためには、下記の情報が必要になります。

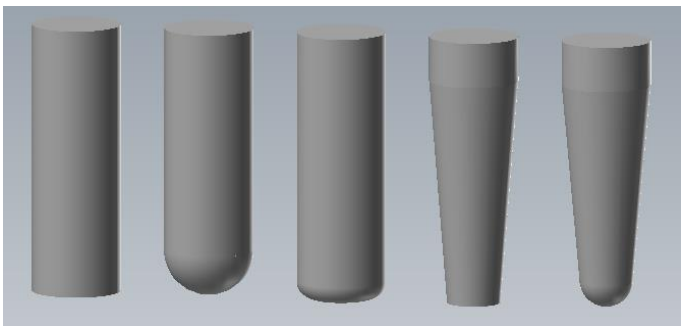
a. ワークの材質と硬度 HRC
b. ワークの図面（形状と寸法）
c. ワークの現物（前加工後のワークと磨き加工後のワーク）
d. 前加工方法（出来る限り詳細に把握）
e. 前加工後の表面粗さ（算術平均粗さ Ra・十点平均粗さ Rz）
f. 現在の磨き加工方法（出来る限り詳細に把握）
g. 現在の磨き加工後の表面粗さ（算術平均粗さ Ra・十点平均粗さ Rz）
h. 期待する磨き後の表面粗さ（算術平均粗さ Ra・十点平均粗さ Rz）

【砥石径】

前加工方法から直径何Φのボールエンドミルを使用したかを把握することは重要です。

【砥石先端形状】

砥石先端形状は、R 型、ラジアス型、テーパー型、カップ型、逆テーパー型、これらの組み合わせなど、ワークに合った形状にします。



平面はカップ型で磨きます。

立壁の磨きには、上記のように
逆テーパー型にすると
砥石のワークへの当り方が
更に良くなります。

【砥石番手】

現在の磨き加工方法からスティック砥石、研磨布紙、ダイヤモンド・コンパウンドなどの番手を把握することは重要です。

また、前加工後の表面粗さから期待する磨き後の表面粗さにするためには、砥石番手を徐々に上げていくことが必要になります。なお、前加工後の表面粗さと期待する磨き後の表面粗さのギャップが大きい場合には、前加工後の表面粗さを小さくするように再検討することも必要です。

## 7）「ハイブリッドラビン」のツルーイングとドレッシング

ここでは、ツルーイングは砥石形状成形、ドレッシングは砥石目立て、の意味で使用します。ツルーイングをすればドレッシングも同時にできます。

① ストレート砥石

新品の「ハイブリッドラビン」の端面は、ゴム型成形のままのため、表面に凹凸が残っていますので、使用前に「旋盤」や「NC 工作機械」上にてツルーイングを行い、砥石表面を整えてから使用ください。

以下に先端面のツルーイング方法の一例をご紹介します。

・一般的なビトリファイド砥石(WA60) を平面に固定します。

・「機上ポリッシングツール」に装着した「ハイブリッドラビン」を、下記条件でビトリファイド砥石にあてながら、X 方向に動かし平面に成形します。ツルーイン後、砥石表面の凹凸はなくなります。

＜ストレート砥石　ツルーイング条件＞

機上ポリッシングツール標準仕様を使用した場合

主軸回転数　　5000min$^{-1}$　、送り速度　F 100min/min

Z 差込量　　5mm　　、移動距離　X 20mm　x　4 回

ドーナツドレッサ

旋盤を使用

② カップ砥石の成形方法

ストレート砥石に上記ツルーイングをした後に、砥石を固定してドリルやエンドミルで穴を開けます。穴径は砥石径の半分より大きめにします。なお、ラジアス型やテーパー型と組み合わせる場合には、穴の大きさを適度に調節します。

**カップ砥石の内径**

(単位:mm)

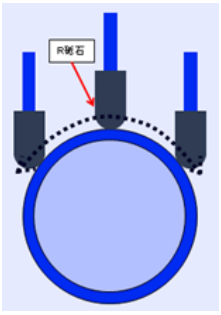
| 砥石径 | 標準穴径 | 備考 |
|---|---|---|
| Φ2 | 1.2 | 1.0～1.5 |
| Φ3 | 1.8 | 1.5～2.0 |
| Φ4 | 2.4 | 2.0～2.5 |
| Φ5 | 3.4 | 3.0～3.5 |
| Φ6 | 3.8 | 3.5～4.5 |
| Φ8 | 5.3 | 4.5～5.5 |
| Φ10 | 7.0 | 6.0～7.0 |

穴径は砥石径の半分より大きめが良い

③　その他の成形砥石の成形方法

成形砥石とはストレート以外の R 型、ラジアス型、テーパー型、カップ型など、これらの組み合わせの砥石をいいます。

リューターなどの回転工具を「NC 工作機械」のテーブル上に置いて回転し、「NC 工作機械」の主軸も一緒に回転します。一方に「ハイブリッドラビン」を、他方にダイヤモンド電着砥石または CBN 電着砥石を保持して、NC プログラムで所定の形状に成形します。



④　ドレッシングの方法

使用中に形状が崩れたとき、また目詰まりが生じたときのツルーイング方法は、形状精度が必要であれば、上記と同様に行ないます。多少の目詰まりであれば、回転数を下げて砥石を回転させ、スポンジ研磨材や角材等にペーパーを巻いただけの簡単なものを当てるだけで可能です。

## ８）「ハイブリッドラビン」の寸法公差

「ハイブリッドラビン」の寸法公差はゼロではなく、ゴム砥石の特性上、バラツキがあります。したがって、円周方向ダンパー（XY 方向）機能を使用するために、NC プログラムで工具設定する場合には、砥石径を必ずノギスで測ってください。

なお、一回り大きな径の砥石をツルーイングすると、寸法公差をゼロに近づけることは可能です。

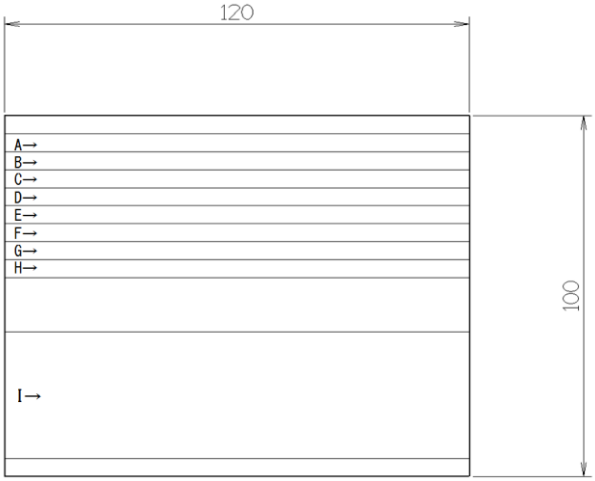
## ４．磨き基本データ（平面磨き）

テスト概要：エンドミルで平面切削加工をして、その面に「本製品」で磨き加工を行い、磨き条件の違いによる表面粗さを調べました。

・材料　　：SUS420J2(STAVAX)　硬度 HRC52
・加工機　：マシニングセンタ　(ファナック ロボドリル)
・加工液　：水溶性研削液ソリュブルタイプ（タイユ株式会社製　透明型 NC-21K）
・切削工具：超硬エンドミル　Φ3 ボール R1.5
・磨き工具：「機上ポリッシングツール」：立壁用コレットチャック仕様
・磨き砥石：「ハイブリッドラビン」　Φ３カップ型
　　番手：#60,#170,#320,#600,#1000,#3000,#5000,#8000,#10000
・表面粗さ測定器：非接触微細形状測定器　( Taylor Hobson Talysurf CCI600 )

