

ボールエンドミルの工具姿勢が切削力と表面創生に与える影響

長谷川 達郎

名古屋大学 全学技術センター

1. 緒言

同時5軸制御加工の特徴として、ボールエンドミルを用いた自由曲面の加工では面に対する工具姿勢を常に一定に保つことができ、定常切削速度を可能にすることで安定した工具負荷と良好な面性状を得られる。しかし、工具を傾斜させるパラメータにはチルト角・リード角があり、その組み合わせからなる工具姿勢が切削力や仕上げ面粗さに与える影響はあまり知られていない。そこで本研究では、切削力と仕上げ面粗さに注目し、工具傾斜加工の基礎的切削特性について述べる。

2. ボールエンドミルの工具姿勢

ボールエンドミルの工具姿勢には、図1に示すように加工面を鉛直方向と見た場合、ピック方向（走査線方向）と工具送り方向に傾斜させる角度がある。さらにそれらに対してアップカット・ダウンカットが関係してくるため、その組み合わせは接触回避や工具長の問題も合わさりオペレータの経験則によって選択されているのが現状である。

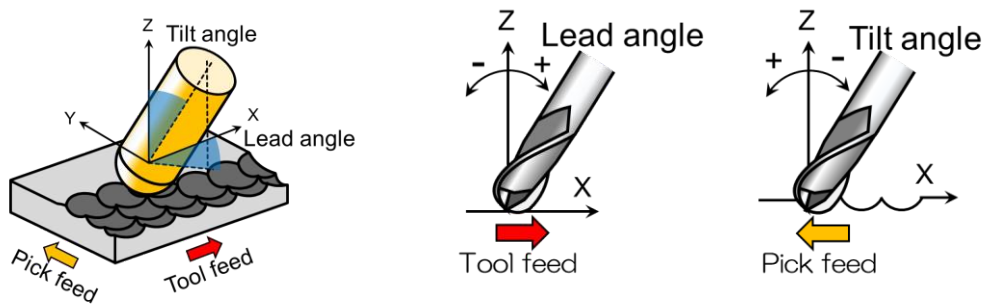


図1 ボールエンドミルの工具姿勢と各送りの関係

3. 実験装置・方法

図2は切削実験で使用した装置である。ヤマザキマザック製複合加工機（Integrex200-ST）のチャックに固定ジグを介して圧電式切削動力計と被削材を設置した。ミーリング軸で R2.5 ボールエンドミル（NS-Tool MSB230）を傾斜させ表1に示した実験条件と加工条件で被削材 A2017 の外周から切削長

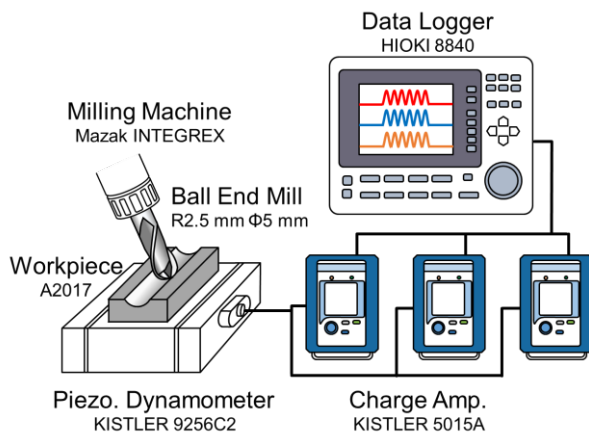


図2 切削力の測定に使用した機材

表1 実験条件と加工条件

Experiment conditions	
Cutting direction	Down-cut / Up-cut
Lead angle (deg.)	10, 20, 23.1, 30
Tilt angle (deg.)	-10, -18.3, -20, -30
Cutting conditions	
DC (mm) Tool diameter	R2.5 Φ5mm
fz (mm/tooth) Feed per tooth	0.028
Ap (mm) Axial depth	0.50
Ae (mm) Radial depth	1.0
z Number of tooth	2
n (min-1) Spindle rotation speed	9600
vf (mm/min) Feed rate	540

さ 30 mm を切削送り (G01) する切削実験を行った。切削力の測定には被削材に固定した圧電式切削動力計(Kistler 9256C2)からチャージアンプ(Kistler5015)を介してオシロスコープ(HIOKI 8840)へ出力した。また、切削実験後、ミットヨ製触針式表面粗さ測定機 (SURFTEST SJ-210) を用いて表面粗さ Ra (以下、算術平均粗さを Ra と記す) を計測した。

