

# 難削材のポケット加工用CAMシステムの開発研究（第1報） —切削抵抗を一定化できる工具パス生成用CAMアルゴリズムの開発—

大塚裕俊\*・尾崎浩一\*\*・碓井雄一\*\*・上杉照明\*\*\*

\*生産技術部・\*\*産業技術総合研究所ものづくり先端技術研究センター・\*\*\*(株)STKテクノロジー

## Development of Intelligent CAM System for Pocket End Milling (1st Report)

Hirotooshi OHTSUKA\*・K. OZAKI\*\*・Y. USUI\*\*・T. UESUGI\*\*\*

\*Production Engineering Division・\*\*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology\*\*\*STK Technology

### 要旨

切削抵抗一定化の原理に基づいたエンドミルの工具経路を作成できる新しいCAMのアルゴリズムを構築した。またそれによる基本的な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、今回の研究開発により構築されたアルゴリズムとそれに基づく加工プログラム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による切削となるが、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。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。しかし現在のように工具コストが非常に高い状況であっても、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は皆無である。そこで本研究開発により、大分県産業科学技術センターの技術シーズを用いて「工具寿命延伸規範型工具パス生成機能をもったCAMの開発」を行った。大分県産業科学技術センターでは、CAM開発におけるアルゴリズム基本設計と、それに基づく原理的な加工プログラムの作成と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、これまでの大分県産業科学技術センターの研究によれば、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 $\beta$ は、最小二乗法を利用して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。また本研究では、エンドミルと被加工物のとの干渉部が示す切削関与角が工具寿命に大きな影響をおよぼすとの知見から、切削関与角の値を自由に設定できるような機能をCAMのアルゴリズム基本設計に盛り込んだ。

### 3. CAMのアルゴリズム基本設計

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。作成されたのは基本的な矩形形状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経路によるNCデータを、ステンレス鋼の単純な正方形ポケット加工に適用し、従来の工具経路による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。

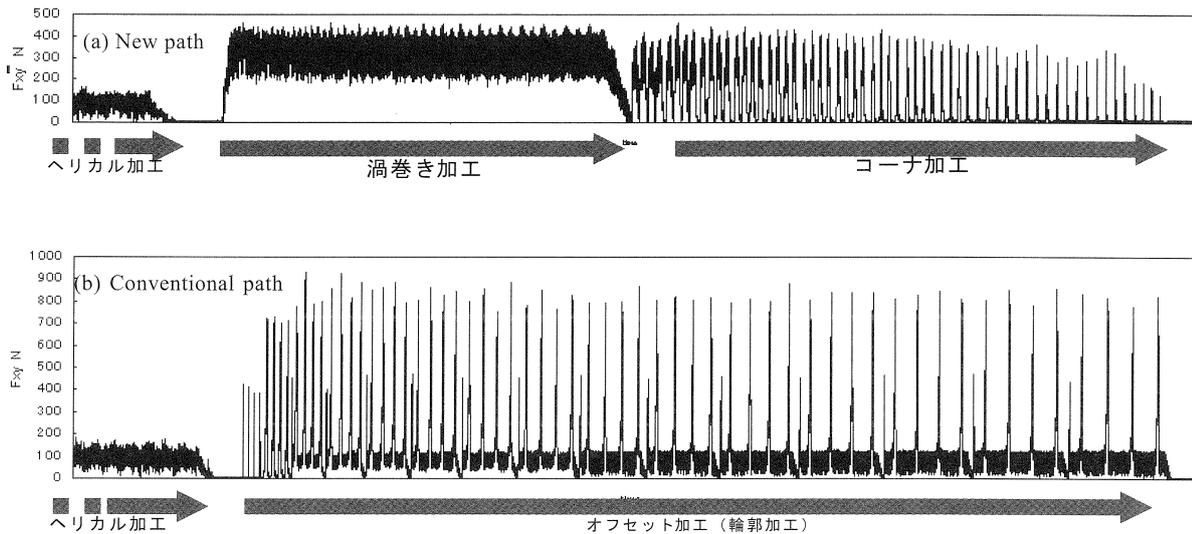


Fig.1 Change of cutting force  $F_{xy}$  in pocket end milling

(Standard cutting conditions(Spiral end milling); S=4800rpm, F=1730mm/min, Radial depth of cut=0.5mm)

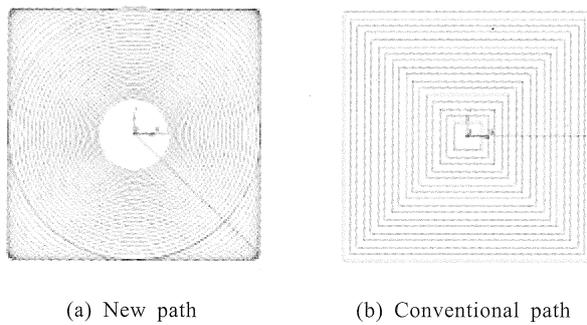


Fig.2 Cutter path patterns for pocket end milling

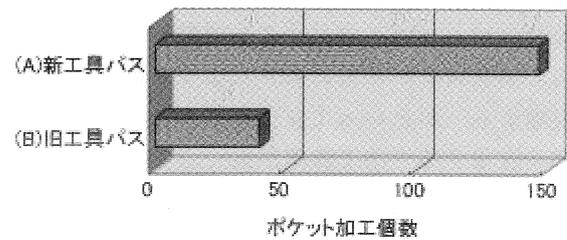


Fig.3 Comparison of number of cut pocket

その実験条件とポケット1個加工時の切削抵抗の変化について図1に示す。また新旧のパスパターンの比較を図2に、加工個数を図3に示す。

この結果によれば、新しい工具経路を用いた場合は、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る。また単位時間あたりの体積除去率が等しい条件下では、新しい工具経路を用いた加工数は従来の工具経路を用いた加工数の3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判明した。

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経路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型のNCプログラム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CAMの大きな有効性が確かめられた。

## 6. おわりに

- (1) 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。
- (2) 作成した工具パス・加工条件のもとで工具寿命が3倍以上に伸びることを確かめた。ステンレスなど一般的な難加工材の加工についても本手法は効果的だと考えられる。

## 追記

本実験に使用した高速加工機(MC)は、日本自動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.