

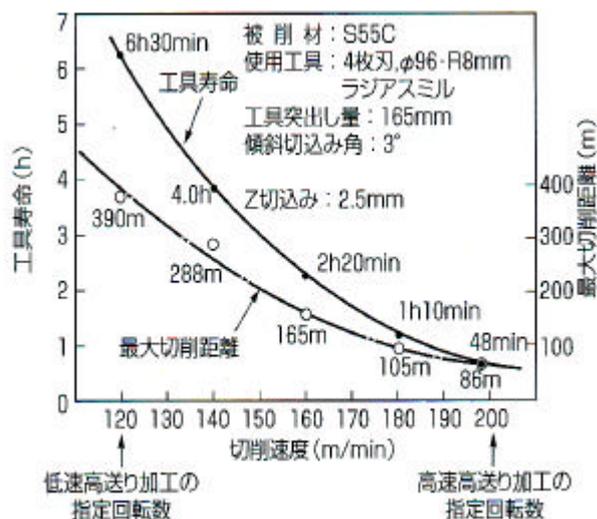
古い従来NCマシンを高速NCマシン並に活かす 『低速高送り加工』の基礎と事例紹介

The foundation of "Low-Speed High-Feed processing" and case introduction that utilize old NC machine just like a high-speed NC machine.

低速高送り加工が平成14年4月に日刊工業新聞で発表されて2年が経過した。この加工工法は高速高送り加工と違い低速回転で切削工具を回転させるが、削り深さはやや深く切込み、1刃切削量が5倍～10倍大きいため、高剛性エンドミルを使用する。高速NCマシンに負けない切粉排出量が得られる。金型メーカーにまだ数多く保有されている旧NCマシンが活用できるとなれば、日本の金型メーカーにとっては、大きな朗報となることは間違いない。勿論、高速NCマシンでも低速回転まで主軸回転数を下げて、低速高送り加工を採用すればより大きな効果が期待できる。

低速回転にするほど工具寿命が長くなる

右図のグラフは切削送り速度を一定値として、周速(回転数)のみを変化させた時の工具寿命の変化の事例である。周速200m、工具回転数663RPM、切削送り速度F1724で加工すると工具寿命は僅か48分だが切削送り速度F1724を一定に保ち周速120m、回転数398RPMまで下げてゆくと工具寿命はぐんぐんと伸び、6時間30分に飛躍的に伸びる。これが低速回転で加工した時のメリットである。この点に着眼したのが低速高送り加工である。



低速回転にするほど切削温度が低くなる

切削速度 180
1刃切削量 0.72
切削速度が大きいため、高い切削熱が発生。切粉が高温 400 度で青く変色している。



切削速度 55m/分
1刃切削量 2.0
切削速度が低いため、切削熱は低い。切粉がきつね色に変色 200 程度と推定される。

1刃切削量は 0.72 2.0 と 2.9 倍に増大するが熱発生の影響は少ない。低速高送り加工で工具寿命が伸びる理由は切削温度が低くなるため、工具刃先の短寿命原因となる高熱でのヒートクラック等の悪影響が低速切削で軽減できるためと考えられている。

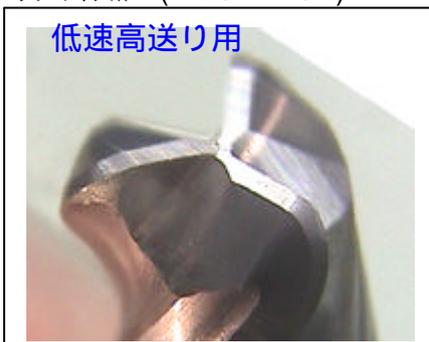
1. 古い従来NCマシンを高速NCマシン並に活かす具体的方法

(1) 主軸回転数が低くても高送り加工ができる工具を採用する。

古い従来NCマシンでは主軸回転数が低いため、切削送り速度を高速マシン並に維持すると1刃切削量が大きくなり過ぎて工具刃先限界強度を超えるため

通常の工具では破損してしまう。この点の問題を回避するため、刃先強度の大きなエンドミルを採用する。結果として、低速高送り加工になる。

ラジアスミル (20 ~ 0.4)



ハイパーラジアスミル

ボールエンドミル (20 ~ 1.0)



Bゼロ ボール

上図工具は 当社と BTT 社で共同開発した低速高送り加工用工具の一例です。

- (1) 切削送り速度を上げると加工形状不良を起す問題を NC データで改善する。
 『切削送り速度を上げると、切削が追従できずガクガクした動きやピン角のコーナ部で角ダレ、食込み現象を起す』問題を NC データで改善する。

対策 1 . NC データ作成時のデータ密度が高過ぎるため、数値制御装置の演算速度が間に合わないことが原因。荒取 ~ 仕上加工の加工精度に見合うレベルに NC データ 作成密度を下げ、粗くすることで 演算負荷を軽減する。
 (ダイナミックドライブ法と呼ぶ)

対策 2 . 形状部のシャープなコーナでは 古い CNC マシンでは 切削送り速度 F600 位までしか 追従できない。NC マシンの追従限界を超える形状 R を加工する場合には コーナ減速を NC データ上に盛り込む。