① 切削加工（A～I）

・横ライン（A から I まで）に沿って被削材を切削工具と主軸回転数を固定して、送り速度とピッチを下表のとおり変化させて切削することにより、異なる表面粗さの面を作りました。
・例えば、ライン A は送り速度 1000mm/min、ピッチ 0.4mm で Ra3.012μm、ライン H は送り速度 400mm/min、ピッチ 0.025mm で Ra0.233μm になりました。




| エンドミル | | | 回転数 |
|---|---|---|---|
| 形状 | 径(mm) | R(mm) | (min-1) |
| ボール | 3 | 1.5 | 8000 |

| | 送り速度 (mm/min) | ピッチ (mm) | Z方向切込み (mm) | 加工範囲 (mm) | 加工時間 (分) | 理論粗さ 計算値 Rz(μm) | 最大粗さ 測定値 Rz(μm) | 平均粗さ 測定値 Ra(μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1000 | 0.4 | -0.05 | 120x5 | 1.5 | 13.3 | 12.716 | 3.012 |
| B | 1000 | 0.35 | -0.05 | 120x5 | 2 | 10.2 | 10.003 | 2.338 |
| C | 1000 | 0.3 | -0.05 | 120x5 | 2.5 | 7.5 | 7.707 | 1.886 |
| D | 1000 | 0.2 | -0.05 | 120x5 | 3.5 | 3.3 | 4.763 | 0.75 |
| E | 1000 | 0.1 | -0.05 | 120x5 | 6.5 | 0.83 | 2.57 | 0.384 |
| F | 800 | 0.05 | -0.05 | 120x5 | 16 | 0.21 | 2.801 | 0.333 |
| G | 800 | 0.025 | -0.05 | 120x5 | 32 | 0.052 | 1.474 | 0.282 |
| H | 400 | 0.025 | -0.05 | 120x5 | 63 | 0.052 | 1.555 | 0.233 |
| | | | | | | | | |
| I | 800 | 0.05 | -0.05 | 120x35 | 112 | 0.21 | 2.535 | 0.415 |

② 磨き加工（ア～ソ）

・“①切削加工”で切削した横ライン（A から H）をもつ表面を縦ライン（アからソまで）に沿って、砥石径、主軸回転数、送り速度、ピッチ、Z 差込量を固定して、砥石番手と加工回数（加工時間）を下表のとおり変化させて磨くことにより、表面粗さを調べました。

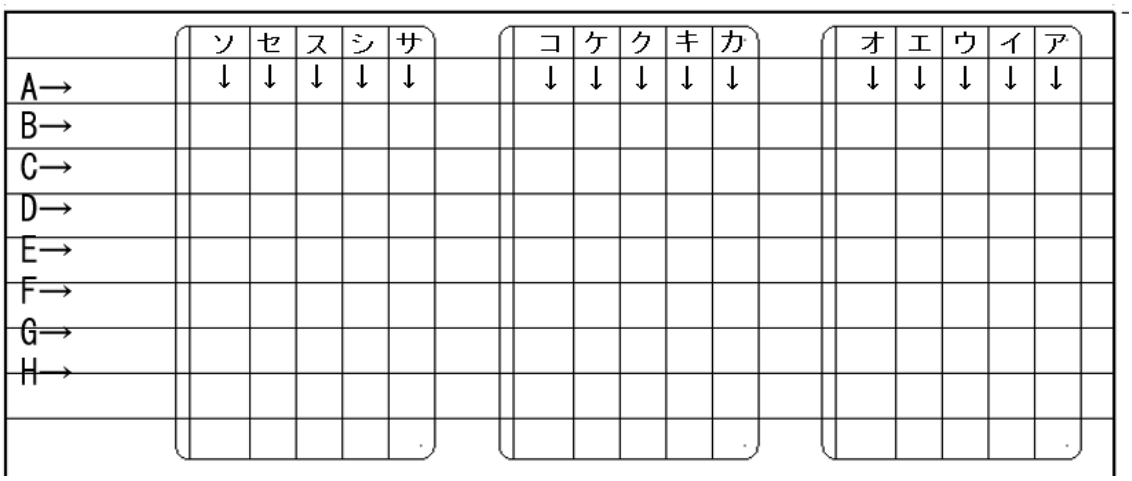
・本テストは、切削目の除去を目的に低番手の砥石を使用しました。

砥石番手#60　　ア～オ

砥石番手#170　　カ～コ

砥石番手#320　　サ～ソ

・測定箇所は代表的に、切削目がとれた境目を測定しました。境目の斜め右の空欄は切削目が残り、境目の斜め左の空欄は切削目が取れています。




| 砥石 | | 回転数 | 送り速度 | ピッチ |
|---|---|---|---|---|
| 形状 | 径(mm) | (min-1) | (mm/min) | (mm) |
| カップ | 3 | 7500 | 500 | 0.1 |

| | ソ | セ | ス | シ | サ | | コ | ケ | ク | キ | カ | | オ | エ | ウ | イ | ア |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 砥石番手 | #320 | | | | | | #170 | | | | | | #60 | | | | |
| Z差込(mm) | -0.5 | | | | | | -0.5 | | | | | | -0.5 | | | | |
| 加工回数(回) | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 | | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 | | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| 加工時間(分) | 74 | 37 | 19 | 10 | 5 | | 74 | 37 | 19 | 10 | 5 | | 74 | 37 | 19 | 10 | 5 |

表面粗さ測定　上段 最大粗さRz(μm)　　－ 測定無し

下段 平均粗さRa(μm)

| | ソ | セ | ス | シ | サ | | コ | ケ | ク | キ | カ | | オ | エ | ウ | イ | ア |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0.336 | 2.236 | 4.424 | 4.110 | 5.777 | | 0.144 | 1.233 | 2.922 | 5.088 | 5.981 | | 0.429 | 0.615 | 0.844 | 2.419 | 3.028 |
| | 0.074 | 0.657 | 1.447 | 1.223 | 1.852 | | 0.023 | 0.344 | 0.903 | 1.561 | 1.847 | | 0.041 | 0.059 | 0.141 | 0.640 | 0.986 |
| B | 0.171 | － | － | － | － | | 0.191 | － | － | － | － | | － | 0.524 | 1.175 | － | － |
| | 0.033 | | | | | | 0.036 | | | | | | | 0.038 | 0.121 | | |
| C | 0.181 | － | － | － | － | | 0.107 | － | － | － | － | | － | － | 0.810 | － | － |
| | 0.029 | | | | | | 0.021 | | | | | | | | 0.067 | | |
| D | 0.102 | － | － | － | － | | － | 0.133 | － | － | － | | － | － | 0.806 | 0.269 | － |
| | 0.018 | | | | | | | 0.022 | | | | | | | 0.036 | 0.051 | |
| E | 0.124 | 0.160 | － | － | － | | － | － | 0.259 | － | － | | － | － | － | 0.193 | 0.735 |
| | 0.016 | 0.031 | | | | | | | 0.028 | | | | | | | 0.046 | 0.061 |
| F | － | 0.115 | － | － | － | | － | － | 0.157 | － | － | | － | － | － | － | 0.528 |
| | | 0.022 | | | | | | | 0.020 | | | | | | | | 0.050 |
| G | － | 0.100 | － | － | － | | － | － | 0.165 | 0.545 | － | | － | － | － | － | 0.846 |
| | | 0.017 | | | | | | | 0.019 | 0.061 | | | | | | | 0..053 |
| H | 0.059 | 0.151 | 0.204 | － | － | | 0.160 | － | 0.133 | 0.218 | 0.389 | | 0.928 | － | － | － | 0.583 |
| | 0.011 | 0.018 | 0.032 | | | | 0.015 | | 0.024 | 0.028 | 0.032 | | 0.050 | | | | 0.046 |

③ 磨き加工（①～⑱）

・“①切削加工”で横ライン I に沿って切削した表面を、砥石径、主軸回転数、送り速度、ピッチを固定して、前加工面粗さ、砥石番手、Z 差込量、加工回数（加工時間）を下表のとおり変化させて磨くことにより、鏡面仕上げを行い、表面粗さを調べました。

