

高硬度材の微小径エンドミル加工に関する研究（第2報） — 輪郭加工における切削関与角一定化工具パスの生成 —

大塚裕俊*・中川元彦**
*生産技術部・**（株）戸高製作所

A Study on Tool Paths for End Milling with Constant Engagement Angle

Hirotooshi OHTSUKA*・M. NAKAGAWA**
*Production Engineering Division・**Todaka Cooperation

要 旨

高硬度材の微小径エンドミルでは工具折損を防止して安定した加工を行うために、切削抵抗が一定で加工効率の良い工具パスが必要となる。そのため今回は、エンドミルの切削関与角が常に一定となるような工具パスの生成方法について検討した。2次元の任意形状を対象とし、その輪郭とエンドミルが与えられたとき、製品輪郭に沿って切削関与角が一定となるように一工程前の輪郭形状を生成する手法により、工具パスを生成するソフトを試作した。これを各種の2次元形状に適用した結果、内側コーナ部での切削抵抗の急増など大きな変動が解消され、工具折損の防止に有効となることがわかった。

1. はじめに

高硬度材のエンドミル加工では、形状輪郭に沿って一定の径方向切り込み量を与えた工具パスによる切削を行うと、コーナ部で切削負荷が非常に大きくなると同時に工具寿命が短くなり、小径のエンドミルでは工具折損が多発する。しかし安全サイドで切削送り速度を低く設定すると加工能率が低くなる。よって切削抵抗を常に一定にし、かつ高速加工が可能な工具パスと加工条件の生成が望まれる。そこで本研究では、エンドミルの切削関与角が常に一定となるような工具パスの生成方法について検討した。2次元の任意形状を対象とし、その輪郭とエンドミルが与えられたとき、製品輪郭に沿って切削関与角が一定となるような一工程前の輪郭形状を生成するためのアルゴリズムを開発し、新しい工具パス生成のソフトを試作した。

2. 切削関与角の一定化

形状輪郭に沿って切削関与角を一定に保てば、径方向切り込み量は一定ではなく場所ごとに変化する。与えられたデータが加工物の輪郭形状のみであれば、これまで工具経路の生成方法は、非常にシンプルな手法によって行われてきた。これをオフセット法としての図1に示す。形状輪郭に対し法線方向へ定量だけオフセットすることで一工程前の輪郭形状が得られる。

この手法を応用して、図1のように切削関与角一定となるような一工程前の製品輪郭形状を同時に簡

単に得ることができる。すなわち図1で、製品仕上げ面に垂直なベクトルOBの軌跡が仕上げ工具パスとなり、同時に、切削関与角 α_{en} によって幾何的に決まる点AによるベクトルOAの軌跡が一工程前の製品輪郭形状（切りしろを付加した面）となる。生成した輪郭形状にこれを繰り返すことにより、 $(-n+1)$ 次の工具パス生成に際し、 $-n$ 次の切削関与角一定となる輪郭形状の生成が可能となる。開発されたアルゴリズムを図2に示す。エンドミルと被削材の干渉部の幾何的な関係から、エンドミルの中心送り速度を一定にして加工すれば、理論的には切削抵抗は一定となる。これは、出来るだけ早い切削送り速度で安定した切削を行う、という当初の目的にかなった工具パスといえる。

