

# 切削ローレット工具の特性

職業能力開発総合大学校精密機械システム工学科 佐々木 耕  
和田 正毅  
米山 實

---

## Characteristics of Cut type Knurling-Tools

Kou SASAKI, Masaki WADA, Minoru YONEYAMA

---

### Summary

The knurling-tool can be classified into two kinds of the form rolling type tools and the cut type tools. The form rolling type tool is multi-purposed. Therefore, the form rolling type tool is widely used by the vocational training of the cutting type of job. The vocational training which used a cut type knurling-tool is hardly done. Of our university however, it isn't using. Then, we have only a little knowledge of the cut type knurling-tool. Therefore, I examined the characteristic of the cut type knurling-tool and mediated between the result as the point which is different from the form rolling type tool. Then, it mediated between how to use of the cut type knurling-tool as the reference data for the vocational training.

### 1. はじめに

ローレット加工は職業訓練の場で、旋盤加工の要素として古くから訓練項目に取り入れられてきた。その加工用工具には、転造式工具と切削式工具の2種類がある。転造式工具は、工具構造のシンプルさ、取り扱いの簡便さ、コストの低さ、適用範囲の広さにおいて優れるため、加工要素の理解にポイントがおかれる職業訓練の現場で広く使用されている。切削式工具は、工具構造が転造式工具に比べ複雑で取り扱いも多少難しく、コストも高いため、CNC 機械を使った量産加工を目的とする製造現場で使われることが多い。これら工具の歴史は両工具とも40年以上前の機械加工関連書籍<sup>(1)</sup>に掲載されるほど古い。しかし、切削式工具の使用方法及び存在については、職業訓練の現場で知られていないことが多いようである。

ところが、最近の若年者を対象とした機械加工の競技会に参加する専門高校・職業能力開発短期大学校・職業能力開発校等の選手が切削式工具を持参する場面が増えている。そのため、職業訓練の中で、今後、切削式工具の説明や使用についての指導を求められる場面が増えるのではないと思われる。

ここでは、このような利用の裾野を広めつつある切削式工具について理解をし、職業訓練の場で紹介できるよう資料を作成した。

資料には、切削式工具による加工と転造式工具による加工との相違点についての解説、解説内容の検証と特性の理解を目的に行った実験や結果を載せている。また、工具使用方法についてもまとめたが、メーカーから取り扱いが公表されているため、ここでは汎用旋盤で使う上での設定方法・使用方法に目的を限定して付録として載せることとした。

## 2. ローレット加工の基本事項

### 2.1 ローレットについて

ローレットは、フランス語のルレット (roulette) : 「小さな輪」「小さくて回るもの」を語源とするといわれている。洋裁で使用するギザギザのついたローラで布地に刻み目を入れる道具 (ルレット) などは、ローレットに原理に近い。英語ではナーリング (knurling) と呼ばれている。具体的には、金属加工製品のハンドル握り部分の滑り止めや、部品はめあわせ部の空転および脱落防止を目的として加工物表面に成形されたミゾ形状のことである。直接目に触れる部分ではないが、プラスチック成形品に組み込まれる金属部品との締結要素としても使われ、その役割は多岐にわたる。

ハンドル握り部の滑り止めに施される場合などは、その寸法精度よりは仕上がりが具合などの美観にポイントが置かれる加工である。図1に製品例を示す。

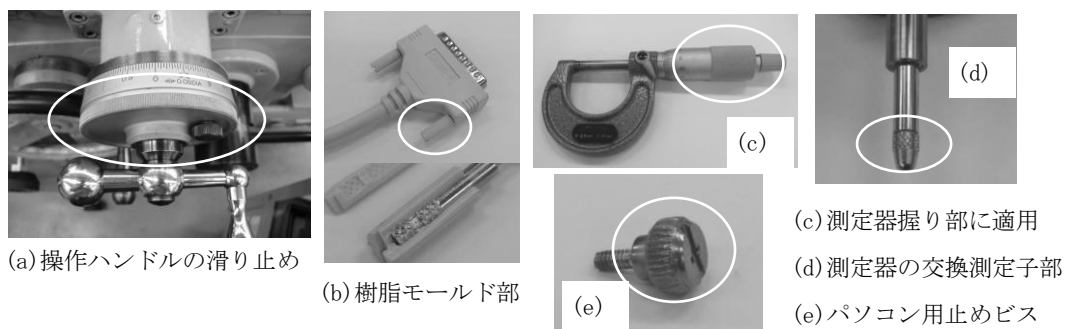


図1 各種機械部品への適用例

ローレット加工とは、ローレットを成形する加工方法の総称である。ローレット加工により成形されたローレットの形状・種類・寸法 (モジュール) をまとめてローレット目と呼び、JISでは「ローレット目 JIS-B0951」として規定し、「平目 m0.5」などとして表記する。

種類：平目、アヤ目の2種類 (図3(a) (b))

形状：加工物の直径が無限大となったと仮定した場合のミゾ直角断面を図2に示す。

寸法：表1 (モジュールとはミゾピッチを円周率で除したもの)

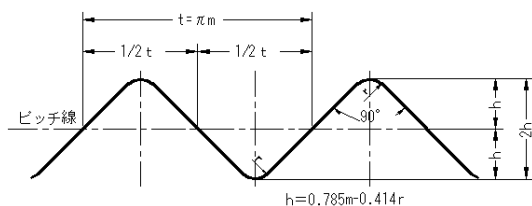


図2 ローレット目のミゾの形状

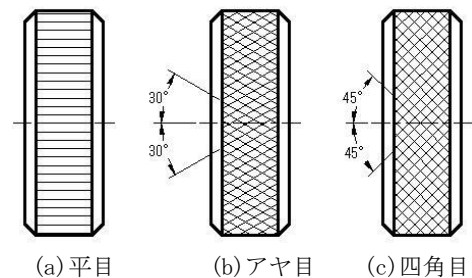


図3 ローレット目の種類

表1 ローレット目の寸法

単位 mm

| モジュール<br>m | ミゾピッチ<br>t | r    | h    |
|------------|------------|------|------|
| 0.2        | 0.628      | 0.06 | 0.15 |
| 0.3        | 0.942      | 0.09 | 0.22 |
| 0.5        | 1.571      | 0.16 | 0.37 |

JIS規格には規定されていないが、図3(c)に示す四角目(45°)もよく使用され知られていることから紹介をする。各種類の呼び方は、平目をストレート、アヤ目をダイヤモンドまたは菱形、四角目をクロスなどと呼ぶことも多い。また、ローレット目の寸法表記には、表1に示すモジュール表記以外にピッチ表記、山数(1インチ当りの山数)表記などがあり、以下のように互換させている。

$$P \text{ (ミゾピッチ)} \quad \cong \quad m \text{ (モジュール)} \times \pi \quad \text{例 } m0.3 \text{ の場合 } 0.3 \times \pi = 0.94 \cong P1.0$$

$$P \text{ (ミゾピッチ)} \quad \cong \quad 25.4 \text{ (1インチ)} \div \text{山数} \quad \text{例 } 26 \text{ 山の場合 } 25.4 \div 26 = 0.98 \cong P1.0$$

## 2.2 ローレット加工方法とその特徴

ローレット加工は一般的に、塑性変形によるミゾの成形と切削によるミゾの成形の2種類の方法により行われている。

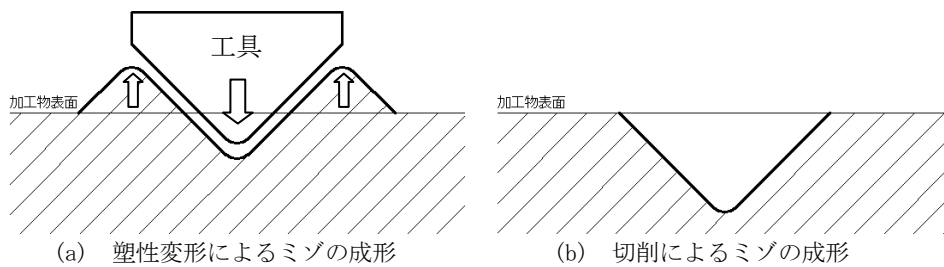


図4 ローレット加工方法

図4(a)に示す塑性変形の場合、加工により工具周囲に加工物表面のせり上がりを生じる。図4(b)に示す切削の場合、工具刃形に応じた部分が除去され、ミゾが成形される。表2にそれぞれの加工方法の特徴を示す。

