

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

山田マシンツール株式会社 内谷 貴幸

薄肉パイプ・小径シャフトにもローレットが可能

なぜ切削なのか？

「ローレット：roulette」という言葉は、賭博器具のルーレットや裁縫用具のルーレットと同じく回転する器具を意味し、その起源はフランス語にあるようだ。英語では「ナーリング：Knurling」といってギザギザの形状のものを意味する。ここでは、「ローレット」として統一する。

その加工の大半は、いわゆるローレット駒により転造で加工されている。しかし、旋盤による転造塑性加工で行われる“ローレット掛け”は、一見ラフな加工に見えて、安定して加工出来る範囲が少ないことや、加工条件が厳しくなるほどかなりの熟練が必要になるという点で、ユーザーの間では問題になることが多い。

具体的には、ローレット駒による転造加工は

被削材の種類……例えば、ステンレス鋼、樹脂、鋳物、調質材に対しての加工領域が狭い。

ピッチの範囲……粗くなればなるほど条件が厳しくなり、機械によってはロードオーバーになる。

材料の形状……薄肉パイプ形状や細長いシャフトものなど、剛性的に弱い形状のワークを加工するのは困難である。

機械への負荷……塑性加工のため機械へのストレスが大きい。

などが問題視されている。

ここでは、このような問題の発生する事がないスワロフスキーオプティク社（オーストリア）製の切削式ローレット「Quickナーリングツール」について述べる。

Quickナーリングツールの特徴

表1に、Quickナーリングツールシリーズの特徴を転造と比較し、まとめて示す。

表1 転造（押付け）と比較したときの切削式ローレット工具の特徴

	特 徴	メリット	効 果
1	機械へのストレスが少ない	機械寿命の延長	コスト効果
2	加工時間が短い	加工時間の短縮	
3	調整段取りに手間がかからない	段取り時間の短縮	
4	材料はデリケートな樹脂から難削チタンまで可能	多様なワークの加工が可能	品質効果
5	材料への負荷が少ない	加工の安定化	
6	挽き目がきれいで光沢を帯びている	品質向上	
7	山の頂点もシャープに上がる	品質向上	

Quick ナーリングツールシリーズは、旋盤本来の旋削で加工を行うため、その負荷が小さく調整に手間がかからない構造になっている。基本的に押付けタイプに比べて回転数が速い為、加工時間が短い。更には切削面も光沢を帯びていて、山の頂点もシャープに仕上がっているため、塑性変形との違いがはっきりと分かる。加工時間や段取り時間が短縮できるだけでなく、品質そのものを向上させることができる。

それらの長所のみならず、切削式ローレットの最大のメリットは、機械やワークへの負荷を最小限に抑えて

いるところにある。例えば、塑性加工では難しかった薄肉パイプや樹脂へのローレット加工が容易に出来る。実際に、ピッチと同じ肉厚のパイプを加工しているユーザーもある。

また、機種により細長いワークや大型旋盤に載せるワークまで加工範囲が非常に広く、最小径 1.5～最大径 3000mm までの加工ができる。ピッチも min 0.3mm～max 4.0mm と広範囲である。

さらに、材料は樹脂、黄銅、銅、アルミ合金、鉄、ステンレス鋼、チタンなどで、鋳造品、鍛造品、更には調質材（32HRC 程度まで）の加工が可能になり、従来のローレット加工のバリエーションを拡大している。これら全ての要因は、負荷を最小限に抑えている点に特徴がある。

構造と加工パターン

Quick ナーリングツールシリーズは、従来の押付け転造ローレットとカッタ（駒）を材料に切り込んで転がしながら加工するという点では似ているが、根本的にカッタの形状や材料への食付き状態が異なっているために、横送りしながら切屑を出して加工する。写真1に切屑サンプルとそのときの切屑の例を示す。