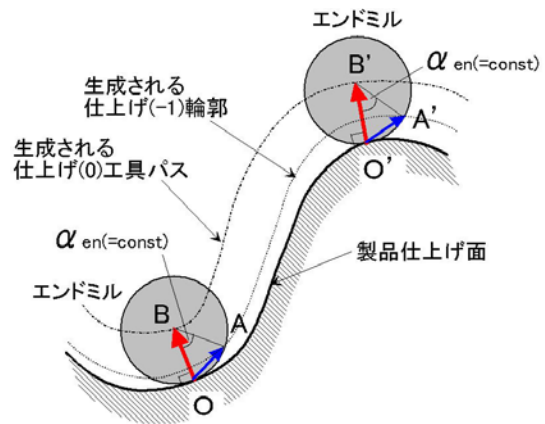


Fig. 1 Schematics for the offset method for end milling

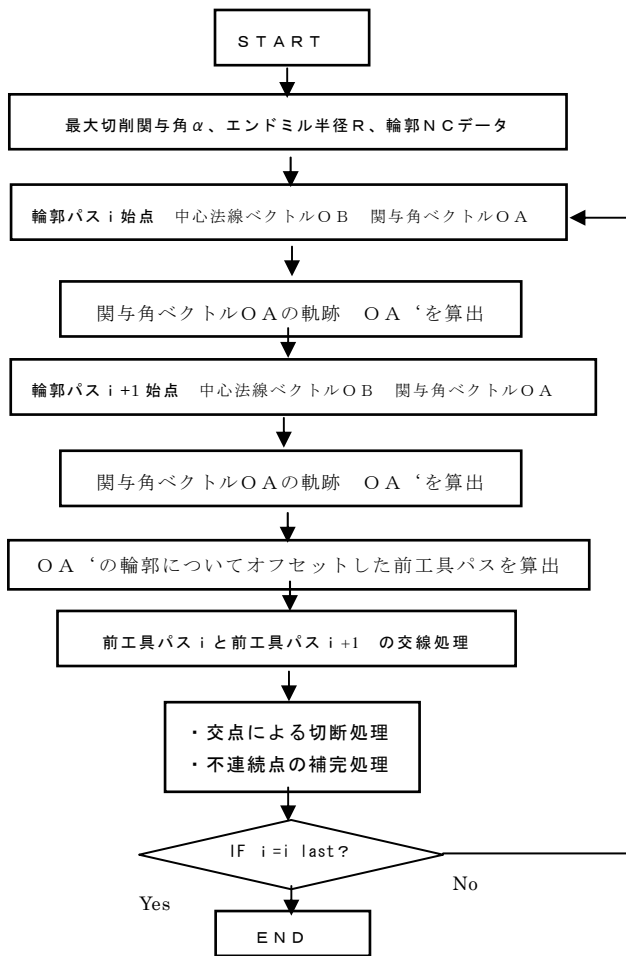


Fig.2 Algorithm for tool paths with constant engagement angle

3. ソフトの試作と検証

図2に示すアルゴリズムを用いることで、製品形状面に切りしろを順次積み重ねていくようにして、前加工面を創成することができる。ただし通常のオフセット法と違って、本手法によれば、内側円弧部では径方向切込み量が小さくなり、外側円弧部では径方向切込み量が大きくなる。よって製品形状面の凹凸によって、場所ごとに同じ工具パス数でも除去体積に偏差が生じる可能性がある。たとえば本手法を図3の閉曲線形状の内側加工に適用した、わかりやすい検証例を図4に示す。製品輪廓形状(A)に対し、一工程前の加工面(B)は場所ごとに径方向切込み量が変化している。とくに半径の小さな外側コーナ部では切りしろが厚くなっていることがわかる。

また切削関与角を一定にした工具パスと、径方向切込み量一定のパスとの比較加工実験を、波形パスを対象として別途行った結果、切削抵抗の一定化と形状精度の向上が達成できることがわかった。

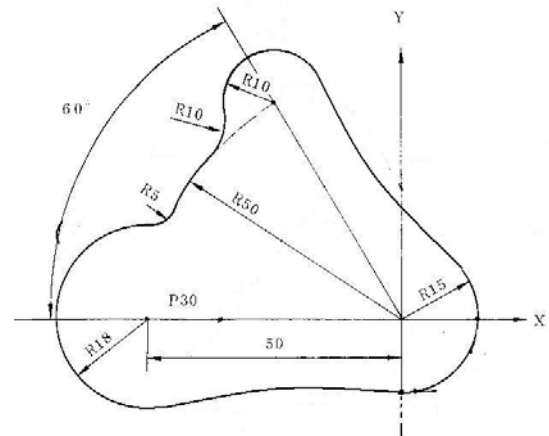


Fig.3 Example of 2D profile for end

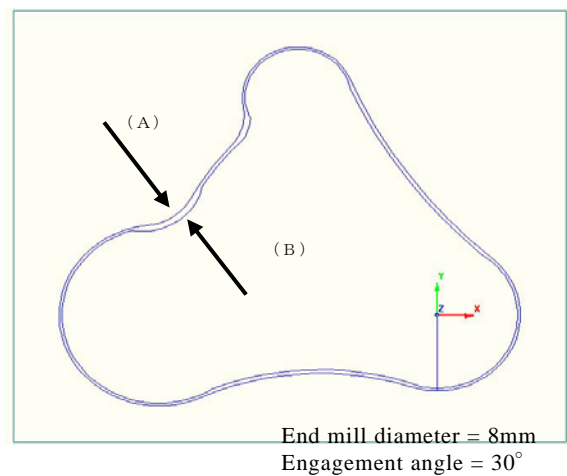


Fig.4 Finished profile and pre-finished profile for Fig.3

4. おわりに

- (1) オフセット法による切削関与角一定化工具パス生成法のためのソフトを試作した。2次元輪廓形状に適用して所望の工具パスを得ることができた。
- (2) 実験の結果、本手法により切削抵抗の一定化と形状精度の向上が達成できることがわかった。本手法により高精度で安定したエンドミル加工が実現すると考えられる。

参考文献

- (1) 垣野義昭, 大塚裕俊, 中川平三郎, 廣垣俊樹, 佐々木将志: 焼入鋼のエンドミル加工に関する研究(第1報), 精密工学会誌, 66, 5(2000) 730.
- (2) Soichi Ibaraki, et al. "Constant Engagement Tool Path Generation for Two-dimensional End Milling," Proc. of 2004 Japan-USA Symposium on Flexible Automation (JUSFA04), Denver, July 2004.