表2 塑性変形と切削による加工方法の特徴<sup>(3)(4)</sup>

| 塑性変形  | 切削  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>冷間成形できる材種に適用できる</li> <li>肉厚の薄い形状は難しい</li> <li>加工物直径は加工前より大きくなる</li> <li>表面が圧縮される</li> <li>切削に比べて加工ひずみが生じる</li> <li>切削に比べ大きな切削抵抗が加わるため機械への負担が大きい</li> <li>ローレット目のモジュールが大きくなるほど切削抵抗が大きくなり機械への負担も大きくなる</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>樹脂材料から難削性金属材料まですべての材種に適用できる</li> <li>肉厚の薄い形状にも適用できる</li> <li>加工前後で加工物直径の変化量が少ない</li> <li>表面の圧縮が最小限</li> <li>塑性変形と比べて加工のひずみが小さく、加工物への負荷が少ない</li> <li>塑性変形に比べ機械への負担が小さい</li> </ul> |

## 2.3 ローレット工具

### 2.3.1 ローレット工具の種類

ローレット加工を行う工具を総じてローレット工具と呼ぶ。ローレット工具には、塑性変形を主な成形機構とする工具と、切削を主な成形機構とする工具の2種類がある。塑性変形により加工を行う工具は回転を伴いながら塑性加工を行うところから転造式工具と呼ばれる。

図5(a)に転造式工具を、図5(c)に切削式工具を示す。ローレット工具は、ローレット目の成形を行う駒と呼ばれる部品と、それを支持するホルダ部品から構成されている。駒にはローレット目に応じた刃

形が外周部分に成形されている。図 5(b)は転造用駒、図 5(d)は切削用駒である。

旋盤による加工では、回転する加工物の表面に駒を押し付けることで駒が回転し、加工物表面にローレット目を成形する。

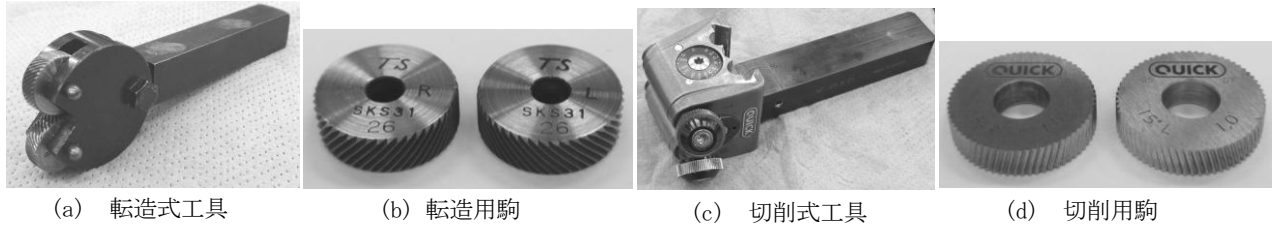


図 5 ローレット工具と駒

### 2.3.2 外径加工用ローレット工具の形状

図 6 から図 10 に旋盤加工に用いられ、円筒部品外側にローレット加工を行う外径加工用ローレット工具を示す。この他、チェーザ(管ネジ切削工具)に似た外径加工用ローレット工具や、穴の内側にローレット加工を行う内径加工用ローレット工具などがある。資料中では、外径加工用ローレット工具について話を展開する。

図 8 の小径部品・低剛性機械用工具は、図 12 に示すように加工物直径に応じて駒を支持しているアームの間隔を調整する。また、図 11 に示すように切り込み動作に伴い工具が受ける切削抵抗の方向は工具上下に、また、切削抵抗の反力は加工物中心に向かい相殺する。図 13 と図 14 に示す工具では切削抵抗とその反力が、加工物を曲げる力や加工物と工具を保持する旋盤本体を変形させる力として働く。

図 9 の段付き部キワ加工用工具は、図 15(a)のように駒を片持ち支持形状としているため段付き部分のキワまで加工が可能である。段付き部キワ加工用工具以外は、図 15(b)のように駒よりもホルダが先に加工物段付き部分に接触するため、段付き部分の段差が小さい場合を除き、キワまでの加工は出来ない。

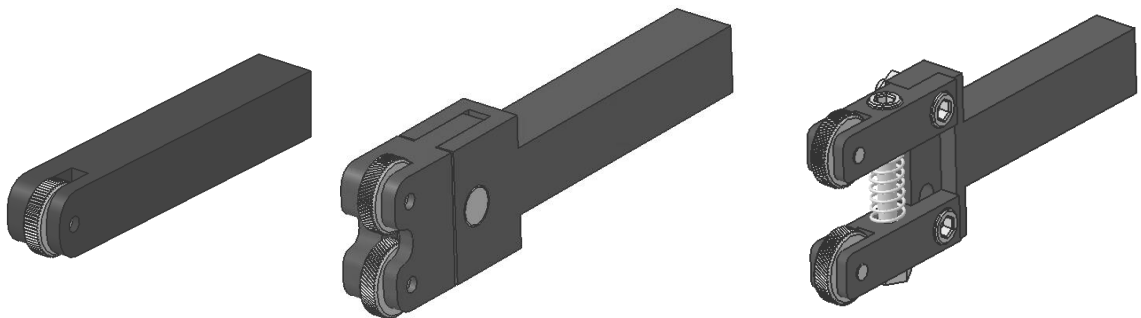


図 6 平目用工具

図 7 アヤ目用工具

図 8 小径部品・低剛性機械用工具

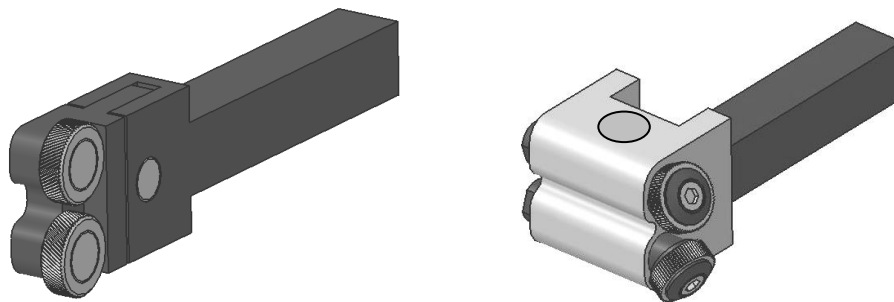


図 9 段付き部キワ加工用工具

図 10 切削式工具

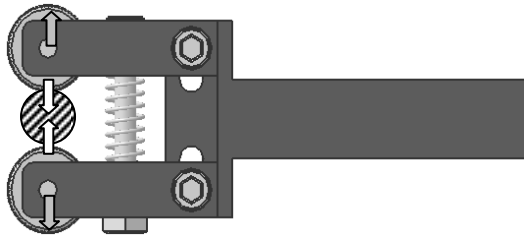


図 11 小径部品・低剛性機械用工具が受ける切削抵抗およびその反力の方向

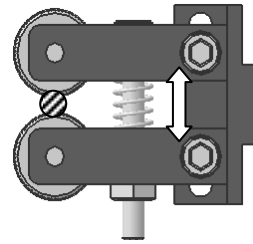


図 12 加工物直径に応じアーム間隔を調整



図 13 平目用工具が受ける切削抵抗およびその反力の方向



図 14 アヤ目用工具が受ける切削抵抗およびその反力の方向

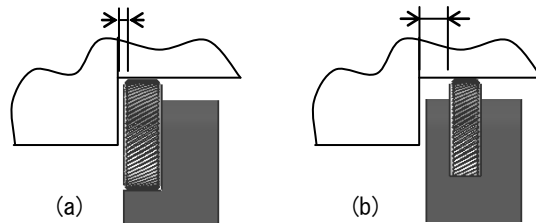
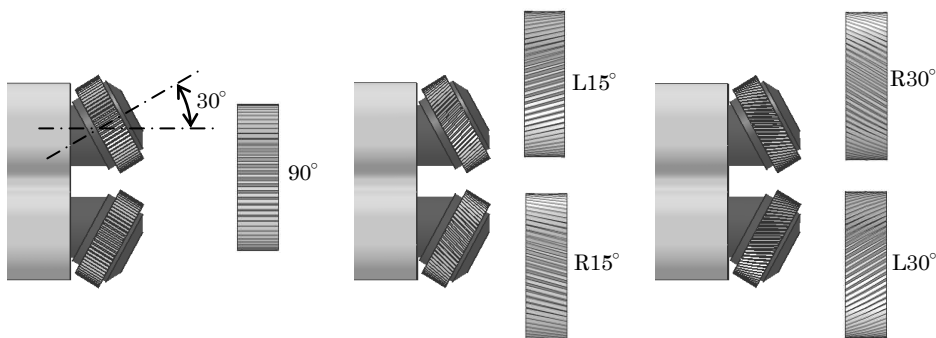


図 15 工具形状の違いにより段付き部キワまで加工できる場合(a)とできない場合(b)

