

一般研究

1 高硬度焼入鋼のエンドミル加工における加工精度と加工面特性の研究 (第1報)

機械部 後藤幸臣

1 はじめに

従来まで、切削加工では不可能とされていた高硬度材の加工も、CBN 焼結工具により、施削のような連続切削では可能となり、その能率の良さから実用化されている。ただし、エンドミル加工のような片持ち断続切削で細長比の大きい工具では、欠損発生等種々問題がある。

一方、プレス金型や精密機械部品等に多用される焼入鋼等の高硬度材の加工において、エンドミル加工が可能となれば能率の良さからそのメリットは大きいものがある。

最近、加工機の剛性、精度が向上するとともに、高硬度材加工用と称した新種の超硬材のエンドミルが相次いで発売されたり、高硬度材切削用マシニングセンタが開発されるなど高硬度材のエンドミル加工が注目されつつある。

高硬度焼入れ鋼のエンドミル加工における加工精度や工具寿命、表面特性等を検討し、その問題点やどこまで切削が研削加工に代替出来るかを検討した。

2 実験方法

試験機：東芝機械(株)製マシニングセンタ VMC-45

被削材：SKD11 (化学成分は JIS 規格値内)

焼入れ焼戻し後硬度 HRC63

使用工具：市販高硬度材切削用超硬エンドミル 3 種類 (NO. 1~NO. 3) 直径10mm、刃数 2~6 枚、工具突出し量23~34mm (工具の形状による)

切削条件：表 1 に示す。

切削試験と測定項目

工具突き出し量が各工具において最短になるようにチャックに取り付け、被削材板厚19mmのものを上面から軸方向に深さ15mm (1.5D) に取る段削り加工とする。

図 1 に切削時の工具と被削材の位置関係を示す。

各切削条件の切削長は工具の摩耗の影響が出ないように、また、諸項目の測定には必要充分となるよう19mmとした。切削試験終了後、被削材を取り付けたまま、主軸に取り付けた電気マイクロメータを上下させて軸方向の形状をトレースし、削り残した基準面との差で、実切削量、形状精度、寸法精度を測定した。また、表面粗さ計にて軸方向、送り方向の仕上げ面粗さを測定するとともに、工具顕微鏡にて仕上げ面の観察、撮影、また切削屑を採取し写真撮

表 1. 切削条件

切削速度	15.7m/min (500r・p・m)
送り速度	100mm/min (0.2mm/rev)
軸方向切込み深さ	15mm (1.5D)
半径方向切込み量	0.005, 0.01, 0.02, 0.04 0.07, 0.1, 0.15, 0.2mm
切削方式	乾式、ダウンカット

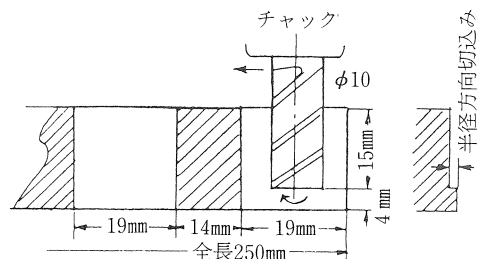


図 1 切削試験方法

影を行った。

3 実験結果と考察

3.1 加工精度について

切削面をエンドミル軸方向に電気マイクロメータでトレースするとその断面形状は図2のようになる。

図中、設定切込み量から実切削量を引いた量を寸法精度(最大切り残し量)、断面のうねり幅を形状精度として評価する。

うねりの中の細いピッチの凸凹を別に表面粗さ計にて仕上面粗さとして評価する。

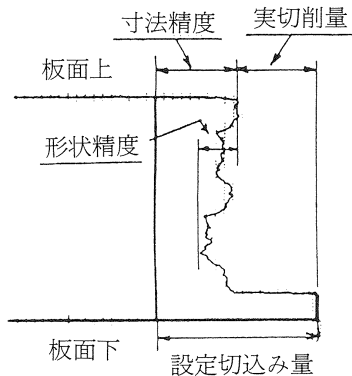


図2 加工精度の評価

図3にそれぞれの工具の各設定切込み量における実切削量、形状精度、寸法精度を示す。これによるといずれの工具とも0.005mmの切込みでの実切削量は0となっている。チャックや工具のたわみ等による工具の逃げによる刃の上すべり現象が生じているものと考えられる。切込み0.01mmになると2本の工具で喰い付きが始まる。

