

実践報告・資料

NC旋盤における工具性能および加工工程の改善

浜松職業訓練短期大学校 加藤好孝

Improvement of The Tool Efficiency and Work Processing by NC Lathe.

Yoshitaka Kato

要約 切削加工技術も本格的なFMS時代を迎えようとしているが、切削工具の高性能化と加工工程の最適化が増々望まれている。

「機械技術」1988年8月号臨時増刊によると1978年から1986年の8年間に国内における工具材種であるコーティングとサーメットが2倍伸び、その反面、セラミックスが横ばい、超硬合金が43%の減少となっている。

そこで今回、需要が伸びているコーティング、サーメットと需要が減少している超硬合金について工具性能がどのように違うのか、工具寿命の実験を中心に比較、考察したので報告する。

従来の工具寿命実験は単に長い丸棒を連続的に加工して逃げ面摩耗幅VB値を求めることが多いが、本実験では5種類の部品加工を行い、実際の加工作業をしながら実験したので現実的で臨場感のあるデータと考えられる。

また、加工工程では生産現場で要求される諸条件等を考慮し最適条件で加工すべきであるが、試し加工時に発生した問題点の改善前と改善後の事例について報告する。

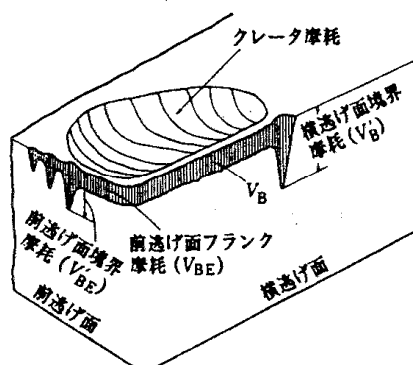
I はじめに

切削加工技術も本格的なFMS時代を迎えようとしている。FMSの有効的活用にインパクトを与えるものとして切削工具の高性能化及び最適な加工工程の決定が挙げられる。

最近ではNC旋盤、マシニングセンタ等の進歩、普及はめざましいものがあり、それらと相まって切削工具のコーティング、サーメット、CBN等は大きな進歩を遂げ加工能率向上に大きく寄与している。

そこで今回、従来から使用されているP系列超硬チップと最近、需要が多いコーティングチップ、サーメットチップについての工具性能がどのように違うのか工具寿命の実験により比較、考察し、さらに仕上切削に使用されるサーメットチップが加工部位により面粗度がどのように違うのか実験により比較、考察した。

従来の工具寿命実験は単に長い丸棒を連続的に加工して逃げ面摩耗幅VB値(図1参照)を求めることが多いが本実験では5種類の部品加工を行い、実際の加工作業を

図1 工具摩耗の模型⁽¹⁾

しながらVB値を求めたので、より現実的なデータであると考えられる。

また、加工工程においても現場で要求される諸条件等を考慮し、最適条件で加工すべきであるが、試し加工時に発生した問題点の改善前と改善後を事例として取り上げ、報告する。

I. 1 国内における工具材種の需要の変化⁽²⁾

図2によると1978年から1986年の8年間にサーメットとコーティングが2倍伸び、その反面セラミックスがほぼ横ばい、超硬合金が43%の減少となっている。

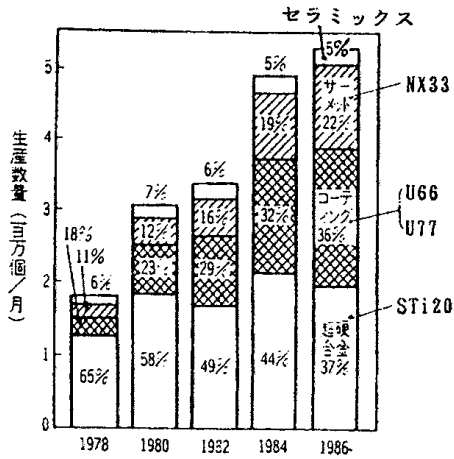
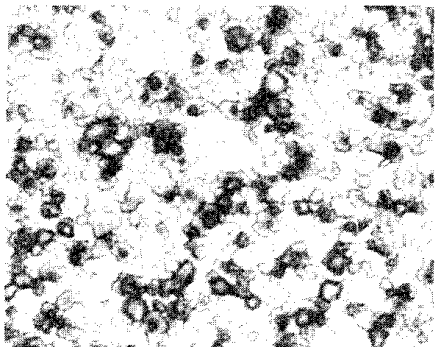