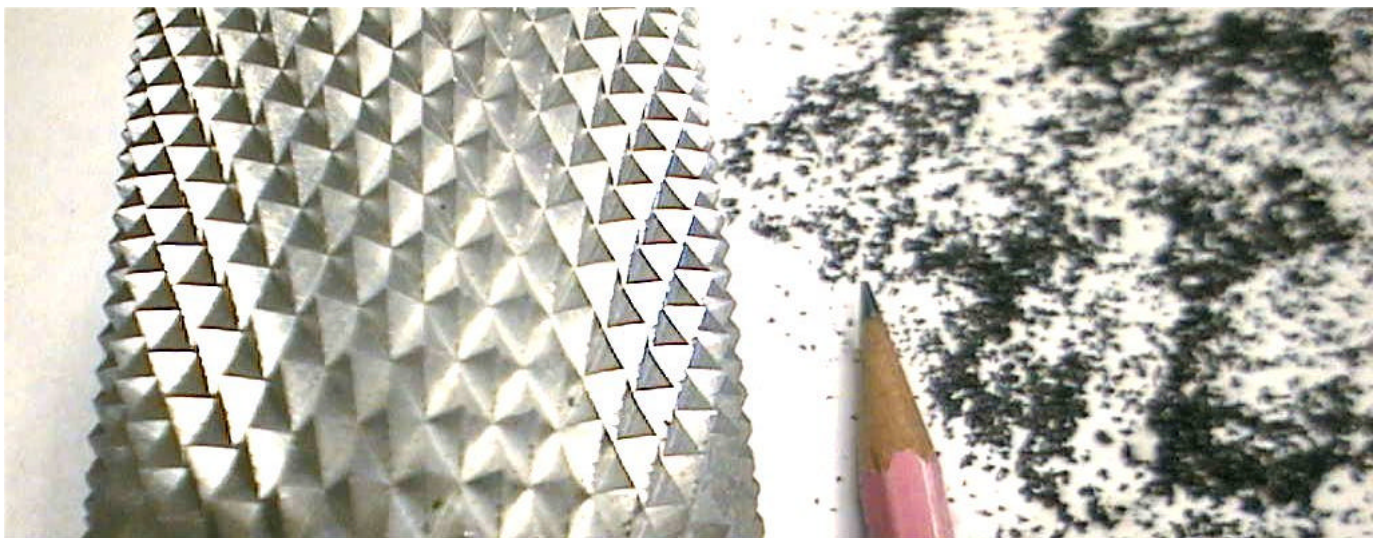


写真1 切屑サンプルと切屑

ツールには大きく分けて3タイプある。取り付けられるカッタの枚数によりシングルホイールタイプ、ダブルホイールタイプ、トリプルホイールタイプと呼んでいる。(図1～図3)。いずれのタイプもカッタの軸を材料に対して30°ねじって取り付けられる仕組みになっている。これは削るのに必要なねじれ角をつくるためである。