## 2.4 切削式工具

### 2.4.1 切削式工具の構造と特徴



(a)アヤ目：90° 駒組合せ (b)四角目：R/L15° 駒組合せ (c)平目：R/L30° 駒組合せ

図 16 加工形状に応じた駒との組合せ

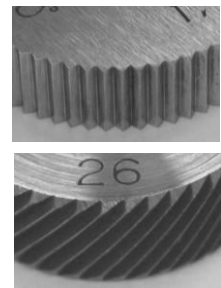


図 17 上：切削式駒  
下：転造式駒

切削式工具は駒に適切な角度を持たせることで、加工物と駒の相対運動により切削が行なわれるものとなっている。説明に使用する工具は、図 16(a)に示すようにホルダヘッド部に対して駒が 30° 傾けて取り付けられている。図 16(a)に示すように 90° ねじれの駒を取り付けると 30° アヤ目、同図(b)に示

すように15°ねじれのR/L駒を取り付けると45°四角目、さらに同図(c)示すように30°ねじれのR/L駒を取り付けると駒の傾きを相殺して平目となり、加工するローレット目の形状を変更出来る。図17に示すように切削式工具の駒は転造式工具の形状と似ているが、角部分に面取りは無く、シャープエッジとなっている。

図18にアヤ目加工となる組み合わせの時の、加工物回転に伴う駒の動きを示す。図18に示す切削送り方向側にあたる駒の角部分を駒刃先として以後説明する。図18に示すように上下の駒に異なる向きの角度が付けられているため、上側(L側)駒の駒刃先は回転に伴い切削送り方向に移動し、下側(R側)駒の駒刃先は回転に伴い切削送り方向と逆に移動することが分かる。

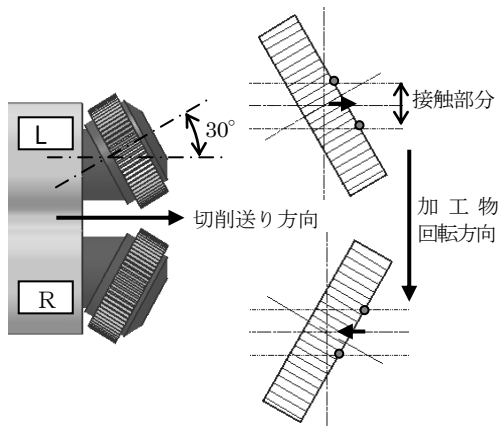


図18 アヤ目加工の時の駒の動き

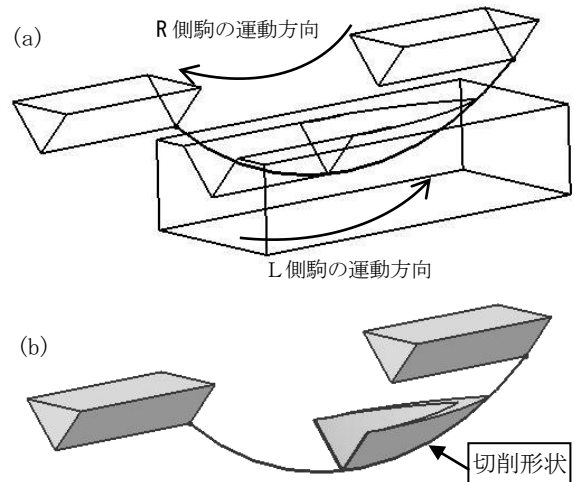


図19 駒刃先運動軌跡(a)と一回の切り込みによる切削形状(b)

また、加工物回転に伴い徐々に駒の切り込みが増すことから、結果として駒刃先は図19に示すような円弧運動を行い、加工物に対し切削作用をおよぼす。下側(R側)駒の駒刃先が大きな負のすくい角を持つ切れ刃として作用し、切削抵抗が大きくなることが分かる。

図20は駒と加工物の切り込み部分の3Dモデル(相貫図形)である。図20では、図19を裏付けるように駒の幅方向の中央位置が最大切り込みとなり、両端部分の切り込みが小さくなる。このことから、駒の幅方向の中央位置付近(駒刃先以降の峰の部分)では、加工物表面を圧縮しながら滑る「しごき加工」や「バニシ加工」のような塑性変形による作用が働く。実際に加工されたローレット目の頂点部分にも、図21に示すような塑性変形による盛り上がりが一因と見られるバリが観察出来る。このバリは、加工物直径の増加も招いている。つまり、切削式工具は加工物を最初に駒刃先により切削し、その後に駒の峰部分により塑性変形していることになる。

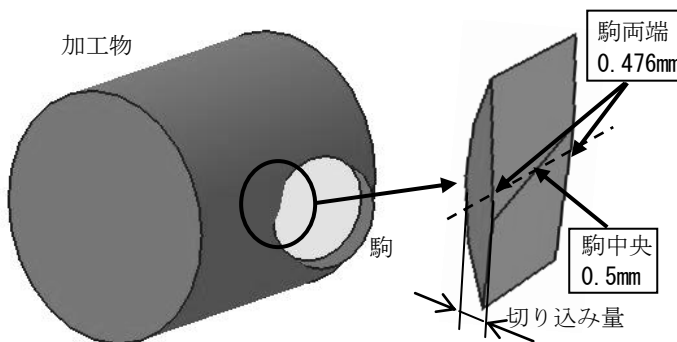


図20 駒と加工物の切り込みの様子と相貫部分の切り込み量  
(加工物径φ51mm、駒径φ21.5mm幅5mm、半径切り込み0.5mm)

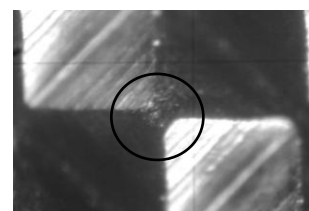


図21 頂点部分に発生したバリ

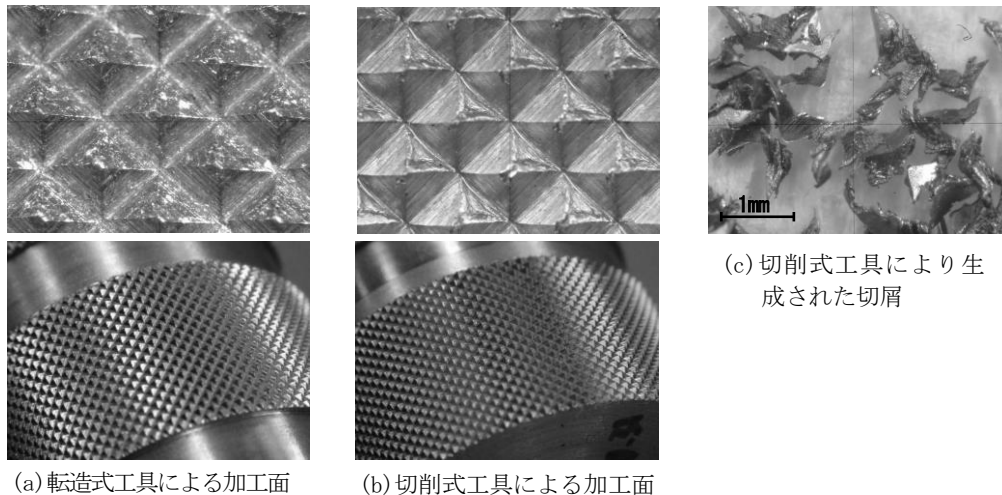


図 22 切削式および転造式によるローレット目の様子 (a) (b) と切屑 (c)

図 22 に切削式工具と転造式工具により加工されたローレット目と切削式工具による切屑を示す。

転造式工具による加工物表面は、図 22(a)に示すように全体的に輝いたような状態になる。転造式工具による加工では、駒刃先が加工物に切り込んだ時に加工物表面にせり上がりを生じる。駒刃先には面取りがされているため、切削送りにともない徐々に切り込みが深くなっていく。このため、数回に分けて駒刃先が加工物表面に切り込むことになり、それが階段状の段差となりローレット目の表面に残る。この複数の段差面に光が当たると、乱反射をおこし全体的に輝いたようになる。

切削式工具による加工物表面は、図 22(b)に示すようにローレット目の表面が「しごき加工」や「バニシ加工」などの作用で段差の少ない光沢を持つ加工面となるため、光を一方に反射する。そのため、反射光を返さない部分との陰影がくっきりと分かれ、見た目が転造式工具による場合より暗く感じる。また、加工により図 22(c)に示すような切屑を生成する。

ところで、駒の傾き角度  $30^\circ$  は加工物が円筒であるため、加工物直径により変化してしまう。駒の傾き角度が変化すると切削作用や加工されたローレット目の形状が変わるため、工具は駒と加工物の接触部における駒の傾き角度を  $30^\circ$  に保つように調整できる機構になっている。ここで紹介する工具は、図 23 に示すようにホルダヘッドのダイヤル目盛を回し、ホルダヘッドに対し駒支持部品を回転させる機構になっている。ダイヤル目盛を加工物直径値に合わせることで駒の傾き角度の設定が行える。ここで、 $30^\circ$  傾いた駒の中心線と駒支持部品の中心線に乗る平面を考える。次に、この平面に直角な駒支持部品の中心線を通る平面を考える。これら平面が加工物中心線上を通る時、駒と加工物の接触部における駒の傾き角度が保たれる(図 24)。つまり、見た目の駒の傾き角度は加工物直径の大小によって変化するが、駒と加工物の相対関係は変わらない。

