

傾斜ミーリング加工における仕上げ面の評価

函館工業高等専門学校 ○水上 由紀子, 竹田 誠, 山田 誠

要 旨

一般に金型を作成する場合フライス盤を用いてボールエンドミル加工が行われている。しかしボールエンドミルとしての加工では、中心部の加工速度はゼロとなる為不均質な仕上げ面となる。5軸マシニングセンタ（5軸MC）を用いた傾斜加工を行う事により加工速度ゼロでの加工を回避する事が出来る。本研究では、5軸MCを用いてボールエンドミルによる傾斜面加工について、その傾斜角の違いによる加工面性状を評価する。

1. はじめに

3軸で加工を行う場合、工具の先端は加工速度がゼロとなるため、工具の摩耗を促進し、面性状を悪化させる。5軸MCを用いると傾斜加工が可能で加工速度がゼロで加工される事がなくなる。しかし5軸MC上における加工においてどのような工具姿勢が良いかはまだ明らかにされていない。本報では5軸MC上での傾斜ミーリング加工におけるUp cut millingとDown cut millingの違い及び工具姿勢の違いによる加工面性状の変化を実験により求める。

2. 加工実験

2.1 使用機械及び工具

図1に示す様な5軸MC上で加工を行った。この5軸MCはX、Y、Z軸の他に、X軸を中心として回転するA軸及びZ軸を中心として回転するC軸を持つ。加工面の表面粗さを測定する為に触針式の表面粗さ測定器を、加工面性状を観察する為に光学顕微鏡を用いた。使用工具は図1に示す様な2刃ボールエンドミル（半径： $R=2\text{mm}$ ，シャンク径： $D=6\text{mm}$ ，有効長さ： $L1=20\text{mm}$ ，突き出し長さ： $L2=24\text{mm}$ ）のものを使用した。

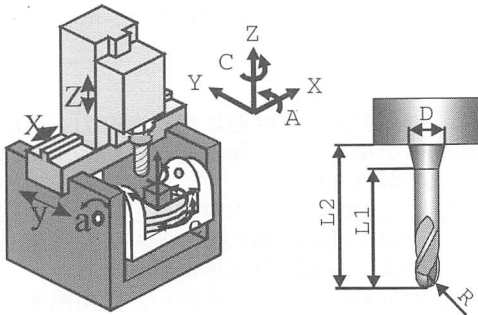


図1 5軸MC外観及び工具取り付け状況

2.2 実験手順

S45C材を5軸MCに取り付け、フラットエンドミルを用いて加工座標系において水平面となる様に加工する。ボールエンドミルを用いてその高さから切り込みを入れて加工する。加工プログラムの開発環境はC++ Builderで加工条件変更可能なプログラムを作成し、5軸MCにコンピュータからデータを送り加工を行う。その後触針式の表面粗さ測定器を用いて試験片の表面粗

さを測定する。さらに光学顕微鏡を用いて面性状を観察する。

2.3 加工条件

近年、作業行程の短縮を目的とし、小径の工具で高速回転、高速送りで加工する傾向にある。その事を考慮に入れ、表1のような条件で図2に示す加工を行った。

表1 加工条件

試験片材質	S45C (Hv=320)
送り速度	500mm/min
主軸回転数	5,000rpm
切り込み	0.2mm
工具姿勢	A, B, C加工それぞれ0~20°傾斜(図4)
切削状態	Up cut milling, Down cut milling(図5)
ピックフィード(図2 Pf)	0.4mm
切削距離(図2 B)	50mm(1パス)
切削幅(図2 D)	4.8mm

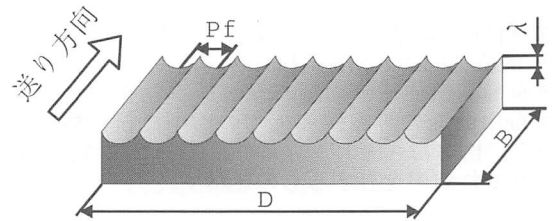


図2 加工試験片形状

図4の様に、加工する方向に傾けて加工する場合をA加工、加工する方向と逆向きに傾けて加工する場合をB加工、加工する方向と直角に傾斜させる加工をC加工とする。傾斜角 α は一平面の加工毎に変化する。