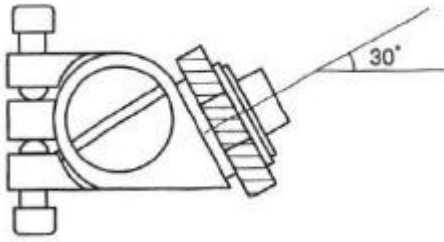


図1 シングルホイールタイプとねじれ角

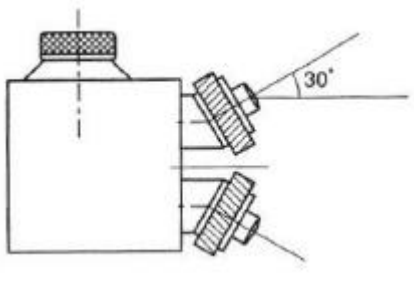


図2 ダブルホイールタイプとねじれ角

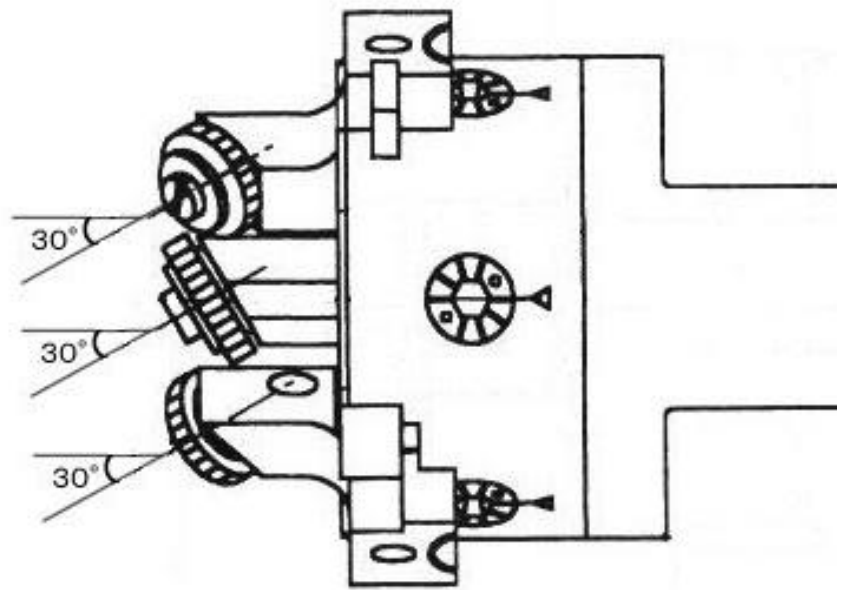


図3 トリプルホイールタイプとねじれ角

例えば、シングルホイールタイプのホルダで平目を加工するときは、図1の通り30°ねじれている台座の上にカッタを座らせるから、芯と平行な目を削るには、逆に30°を相殺するリードをもつカッタを取り付けなければならない。このとき、カッタのエッジに鋭い刃が送り方向にできる。

この刃を切れ刃としてX方向へ切りこむと材料に食い付く。すると材料の回転に同調しカッタも食付きながら回転する。それをZ軸方向に送ることによって、材料が切削される仕組みになっている。

これはダブルホイールタイプも、トリプルホイールタイプも全て同じ構造になっている。ただし、ローレットのパターンによって、この角度が鈍くなったり鋭くなったりするが、基本的には全て同じロジックで削れる仕組みになっている。

これらを応用して、ダブルホイールタイプ (KF 型) やトリプルホイールタイプ (STR 型) は図 4 に示すような俗称 “綾目” の四角目 (Quick ナーリングツールではクロスパターン) や、“菱形目” (同ダイヤモンドパターン) の他、“平目” (同ストレートパターン) も加工が可能である。