喰い付きの良さではねじれ角やその形状からの剛性の大小に関係すると考えられる。

0.01mmの切込みに対して実切削量は3~6 μmと工具によりかなりの差が出る。切込み量が0.1mm、0.2mmと大きくなるとともに形状精度、寸法精度ともに悪化している。

図4、図5に設定切込み量に対する実切削量、形状精度の割合を示す。実切削量の割合は高い方が、また、形状精度の割合は低い方が良好な切削と言えるが、各工具において0.07mmを超えるとそれぞれの割合が頭打ちとなる傾向があり、設定切込み量に

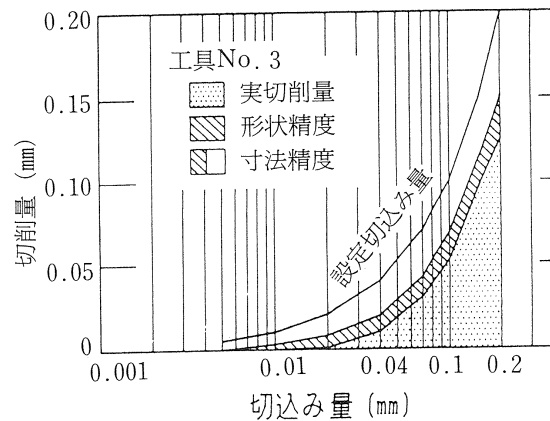
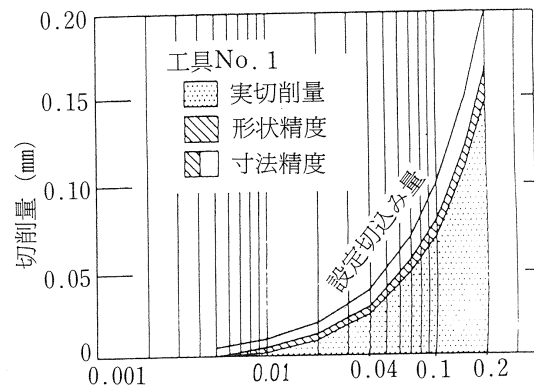
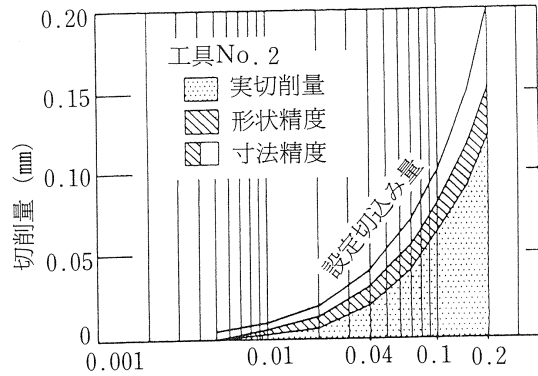


図3 切込み量と加工精度

する割合から見れば0.07mm~0.1mm程度の切込みが適当と考えられる。

図6は切削面をエンドミル軸方向にトレースした時の断面図を示す。縦倍率と横倍率の差が大きいため形状が極端に強調された形となっているが、低切り込みにおいては下部に喰い込みを生じ、切り込みが大きくなるとエンドミルの先端がたわみによる逃げを生じ、加工面のタオレは逆となる。エンドミルの刃数やねじれ角(方向)剛性の違いにより、それぞれ特徴のある三種三様の加工面が形成される。

3.2 仕上面粗さについて

図7に各工具の設定切込み量におけるエンドミルの送り方向並びに軸方向に測定した仕上げ面粗さを

示す。0.005mmの切込みで実切削量は0であったが、仕上げ面にはエンドミル加工の様子がみられた。

0.01mm以上の切込みでは各工具ともに設定切込み量の増加にかかわらず仕上げ面粗さの悪化はみられず $2\mu\text{mRmax}$ 程度の良好な面となっている。全体的に送り方向粗さより軸方向粗さの方が大きくなりました、工具間のバラツキが大きく表れている。

