

難削材のポケット加工用CAMシステムの開発研究（第2報） —任意の三角形、四角形ポケット形状加工への適用—

大塚裕俊*・上杉照明**・須藤勝蔵***・茨木創一****

*生産技術部・**株式会社TKテクノロジー・***北九州市立大学・****京都大学

Development of intelligent CAM system for pocket milling(2nd Report)

Hirotooshi OHTSUKA*・T. UESUGI**・K. SUDO***・S. IBARAKI****

*Production Engineering Division・**STK Technology・***The University of Kitakyusyu

****Kyoto University

要 旨

任意の三角形、四角形のポケット加工について、切削抵抗が一定になるようなエンドミル工具パスを作成できるCAMのアルゴリズムを構築した。またそれによるNCプログラムをステンレスのエンドミル加工（ポケット形状）に適用した結果、今回の開発されたCAMを利用することにより、工具寿命が従来型の工具経路によるNCプログラムと比較して著しく伸びることがわかった。

1. はじめに

エンドミル工具による凹部ポケット加工では、通常輪郭に沿った工具パスで加工される場合が多いが、コーナ部で切削負荷が非常に大きくなり工具寿命が著しく短縮するという問題がある。かといって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。しかし現在でもそのような観点から工具パスや加工条件を決定できるCAMはほとんどない。そこで前報では大分県産業科学技術センターの技術シーズを用いてCAM開発を行い、矩形形状について成果を得た。今回は「難削材の深穴ポケット加工が可能となる知能化CAMの開発」を行い、適用の対象を任意の三角形、四角形に広げ、同様にしてCAM開発におけるアルゴリズム設計と、それに基づく加工プログラムの作成、工具寿命に関する予備実験の実施を中心にテーマを分担し研究を行った。

2. 切削抵抗一定化のための送り速度制御

具体的には、これまでの研究によれば、式(1)に示す2次多項式モデルにより、2次元平面内のエンドミル加工において切削抵抗の予測と制御が可能となっている。ここで $F_{x,y}$ は2次元平面内での切削抵抗の合力の時間平均値であり、 t_m と L はそれぞれ変形前の最大切りくず厚さと切削円弧長である。6つの係数 β は抵抗測定実験により決定される。

$$F_{x,y} = \beta_0 + \beta_1 t_m + \beta_2 L + \beta_{11} t_m^2 + \beta_{22} L^2 + \beta_{12} t_m L \quad (1)$$

切削抵抗の一定化は、式(1)の予測式とエンドミルと被加工物のとの干渉に関する幾何学的関係から、切削抵抗の目標値に応じてエンドミル中心の送り量 f_z を決定することで行った。また、CAMでは工具寿命に大きな影響をおよぼす切削関与角の値を自由に設定できるようにした。

3. CAMのアルゴリズム設計

エンドミルによる凹部切削の加工時間を短縮するためには、出来るだけ早い切削送り速度で、安定した切削を行うのが最善である。このために、切削負荷が一定でかつ早い切削送り速度での切削を行えるような工具パスが必要となる。よって切削抵抗予測式に基づき、与えられた2次元形状の各加工モジュール毎に最適な工具パスを出すアルゴリズム（固定サイクル）を構築した。作成されたのは任意の三角形、四角形に対するアルゴリズムである。

4. 加工プログラムによる寿命試験

以上のアルゴリズムによって新しく作成された工具パスによるNCデータを、ステンレス鋼の(a)直角二等辺三角形(b)直角三角形のポケット加工に適用し、従来の工具パスによるNCデータの結果と比較した。なおエンドミルは底刃のあるコーテッド超硬スクエアエンドミルを用い、①ヘリカル加工 → ②渦巻き加工 → ③コーナー加工 までの粗加工を1本の同じ工具で行い、工具寿命に達するまで同一形状のポケットを連続加工した。なお加工時間を等しくしたうえで加工個数について従来型の工具パスと比較実験を行った。