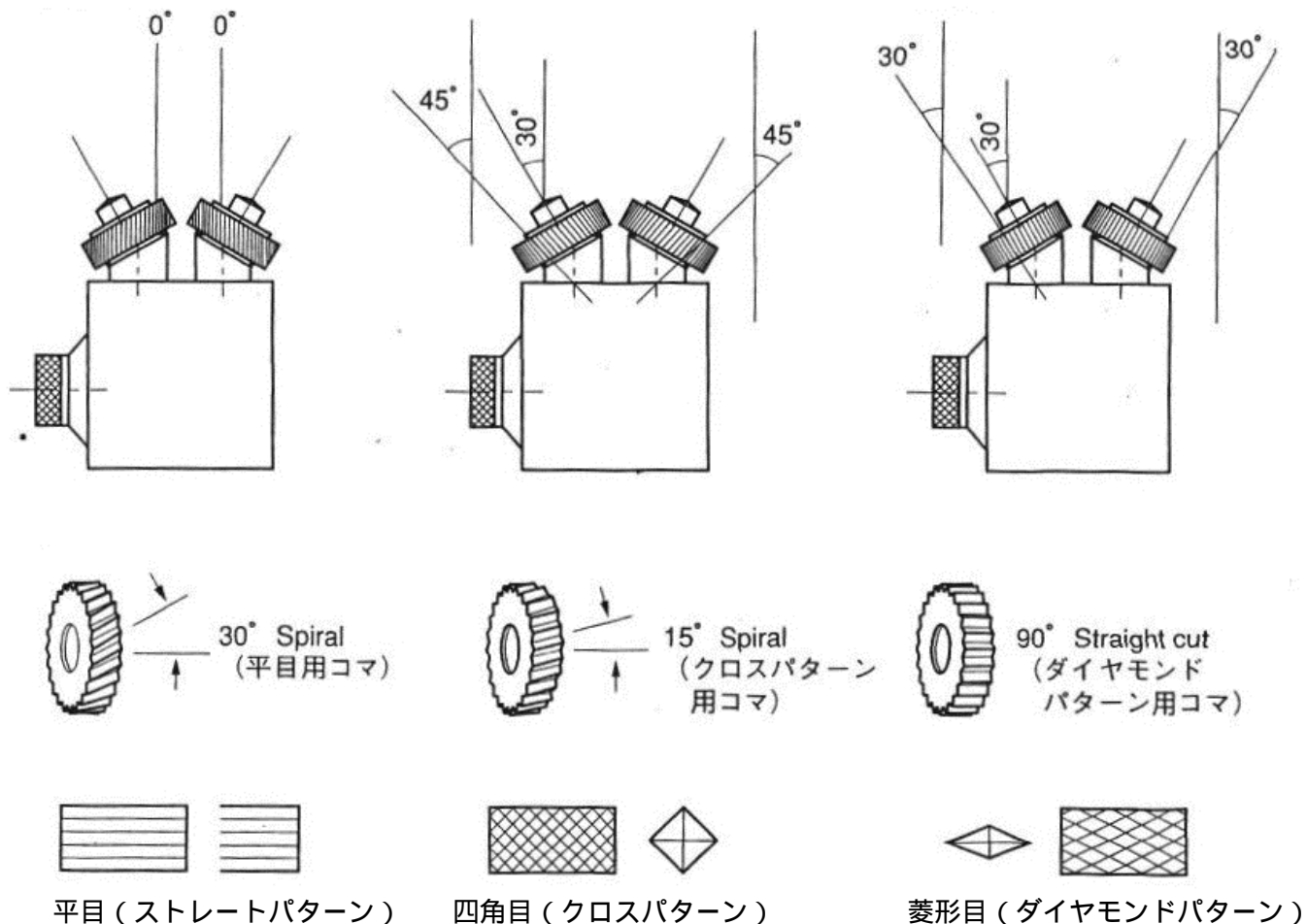


図 4 KF 型の加工パターンのバリエーション

例えば、クロスパターンは 15° のリードをもった右ねじれと左ねじれの組み合わせを 30° ねじれた台座に座らせ、30° + 15° でそれぞれ 45° の左右のねじれが交差し、材料にクロス (十字) 目を削る事が出来る。

菱目は 90° と称しているが、実際はリードの無いカッタ (つまり左右のねじれ無し) を取付方向と垂直 (つまり 90°) に、材料に対して左右 30° のねじれを削る。30° どちらの螺旋の交わりは対向角 60° と 120° の菱形を形成するため、ダイヤモンドパターンと呼んでいる。

アプリケーション

前述した通りQuickナーリングツールは大きく分けて3タイプあるが、それぞれの特徴を簡潔に説明する。

(1) シングルホイールタイプ (FLタイプ)

