

# プラスチック材料の超精密切削メカニズムに関する研究

## Study on material removal mechanism during ultra-precision machining of plastics

堀尾健一郎(理工学研究科・教授)

Kenichiro Horio

(Professor, Graduate school of science and engineering)

### 1. 緒言

プラスチックで精度の高い加工をする方法として超精密切削がある。しかし、プラスチックの超精密切削に関しては未だに解明されていないことが多い。本研究では工具の設定が切削にどのような影響を与えるのかを調べた。平バイトの設定角, すなわち前切れ刃と試料表面のなす角度が加工面にどのような影響を与えるかを調べるのが本研究の目的である。

### 2. 研究方法

設定角以外の条件を固定して切削を行い, 切削面の表面粗さ Ra とバイトの設定角とを評価する方法をとった。正の設定角と負の設定角を定義した。図 11 に示すのは正の状態である。正の設定角では主にバイトの横切れ刃で切削を行い, 負の設定角では主に前切れ刃で切削を行う。

加工前に設定した角度と実際の切削角度が一致するという保証がないため, 0.1 度程度の精度で設定角を評価できるような, バイト設定角計測システムを考案した。旋盤で切削中にピエゾステージによってバイトを急速後退させ, バイトを引き抜いた後の表面形状とバイト形状及び, 送り速度, バイトの引き抜き速度からバイトの設定角を計算する方法である。(図 1 参照) 設定角  $\theta$  をバイト形状角  $\alpha$ , 切削面形状角  $\beta$  で表すと以下ようになる。

$$\text{正の設定角の場合} : \theta = \alpha - \beta \quad (1)$$

$$\text{負の設定角の場合} : \theta = -\beta \quad (2)$$

### 3. 実験装置

実験装置の設計, 製作を行った。縦型超精密旋盤の工具切り込みステージ上に 1 軸のピエゾステージを搭載し, 急速後退機構を実現することにした。ピエゾステージの搭載により送りねじのたわみの影響が無視できなくなったため, 太い送りねじを用いて, 送り部の剛性を確保することにした。

### 4. 実験方法及び実験結果

#### 4.1. バイト設定角の切削面への影響

次の手順で実験を行った。

1. バイトとバイトホルダーの間にスペーサー (アルミ箔または銅板) を入れて角度をつける
2. 試料の表面を切削し平面にする
3. 表 1 に示した実験条件で一定時間切削を行う
4. バイトを急速後退させる
5. 切削面を測定し表面粗さと設定角を求める

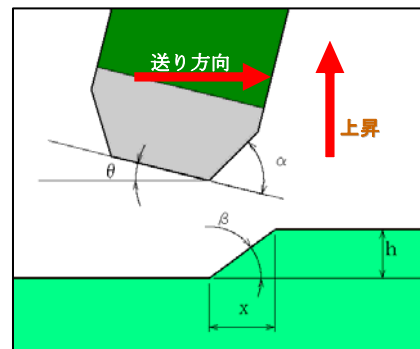


図 1 バイト急速後退状態

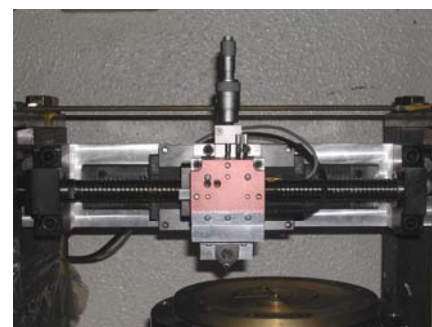


図 2 縦型超精密旋盤

表 1 実験条件

切削試料	アクリル $\phi$ 80	切削時間	60s
回転数	1000rpm	測定装置	Taly Surf
送り	10 $\mu$ m/rev	測定距離	15mm
切込み	5 $\mu$ m	測定点	20000

実験の結果、角度を少し変えても表面粗さが変わることが分かった。また、負の設定角で切削したときに比べて正の設定角で切削したときの方が表面粗さが小さくなった。しかし、設定角が負で0に近い値のときはむしろの発生により表面粗さが大きくなった。負の設定角のデータをまとめたものが図3になる。また、正の設定角の場合は図4に示すようにバイト急速後退箇所には段差形状が生じてしまい、切削面からバイト設定角を求めることができなかつた。