図2 日本国内における工具材料の需要の変化

I. 2 実験に使用する工具材料の組織

図3はP系列超硬合金の組織⁽³⁾を示す。



P.M系列材種(WC+TiC+TaC+Co系)

図3 P系列超硬合金の組織 (三菱金属)

図4はコーティングチップU66の組織⁽⁴⁾を示す。

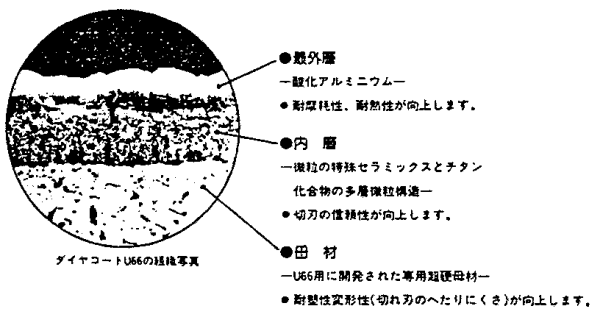


図4 コーティングチップU66の組織 (三菱金属)

図5はコーティングチップU77の組織⁽⁵⁾を示す。

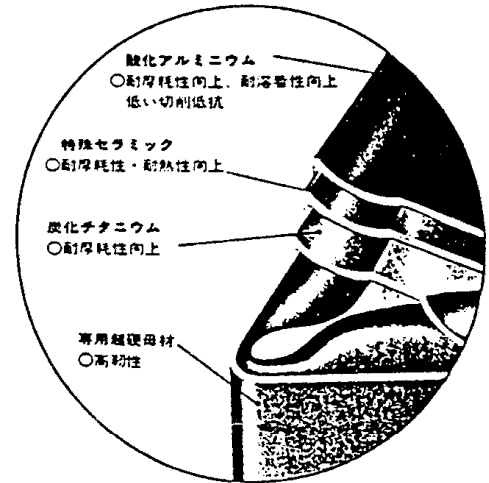


図5 コーティングチップU77の組織 (三菱金属)

図6はサーメットチップNX33の組織⁽⁶⁾を示す。

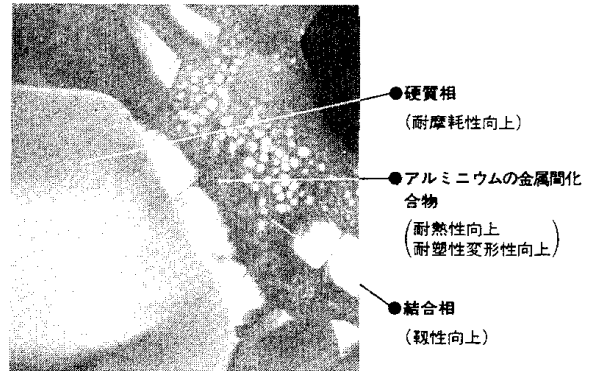


図6 サーメットチップNX33の組織 (三菱金属)

II. 工具寿命及び表面粗さに関する実験

II. 1 実験方法

地元工作機械メーカーの協力で5種類の部品 (図7、図8、図9、図10、図11参照)を1ロット100個合計500個を表1に示す工具を使用し、同一切削条件により切削加工した。プログラミングは荒削り固定サイクル、ねじ切り固定サイクル、自動ノーズR補正を使用した。被削材はすべてS45Cとし、各工具材種が切削時間別にどのように逃げ面摩耗幅V_B値が変化するかを1/100mmデジタルノギスで測定し比較考察する。

