

縦横方向高能率4枚刃スクエアエンドミル CZS

ユニオンツール株式会社 吉村翔太, 古塩純一, 渡辺英人, 佐藤 彰, 津坂英夫

The four-flutes square end mills with high efficiency for vertical and horizontal milling “CZS

Existing four-flutes end mills was not good at vertical milling because of the evacuation of machining swarf. So, that milling was used three-flutes end mills. Four-flutes square end mills CZS is making it possible to high efficiency milling in vertical milling as well as horizontal by the optimization of the tool shape.

UNION TOOL CO. Shota YOSHIMURA, Junichi KOSIO, Hidehito WATANABE,

Akira SATOU and Hideo TSUZAKA

1. 緒言

エンドミルの切削加工において、Z軸方向のアプローチは工具にかかる負荷が大きく、工具の欠損、折損を招き易い。そのため、Z軸方向のアプローチには、ヘリカルアプローチ、傾斜アプローチといった、工具負荷を軽減するためのアプローチが一般的に用いられている。しかし、これらのアプローチ手法は、広いアプローチ領域が必要になり、加工時間も長くなるといった問題点もある。

これに対し、3枚刃エンドミルで主に用いられてきた、Z軸垂直アプローチがある。これは、先に挙げたアプローチとは異なり、Z軸垂直方向に加工する手法で、アプローチ領域を必要とせず、短時間で加工することができる。しかし、対称軸に刃を持たない3枚刃であることから、高能率加工のように高い加工負荷を与えると倒れやすくなってしまふのが実情である。そこで、Z軸垂直アプローチを4枚刃スクエアエンドミルにて実現できれば、XY平面はもとより、Z軸の垂直アプローチにおいても高能率加工が期待できる。

4枚刃エンドミルによるZ軸垂直アプローチの実現に際して問題となるのが、切屑排出性の問題である。4枚刃エンドミルは2枚刃、3枚刃に対してチップポケットが小さくなるため、切屑詰まりを起こし、切れ刃の欠損・折損を招き易い。特に、従来形状では、底刃近傍の切屑詰まりや溶着、底刃の欠損が確認されており、これらは底刃中心部での切屑詰まりが原因と考えられていた¹⁾。

そこで、本研究では、底刃に段差形状を付与することで、底刃近傍の切屑排出性を向上し、Z軸垂直アプローチ可能な高能率4枚刃スクエアエンドミル(CZS)を開発したので報告する。

2. 実験方法

切削加工には、汎用の3軸マシニングセンター(牧野フライス製作所製: V-55)で、主に工具外径6mmのエンドミルを用いている。なお、加工条件の詳細は図中に示す。

従来の4枚刃スクエアエンドミルの底刃に段差形状を設け、そのポケットサイズの変化に伴う、Z軸垂直アプローチ時の臨界送り速度(折損する送り速度)の変化を調査した。

また、これより得られた最適形状を持つ高能率4枚刃スクエアエンドミル(CZS)、従来の4枚刃スクエアエンドミルおよび3枚刃スクエアエンドミルの切削性能を評価した。

3. 実験結果および考察

3.1 底刃に段差形状を持たせた4枚刃スクエアエンドミルの開発

図1に、従来の4枚刃スクエアエンドミルおよび、底刃に段差形状を付与したCZSの底刃全体写真と底刃親刃の拡大写真を示す。従来の4枚刃工具は、親刃・子刃共に、中心から外周まで、フラットな底刃を持っている。これに対し、CZSの親刃は、中心部と外周部で段差を持たせている。なお、この底刃に設けた段の距離(親刃底刃部の仕事無効化長さ)を x とする。