駒と加工物の相対関係を一定に保つための調整機構には、他に、図 25 に示すようなホルダヘッド部を揺動させる方式のものもある。

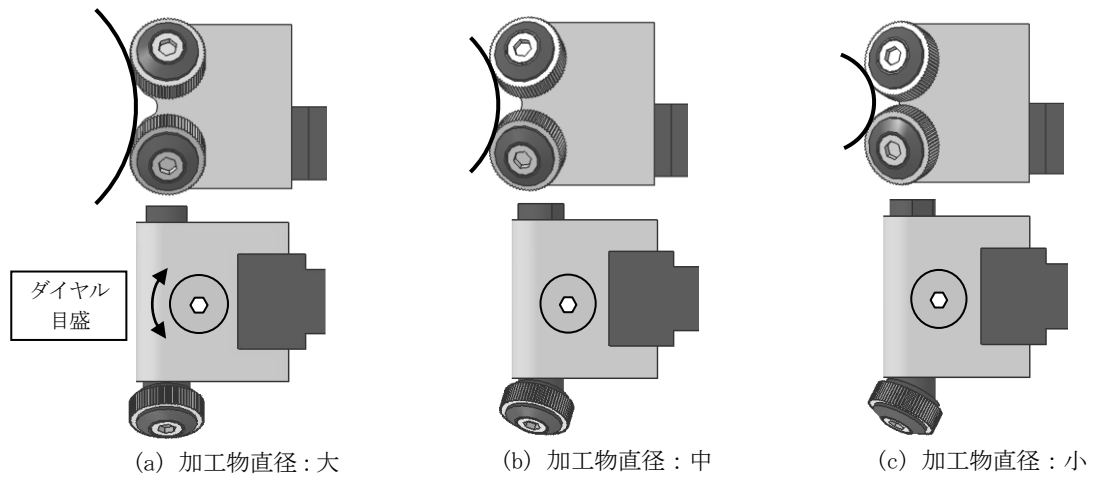


図 23 加工物直径に応じてダイヤル目盛を動かした時の駒の動き

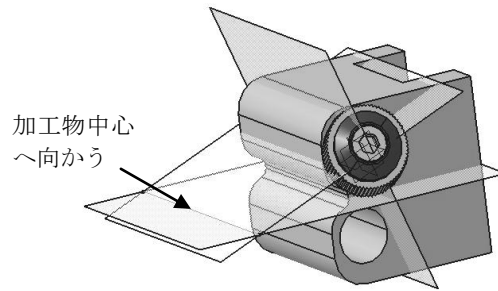


図 24 加工物中心線と駒の傾き角度 30° 設定平面の位置関係

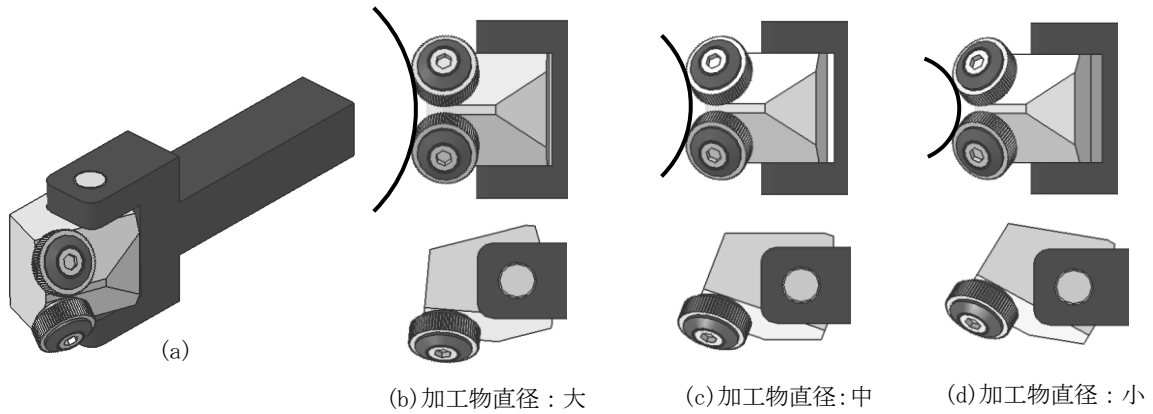


図 25 加工物直径に応じホルダヘッド部を揺動させる工具(a)と、調整によるホルダヘッド部の動き(b)(c)(d)



### 2.4.2 切削式工具の切削条件

表3にメーカーから公表されている切削式工具の切削条件を示す。

表3 切削式工具の切削条件一覧（駒材質：ハイス、駒径φ21.5の場合）<sup>(2)</sup>

| 加工物材質  | 加工物直径φ2-12     |                   | 加工物直径φ12-40    |                   | 加工物直径φ40-250   |                   |
|--|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
|  | 切削速度V<br>m/min | 切削送り速度f<br>mm/rev | 切削速度V<br>m/min | 切削送り速度f<br>mm/rev | 切削速度V<br>m/min | 切削送り速度f<br>mm/rev |
| 鋼 600N/mm <sup>2</sup>                         | 60             | 0.07-0.09         | 60             | 0.07-0.15         | 55             | 0.07-0.15         |
| ステンレス  | 40             | 0.06-0.12         | 35             | 0.06-0.12         | 32             | 0.06-0.12         |
| 真鍮   | 100            | 0.08-0.20         | 100            | 0.08-0.20         | 90             | 0.08-0.20         |
| 銅  | 60             | 0.07-0.14         | 60             | 0.07-0.14         | 55             | 0.07-0.14         |
| アルミニウム   | 120            | 0.10-0.25         | 110            | 0.10-0.25         | 100            | 0.10-0.25         |
| 鋳鉄   | 40             | 0.06-0.12         | 35             | 0.06-0.12         | 32             | 0.06-0.12         |
| その他条件 切り込み速度 mm/rev : 0.03-0.08、切り込み量φ : 駒ピッチ分 |                |                   |                |                   |                |                   |

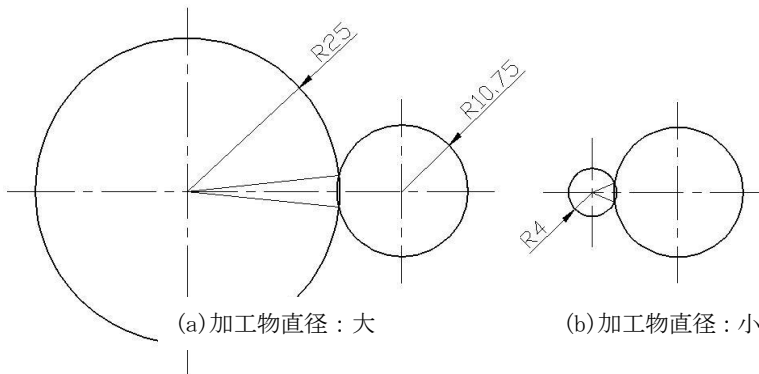


図26 直径の異なる加工物との接触状態

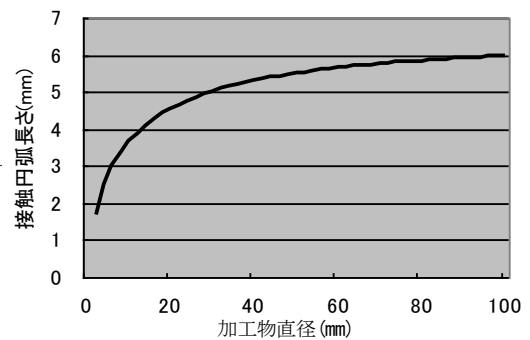


図27 駒の傾き角度0°の時の接触円弧長さ、駒の大きさ：φ21.5

表3の条件は、転造式工具の切削条件に対し切削速度で2~3倍程度、切削送り速度については2/3程度、切り込み量については同程度に当たる。その他の条件として、切り込み速度が0.03-0.08mm/rev、切り込み量(直径値)が駒ピッチ分として設けられている。

図26と図27に示すように、加工物直径が小さくなるほど駒と加工物との接触円弧長さが短くなる。同じ切削条件で加工しても、加工物直径が小さいほど駒刃先が最大切り込みに達するまでの時間が短くなり、駒刃先の仕事量が増すことになる。つまり、実質の切削送り速度が速くなり切削抵抗が増加することになるため、加工物直径が小さくなるほど切削送りを遅くし、切削抵抗を低減させる必要がある。