・①～⑨は、砥石番手#60 から#10000 までの各番手を順番に使用して磨きました。

#60　①～⑨、#170　②～⑨、#320　③～⑨、#600　④～⑨、#1000　⑤～⑨

#3000　⑥～⑨、#5000　⑦～⑨、#8000　⑧～⑨、#10000　⑨

この結果、⑨の面粗さは Ra0.898nm になりました。

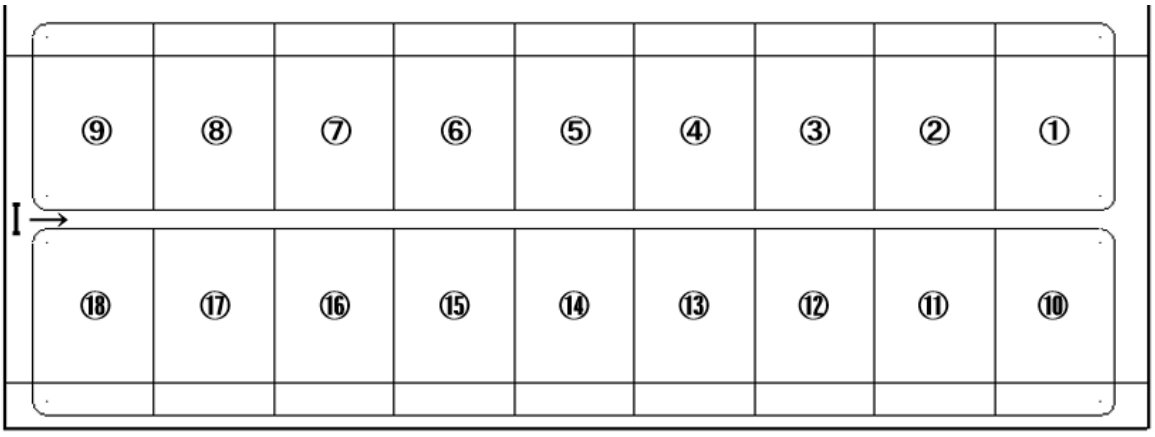
・⑩～⑱は、砥石番手#60～#8000 から任意に選定した番手で磨きました。

#60　⑩～⑬、#320　⑪～⑬、#1000　⑫⑬、#5000　⑬

#60　⑭～⑱、#170　⑮～⑱、#600　⑭～⑱、#3000　⑰⑱、#8000　⑱

この結果、⑬⑱ともに面粗さは Ra2nm になりました。

・磨いたワークの写真と測定結果は次ページ（P.19）のとおりです。



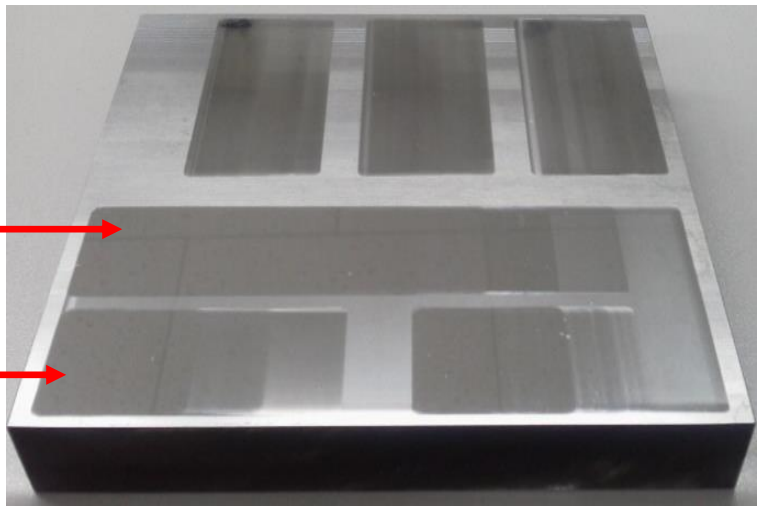

| 砥石 | | 回転数 | 送り速度 | ピッチ |
|---|---|---|---|---|
| 形状 | 径(mm) | (min-1) | (mm/min) | (mm) |
| カップ | 3 | 7500 | 500 | 0.1 |

| | ⑨ | ⑧ | ⑦ | ⑥ | ⑤ | ④ | ③ | ② | ① |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 砥石番手 | #10000 | #8000 | #5000 | #3000 | #1000 | #600 | #320 | #170 | #60 |
| Z差込(mm) | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.5 |
| 加工回数(回) | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 加工時間(分) | 16 | 16 | 16 | 16 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 積算時間(分) | 184 | 168 | 152 | 136 | 120 | 96 | 72 | 48 | 24 |
| 最大粗さ Rz(μm) | 0.0045 | 0.011 | 0.0075 | 0.025 | 0.036 | 0.043 | 0.071 | 0.27 | 0.888 |
| 平均粗さ Ra(μm) | 0.0009 | 0.0018 | 0.0012 | 0.0036 | 0.0056 | 0.0069 | 0.011 | 0.027 | 0.05 |

| | ⑱ | ⑰ | ⑯ | ⑮ | ⑭ | ⑬ | ⑫ | ⑪ | ⑩ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 砥石番手 | #8000 | #3000 | #600 | #170 | #60 | #5000 | #1000 | #320 | #60 |
| Z差込(mm) | -0.2 | -0.2 | -0.5 | -0.5 | -0.5 | -0.2 | -0.5 | -0.5 | -0.5 |
| 加工回数(回) | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 4 | 6 | 6 | 6 |
| 加工時間(分) | 16 | 16 | 24 | 24 | 24 | 16 | 24 | 24 | 24 |
| 積算時間(分) | 104 | 88 | 72 | 48 | 24 | 88 | 72 | 48 | 24 |
| 最大粗さ Rz(μm) | 0.013 | 0.026 | 0.08 | 0.284 | 0.512 | 0.012 | 0.04 | 0.164 | 0.44 |
| 平均粗さ Ra(μm) | 0.0023 | 0.0034 | 0.013 | 0.03 | 0.038 | 0.0021 | 0.0078 | 0.017 | 0.048 |