従来の工具寿命実験は単に長い丸棒を連続的に加工して逃げ面摩耗幅V_B値を求めることが多かったが、本実験では部品加工を行い、実際の加工作業をしながらV_B値を求めたので、より現実的なデータであると考えられる。

また、面粗度Rmaxについてはサーメットチップを使用することで切削時間及び加工時間別にどのように変化するかを表面粗さ測定機により測定し比較、考察した。

II. 2 実験結果および考察

II. 2. 1 切削時間と切削工具別の逃げ面摩耗幅 V_B 値の関係

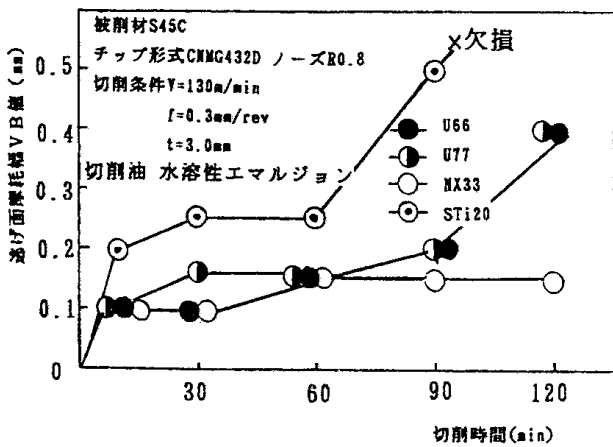


図12 逃げ面摩耗の進行曲線

図12に示す切削条件でコーティングチップU66、U77は正常摩耗であり、工具寿命は120分である。

90分までは摩耗の進行が遅く90分を越すと30分後に摩耗が進行して寿命となった。また、120分までの切屑形態は2~3巻であり良好である。

サーメットチップNX33の初期摩耗はコーティングチップとほぼ同じ0.1mmを示し、その後120分まで0.05mm摩耗が進行したにすぎず特に耐摩耗性が優れていることが確認できた。

切屑形態は2~3巻でコーティングチップとほぼ同じである。

P系列超硬チップSTi20の初期摩耗は0.2mmを示し、60分を越すと急激に摩耗が進行し、0.5mmとなった。切屑形態は60分までは3~4巻であり、寿命になる頃では連続形に変化した。

II. 2. 2 切削時間と面粗度Rmaxの関係

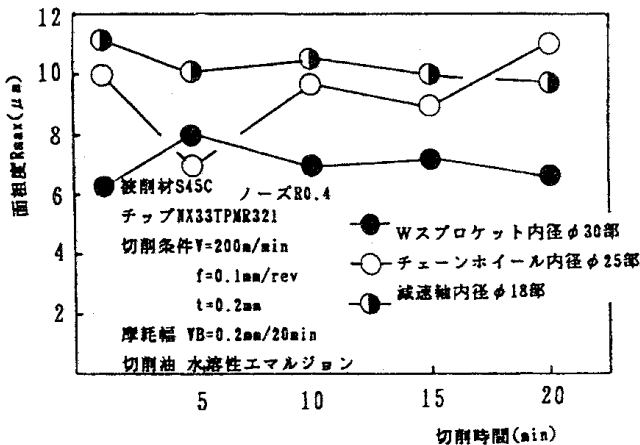


図13 切削時間と面粗度Rmaxの関係 (内径)