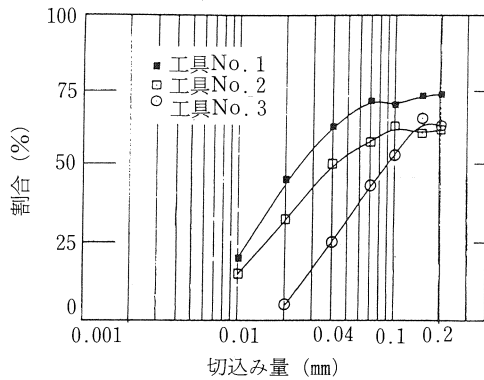


図4 実切削量/設定切込み量

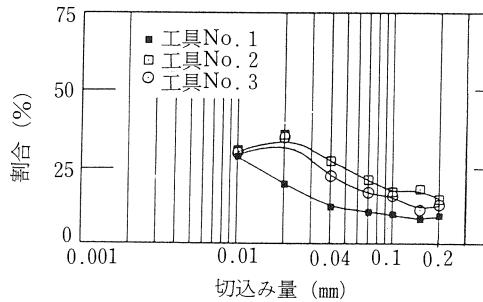


図5 形状精度/設定切込み量

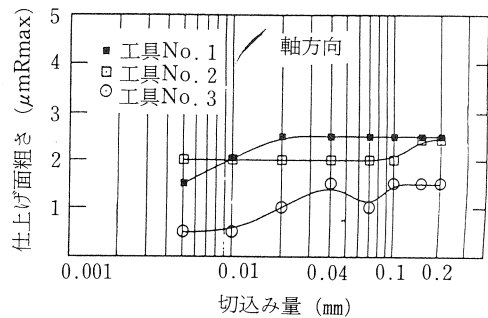
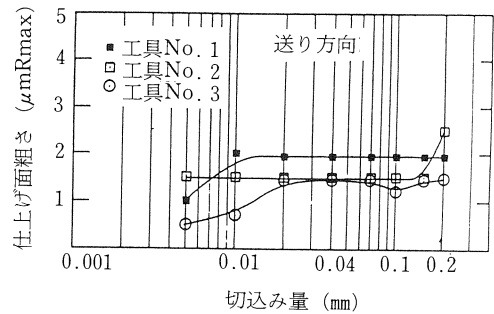


図7 切込み量と仕上げ面粗さ

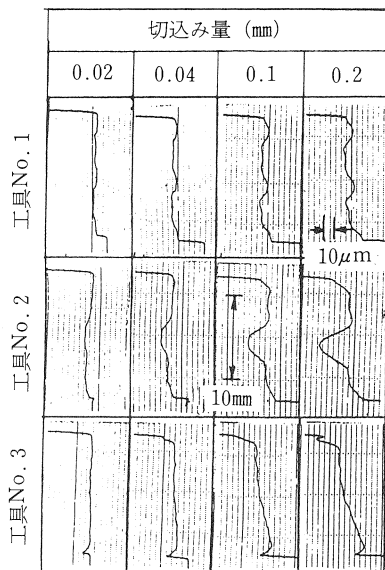


図6 切込み量と加工断面図

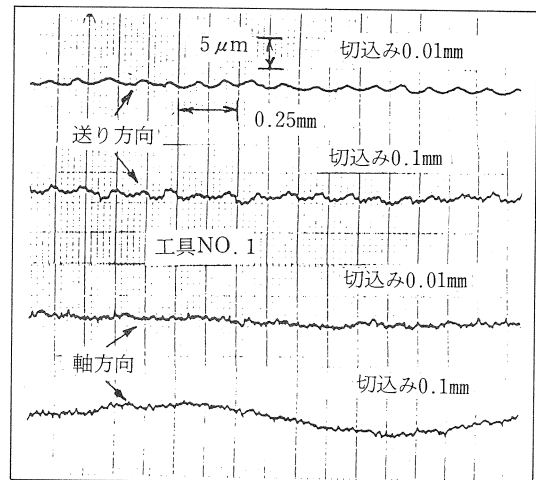


図8 仕上げ面粗さ曲線

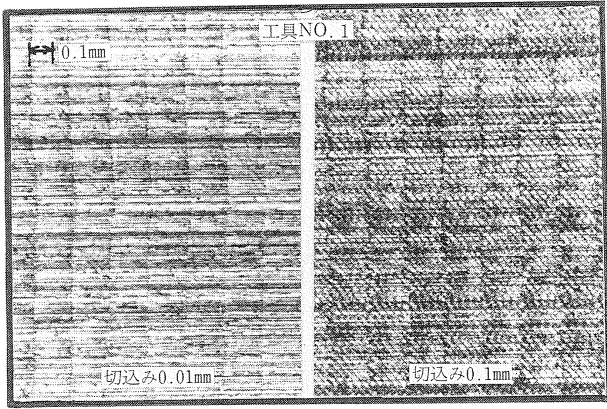


写真1 切込み量と加工面

図8は送り方向、軸方向における粗さ曲線を示す。送り方向では工具の送りピッチが表れているとともに、切込みが0.1mmと大きくなると送りピッチにビビリマークが加わるのがわかる。このことは写真1からも良くわかる。これらは各工具に共通して見られた。軸方向粗さでは形状精度に影響されるうねりが表れているのがわかる。また、切込み0.01mmと0.1mmにおいて粗さの値そのものはあまり変わらないがその形態に相違が表れる。