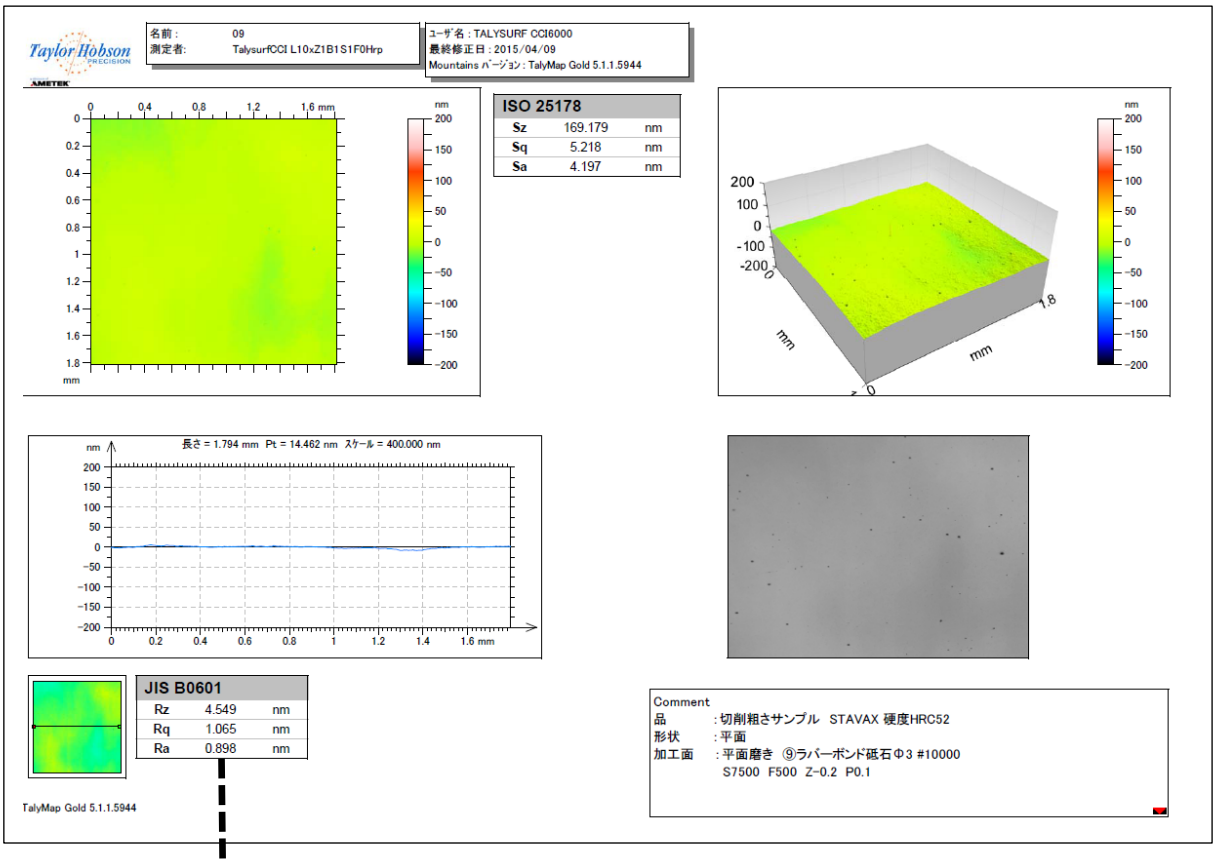
Ra0.9nm

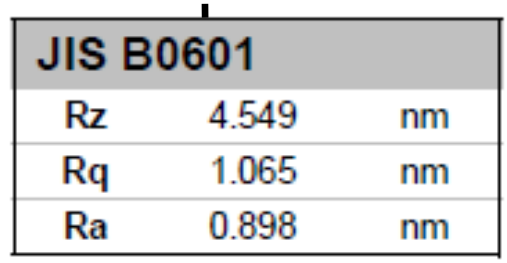
Ra2nm



遊離砥粒は使用せず、砥石（固定砥粒）のみの磨き結果です！

下記は⑨の測定結果です。

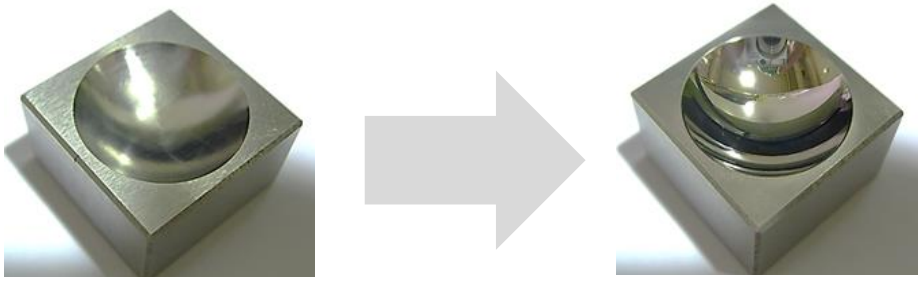


## ５．磨き加工事例

### １）球面　R15

・材料　　：HPM38 硬度 HRC32　25mmx25mmx15mm
・加工機　：マシニングセンタ（ファナック　ロボドリル）
・加工液　：水溶性研削液ソリュブルタイプ（タイユ株式会社製　透明型 NC-21K）
・切削工具：超硬エンドミル
・磨き工具：「機上ポリッシングツール」：立壁用コレットチャック仕様
・磨き砥石：「ハイブリッドラビン」　Φ４（R3.0）　番手：#320、#1000、#8000
・表面粗さ測定器：非接触微細形状測定器　（ Taylor Hobson Talysurf CCI600 ）
・切削加工条件および磨き加工条件は下表のとおりです。
・磨きは、砥石摩耗を考慮して、加工毎に Z の位置を 0.05mm ずつ下げながら行ないました。



切削後　**Ra335nm**　　**磨き後　Ra31nm**

**切削加工条件**

| | 超硬エンドミル | | | 回転数 | 送り速度 | 加工経路 | ピッチ | 切込量 | 加工時間 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 形状 | 径(mm) | R(mm) | (min-1) | (mm/min) | | (mm) | (mm) | (分) |
| 粗 | R | 3 | 1.5 | 8000 | 1000 | 粗取り | 0.6 | 0.2 | 5 |
| 中 | R | 3 | 1.5 | 8000 | 800 | X 方向 | Y 0.1 | Z 0.05 | 6 |
| 仕 | R | 2 | 1 | 8000 | 800 | X 方向 | Y 0.05 | Z 0.05 | 11 |
| | | | | | | Y 方向 | X 0.05 | Z 0 | 11 |

**磨き加工条件**

| | 砥石 | | | | 回転数 | 送り速度 | 加工経路 | ピッチ | Z差込量 | 加工時間 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 形状 | 径(mm) | R(mm) | 粒度 | (min-1) | (mm/min) | | (mm) | (mm) | (分) |
| 1 | R | 4 | 3 | #320 | 7500 | 500 | X 方向 | Y 0.05 | Z -0.05 | 17 |
| | | | | | | | Y 方向 | X 0.05 | Z -0.1 | 17 |
| | | | | | | | X 方向 | Y 0.05 | Z -0.15 | 17 |
| | | | | | | | Y 方向 | X 0.05 | Z -0.2 | 17 |
| | | | | | | | X 方向 | Y 0.05 | Z -0.25 | 17 |
| | | | | | | | Y 方向 | X 0.05 | Z -0.3 | 17 |
| 2 | R | 4 | 3 | #1000 | 7500 | 500 | X 方向 | Y 0.05 | Z -0.1 | 17 |
| | | | | | | | Y 方向 | X 0.05 | Z -0.15 | 17 |
| | | | | | | | X 方向 | Y 0.05 | Z -0.2 | 17 |
| | | | | | | | Y 方向 | X 0.05 | Z -0.25 | 17 |
| 3 | R | 4 | 3 | #8000 | 7500 | 500 | X 方向 | Y 0.05 | Z -0.1 | 17 |
| | | | | | | | Y 方向 | X 0.05 | Z -0.15 | 17 |
| | | | | | | | | | 磨き 計時間(分) | 204 |

※球面中心は曇りが残ったので、最後に#8000砥石をリューターに装着して手仕上げを行ないました。

## ２） 形状凹凸波型

・材料　　：HPM38 硬度 HRC32　25mmx25mmx15mm

・加工機　：マシニングセンタ（牧野フライス製作所製　V33i）

・加工液　：水溶性研削液ソリュブルタイプ（タイユ株式会社製　透明型 NC-21K）

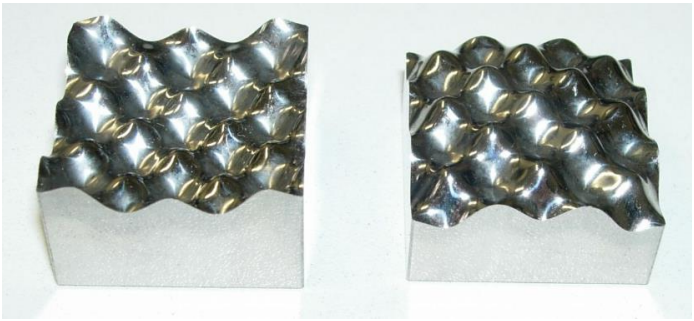
・切削工具：エンドミル

・磨き工具：「機上ポリッシングツール」：小型コレットチャック仕様

・磨き砥石：「ハイブリッドラビン」　Φ２（R1.0）　番手：#1000、#3000

・表面粗さ測定器：Zygo 社 非接触表面形状測定機 NewView

・切削加工条件および磨き加工条件は下表のとおりです。



切削後：

Ra259nm、PV3059nm

磨き後：

Ra32nm、PV1107nm

**切削加工条件**

| 切削 | 切削工具<br>エンドミル | 主軸回転数<br>$min^{-1}$ | 送りピッチ<br>mm | 送り速度<br>mm/min | 加工時間<br>min |
|---|---|---|---|---|---|
| 粗加工 | 超硬<br>ボール R1.5 | 20000 | 0.5～0.15 | 3000 | 38 |
| 中仕上<br>等高投影加工 | 超硬<br>ボール R1 | 25000 | 0.05 | 2500 | 8 |
| 仕上<br>投影加工 | cBN<br>ボール R0.5 | 30000 | 0.02 | 1000 | 40 |