2. 加工事例紹介

19 年昔の性能の低い古い CNC マシンを 高速、高精度で 加工した事例紹介。

19 年前の 性能の古い OKK NC マシン



加工機 OKK - MELDAS M2
 1984年製 最高回転数 S3500
 演算速度の遅い制御装置のため
 高速切削送りは出来ず困っていた

従来工法で仕上加工した キャビ形状
 材質 HPM7 硬さ 33HRC 寸法 205 x 138 x 40^H



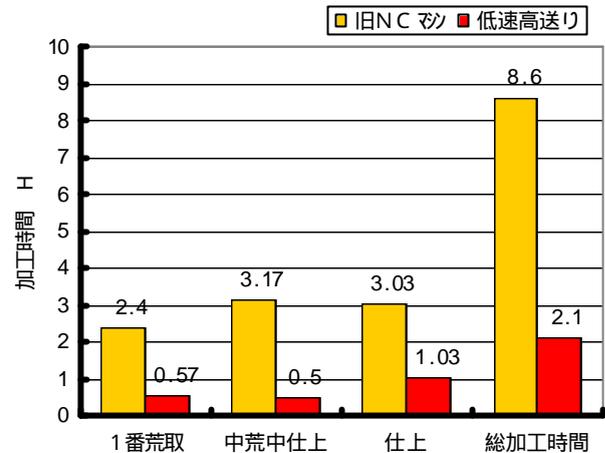
R8 超硬ボール (2 枚刃) 加工 3 時間 02 分
 回転数 3500 切削送り速度 1200 Z 切込
 0.55 平面ピッチ 0.55 等高線 + 走査線往復
 1 刃切削量 0.17 mm

低速高送り加工で仕上加工したキャビ形状



R8LHボール(3枚刃) 加工 1時間02分
 回転数 3500 切削送り速度 3600 Z0.49
 平面ピッチ 0.40 擬似等高線加工 f0.34

古いNCマシンの活用結果
 現状の加工時間を75%短縮できた



金型メーカー NC加工技術者の感想 (EGS社坂本氏)

まず先に分かる事は切削送り速度の違い。19年も昔の最高回転数 S3500しか回らない古いNCマシンで 切削送り速度 F3600 で 本当に加工できるとは 夢にも思わなかった。マシンの動きは 高速マシン顔負けの 速さである。実際に 自分の目で見るとまでは 信用できなかった。加工時間は 何と現状の 1/4 の 2.1時間である。この一番古い工作機で 当社の一番早い高速回転仕様機マキノGF8よりも 切粉排出量が多かった。仕上面品質は 非常に良い。現状品レベルを 凌駕した結果が得られている。仕上面の良さは 新工法(低速高送り加工)に従った NCデータと削り方を 忠実に守った効果であると感じている。

仕上加工で 1刃切削量 0.34mmが 問題な《維持でき 加工終了後の刃先磨耗はほとんど分からない状態だった。もっと大物金型でも 1本の工具で磨耗を気にせずに 仕上ができると 楽しみにしている。工具だけを 手に入れて 自分流でやっていたら このような 結果を出すのは 不可能だったと思う。低速高送り加工と新工法ノウハウは 金型メーカーにとって 革新的な 技術であると感じた。

しかも、金型に必要な高硬度材の加工も従来の常識を破り、サクサクと削れる。放電加工や高速NCマシンによる加工法以外に、回転数の上がらない旧NCマシンで加工できる新切削法として、多くの金型加工事例で 実証されてきている。炭素鋼 12HRCから高硬度材 65 HRCまで高能率に加工できるため、高速NCを購入せずに済むメリットがある。

高速高送り加工と低速高送り加工の比較

加工技術	工具回転数	切粉排出量	使用工具径	工具寿命	深彫加工	金型サイズ
高速高送り加工	高い		10以下			小型
低速高送り加工	低い	~	100~ 0.5			大物~小型

低速高送り加工の利用効果

1. 古いNCマシンが 高速マシン並に 活用できる。
2. 硬さ60HRCの高硬度材でも 2000回転の以下の低速回転速度で 能率よく切削加工ができる。放電加工レスがより進む。
3. 高速高送り加工では難しかった 長い工具突出長を必要とする細くて深い形状を ビビリが非常に少なく 高能率加工が可能となる。
4. 従来、数回に分けて荒取から仕上まで仕上代を徐々に小さくして最終仕上加工まで持っていった加工工程を1工程に圧縮できる。
加工工程省略が実現できるため、加工時間の大幅短縮とリードタイム短縮で 大幅納期短縮が 実現できる。
5. 工具寿命が低速回転による低発熱効果で従来の2倍～5倍に延びる。
6. 加工精度が向上し、荒取加工から仕上加工まで広く応用できる。
7. NC加工後の仕上面のミガキがより短時間で出来るようになる。
8. 中型金型以上では 金型組立調整時に 手作業によるPL面のサンダーミガキを必要としていたが 工具磨耗が少ない高精度加工を実現できるため、PL面のサンダーミガキを実現できるようになる。
9. 総合的效果として、従来加工の金型加工コストを30%～50% コストダウンすることができる。
10. 金型サイズが大きくなればなる程、合理化効果が大きくなる。
11. 適用金型は プラスチック金型、プレス金型、ダイカスト金型、鋳造金型 等あらゆる金型に応用ができる。