3.3 切削屑と切削音について

写真2に各工具の切込み量に対する切削屑の写真を示す。切込み量が増すとともに切削屑の厚みも増すがいずれも帯巻き状の屑を発生し良く切れていると言える。切削屑は全条件ともに磁化しており0.02mm以下の切込みでは切削屑は粉状となり被削材に付着する。

切削音は全工具全条件において発生し、切込みが増えるとともに切削音も大きくなる。

4 まとめ

以上SKD11材（硬度HRC63）の超硬エンドミル加工において、切込み量のみを変化させて3種類の工具について行った実験の結果次のことが言える。

- (1) いずれの工具においても0.005mmの切込みでは工具の喰い付きが出来ず実切削量は0となる。
- (2) 形状精度、寸法精度ともに切込みが大きくなるほど悪化するが、設定切込み量に対する割合は形状精度、実切削量ともに0.07mm～0.1mmで頭打ちとなる。
- (3) 形状精度に影響する加工面の断面形状はエンドミルの刃数、ねじれ角、剛性等により三種三様の形態を表す。
- (4) 仕上げ面粗さは送り方向より軸方向の方が大きくなるが、いずれも2～2.5 μ mRmaxで良好な面を呈する。送り方向では工具の送りピッチが見られ、切込みが大きくなるとこれにビビリマークが加わる。また、軸方向ではうねりが表れる。
- (5) 切削屑は帯巻状となり、高硬度材にかかわらず良く切れているが切削音は全ての条件において発生する。

おわりに、本実験に使用したマシニングセンタは、日本自転車振興会の補助金を受けて設置したものである。

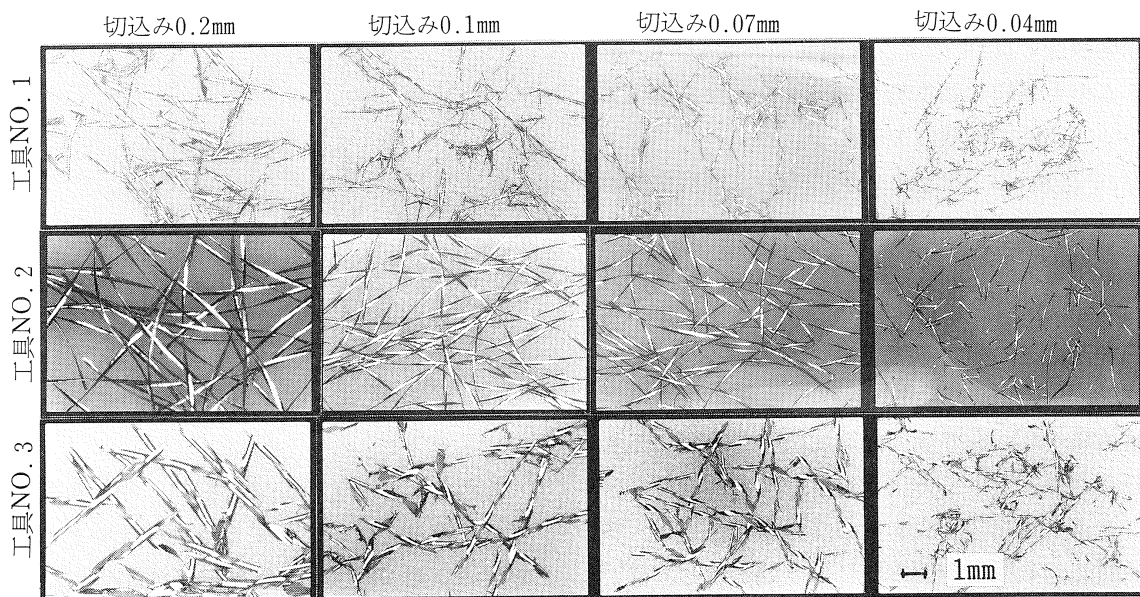


写真2 切込み量と切削屑