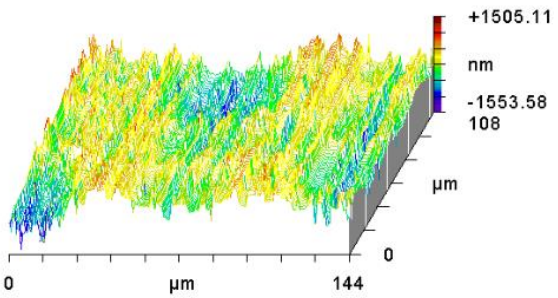
**加工時間は凹凸のいずれか１個**

**磨き加工条件**

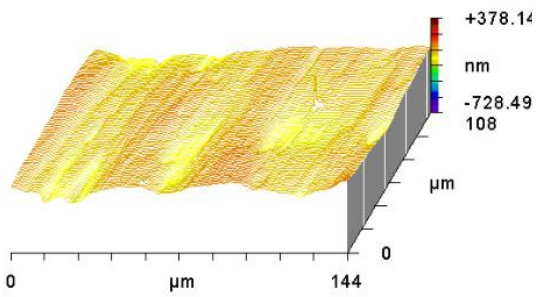
| 磨き | 砥石<br>ハイブリッドライン | 主軸回転数<br>$min^{-1}$ | 送りピッチ<br>mm | 送り速度<br>mm/min | 差込量<br>mm/回 | 加工時間<br>min/回 | 加工回数<br>回 | 計時間<br>min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 中仕上<br>投影加工 | #1000<br>ボール　R1 | 10000 | 0.05 | 500 | 0.1 | 40 | 2 | 80 |
| 仕上<br>投影加工 | #3000<br>ボール　R1 | 10000 | 0.05 | 500 | 0.1 | 40 | 2 | 80 |

・測定箇所　斜面部　面のイメージ

切削後




磨き後



## ３） 形状ハート型

・材料　　：HPM38 硬度 HRC32　25mmx25mmx15mm

・加工機　：マシニングセンタ（牧野フライス製作所製　V33i）

・加工液　：水溶性研削液ソリュブルタイプ（タイユ株式会社製　透明型 NC-21K）

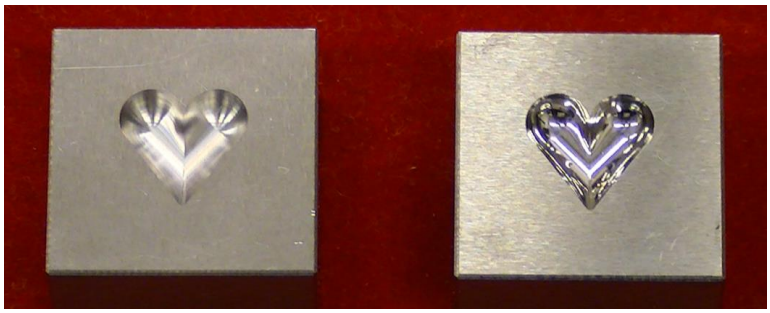
・切削工具：超硬エンドミル

・磨き工具：「機上ポリッシングツール」：小型コレットチャック仕様

・磨き砥石：「ハイブリッドラビン」　Φ２（R1.0）　番手：#3000

・表面粗さ測定器：Zygo 社 非接触表面形状測定機 NewView

・切削加工条件および磨き加工条件は下表のとおりです。



切削後：

Ra200.5nm、PV6221nm

磨き後：

Ra55.7nm、PV1245nm

切削後　　磨き後

**切削加工条件**

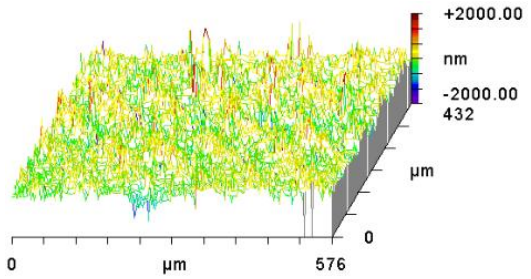
| 切削 | 切削工具<br>エンドミル | 主軸回転数<br>$min^{-1}$ | 送りピッチ<br>mm | 送り速度<br>mm/min | 加工時間<br>min |
|---|---|---|---|---|---|
| 粗加工 | 超硬<br>ボール R1 | 20000 | 0.1 | 1000 | 14 |
| 中仕上<br>等高投影加工 | 超硬<br>ボール R1 | 20000 | 0.1 | 1000 | 2 |
| 仕上<br>投影加工 | 超硬<br>ボール R1 | 20000 | 0.02 | 500 | 11 |

**磨き加工条件**

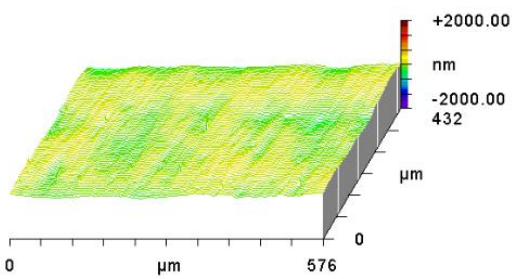
| 磨き | ポリッシングツール<br>ハイブリッドラビン | 主軸回転数<br>$min^{-1}$ | 送りピッチ<br>mm | 送り速度<br>mm/min | 差込量<br>mm/回 | 加工時間<br>min/回 | 加工回数<br>回 | 計時間<br>min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 仕上<br>等高投影加工 | #3000<br>ボール　R1 | 5000 | 0.05 | 200 | 0.1 | 15 | 3 | 45 |

・面のイメージ

切削後




磨き後



## ４） 立壁　テーパ―角１度

・材料　　：HPM38 硬度 HRC32　　形状範囲：25mmx15mmx10mm

・加工機　：マシニングセンタ（牧野フライス製作所製　V33i）

・加工液　：水溶性研削液ソリュブルタイプ（タイユ株式会社製　透明型 NC-21K）

・切削工具：超硬エンドミル

・磨き工具：「機上ポリッシングツール」：立壁用コレットチャック仕様

・磨き砥石：「ハイブリッドラビン」　Φ４（ラジアス R1）　番手：#320、#1000、#3000

・表面粗さ測定器：Zygo 社 非接触表面形状測定機 NewView

・切削加工条件および磨き加工条件は下表のとおりです。

切削後：

Ra306.8nm、PV4746nm

磨き後：

Ra34.5nm、PV321nm

**切削加工条件**

| 切削 | 切削工具<br>エンドミル | 主軸回転数<br>$min^{-1}$ | 送りピッチ<br>mm | 送り速度<br>mm/min | 加工時間<br>min |
|---|---|---|---|---|---|
| 粗加工 | 超硬<br>ボール R1 | 20000 | 0.1 | 1000 | 26 |
| 仕上<br>等高投影加工 | 超硬<br>ボール R1 | 20000 | 0.05 | 1000 | 16 |

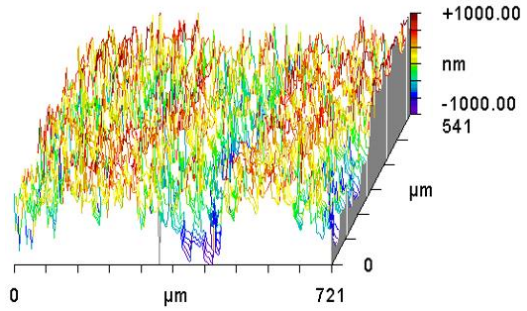
**磨き加工条件**

| 磨き | ポリッシングツール<br>ハイブリッドラビン | 主軸回転数<br>$min^{-1}$ | 送りピッチ<br>mm | 送り速度<br>mm/min | 差込量<br>mm/回 | 加工時間<br>min/回 | 加工回数 | 計時間<br>min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 粗加工 | #320<br>ラジアス　R1 | 10000 | 0.05 | 500 | XY方向 0.05<br>Z方向 0.1 | 12 | 2 | 24 |
| 中加工 | #1000<br>ラジアス　R1 | 10000 | 0.05 | 500 | XY方向 0.05<br>Z方向 0.1 | 12 | 3 | 36 |
| 仕上加工 | #3000<br>ラジアス　R1 | 10000 | 0.05 | 500 | XY方向 0.05<br>Z方向 0.1 | 12 | 3 | 36 |