また、切削式工具は転造式工具の加工と同様に切り込み開始位置に駒幅の1/3~1/2程度を一度に切り込むため、工具を切り込ませ、切削送りを掛ける前に主軸が数回転するのに要する時間を保持時間(ドウェル)として設ける必要がある<sup>(2)</sup>。この保持時間を設けることにより駒刃先の切り込みが安定し、駒刃先の動きをガイドするローレット目のミゾが成形される。このことは、初期の切り込み動作においてガイドとなるミゾが十分に成形されない場合、切削送りを掛けた後に駒刃先が加工されたローレット目のミゾで十分にガイドされず、ローレット目のミゾの曲がり等の不具合につながることを示す。切削送り停止位置での保持時間については取扱説明書<sup>(2)</sup>には書かれていないが、切り込み開始位置と同様に切削送り停止位置での切り込みを安定させるために必要であるといえる。

### 3. 切削式工具の加工特性

切削式工具の構造と特徴について2.4節の説明から、切削式工具による加工メカニズムと、加工物に応じた調整を必要とする構造であること、特定の切削条件が設けられていることが分かる。しかし、調整をとまなう工具の場合、大体の調整は説明通り行えるものの微調整は作業者の勘に頼ったり、適正な調整範囲に幅があったりする。ここでは、切削式工具がどのような特徴を示すか調べるため、上下駒の切削作用の影響や工具調整の際に起こりうる調整不良の影響、切削条件変化による影響について実験を行い、加工面の比較から加工特性について考察した。また、実験に際し得られた加工物の直径変化と加工不良現象についても合わせて3.3節の結果および考察に示す。

#### 3.1 使用設備・工具および実験手順

実験で使用した設備、工具、加工物を以下に示す。

- ・切削式ローレット工具：ホルダ：A2/KF型、スワロフスキーオプティク社製、加工径 $\phi 8\sim 250\text{mm}$ ：図5(c)  
 商品名「Quick ナーリングツール」(参考価格15万円)  
 駒： $21.5\times 15^\circ$  R/L $\times 1.0$ (四角目P1.0、図5(d))  
 スワロフスキーオプティク社製  
 材質：コーティングハイス、およびハイス(コーティング無し)  
 大きさ：駒径21.5mm、駒幅5.0mm(参考価格6,000円/個)
- ・使用機械：LEO-80A：テクノシノ製汎用旋盤、NL2000MC：森精機製CNC旋盤
- ・加工物：S45C(ローレット加工前に表面粗さRa3.2程度に加工)

実験手順は以下の通りである。

- ① 心高さをホルダに刻まれた中心マークにより粗調整し、工具を刃物台へ取り付ける。
- ② 工具のZ位置(長手方向)ゼロセットを専用治具で行う(図28(a))。
- ③ ダイヤル目盛を加工物直径値に合わせる(駒の傾き角度調整、図28(c))。

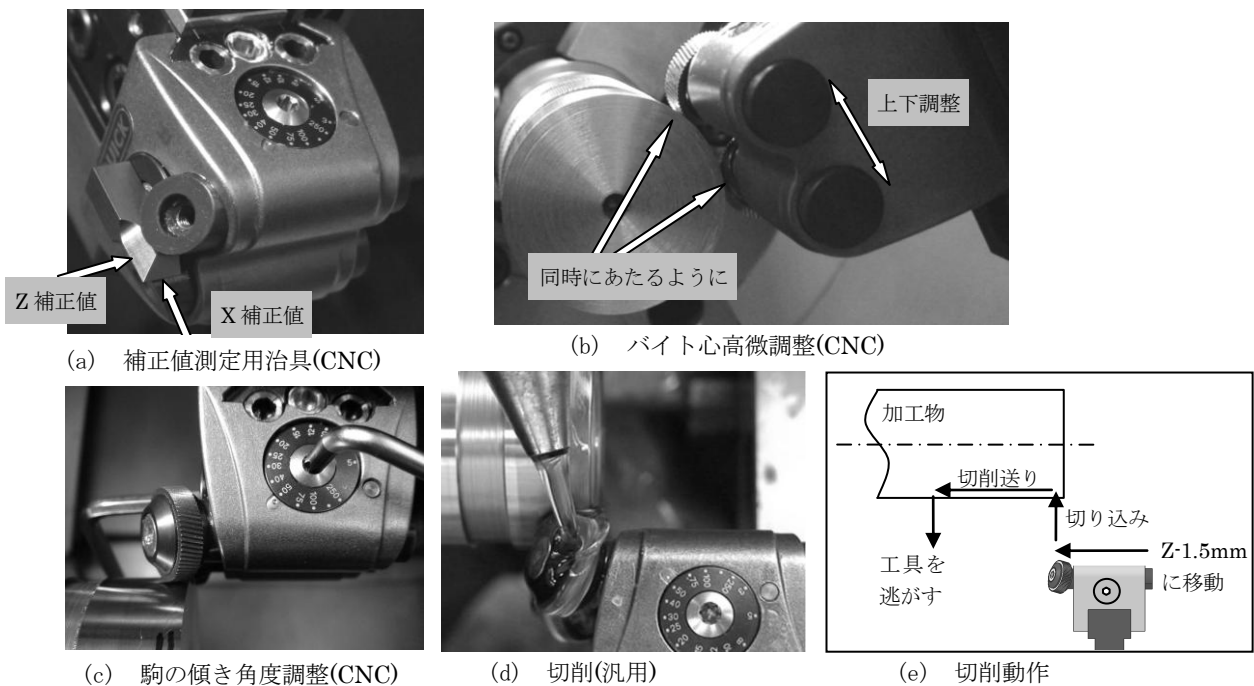


図28 工具調整(a)(b)(c)および切削(d)の様子と切削動作(e)

- ④ 駒を加工物に近づけ、上下駒が加工物に同時に当たるように工具心高さを微調整する(図 28(b))。
- ⑤ X 位置(直径方向)ゼロセットをする(X 位置は専用治具を使わず、直接加工物に接触させ行った)。
- ⑥ 主軸を回転させ Z-1.5mm 位置(端面を Z 原点位置とする)に移動後、X 方向に駒ピッチ分工具を切り込む。
- ⑦ 保持時間をおいた後、工具に切削送りを掛ける(図 28(d))。
- ⑧ 加工終了位置で切削送りを止め、保持時間をおいた後、X 方向に工具を逃がす。

### 3.2 実験および実験条件

以下の項目について実験を行った。

- (1) 切削速度の影響 :  $V=25, 35, 45, 55\text{m/min}$  ( $f=0.08\text{mm/rev}$ 、 $t=\phi 1.0\text{mm}$ )
- (2) 切削送り速度の影響 :  $f=0.07, 0.11, 0.15\text{mm/rev}$  ( $V=55\text{m/min}$ 、 $t=\phi 1.0\text{mm}$ )
- (3) 切り込み量(直径値)の影響 :  $t=0.7, 0.8, 0.9, 1.0\text{mm}$  ( $V=55\text{m/min}$ 、 $f=0.08\text{mm/rev}$ )
- (4) 切り込み開始位置および切削送り停止位置における保持時間を変化させたときの影響  
: 保持時間を主軸 1, 5, 10 回転分として加工
- (5) 駒の傾き角度の違いによる影響 : ダイアル目盛を加工物直径値に対し 1 割程度増減させ加工  
(ダイアル目盛を加工物直径値に合わせたときが、加工物に対して駒の傾き角度  $30^\circ$  が適正に作用する状態である。ダイアル目盛を加工物直径値に対し増減させると、駒の傾き角度が加工物に対して  $30^\circ$  より小さく作用する。)
- (6) ローレット駒の材質による影響 : コーティングハイス、およびハイス(コーティング無し)で加工
- (7) 上側(L 側)、下側(R 側)駒単独切削 : 上下の一方の駒だけで加工

切削条件は、表 3「鋼 600N/mm<sup>2</sup>、加工物直径  $\phi 40\text{-}250$ 」の値を上限として設定した。(1)から(6)までを CNC 旋盤(水溶性切削油)で、(7)を汎用旋盤(不水溶性切削油)で行い、駒の材質にはコーティングハイスを使用し、(6)のみハイス(コーティング無し)も使用した。加工物直径は、一つの実験で得られたローレット目の観察後に、そのローレット目を削り落として次の実験を行ったため、直径が 40mm から 58mm までの間で変化している。

### 3.3 結果および考察

#### 3.3.1 切削速度の影響

図 29 に切削速度を変化させ加工した後の加工物表面を示す。

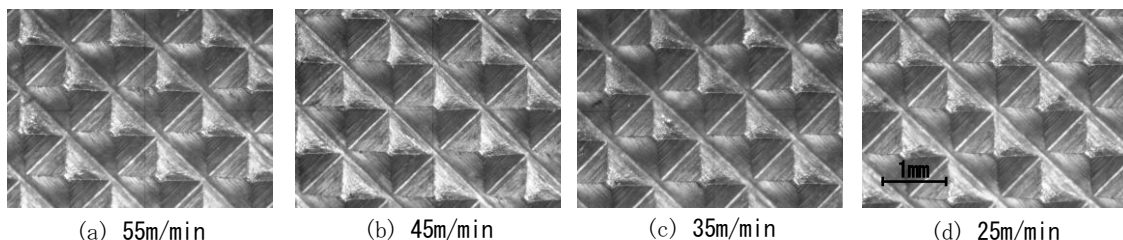


図 29 各種の切削速度で加工された加工物表面  
切削条件 :  $V=25, 35, 45, 55\text{m/min}$  (その他 :  $f=0.08\text{mm/rev}$ 、 $t=\phi 1.0\text{mm}$ )

