

要旨

コーティングを施した超硬ボールエンドミルを用いて焼入れ鋼(HRC53焼入れ)の傾斜平面切削を行い、切削条件が切削抵抗や仕上げ面粗さに及ぼす影響を調べた。その結果、よい仕上げ面粗さを得られることがわかった。

1. 緒言

近年、工作機械の高剛性化、高機能化(高精度化、高速化など)や、エンドミル工具の材質、形状及びコーティング技術の発達等によって従来不可能といわれていた高硬度金型材料の切削加工ができるようになり、今まで放電加工や研磨工具を用いた手仕上げなどといった非常に時間のかかる加工に頼らざるを得なかった部分をボールエンドミルによる高能率で高精度な直彫り加工を行えるようになってきた。当然のことながら金型に多い曲面部分を加工する場合にはボールエンドミルが使用される。しかしここで、適切な加工条件が選定されていないと、通常の硬さの材料を切削する場合よりも、工具の欠損などの思わぬトラブルを招く確率が高い。そうすると加工途中での工具交換をすることになり、結果的に金型の加工精度を低下させる原因にもなる。これらの理由から切削条件が加工精度、工具寿命におよぼす影響を調べることは大変重要である。

本研究では高硬度材料をボールエンドミルを用いて、傾斜平面切削の実験を行い、加工条件が切削抵抗や仕上げ面粗さにおよぼす影響を調べた。

2. 実験方法

本研究では、立型マシニングセンタを使用して、 $\phi 10$ のコーティング超硬ボールエンドミルで、被削材であるSKD61(HRC53焼入れ)の切削実験を行った。金型加工の場合、3次元形状を切削する機会が多く、その基礎的データを得るため、被削材をサインバイスで傾斜させ、ボールエンドミルで傾斜平面の切削加工を行った。また切削方法としては、等高線切削、ダウンカットとした。表1に実験装置及び切削条件を示す。送り速度、ピックフィード、ワークの傾斜角度を変化させて切削加工を行い、同時に切削抵抗を測定した。また加工後に表面粗さ測定器でワークの仕上げ面粗さを送り方向とピックフィード方向の2種類を測定した。ここで切削抵抗の測定には水晶圧電式工具動力計(KISTLER社製 9257A型)を使用した。また高硬度材料の切削加工であるので、1条件での切削が終了する毎にルーペで刃先を観察しチッピング等の異常が生じていないかチェックした。

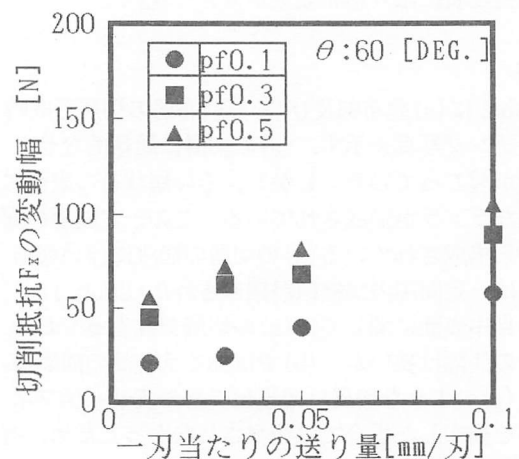
表1 実験装置及び実験条件

工具	コーティング超硬ボールエンドミル エンドミル直径:10 [mm]
切削条件	切削速度V:260 [m/min] 一刃当たりの送りf:0.01,0.03,0.05 0.1 [mm/min] 切込み t:0.1 [mm] ピックフィードpf:0.1,0.3,0.5[mm]
被削材	SKD-61 (HRC53焼入れ)
加工形状	傾斜平面 (θ :0,30,60 [DEG.])
切削油剤	エアブロー
使用機械	立型マシニングセンタ PCV-40 (大阪機工製)

3. 実験結果と考察

3.1 切削抵抗に及ぼす加工条件の影響

切削抵抗に及ぼす一刃当たりの送り量の影響を調べた結果を図1(a)及び(b)に示す。ここで F_x は切削抵抗の送り方向分力、 F_y は切削抵抗の送りと直角方向分力である。また切削抵抗の変動幅とは工具が1回転する間に見られる切削抵抗波形の最大値と最小値との差である。図は60[DEG.]傾斜平面の場合の結果であるが、一刃当たりの送り量が増大すると、一切れ刃に対する切込み深さ、言い換えると切り屑厚さが大きくなるために F_x 、 F_y 共に増大する。