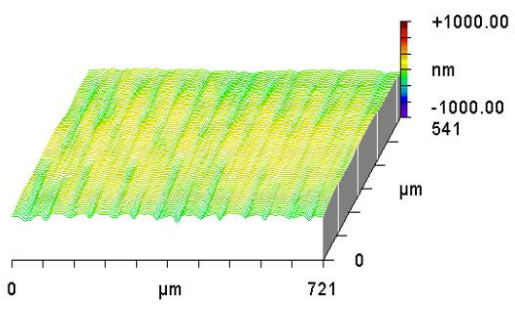
**※工具形状:ラジアスφ４　R1**

・測定箇所　立壁部分　面のイメージ

切削後




磨き後



## ６．お問合せの前に（Q&A 集）

Q1 機械の保護について

A1 長期的にみれば、砥石砥粒が機械摺動面へ、少なからず悪影響を与えるかと思います。使用頻度にもよりますが、生産にご使用の場合は、蛇腹の気密性を高めるなどの改造が考えられます。なお、切削から磨きまでをワンチャックで行う必要がない場合には、磨きには切削に使用するような高精度な NC 工作機械を必要としませんので、安価な NC 工作機械を磨き専用機として使用されることをお勧め致します。また、加工液の変更が出来ない場合および防塵対策が施されていない場合には、「NC 工作機械」のテーブル上に水槽を置いて、マシンの外で下方にタンクを置いて、水槽からタンクに水を流して、タンクの上に切り屑・切り子の除去シート（フィルター穴 10μｍ程度）を敷いて、ポンプで循環させる方法もあります。（右写真）

Q2 被加工材について

A2 金属材料は磨きの実績がありますが、超硬合金を除く非鉄金属および非金属材料は磨きの実績はありません。全ての材料に対応出来るように開発を継続しています。

Q3 磨きのプログラム

A3 磨きのプログラムは、切削時のプログラムを使用して、切削目は、送り速度を切削時の半分程度にすれば除去できます。鏡面仕上げ（面粗さ Ra で 50nm 以下）を狙い、粒度を細かくした場合、さらに送り速度を落としています。また、ワーク面に穴や溝がある場合には、砥石がひっかかるため、加工プログラムは穴などを避ける経路で作成する必要があります。

なお、磨きは一方向のみでなく、砥石の粒度が変わるごとに研磨目が十字になるよう、方向を変えて磨くことが重要です。一方向のみの研磨目では、前の砥石によって生じた研磨目が、次の砥石で完全に取り除くことができたかを、確認することが非常に難しいからです。具体的には、X 走査線加工と Y 走査線加工によるクロス、等高線加工とチョッピング加工によるクロスなど、方向を変えて磨きます。

Q4 Z 軸への差込の理由と差込のポイント

A4 弾性ゴム砥石の場合、切削工具や硬い砥石に比べ、摩耗量が大きいので、通常の切削経路の NC プログラムでは、1 パスの最初は接触しますが、すぐに摩耗で砥石が減り、1 パス内で接触しなくなります。「機上ポリッシングツール」の差込量は、その摩耗分を補充するためです。

なお、差込量 0.05mm と 3mm のバネ荷重は違いますので、摩耗分だけ繰り返し差し込んで使用して頂いた方が、より定圧での磨きが可能になります（P.22 の表「Z 差込量」ご参照ください）。

Q5 Z 軸への差込量について
A5 差込量を大きくすると、差込量に比例して研磨荷重が大きくなるため、磨き効果は大きくなりますが、砥石摩耗も早くなります。立壁用コレットチャック仕様は、標準仕様や小型コレットチャック仕様よりも研磨荷重が大きいため、ワークサイズや形状により、必要に応じて差込量を小さくしてください。
標準仕様や小型コレットチャック仕様を使用した場合、平面や緩やかな曲面の加工で、φ3～6 のカップ砥石を使用した際は、～4㎜まで差し込むこともあります。ただし、φ1～2 の砥石ではすぐに摩耗してしまいますので注意は必要です。φ２(R1)の砥石の場合、差込量は-0.05～-0.2㎜程度です。
差込量は砥石粒度の違いとの関係はありません。差込量はワークの加工面積や形状と砥石摩耗量に関係しています。

Q6 磨き時間と「砥石」の消耗度について
A6 磨き時間は、P.20～P.23『５．磨き加工事例』を参考にしてください。「砥石」の消耗度は、P.21『２）形状凹凸波型』の場合に、Φ２(R1.0)の「砥石」1 個で、3 個は十分に磨けました。なお、砥石径が大きくなりますと「砥石」は長く使用できます。

Q7 「砥石」のアプローチと逃し
A7 ワーク加工原点と「砥石」先端を合わせた位置から、NC プログラムで Z 方向に差込量分だけオフセットさせますが、磨き開始時に「砥石」を横から入れようとすると、「砥石」は差込量だけ長いため、「砥石」はワークにぶつかってしまいます。あるいは、「砥石」を真上から落としますとワークに砥石痕が残る場合があります。これらを回避するためには、磨き開始点に「砥石」を斜め上からゆっくり置き（できるだけ角度が平らになるように置きます）、磨き終了時に「砥石」を斜め上にゆっくり退避します。あるいは、磨き開始点にワークの高さに合わせたブロックを置き、そこに「砥石」を押し当ててからワークへ移動させ、加工終了時にも「砥石」をワークからブロックへ戻し、そこから「砥石」を退避します。

Q8 ふちダレを起こしませんか（形状はしっかりと出せますか）
A8 金型の全面を平面に磨くと隅の部分に円弧状のだれが発生します。これを防ぐには、「砥石」をエッジに食い込む手前で逃がすように NC プログラムを工夫するか、ヤトイ（ジグ）を噛ませます。ヤトイ（ジグ）と呼ばれる枠を製品の形状と同じ高さに作り、この中に製品を固定して枠と一緒に磨き加工を行います。こうするとヤトイ（ジグ）にダレが発生しても製品は平面に磨けます。専用の枠は穴を磨く場合にも利用でき、穴の角のダレを防ぐことができます。

Q9 磨きに与える要因はなんですか
A9 磨きに影響を与える要因としては、金型の種類・材質・形状、前加工方法（切削加工・研削加工・放電加工）と加工条件、機械の剛性、前加工後の面粗さ、「機上ポリッシングツール」の種類、「ハイブリッドラビン」の砥石径・砥石番手・砥石先端形状、磨き加工条件（主軸回転数・送りピッチ・送り速度・差込量・磨き回数）、磨き加工後の面粗さが考えられます。

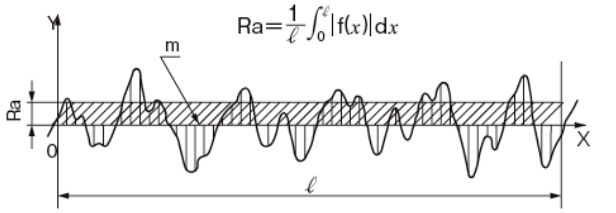
# ７．ご参考資料

## １）表面粗さ

◎代表的な表面粗さの定義

**算術平均粗さ　Ra**

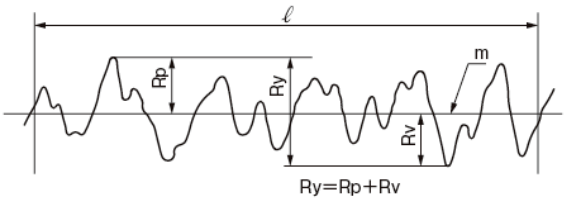
粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけを抜き取り、この抜取り部分の平均線の方向にX軸を、縦倍率の方向にY軸を取り、粗さ曲線をy=f(χ)で表したときに、次の式によって求められる値をマイクロメートル(μm)で表したものをいう。




**最大高さ　Ry**

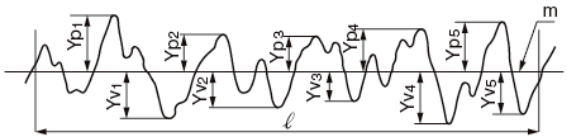
粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけを抜き取り、この抜取り部分の山頂線と谷底線との間隔を粗さ曲線の縦倍率の方向に測定し、この値をマイクロメートル(μm)で表したものをいう。