図13は内径の面粗度を測定し、比較した結果を示す。Wスプロケットφ30部が最も良好である。

チェーンホイールφ72部はばらつきが大きくRmax=7~11μmで4μmの差である。

減速軸φ18部はばらつきがRmax=1.1μmと小さいが面粗度が最も悪かった。原因はボーリングバーの剛性の弱いことが影響したのと考えられる。

Rmax平均値	Wスプロケット	7.1μm
	チェーンホイール	9.4μm
	減速軸	10.2μm

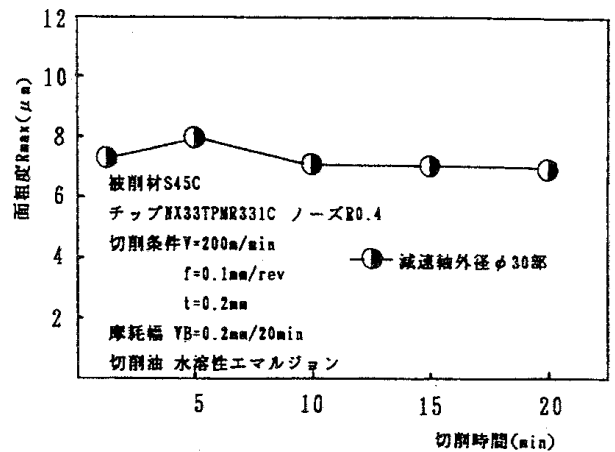


図14 切削時間と面粗度Rmaxの関係 (外径)

図14は外径部の面粗度を測定した結果を示す。

切削開始後30秒が面粗度Rmax=7.8μm、20分後がRmax=7.0μmでありばらつきが小さく安定した結果が得られた。

Rmax平均値	減速軸	7.4μm
---------	-----	-------

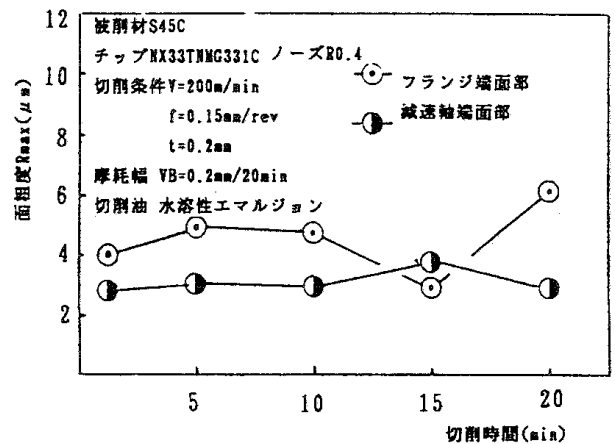


図15 切削時間と面粗度Rmaxの関係 (端面)

図15は端面部の面粗度を測定し比較した結果を示す。

フランジ端面部はばらつきが大きく $R_{max}=3\sim 6\mu m$ で $3\mu m$ の差である。

減速軸端面部ではばらつきが小さく、 $R_{max}=2.8\sim 3.5\mu m$ で $0.7\mu m$ の差である。

フランジの面粗度が悪い原因はツーリングセット時にスローアウェイホルダを脱着した時に位置がずれ(0~3°の範囲)横切刃角が大きくなったものと考えられる。

Rmax平均値	フランジ	4.5 μm
	減速軸	3.0 μm

III. 加工工程の改善による工具欠損防止、寸法精度の向上及び加工時間の短縮

III. 1 端面部荒削り時の工具欠損防止

工程の問題点 (端面部荒削り時の工具欠損)	
改善前	改善後
<p>×印のところでチップ破損(20分後)コーティングU77</p>	<p>工具寿命は120分となったコーティングU77</p>

図16 端面部荒削り時の工具欠損防止

図16に端面部荒削り時のカッターパスの改善例を示す。改善前ではバイトを早送りで①まで接近させ、次に、端面を切削する工程であるが、削り始めて20分後にバイトが外径と接触する瞬間に欠損し切削不能となった。

原因は被削物の外径が黒皮であり、切削面よりも硬いためと考えられる。

改善後ではバイトを早送りで①まで接近させ、次に外径軸芯方向へ切削する工程に変更した結果コーティングチップU77は120分の寿命となった。

切削条件は改善前後とも同一の切削速度 $V=130m/min$ 、送り $f=0.3mm/rev$ 、切込み $t=3mm$ である。

III. 2 ヌスミ部切削時の工具欠損防止

工程の問題点 (ヌスミ部切削時の工具欠損)	
改善前	改善後
<p>③でチップがびびり振動のため破損した サーメットNX33</p>	<p>②から③までテーパ切削に変更したところ100個切削可能となった($VB=0.2mm$) サーメットNX33</p>