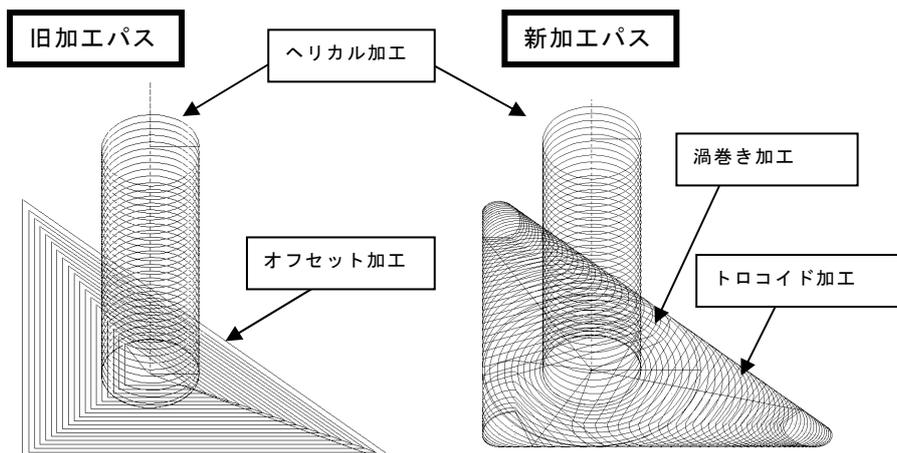


Fig. 1 Tool paths for wear experiments (3D drawing)

< Cutting conditions for new path >
 S=5900rpm, F=1652mm/min
 Maximum engagement angle= 30°
 Downcut,
 < Tool and workpiece >
 Endmill diameter = 8mm
 Straight type, SUS304

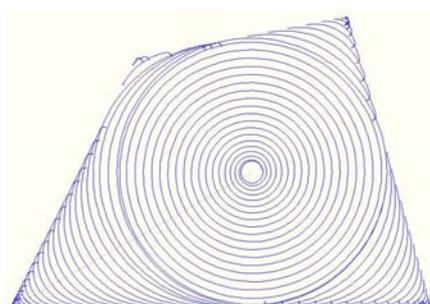


Fig. 2 Cutter path pattern for square (example)

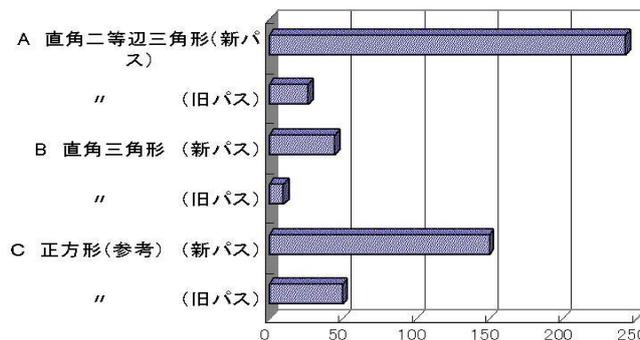


Fig. 3 Comparison of number of cut pocket

その実験条件と直角二等辺三角形 (25×25×深さ8mm) のポケット形状加工時の新旧パスパターンの比較を3次的に図1に示す。四角形のパスパターンの例を図2に示す。また加工個数の比較を各形状について図3に示す。

測定結果によれば、新しい工具パスを用いた場合は、工具寿命に大きな影響を与える切削抵抗値の一定化と平準化が十分に達成されていることがわかった。また単位時間あたりの体積除去率が等しい条件下では、図3で明かなように新しい工具パスを用いた加工数は従来の工具経路を用いた加工数の3～9倍程度に伸びている。すなわちステンレスのポケット加工に関与角一定・切削抵抗一定化手法による新しい工具パスを適用すればエンドミルの工具寿命を飛躍的に延ばすことができることがわかった。

よって関与角一定・切削抵抗一定化の原理に基づいてエンドミルの工具パスを作成できる新しいCAMのアルゴリズムを構築し、それによる基本的なNCプログラムの効果を従来のものと実験により比較した結果、今回の研究開発により構築されたアルゴリズムおよびそれに基づく新しいCAMの大きな有効性が確かめられた。

図3によれば、30°の鋭角を含む直角三角形の場合は、新旧の工具パスとも最も加工個数が少なくなっている。これは内側コーナ部の加工でも、幾何的に厳しい条件である鋭角の場合では、とりわけ工具寿命に大きな影響があるということを示す結果だと考えられる。

5. おわりに

- (1) 任意の三角形、四角形のポケット加工について、切削抵抗が一定になるようなエンドミル工具パスを作成できるCAMを開発した。
- (2) ステンレスのポケット加工に関与角一定・切削抵抗一定化手法による工具パスを適用して従来の工具パスと比較した結果、加工効率の向上と工具寿命の伸延に大きな効果があることがわかった。

追記

本実験に使用した高速加工機 (MC) は、日本自転車振興会の補助金を受けて設置したものである。

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.