備考　Ryを求める場合には、きずとみなされるような並はずれて高い山及び低い谷がない部分から、基準長さだけ抜き取る。




**十点平均粗さ　Rz**

粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけを抜き取り、この抜取り部分の平均線から縦倍率の方向に測定した、最も高い山頂から5番目までの山頂の標高(Yp)の絶対値の平均値と、最も低い谷底から5番目までの谷底の標高(Yv)の絶対値の平均値との和を求め、この値をマイクロメートル(μm)で表したものをいう。




$$Rz=\frac{|Yp1+Yp2+Yp3+Yp4+Yp5|+|Yv1+Yv2+Yv3+Yv4+Yv5|}{5}$$

Yp1、Yp2、Yp3、Yp4、Yp5　：基準長さℓに対する抜取り部分の、最も高い山頂から5番目までの山頂の標高

Yv1、Yv2、Yv3、Yv4、Yv5　：基準長さℓに対する抜取り部分の、最も低い谷底から5番目までの谷底の標高

（最新の JIS B 0601:2001 では、Rmax が Rz に、Rz が Rzjis に変わっているので注意が必要です。）

◎算術平均粗さ（Ra）と従来の表記の関係

| 算術平均粗さ Ra | | | 最大高さ Ry | 十点平均粗さ Rz | Ry・Rzの標準長さ ℓ(mm) | 従来の仕上げ記号 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 標準数列 | カットオフ値 λc(mm) | 面の肌の図示 | 標準数列 | | | |
| 0.012a | 0.08 | 0.012 ～ 0.2 | 0.05s | 0.05z | 0.08 | ▽▽▽▽ |
| 0.025a | 0.25 | | 0.1 s | 0.1 z | | |
| 0.05 a | | | 0.2 s | 0.2 z | 0.25 | |
| 0.1 a | 0.8 | | 0.4 s | 0.4 z | | |
| 0.2 a | | | 0.8 s | 0.8 z | 0.8 | |
| 0.4 a | | 0.4 ～ 1.6 | 1.6 s | 1.6 z | | ▽▽▽ |
| 0.8 a | | | 3.2 s | 3.2 z | | |
| 1.6 a | | | 6.3 s | 6.3 z | | |
| 3.2 a | 0.25 | 3.2 ～ 6.3 | 12.5 s | 12.5 z | 0.25 | ▽▽ |
| 6.3 a | | | 25 s | 25 z | | |
| 12.5 a | 8 | 12.5 ～ 25 | 50 s | 50 z | | ▽ |
| 25 a | | | 100 s | 100 z | 8 | |
| 50 a | | 50 ～ 100 | 200 s | 200 z | | ～ |
| 100 a | - | | 400 s | 400 z | - | |

※３種類の相互関係は、便宜上の関係を表したもので厳密性はない。
※Ra：Ry，Rzの評価長さはカットオフ値、基準長さをそれぞれ５倍にした値です。

※上記２つの図表は、株式会社岩田製作所様の技術資料／技術データ 巻末 035 から引用。

## ２） 砥石の粒度の規格

メッシュサイズは#16から#325までが対象です。

| メッシュサイズ<br>JIS B 4130 ふるいによる分級 | | |
|---|---|---|
| 粒度表示 | 粒度JIS表示 | 平均粒径<br>(ミクロン) |
| #16 | 16/20 | 1180 |
| #20 | 20/30 | 840 |
| #30 | 30/40 | 590 |
| #40 | 40/50 | 420 |
| #50 | 50/60 | 300 |
| #60 | 60/80 | 250 |
| #80 | 80/100 | 177 |
| #100 | 100/120 | 149 |
| #120 | 120/140 | 125 |
| #140 | 140/170 | 105 |
| #170 | 170/200 | 88 |
| #200 | 200/230 | 74 |
| #230 | 230/270 | 62 |
| #270 | 270/325 | 53 |
| #325 | 325/400 | 44 |

#400からはミクロンサイズです。

| ミクロンサイズ<br>JISでの取り決めはありません | |
|---|---|
| 粒度表示 | 平均粒径<br>(ミクロン) |
| #500 | 30～36 |
| #600 | 25～35 |
| #700 | 22～30 |
| #800 | 18～25 |
| #1000 | 14～22 |
| #1200 | 11～20 |
| #1500 | 9～15 |
| #2000 | 5～10 |
| #3000 | 4～8 |
| #4000 | 3～6 |
| #8000 | 2～4 |
| #14000 | 0～2 |
| #60000 | 0～1/2 |
| #100000 | 0～1/4 |
| #240000 | 0～1/10 |

上記の表示方法で、たとえば 16/20 とあるのは、#16 のふるいを通過し、#20 のふるいに残る大きさを表しています。この場合の砥石の粒度表示は「16」となります。

メッシュサイズに関しては、JIS で粒度の表示方法、分級についての定めがあるため、おおむね各メーカーで共通しています。325 以降の粒度についてはミクロンサイズで表記しますが、こちらには JIS 等で統一した規格はありません。メーカーにより、水力、風力、遠心分級等の方法で選別します。

※上記図表は、「砥石」と「研削・研磨」の総合情報サイトから引用。http://www.toishi.info/faq/question-one/ryudo.html

３）雑誌「型技術」掲載記事

型技術　第 32 巻　第 2 号　2017 年 2 月号

# 機上ポリッシングツールの提供で金型磨きの自動化ニーズに応える

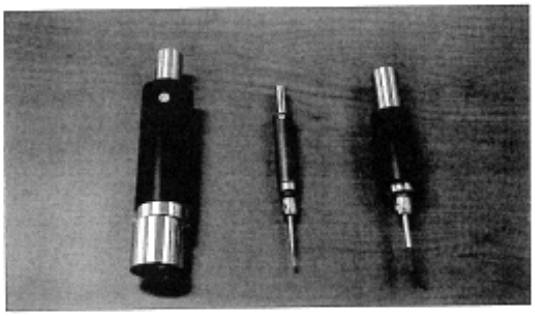
## 第 25 回　柳下技研

柳下技研（埼玉県和光市、048-465-2411）は、自動車試作部品の加工や紙パック成形機、画像検査装置など自動化装置の製造を主力とするモノづくり企業。新事業開拓の一環として、金型磨き加工の自動化をNC 工作機械上で行う「機上ポリッシングツール（図1)」の販売を始めた。作業者の技能に左右される金型磨きは、高い技能をもつ作業者の高齢化や退職による人材不足が課題になっている。自動化ニーズが高まる中、金型メーカーへの浸透を図っていく方針だ。

### 金属加工、装置製造から新分野へ

創業は 1973 年。本田技研工業出身の柳下勇社長が 32 歳で立ち上げ、当初は治工具の製造を手がけていた。1980 年代に入ると、カップ麺やアイスクリームの紙パックを成形する専用装置メーカーとして売上げを伸ばした。現在は、紙パック成形機をはじめとする装置事業と自動車試作部品の加工事業が 2 本柱だ。オークマ製の立形マシニングセンタ（MC）「MB-56 VA」や門型 MC「MCR-BII」、ヤマザキマザック製 5 軸 MC「VARIAXIS 730」など多数の工作機械を保有。マグネシウムやチタン、アルミニウムを素材とする足回りやエンジン関連の試作部品の削り出しが、売上げの 46% を占めている。従業員数 135 人、北関東を中心に 7 工場を展開している。

一方、Innovation をスローガンに、2014 年に理研ベンチャーの事業を継承する形で機上ポリッシングツールの販売を開始した。ほかにも、既存の工作機械にELID（電解インプロセスドレッシング）研削システムを搭載することによるアップグレードサービスや 3 D プリンタによる造形サービスの開始、航空宇宙産業への参入を視野に品質マネジメント規格 JIS Q 9100 の取得を目指すなど、業容拡大に取り組んでいる。



(a) 標準仕様　(b) 小型コレットチャック仕様　(c) 立壁用コレットチャック仕様

図 1　3 種の機上ポリッシングツール

### ダンパ機能で砥石がワークに密着

同社が提案する金型磨きの自動化は、NC 工作機械の切削工具を専用ポリッシングツールに付け替え、切削時の NC プログラムを使用してワークを倣うことで加工目を除去する。送り速度は切削時の半分程度に設定。X 走査線加工と Y 走査線加工によるクロスや、等高線加工とチョッピング加工によるクロスなど、方向を変えて磨くことで、前の砥石によって生じた研磨目が、次の砥石で完全に取り除くことができたかを確認することができる。砥石の粒度を細かくすれば鏡面仕上げも可能だ。導入により、①手磨きによって生じる面粗さのばらつき削減、②加工条件の数値化による技能伝承、③夜間自動運転による工期短縮、④磨きにかかわる外注手配や職人の育成などのコストを削減―の効果が期待できる。