ストレートパターン、スパイラルパターン用で、外観を写真2に示す。



写真2 シングル (FL) タイプ

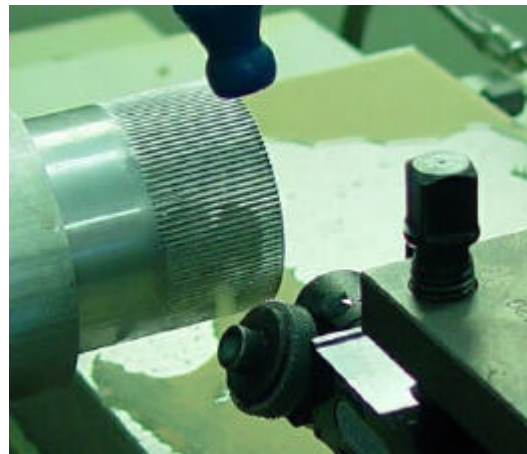


写真3 切削加工中のFLタイプ

この切削式ローレットは、溝を円周上に削っていくので、カッタを一つの材料の上に走らせると、交差の無い1方向の溝を削っていく。主として、平目や斜目（螺旋目）を削るときに、FLタイプを使用する。

このとき、平目はリード角 30° のカッタ、斜目は 45° スパイラルの場合がリード角 15° のカッタ、 30° スパイラルの場合がリード角 $(0^\circ)90^\circ$ のカッタを使用する。

ヘッドはダブルホイールタイプに比べコンパクトで、調整も単純明快である。

写真3に、切削加工中のFLタイプを示す。

(2) ダブルホイールタイプ (KFタイプ)

ダイヤモンドパターン・クロスパターン・ストレートパターン用で、外観を写真4に示す。



写真4 ダブル (KF) タイプ



写真5 切削加工中のKFタイプ

KFタイプは加工パターンのバリエーションに富み、写真に見えるダイヤルの数値を材料径に合わせてることにより、カッタの接点を円弧に対して可変する事が出来る万能性を備えている。

写真5に、切削加工中のKFタイプを示す。

(3) トリプルホイールタイプ (STRタイプ)

菱形目 (ダイヤモンドパターン)・四角目 (クロスパターン)・平目 (ストレートパターン) 用で、外観を写真6に示す。



写真6 トリプル (STR) タイプ



写真7 切削加工中のSTRタイプ

STRタイプは、KFタイプと同じく3パターンの加工が可能だが、写真でわかるように、3つのカッタの中心に材料を導入して加工する仕組みになっている。材料を逃がさずバランスよく削れるため、細長い材料でも均等に削る事が出来る。シャンクの内径に納まる材料径であれば長さの制限はない。また独立三つ爪方式になっているため、セッティングが簡単である。

写真7に、切削加工中のSTRタイプを示す。

以上3つのタイプが、Quickナーリングツールの主なアプリケーションとなるが、この3タイプをそれぞれ加工能力径の範囲に従って4段階にツールを分けている。

なお、ホルダは汎用旋盤、卓上旋盤、自動盤、スイス式NC旋盤、タレット旋盤、NC旋盤、複合旋盤、ターニングセンタ、6軸自動盤、大型旋盤とあらゆる旋盤に取り付けることができる。

機種・ピッチの選定

機種を選定は、4種の加工パターン（ダイヤ・クロス・ストレート・スパイラル）の中から選択して、さらには、材料径、機械の種類、ピッチによって行う。

ピッチは、図面によって様々な呼び方をするので、ユーザーの間で混乱することが多い。Quickナーリングツールでは、ピッチは山（溝）の中心間の距離をmmで表している。

その他に、inchとモジュール(m)の表示がある。

inchは番手といって1inchの中にいくつ山があるかという表わし方で、通常20番、#20、またはNo.20というような、2桁の番号で表わしている。

例えば40番をmmピッチに換算するには、

$$1 \text{ inch } (25.4 \text{ mm}) \div 40 = 0.635 = 0.6 \text{ mm}$$

と近似値換算する。

またモジュールmとはピッチ円（ローレットの山と谷の中心線）から外径までの距離を表わしていて、それに円周率を掛けるとmmピッチに換算できる。例えばm(モジュール) = 0.2のとき、

$$0.2 \times 3.14 = 0.628 = 0.6 \text{ mm}$$

という様に近似値換算する。

パターン別用途とピッチと深さの関係

切削加工されたローレット目の用途は、部品内容によって千差万別であるが、基本的な用途としては、摩擦係数を上げてすべり止め用がある。インサート部品に使用する場合、平目は主に円周方向にグリップするため回り止めに、“綾目”は円周方向、スラスト方向両方にグリップするため抜け止めに使用する事が多い。