4. 実験結果・考察

図 3 に示すように、仕上げ面粗さ Ra の結果順で並べたとき実験番号 6 から以下では仕上げ面に光沢性がなくなり切りくず排出不足による噛み込みが観察されたため、 Ra 0.54 μm を面粗さの限界とした。また切削力は、リード角・チルト角の大きな影響は少ないが、より小さい方が工具寿命に関わる蓄積される負荷が少ないので表面粗さ Ra の影響としきい値を加味して図 4 の塗りつぶした範囲内で最適な切削条件はダウンカットでリード角は大きくチルト角は付けないほうが望ましいことがわかる。図 5 に切削力と仕上げ面粗さ Ra の 3D マップを示す。

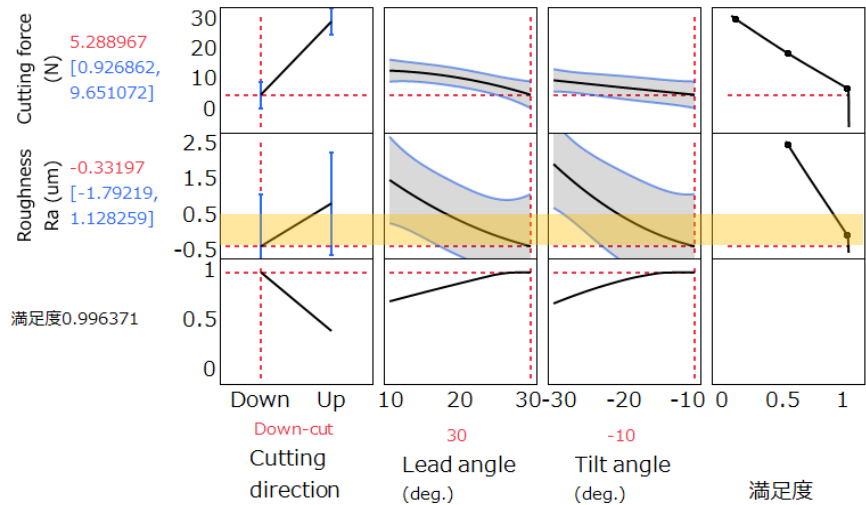
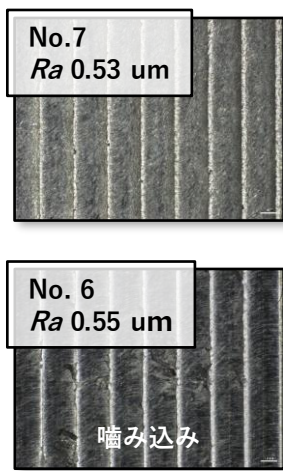


図 3 表面粗さ Ra のしきい値

図 4 切削力と表面粗さ Ra の関係

5. 結言

本研究では切削力と仕上げ面粗さに注目し、工具傾斜加工の基礎的切削特性について以下にまとめる。

- (1) 切削力は工具傾斜による影響は少なくダウンカットの場合、1/3 程度の切削力で加工できる。
- (2) 仕上げ面粗さ Ra はリード角が $+30^\circ$ にチルト角が -10° が最も良い結果となった。
- (3) しきい値からダウンカットでリード角が $+18^\circ$ から $+30^\circ$ にチルト角が -20° から -10° の範囲で条件を設定することが望ましい。

謝辞

R5 年度名古屋大学技術職員研修に参加されました方々には実験に参加いただき感謝いたします。

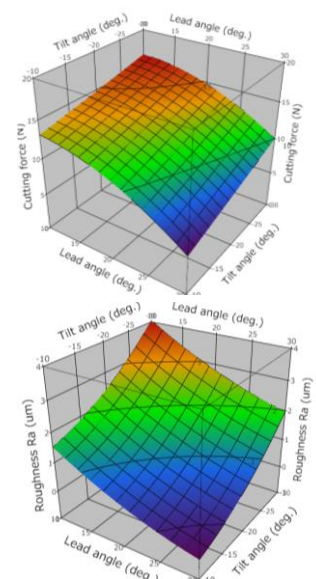


図 5 3D マップによる各関係性