なぜ NC 工作機械で磨きができるのか。ポイントは、①機上ポリッシングツールのダンパ機能、②専用の砥石「ハイブリッドラビン」にある。

ダンパ機能とは、ツールに内蔵されたスプリングにより、ワークに押し当てたときにツールが数 mm だけ動く機能（図 2)。同機能により、砥石が摩耗した分だけツールが動き、同じ圧力でワークに当たり続けるため、機上での長時間にわたる磨きが可能になる。

ハイブリッドラビンは、ゴムを含むボンド材でダイヤモンド砥粒をつなぎ柔軟性をもたせた砥石である。研磨目が均一になり、面粗さが向上するだけでなく、深い傷を残さないのが特徴。目詰まりしにくく、連続作業に適している。

機上ポリッシングツールは 3 種をラインナップ。図 1(a)の標準仕様は、大径砥石が装着できるように

ヘッド交換が可能なタイプ。(b)の小型コレットチャック仕様は、周速が低くなる小径砥石を高速回転できるように、スプリングコレットで芯ぶれを抑えた。(c) の立壁用コレットチャック仕様は、(a)(b)が上下方向へのダンパ機能のみをもつのに対し、横向きのダンパ機能を付加し、立壁の磨き（図3）も可能にした新製品である。

ハイブリッドラビンは砥石径φ1～30 mm、砥石番手#60～10000をラインナップする。また、砥石の先端形状をユーザーが磨くワークに合った形状に成形するサービスも提供。R型、ラジアス型、テーパ型、カップ型のほか、これらを組み合わせた任意の形状に成形できる。約9割のユーザーが成形サービスを利用しているという。

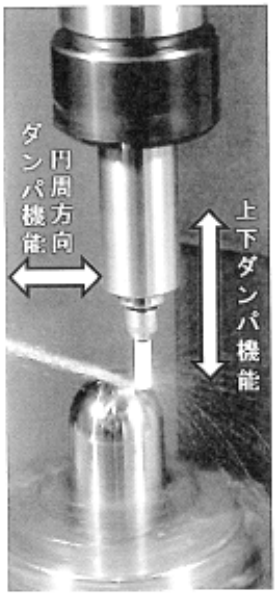


図2　ダンパ機能

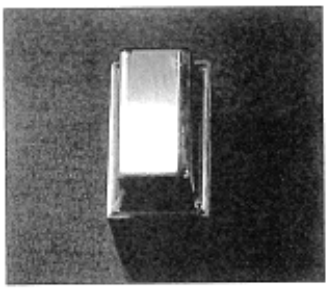


図3　立壁磨きのサンプル
材料：日立金属工具鋼製 HPM38（32 HRC）、加工機：牧野フライス製作所製 V33i、表面粗さ（加工前後）：Ra 306.8 nm→Ra 34.5 nm

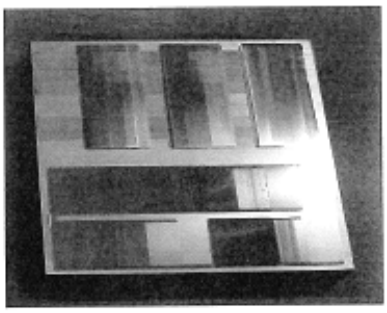


図4　平面磨きサンプル
材料：STAVAX（52 HRC）、加工機：ファナック製 ROBODRILL

## 手作業との併用で作業負担を軽減

同社で機上ポリッシングツールの販売を担当する久保貴義氏は、「機上ポリッシングツールとハイブリッドラビンを併用することで、固定砥粒のみでナノオーダーの鏡面磨きを実現したのが最大の特徴」と話す。鏡面磨きには一般的に遊離砥粒が用いられるが、機上ポリッシングツールを使えば砥石すなわち固定砥粒のみでSTAVAXをRa 0.89 nmに磨くことができる（図4）。このため、同社は金型磨きの中でも、バリ取りではなく、ナノレベルの最終仕上げの工程をターゲットに営業活動を展開している。

顧客サービスにも力を入れている。その一つが、機上ポリッシングツールと手作業の組合せなど、ワークに合わせた活用方法の提案。例えば、ハイブリッドラビンはR 0.5 mmが最小のため、それが届かない小さなコーナーRがある金型では手作業が残る。また、光学レンズや光学ミラーに求められるRa 1 nm未満といった面粗さには、やはり手作業が必要になる。「手作業による磨きをすべて代替できればいいが、それが無理な場合でも、機上ポリッシングツールと組み合わせることで手作業を減らすことができる」と久保氏。「100％置き換えられなくても、十分に導入効果は得られる」と強調する。

コストを考えた最適な磨き加工の提案も行う。磨き加工を効率よく行うには、加工前の面粗さをよくしておくことがポイントとなる。同社では、①切削加工のピッチを細かくする、②研削加工は粒度の細かい砥石で仕上げ加工を行う、③初めから粒度の細かな砥粒で磨くのではなく、粒の大きな砥粒→中程度の砥粒→小さな砥粒と段階を踏む、などをアドバイスしている。

久保氏は、成形メーカーや金型専業メーカーなど数百社を訪問する中で、「今後、人手がなくなり磨けなくなるとの危機感を抱いている企業が多い」と潜在的なニーズを感じている。現状は大手アセンブリメーカーへの導入が大半を占めるが、東京ビッグサイトで2017年1月18日（水）から行われる第9回オートモーティブワールドへの出展などで、より広い顧客層へアピールしていく。

（編集部）

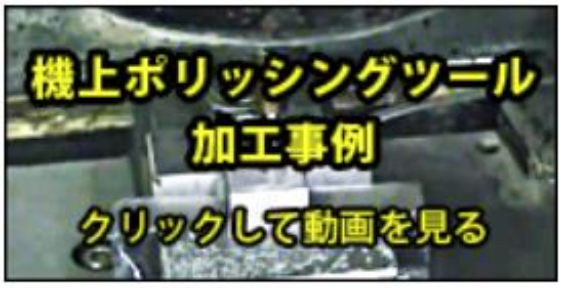
## ８． 機上ポリッシングツール専用ホームページ

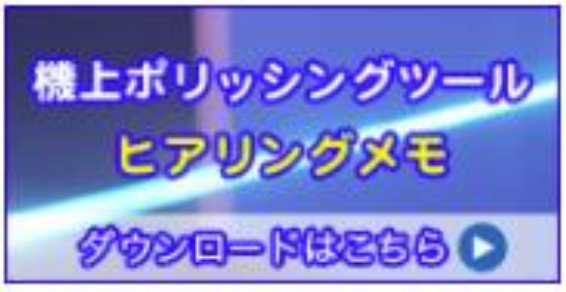
詳しくは、http://yagishitagiken.sub.jp/　をご覧ください。

1）機上ポリッシングツール「商品紹介プレゼン動画」をご覧ください。

2）機上ポリッシングツール加工事例（動画）をご覧ください。

3）ヒアリングメモをダウンロードしてご記入の上、FAX またはメールで送信頂ければ、ご提案申し上げます。




商品に関するお問い合わせを承っています。機上ポリッシングツールおよびハイブリッドラビンの選定についてアドバイスさせていただきます。ご質問等ございましたら、お気軽にお問い合わせください。

| | |
|---|---|
| **開発・製作　柳下技研株式会社**<br>【問合せ先】<br>新倉工場　精密部品事業部　久保貴義<br>〒351-0111　埼玉県和光市下新倉 3-22-60<br>TEL:048-466-8372　FAX:048-466-8374<br>URL http://yagishitagiken.sub.jp/<br>E-mail kiyoshi-kubo@yagishitagiken.jp<br>携帯電話 080-7758-7069 | **販売代理店** |