図17 ヌスミ部切削時の工具欠損防止

図17にヌスミ部切削時のカッターパスの改善例を示す。改善前では②から③へ軸直角方向に $0.5mm$ 切り込んだ時点でサーメットチップが欠損した。

原因はボーリングバーのびびり振動のためと考えられる。

改善後では②から③までをテーパ切削に変更したところチップの同一刃先で100個切削ができた。

切削条件は改善前と改善後も同一の $V=200m/min$
 $f=0.1mm/rev$ 、 $t=0.2mm$ である。

III. 3 テーパ状態発生防止

工程の問題点 (テーパ状態発生)	
改善前	改善後
<p>内径$\phi 18$部の40mm奥で内径が$0.03mm$小さくなった サーメットNX33</p>	<p>内径40mm奥で$\phi 18.04$にプログラム変更した結果、内径寸法差は$0\sim 0.005mm$となった サーメットNX33</p>

図18 テーパ状態発生防止

図18にテーパ状態発生の改善例を示す。

改善前では内径 $\phi 18^{+0.018}$ が入り口で $\phi 18.01$ 30mm奥では $\phi 17.98$ となった。

原因は小径ボーリングバーのためシャンク部が切削抵抗によってたわみが生じ、刃先が逃げたものと考えられ

る。

改善後では内径40mm奥でφ18.04となるようにプログラム上で変更したところ、入り口と40mm奥の寸法差は0～0.005mmとなった

切削条件はV=200m/min、f=0.1mm/rev、t=0.2mmである。

III. 4 生爪チャック部の加工改善

工程の問題点 (生爪チャック部の精度不良)	
改善前	改善後
<p>内径振れ 0.01~0.02 (mm) 面振れ 0.04~0.06 (mm)</p> <p>生爪交換のみで無修正の場合</p>	<p>内径振れ 0.004~0.006 (mm) 面振れ 0.005~0.01 (mm)</p> <p>チャッキング部を0.2mm切削修正した場合</p>

図19 生爪チャック部の加工改善

図19に生爪チャック部の加工改善例を示す。

改善前では部品の面振れ0.04～0.06mm、外径の振れ0.01～0.02mmであった。原因は黒皮丸棒をチャッキングした際のチャッキング部の変形、爪の取り付け、取り外しによる位置のずれ等が考えられる。

改善後では生爪に成形用リングをチャッキングし、バックラッシュを除去した後にチャック部の内径、端面を0.2mm切削修正したところ部品の、外径の振れが0.004～0.006mm、面振れが0.005～0.01mmとなった。

III. 5 穴あけ(ドリリング) 工具の改善

工程の問題点 (穴あけ工具選択の不適当)	
改善前	改善後
<p>高速度鋼ドリル</p> <p>φ25 46 58.3 8.3</p> <p>V=25m/min f=0.15mm/rev 加工時間84秒 心もみ必要 切屑形態 </p>	<p>スローアウエイドリル</p> <p>φ25 46 50 2</p> <p>V=120m/min f=0.15mm/rev 加工時間13秒(1/6に短縮) 心もみ不必要 切屑形態 </p>

図20 穴あけ工具の改善

図20に穴あけ(ドリリング) 工具の改善例を示す。

改善前では高速度鋼SKH9のドリルφ25を使用して穴あけを行ったが、切削送りの距離は58.3mmであり、さらに穴あけ前に心もみが必要となる。また切削速度はV=25m/minと遅く、排出される切屑形態も連続形で続くためステップフィードをプログラム上で実行する等、非能率的であった。

原因は切削速度の遅い高速度鋼ドリルを使用したためである。

改善後ではスローアウエイドリル(U77)を使用したところ、切削速度を5倍に上げることができた。

また、心もみが不必要となり、切屑形態も1巻で処理性能がよく、切削送りの距離も8.9mm短縮することができた。加工時間は高速度鋼ドリルで84秒を要したが、スローアウエイドリルは13秒で加工でき1/6の時間短縮となった。