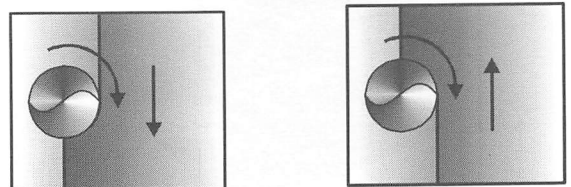


図3 Up cut millingとDown cut milling

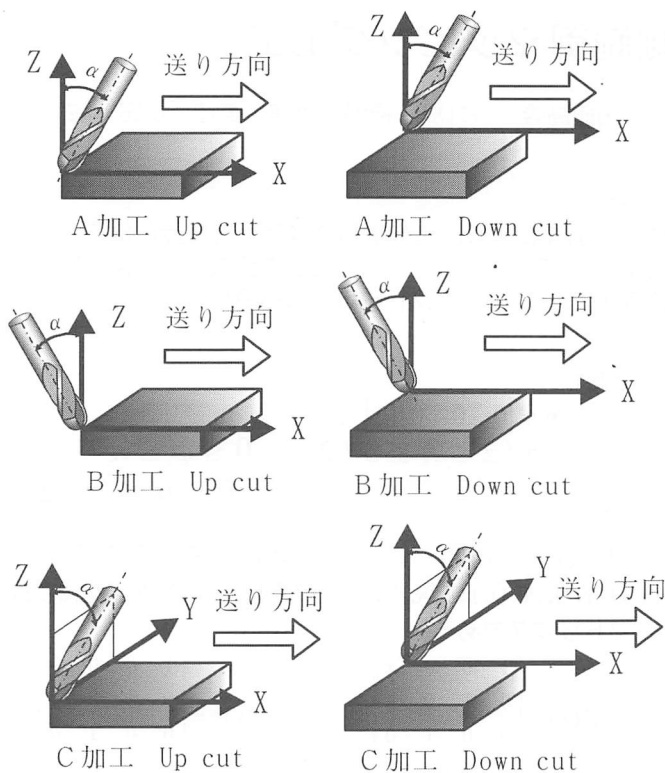


図4 工具姿勢と切削状態

3. 実験結果と考察

傾きが 20° の時ピックフィードは少し乱れているが、傾きが $20^\circ \sim 8^\circ$ の間では角度が小さくなるにつれてピックフィードがはっきり現れ、表面粗さも理論粗さの $10.025 \mu\text{m}$ に限りなく近い値がとれている。そして 6° から徐々にピックフィードの丸みがとれて 0° に至ると三角波の様な面性状になる。これは工具姿勢角が 0° に近づくにつれて加工速度が減少しむしれが発生した為である。図5はC加工のUp cut millingでの 0° と 12° の表面形状の違いを比較している。

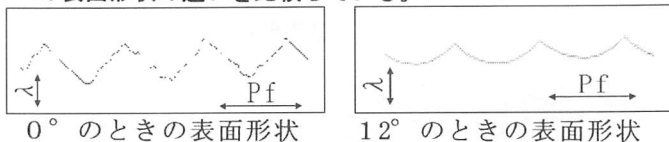


図5 触針計による工具姿勢CのUp cut millingの表面粗さ

図6はそれぞれの角度でのUp cut millingとDown cut millingの違いを比較している。

C加工の場合、Up cut milling、Down cut milling両者共ほぼ同じ表面形状であった。しかしDown cut millingの波形には細かい震えが見られる。そこで、顕微鏡で確認したところ、A、B加工とC加工ではカッタ

マークが異なっている。(図7参照)C加工のUp cut millingではカッターマークの影響は見られなかったが、Down cut millingでは影響が現れた。

B加工の場合、表面形状はUp cut millingが良好である。またUp cut millingは 20° から 8° までは工具波形がはっきり現れているが 6° から乱れてくる。Down cut millingの場合 20° からピックフィードが乱れていてC加工やA加工と異なり表面粗さが非常に大きくなっている。金属顕微鏡で見るとむしれている部分が黒くなっている事が観察され、肉眼で見てむしれが発生していることが確認できる。

A加工の場合、Up cut millingの工具波形は、はっきり現れており良好な面性状である。Down cut millingでは工具姿勢がC加工の場合と同じような傾向がでているが表面形状は不安定である。

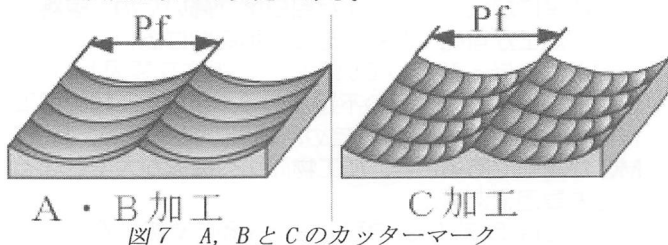


図7 A、BとCのカッターマーク

角度別で比較すると全体としては 8° から 14° の範囲は工具波形が正確に転写されている。この事はこの範囲の角度をつける事により面性状が良好になる事を証明している。工具姿勢切削状態別で比較するとB加工のDown cut millingの表面形状が非常に不安定である。

4. おわりに

- 1) 今回の実験では工具姿勢はC加工とA加工のUp cut millingの面性状が安定していた。しかしB加工のDown cut millingの表面形状不安定であった。
- 2) 傾斜角を 8° から 14° の範囲で加工した場合安定な表面形状が得られる事が確認できた。
- 3) ピックフィード、切り込み深さ、加工速度、回転数、工具、被削材などのパラメータとなるものには種々のものが存在する。それらの条件の違いによる調査が必要である。

参考文献

- 1) エンドミルのすべて、ツールエンジニア編集部
- 2) 大山 他、面精度向上のためのボールエンドミル傾斜加工、2000年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集
- 3) 中澤他、ボールエンドミルの斜面切削における工具挙動、2000年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集

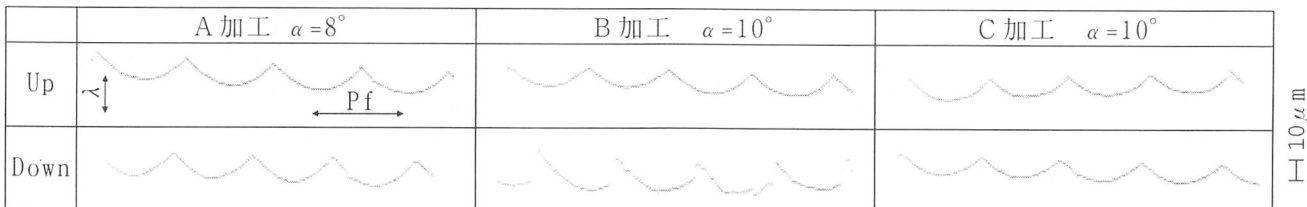


図6 各工具姿勢と切削状態におけるピックフィード方向の表面形状

0.4mm
10μm