図1(a)一刃当たりの送り量と F_x の関係

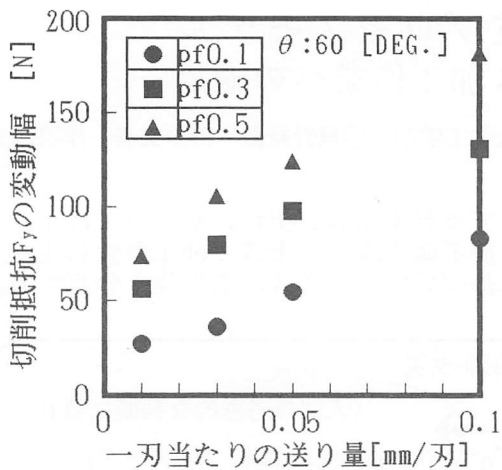


図1 (b)一刃当たりの送り量とF_yとの関係

3.1 送り方向粗さに及ぼす加工条件の影響

一刃当たりの送り量と送り方向仕上げ面粗さとの関係を図2(a)及び(b)に示す。図より一刃当たりの送り量が大きくなると仕上げ面粗さは増大する。また送り方向の仕上げ面粗さは、本来はピックフィードには依存しないはずであるが0[DEG.]傾斜平面の場合はピックフィードによる影響と思われる差が見られる。しかし傾斜角が大きくなるにしたがってその影響が小さくなっていく。

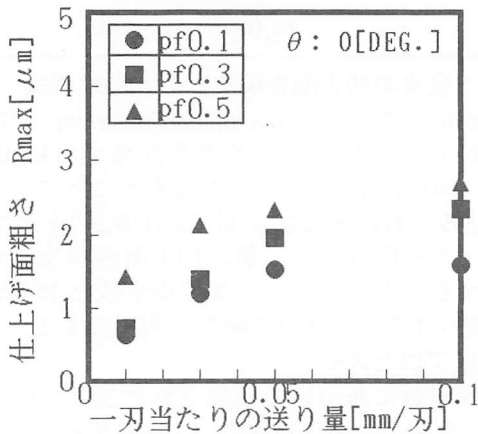


図2(a)送り量と送り方向仕上げ面粗さとの関係

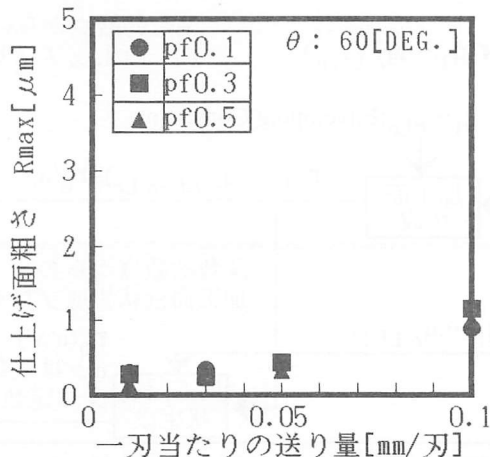


図2(b)送り量と送り方向仕上げ面粗さとの関係

3.2 ピックフィード方向粗さに及ぼす加工条件の影響

ピックフィードとピックフィード方向の仕上げ面粗さの関係を図3に示す。ピックフィードが増加することにより仕上げ面粗さは増大していく傾向がある。図中の実線はボールエンドミル半径Rとピックフィードpfから幾何学的に求まる理論的仕上げ面粗さであり次のように示される。

$$R_{\max} = \frac{pf^2}{8R} \quad (1)$$

実験値は理論粗さよりも1~2[μm]程度大きな値となっているが、ピックフィードの変化に対しても(1)式に近くなる傾向で増加していることがわかる。また、ピックフィードが小さい場合には、切込み量が小さく塑性変形をおこし、それが仕上げ面に大きく影響し、実験値が理論値よりも大きくなっている。ピックフィードが大きくなるにしたがって塑性変形の割合が小さくなるため少しずつ理論粗さに近づいていくものと思われる。また、傾斜平面でのピックフィード方向の仕上げ面粗さは送り方向の仕上げ面粗さよりも10倍程度大きくなっている。

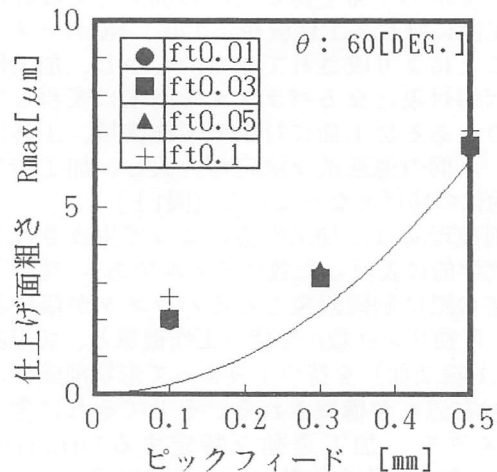


図3 ピックフィードと仕上げ面粗さの関係

4. 結言

高硬度材料の傾斜平面をボールエンドミルで切削した結果、以下のことがわかった。

- (1) 傾斜角の小さい範囲ではピックフィード量が送り方向の仕上げ面粗さに少し影響する。
- (2) ピックフィード方向の仕上げ面粗さは、ピックフィードが小さいときには塑性変形等で粗さが悪くなるが、ピックフィード量が大きくなると理論値に近づく。

最後に本研究のために工具を提供していただいた神鋼コベルコツール株式会社の方々に深く感謝いたします。