図からは、メーカー公表条件の切削速度(表 3 より 55m/min)以内であれば切削速度が半分以下に下がっても加工面に影響がないことがわかった。これは、切削式工具による「バニシ加工」のような塑性変形による作用が働いたためと考えられる。

### 3.3.2 切削送り速度の影響

図30に切削送り速度を変化させ加工した後の加工物表面を示す。

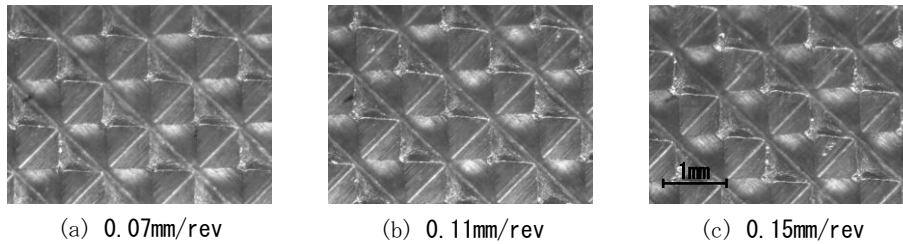


図30 各種の切削送り速度で加工された加工物表面  
 切削条件：f=0.07、0.11、0.15 mm/rev（その他：V=55m/min、t=φ1.0mm）

図からは、切削送り速度が速いほど若干ではあるが頂点部分に削り残しを生じることが確認できた。切削送り速度が速いほど切削抵抗が増加したものと考えられる。

### 3.3.3 切り込み量の影響

図31に切り込み量を変化させ加工した後の加工物表面を示す。

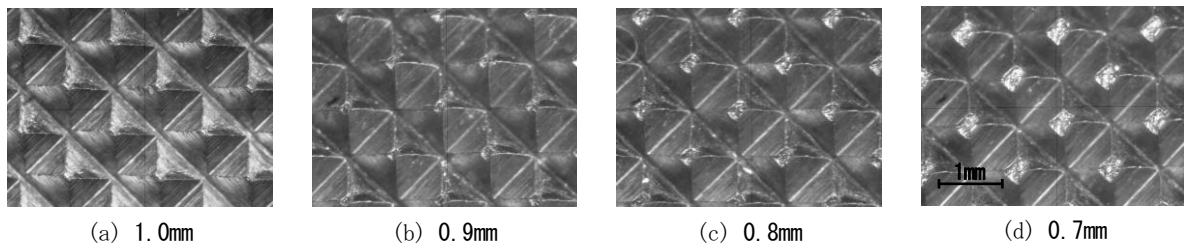


図31 各種の切り込み量で加工された加工物表面  
 切削条件：t=0.7、0.8、0.9、1.0 mm（値は直径値、その他：V=55m/min、f=0.08mm/rev）

図からは、頂点部分に切り込み量に応じた削り残り部が出来ることがわかる。転造式工具の加工に見られる切削抵抗による機械の撓みや、加工物のスプリングバックの影響を受けにくいためと考えられる。

### 3.3.4 切り込み開始位置および切削送り停止位置における保持時間を変化させたときの影響

図32に保持時間を主軸1回転分で加工した後の加工物表面を示す。

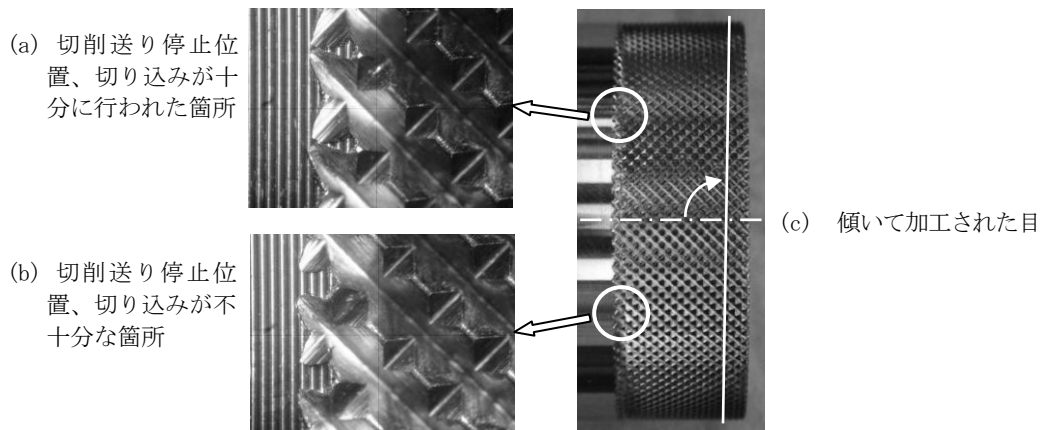


図32 切り込み開始位置および切削送り停止位置で保持時間を主軸1回転分で加工したときの加工物表面  
 切削条件：保持時間=1回転分（その他：V=55m/min、f=0.08mm/rev、t=φ1.0mm）

保持時間が主軸 1 回転分では、図 32(c)のようなローレット目の傾きと、同図(b)のような切削送り停止位置の同一円周上に切り込み量の相違を生じることが分かる。保持時間が主軸5および10回転分では、同図(a)のようにローレット目が終端部分まで成形され、両者に違いが見られなかった。このことから、今回の実験条件のもとでは、切り込み開始位置で工具が十分に切り込むためには少なくとも 1 回転分より長い保持時間を必要とすることと、特に下側(R側)駒に切り込み不良を生じやすいことが分かった。

### 3.3.5 駒の傾き角度の違いによる影響

ここでは、加工物直径値(51mm)に対してダイヤル目盛を 1 割程度増減させ、駒の傾き角度の変更にかえた。

図 33 に駒の傾き角度を変えて加工した後の加工物表面とダイヤル目盛、欠損を起こした駒刃先を示す。

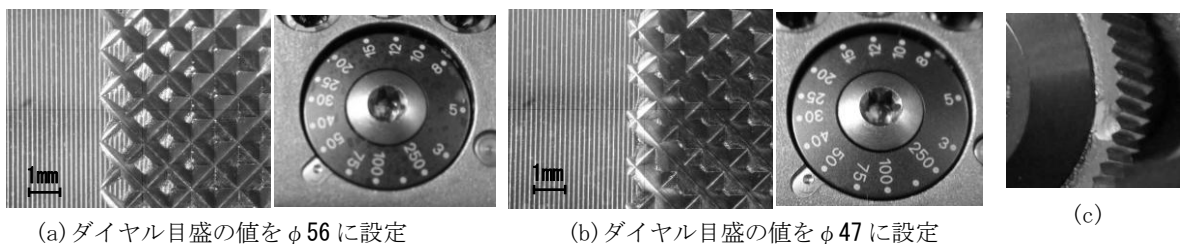


図 33 駒の傾き角度を変えて加工した加工物表面(a) (b)と、欠損した R 側駒(c)  
 切削条件:  $V=55\text{m/min}$ 、 $f=0.08\text{mm/rev}$ 、 $t=\phi 1.0\text{ mm}$ 、加工物直径= $\phi 51\text{mm}$

図 33(a)に示すようにダイヤル目盛の値を加工物直径値より 1 割程度大きめに設定すると、切削送り停止位置に切り込み不良が発生し、図 33(b)に示すようにその逆では発生しないことが分かった。また、表 4 に示すように加工前後の直径変化にも違いが出るということが分かった。図 33(c)は刃先が欠損した R 側駒であるが、これはダイヤル目盛の値を加工物直径値より小さめに設定すると駒刃先から切り込むような調整となるため、駒刃先の負担が増し欠損につながったと考えられる。これらのことから、駒の傾き角度が適正な状態ではない場合、成形されるローレット目の角度変化が生じる加工不良以外に、加工物の切削送り停止部の切り込み不良などの加工不良、駒の刃先欠損などの工具寿命低下を発生させる。そのため、一つの加工物に対し直径の異なる複数の箇所をローレット加工する場合は、加工箇所ごとに数本の工具を用意するか、加工箇所を変える都度にダイヤル目盛の調整を行い、駒の傾き角度が加工物に対して適正に作用するよう設定する必要があるといえる。