基本的には、円周方向の回り止めやスラスト方向の抜け止めは、引っ張ったり回したりと試験をする事によってグリップする力が決定し、それによってピッチや深さが決められる。したがって、ローレット径が大きいほどピッチが粗く、当然溝が深い傾向にある。

ローレットのピッチと溝の深さの関係は、基本的に溝角度が90°のとき2：1になる。

図5に、ピッチと角度の関係を示す。

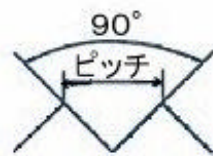


図5 ピッチと角度の関係

カッタに関して

切削式ローレットでは、刃先が尖っていることが重要である。したがって、どの大きさのカッタの刃先も、いわゆるピンカドに仕上げてある。そのため、材質としては靱性のあるハイスを使用している。超硬も試験的に製作することもあったが、やはりコストや靱性の面で問題があった。

また、比較的負荷が大きくリードが大きい平目は欠損トラブルが多かった。また粘り強さの限界としてピッチは細かいものに、材料も抵抗の少ないアルミニウム等に限定されてしまう様だ。

Quickナーリングツールでは寿命を伸ばす手段としてカッタ表面に、硬さを増し、耐摩耗性に優れたコーティングを施している。刃先形状がややR化することや材料との相性の問題はあるが、一部のユーザーではかなりの効果を上げている。

コーティング材種は、Quick-DURシリーズとしてTiCNを使っているが、相性を考慮して、TiNを使用する事もある。

写真8に、コーティングカッタQuick-DURを示す。



写真8 コーティングカッタ「Quick-DUR」

クーラントは必要条件

Quickナーリングツールは、カッタが回転している材料に食付きそれに同調して回転するが、その軸はブッシュで受けているため、滑りの摩擦熱が発生する。そのためにクーラントが必要条件となる。水溶性または油性の切削液をカッタの中心にかけることにより、ブッシュが熱膨張しカッタの内径に食付く、いわゆる焼き付きの防止となる。

また、ホルダに付属している潤滑剤の「モリコート」をブッシュに塗ることによっても焼き付きは防止できる。

クーラントはそれ以外にも切屑を洗い流すため目詰まりを防止したり、刃先の発熱を防止するので Quick ナーリングツールの寿命を延ばす要因にもなっている。

写真9にQuickナーリングツールによるローレット加工でのクーラントのかけ方を示す。



写真9 クーラントのかけ方

ダブらないローレットの仕組み

基本的にローレットは、外周をピッチで割り切れなくてもダブらない仕組みになっている。これは、加工するカッタと加工される材料の山形状のギャップに吞まれてしまうからだ。

基本的にカッタの山角度が90度で成形されていても加工する溝は加工誤差により鈍角になる。つまり出来あがる材料の方は山角度も谷角度も互いに大きくなり、ピッチが伸びてしまうのだ。

ある程度の切り込みを入れれば、カッタが材料に同調して回転している間に、1周の山を均等化し、割り切れない余りはそのギャップ中に吸収されてしまうのである。

しかし、ある程度（基本的に6～7割）の切り込みが得られないと、材料側のローレットのランド（山頂の平らな部分）が広くなるため、そこにカッタの山（刃）が刺さり易くなったり、食い付きが不足しているためびびり（振動）が生じたりしてダブリやすくなってしまう。

また、材料が振れていたり、ツールや材料の突き出し量が大きいと、問題はより大きくなる。

最後に、切削式ローレットでセレーションも削れるのではないかと質問がよくある。これは先ほど述べた通り、形状に問題があるため不可能である。そこが、歯切りとローレットとの大きな違いである。