#### 4. 2 段差形状発生原因の究明

段差形状が発生してしまう要因を調べるためにいくつか実験を行った。その結果下記のことことが判明した。

1. 試料の内側と外側で段差形状の発生具合に違いがある。
2. 加工速度を大きくすると段差形状が発生しにくい
3. 加工速度を大きくしても設定角が0に近いと段差形状が発生する

設定角以外の実験条件を最適なものにしても段差形状が発生してしまったことと、段差の形状から、0に近い負の設定角時に発生してしまうむしろと同じような現象が、切削速度が小さくなる範囲において発生していることが考えられる。

#### 4. 3 プラスチックの超精密切削メカニズム

##### (1) 工具の転写性

回転している試料に切り込みを入れ、その形状を測定した。工具形状の転写性は低く、切削面から求めた角度と実測値における角度とでは約5度程度異なっていた。さらに前切れ刃接触部分も直線になっていないことが分かった。

##### (2) 切り屑厚さの影響

正と負の設定角での切屑の厚さを計算した。正の設定角では負の設定角の切屑の厚さの約40倍であることがわかった。負の設定角の場合は切屑厚さが薄くなるため急速後退箇所での段差形状が発生せず、角度がほぼ正確に評価できたと考えられる。しかし、正の設定角の場合では切屑が厚いため、急速後退箇所での段差形状が発生し、切削面から得られる角度と実際の角度が異なってしまったと考えられる。

#### 5. 考察

前章の実験では正の設定角と0に近い負の設定角の正確な角度が切削面から得られるこ

とができなかつたため、挟んだスペーサーの厚さから求めた推定値を用いて設定角と切削面粗さの関係を表した。図5に負の設定角の結果とともに表した図を示す。プラスチックの超精密切削ではバイト設定角が表面粗さに大きく影響を与えていることが分かった。しかし今回の実験の範囲では切削中にむしろが発生しやすくなっている。より精緻な議論のためには切削条件を再検討する必要がある。

#### 6. 結言

- ・ 設定角を少し変えても表面粗さが変わる
- ・ 設定角が正のときも負のときも角度を大きくすることで表面粗さが大きくなる
- ・ 正の設定角の方が表面粗さが小さくなる
- ・ 角度が0に近くなるとむしろが発生し、表面粗さが大きくなる。

以上により、プラスチックの超精密切削においてはバイトの設定角が表面粗さに大きく影響を与えることが分かり、工具設定角も考慮して切削条件を探索する必要があることが明らかとなった。

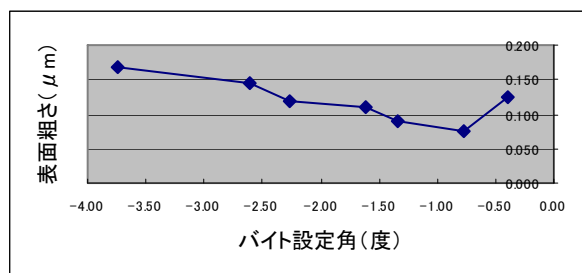


図3 バイト設定角と表面粗さ（負の設定角）

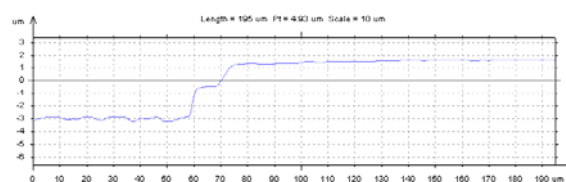


図4 バイト急速後退箇所（正の設定角）

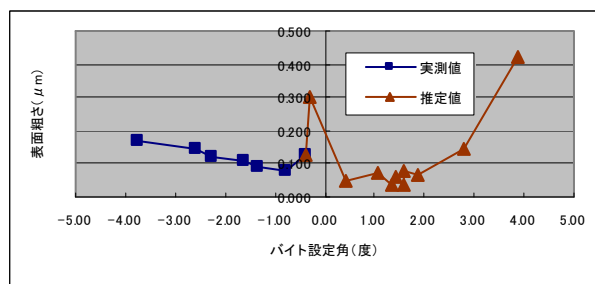


図5 バイト設定角と表面粗さ