表 4 駒の傾き角度の違いによる実験で得られた加工物の直径変化

| ダイヤル目盛位置  | $\phi 47$ | $\phi 51$ (加工物直径) | $\phi 56$ |
|-----------|-----------|-------------------|-----------|
| 直径増加量(mm) | 0.15      | 0.25              | 0.32      |

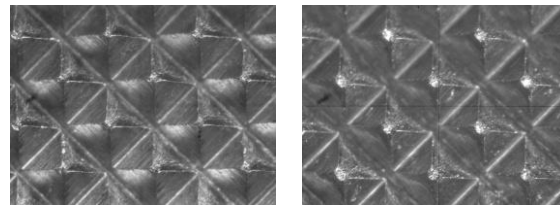
### 3.3.6 ローレット駒の材質による影響

メーカーから販売されている切削用駒は材質がハイスであるが、図 34 に示すようなコーティングを施したものとされていないものがある。

図 35 にそれぞれの駒により加工を行った後の加工物表面を示す。



図 34 TiCN コーティングされた駒



(a) コーティング有 (b) コーティング無

図 35 コーティングの有無による加工面の違い  
 切削条件：V=55m/min、f=0.08mm/rev、t=φ1.0 mm

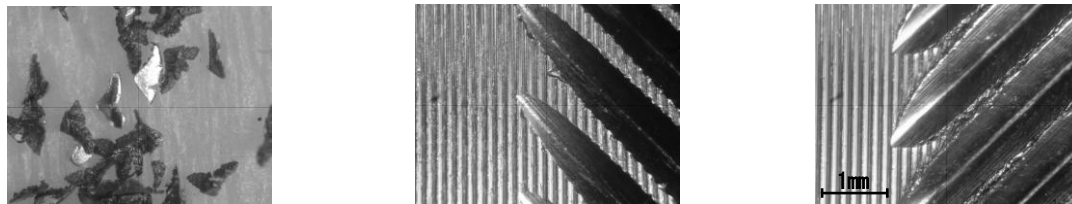
図 35 (a) に示すコーティング有の加工物表面に対し、図 35 (b) に示すコーティング無の加工物表面には細かな切屑の凝着物が見られ光沢が低下していることが分かる。

実験には水溶性切削油を使用した。水溶性切削油は、切削点の接触圧力が高い場合には不水溶性切削油に比べ潤滑作用が弱まると考えられる。このことから、コーティングのない駒では十分な潤滑が行えなかったのではないかと考えられる。

### 3.3.7 上側(L側)、下側(R側)駒による単独切削

切削式工具の切削作用の確認のため、上下駒による単独切り込み加工を行った。

図 36 に加工後の加工物表面を示す。



(a) 上側(L側)駒により出された切屑 (b) 上側(L側)駒による加工物表面 (c) 下側(R側)駒による加工物表面

図 36 上側(L側)駒による切削切屑(a)と、各駒により加工された加工物表面(b)(c)  
 切削条件：V=55m/min、f=0.08mm/rev、t=φ1.0 mm

図 36 (a) に示すように上側(L側)駒から切屑の排出が見られたが、下側(R側)駒からは切屑の排出を確認することが出来なかった。また、上側(L側)駒による加工物表面には図 36 (b) のようにローレット加工前の旋削加工刃形マーク(上下に走る縦線)が崩れずに残り、下側(R側)駒では図 36 (c) に見られるようにミゾの淵にせり上がりを生じ塑性変形が生じていることが確認できた。これらの塑性変形による影響は、表 5 に示すように下側駒による切削後の直径増加が大きかったことから確認できた。

表 5 上側(L側)、下側(R側)駒による単独切削実験で得られた加工物の直径変化

|           | 下側 (R側) | 上側 (L側) |
|-----------|---------|---------|
| 直径増加量(mm) | 0.37    | 0.09    |

### 3.3.8 その他の影響について

その他の条件の影響については、実験の際に発生した失敗事例をあげ説明する。

図 37 はローレット末端部に逃げ溝がある形状に対して、ミゾに差し掛かってもお切削送りを掛け続け、駒と加工物の接触幅が小さくなったため切削抵抗が減少し末端部分に切り込みすぎを生じた例で

ある。

図 38 は表 3 の切り込み速度より低速度で切り込んだことにより、目が二重になった例である。

図 39(a) (b)は切り込み開始および停止位置に発生するバリを示す。

図 40(a)は小径部品に加工を行い目が傾いた例である。図 40(c)に示すように心高さに違いがあると、片持ち支持されている小径加工物が曲がり、上下の駒に対する角度が変化して目の傾きを生じると考えられる。

図 40(b)は上下の駒の傾きが異なって作用した場合の目の様子を作図したものである。

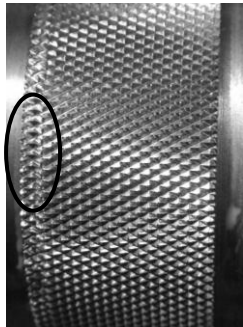


図 37 逃溝部削りすぎ

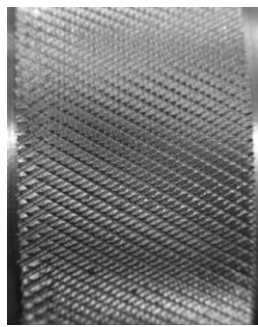


図 38 目のダブリ

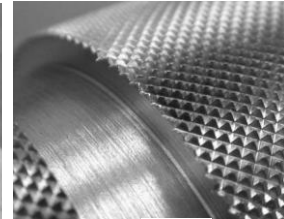
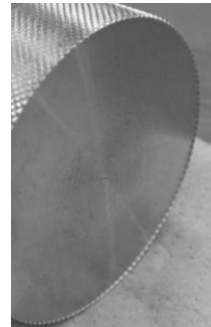
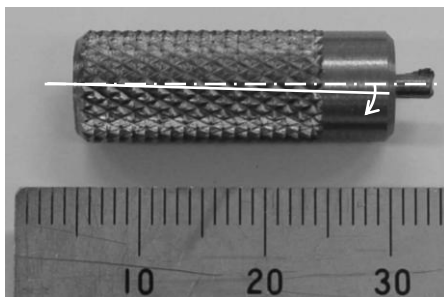
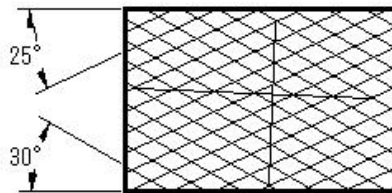


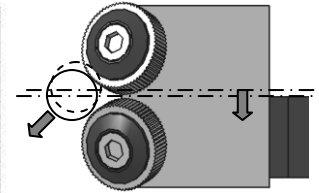
図 39 端部に発生したバリ (a) (b)



(a) 傾いたローレット製品



(b) CAD による傾き検証



(c) 心高さ違いによる加工

図 40 傾いたローレット目とその原因について

#### 4. おわりに

以上切削式工具の構造と特性についてまとめ、切削式工具の特性について論じてきた。転造式工具に比べ多少の調整項目は増えるものの、使用手順に従えば比較的均一なローレット加工が行える工具であることが理解できた。

ここで紹介したローレット加工は、機械加工(旋盤作業)の一要素として、「技能検定」、「技能五輪全国大会」、近年行われ始めた「若年者ものづくり競技大会」などの課題要素として現在も取り入れられている。また、その検定や競技会の中では、切削式工具のように職業訓練の場では見る機会の少なかった工具も使用されるようになってきた。

職業訓練を行う立場の者として、このような工具についても一般的な切削工具と同様に理論的に現象を比較紹介出来るよう努めたいものである。しかしながら、切削式工具のような工具は、企業では既に知識として標準化されていることが多いにもかかわらず、その存在や特徴を知る方法はメーカーから公表されている資料のみとなる場合が多いため、実際に導入しないと実体を掴むことが出来ない。また、そのための投資が必要となり、いろいろな面で後回しにされがちである。

ここで紹介した資料がこれら工具を知り、使用するきっかけとなれば幸いである。

**[参考文献]**

- (1) 田中重芳、旋盤作業<加工技術シリーズ>、産業図書、第6版、1964年7月、P52
- (2) 山田マシンツール、Quick A2ツール取扱説明書、2007年製品購入時添付書類
- (3) 内谷貴幸、切削式ローレット「Quickナーリングツール」の特徴とその活用、山田マシンツール、  
URL:[http://www.yamada-mt.co.jp/knurling/pdf/toolengineer\\_200309.pdf](http://www.yamada-mt.co.jp/knurling/pdf/toolengineer_200309.pdf)、2008年8月30日閲覧
- (4) 株式会社ノアカタログ、ホームル・ケラー社ナーリング・マーキングツール、2007.1.3000、P4