III. 6 機械温度変化による寸法精度の管理

工程の問題点 (機械温度変化による寸法精度不良)	
改善前	改善後
<p>φD H7 +NG</p> <p>電源停止後、主軸が冷却し、下降するため再スタート時に、寸法公差はプラスNGとなった</p>	<p>φD H7 マイナス公差</p> <p>再スタート時に、工具補正値をマイナス0.1mm入力し、主軸温度が安定するまで数回繰り返す</p>

図21 機械温度変化による寸法精度の管理

図21に機械温度変化による寸法変動の改善例を示す。

改善前では内径仕上切削を繰り返し行い、寸法公差内であっても電源停止後15時間程度経過した後に再度切削を開始すると内径寸法が直径で0.01~0.02mm程度大きくなり公差から外れる傾向があった。

原因は主軸が冷却し下降したためと考えられる。

改善後は再度切削を開始する場合、工具補正値を0.1mm小さくなるように補正し、主軸温度が安定するまでの間、補正の変更を数回繰り返すと加工精度が安定した。

IV. まとめ

最近、自動化、コストダウン等で需要が多いコーティングチップ、サーメットチップはP系列超硬チップと比較すると

- (1) 工具寿命に2倍以上の開きがあった
- (2) チップ交換のロス時間の節減ができた
- (3) チップの摩耗に2倍以上の時間を要するために工具費節減に効果があった。
- (4) 切り屑のショートカット化で安全性の確保ができた。以上のように需要が伸びている裏付けが確認できたものと確信する。

サーメットチップによる仕上面粗度Rmaxは摩耗の影響が極めて少ないものと考えられる。

これは、被削材に対する親和性が低いこと、また、切削油剤に水溶性エマルジョン切削剤を使用し、刃先を常に冷却し、切削時の刃先温度上昇が抑制され、サーメットチップの硬度も軟化しにくくなり、構成刃先の生成と逃げ面摩耗の進行を抑制するものと考えられる。

加工工程の改善に関する項目をまとめると次のようになる。

- (1) 端面部荒削り時のチップリングは最初、長手Z軸方向に切削することで改善できた。
- (2) ヌスミ部切削時のチップリングは工具経路をテーパで切込みを入れることで改善できた
- (3) 内径テーパの発生は穴の奥で寸法が小さくなるので寸法公差より小さくなった数値だけプログラム上で加算変更することで改善できた
- (4) 生爪チャック部の心振れは生爪交換時にチャック部を約0.2mm切削修正することで改善できた
- (5) 穴あけは高速度鋼ドリルをスローアウエイドリルに変更したところ、加工時間が1/6に短縮でき工程も簡略化し、切屑形態も連続形から1巻に改善できた。
- (6) 機械温度変化による寸法精度の変動は機械始動時

に工具補正機能を使用し、寸法精度が安定するまでの間、数回寸法補正を入力することで改善できた。

加工工程の問題点は、考えられる原因を確実に把握することで解決の糸口とした。

特に切削条件に関するトラブルは工具メーカーから出版される総合カタログの中のトラブルシューティングや推奨切削条件、技術ノウハウ等を利用して実践的技術を向上することが可能である。

しかし、生産現場で起こる諸問題は自から、いろいろな実験を通して解決していく姿勢が必要と考える。

(注)

- (1) 加工技術データファイル1 財機振興協会技術研究所 1976年 P5
- (2) 野村 俊雄：機械技術，日刊工業新聞社 1988年 8月号 臨時増刊 P4
- (3) 三菱金属総合カタログ，三菱金属 1987年 2月 P15
- (4) ダイヤタニットニュース，三菱金属 1980年 10月 No.173
- (5) ダイヤタニットニュース，三菱金属 1980年 10月 No.147
- (6) 三菱金属総合カタログ，三菱金属 1987年 2月 P12