## 付録 切削式工具を汎用旋盤で使うための手順

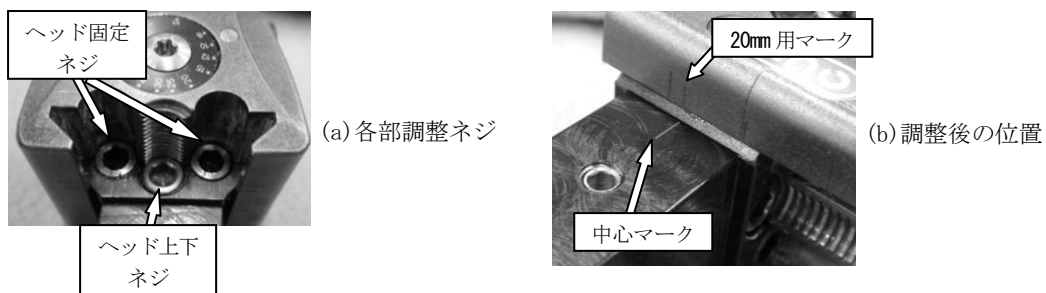
ここでは、切削式工具を汎用旋盤で使うための手順を、取付け・調整、加工に分けて紹介する。

### 1. 切削式工具の準備

切削式工具の駒の取り付け、心高さの調整など基本的な取り扱い、機械への取り付け方法を以下に紹介する。

#### ① 工具の中心位置の設定をする（付図1）。

使用したものは、一般的な旋削用工具のシャンク角 20mm に対応する。ヘッド固定ネジを緩め、上下調整ネジによりヘッドの中心マークを 20mm 用マークに合わせると、シャンク上面が工具中心位置（シャンク底面から 20mm 位置）となる。



付図1 ヘッドの中心合わせ作業

#### ② 使用する駒を取り付ける（付図2）。

駒支持部分はすべり軸受となっている。使用時には切削油がかかり潤滑を行うが、組み付け直後の駒回転時は無潤滑状態となるため、焼付き防止のために極圧添加剤入りの潤滑剤（高濃度モリブデン入り潤滑剤）を塗布して組み付ける。このときに少しでも回転に引っかかりがある場合は、その原因となっているキズ等を目の細かな砥石でラップする。



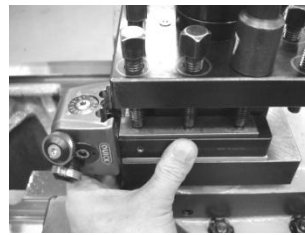
付図2 駒の組み付け作業

#### ③ 刃物台への取り付け（心高さの粗調整、付図3）。

①で工具中心を合わせたホルダを機械に取り付ける。この際には通常のバイト同様に、機械心高さとなるように敷金等を使い高さ調整する。心高さは、ホルダ上面を目安に合わせる。また、ホルダ角度は主軸中心線と直角に合わせるため、ホルダ部側面を四方刃物台の壁に当て取り付ける。通常の片刃バイト等に比べると切削抵抗が大きいためボルトの締め付けはしっかりと行う。また、刃物台もしっかりと固定する。



(a) 敷金による調整



(b) 刃物台壁に当てる

付図3 刃物台への取り付け作業

④ 加工物直径に合わせダイヤル目盛を調整する(付図4)。

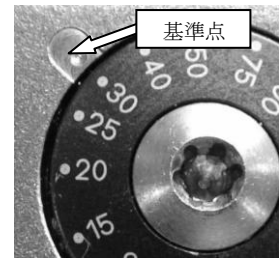
駒支持部品の固定ネジを緩め、ダイヤル目盛を加工物直径に合わせる。調整後固定ネジを締める。



(a) 固定ネジを緩める



(b) ダイヤル目盛の調整



(c) ダイヤル目盛の設定位置

付図4 加工物直径に応じたダイヤル目盛の調整作業

⑤ 心高さの微調整(付図5)。

左右2本のヘッド固定用ネジを一度緩めて少し締める。加工物に駒を近づけて、加工物との間隔を確認しながら上下駒が均等に当たるように上下調整ネジを回して合わせていく(手回しによる接触確認、または、シクネスゲージ使用)。ヘッド固定用ネジを締めると若干上下に動くため、この動きを見込んで上下調整するとよい。



付図5 心高さの微調整作業

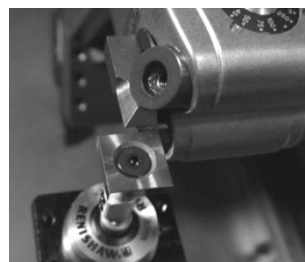
2. 加工

① 直径方向(切り込み方向、X方向)目盛のゼロ合わせをする(付図6)。

通常の刃物と同じように主軸を回転させ、加工物に駒を接触させ直径方向目盛のゼロ合わせを行



(a) 接触位置決め



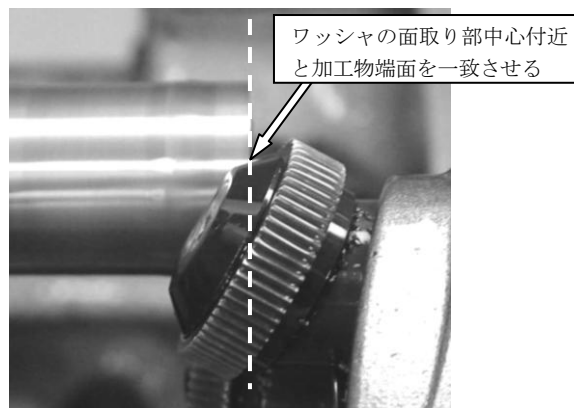
(b) 専用治具による位置決め(CNC旋盤の場合)

付図6 直径方向目盛のゼロ合わせ作業

う(付図 6(a))。切削式ローレット工具に附属している専用治具を使うと、CNC 旋盤に附属している接触式ツールプリセッタで X 方向の長補正值を設定することが出来る(付図 6(b))。

- ② 長手方向(切削送り方向、Z 方向)位置を切削開始端面より 1.5mm 程度内側に移動させる(付図 7)。

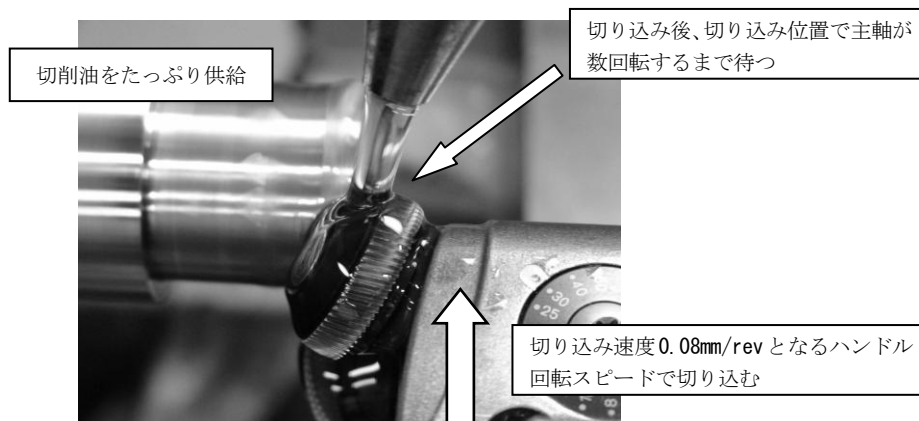
直径方向に切り込みを入れる前に、長手方向位置を付図 7 に示す位置に移動する。付図 7 に示すように駒支持ワッシャの面取り部中央を加工物端面と一直線上になるように合わせると、丁度端面から内側に 1.5mm 付近となる。付図 6(b)に示す附属の専用治具を使い、長手方向(Z 位置)目盛のゼロ合わせ行ってから位置合わせをすることもできる。しかし、汎用旋盤で都度の位置合わせに専用治具を使用することは不合理であるため、あらかじめ専用治具を使って割り出した位置を覚えておき、専用治具による目盛合わせにかえる。目視による位置合わせであるが、慣れることで 1.0~2.0mm 程度の位置決めが可能であり、実用上問題は発生しない。



付図 7 長手方向の位置決め作業

- ③ 駒ピッチ分(直径値)、切り込む(付図 8)。

端面から 1.5mm 内側に移動させた位置で、回転させた加工物に手動操作で駒を切り込ませる。切り込んだ位置で主軸が数回転するまで待つ。このとき、切削油をたっぷりと駒にかける。切り込み速度は 0.08mm/rev 程度であるが、これは自動操作で切り込みを行った時のハンドル回転速度を覚えておき、手動操作でその切り込み速度を再現する。



付図 8 切り込み作業

④ 切削送りを掛ける（付図9）。

切り込み後、自動操作による切削送りを掛ける。切削送り速度は0.08mm/rev程度で行う。このときも、切削油をたっぷりと駒にかける。



付図9 切削作業

⑤ 切削が終了したら逃がす。

目的の位置で切削送りを停止し、切り込んだまま主軸が数回転するまで待つ。その後、工具を直径方向に逃がして（加工物から遠ざける）、主軸を停止させる。