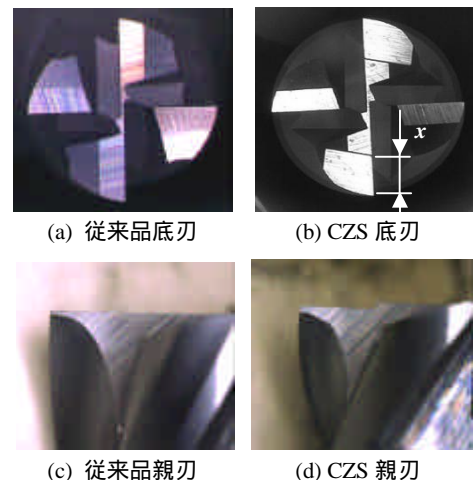


図1. 従来4枚刃スクエアエンドミルとCZSの底刃形状

図2に、段の距離 x に対するZ軸垂直アプローチ時の臨界送り速度の関係を示す。段を設け、その段の距離 x を長くすることで、徐々に、Z軸垂直アプローチ時の臨界送り速度が上昇している。これは、ポケットが狭く、切屑詰まりを起こし易い親刃底刃部に段を設けたことで、Z軸垂直アプローチ時の親刃底刃部、外周側の仕事を無効にし、親刃中心部で発生する切屑の排出性を改善、スムーズな切屑排出性を実現したためであると考えられる。

また、ある値を境にZ軸垂直アプローチ時の臨界送り速度が減少する。これは、親刃の底刃部、外周側の仕事を無効にし過ぎた為、子刃の仕事量が増加し、親刃同等の仕事量を負ってしまったためであると考えられる。

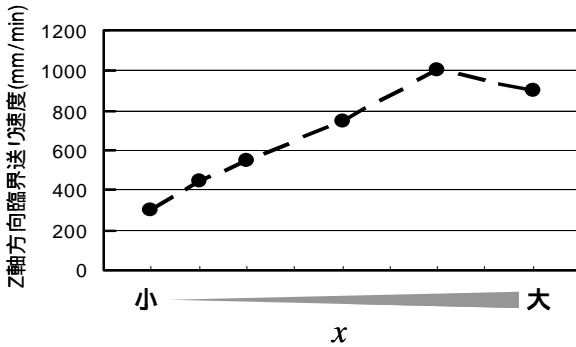


図2. 底刃に設けた段の距離 x に対する Z軸垂直アプローチ時の臨界送り速度

3.2 Z軸垂直アプローチへの影響

先の結果より得られた、最適形状を持つ高能率4枚刃スクエアエンドミル(CZS)および、従来の4枚刃スクエアエンドミル、3枚刃スクエアエンドミルのZ軸垂直アプローチを行った際の臨界送り速度を図3に示す。

CZSは、従来の4枚刃スクエアエンドミルに対して、約10倍の送り速度でZ切込みを行っても折損せず加工できることを確認した。また、4枚刃に比べてポケットが広く切屑排出性が良好とされる3枚刃スクエアエンドミル、中でも特にZ軸垂直アプローチをセールスポイントとするC社製品に対しても、ほぼ同等のZ軸垂直アプローチ性能が得られていることが明らかとなった。

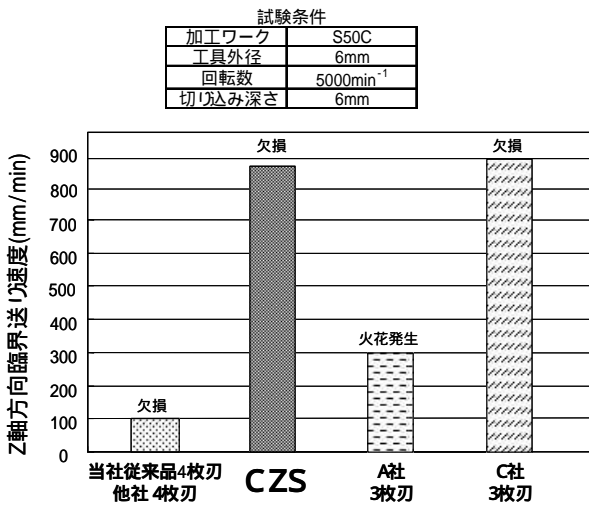


図3. Z軸垂直アプローチ時の臨界送り速度

3.3 横方向の送りへの影響

図4に、高能率4枚刃スクエアエンドミル(CZS)と3枚刃スクエアエンドミルを用いて、S50C(焼鈍材)に溝加工を行った際の折損寿命の比較を示す。

CZSは、C社3枚刃スクエアエンドミルに対して刃長が1D(1mm)長く、工具剛性面で不利であるにもかかわらず、より長い折損寿命が得られた。寿命延長の要因としては、4枚刃が3枚刃に対して、一刃当たりの送り量を小さくすることができ、切削中の工具負荷が軽減されたためと考えられる。

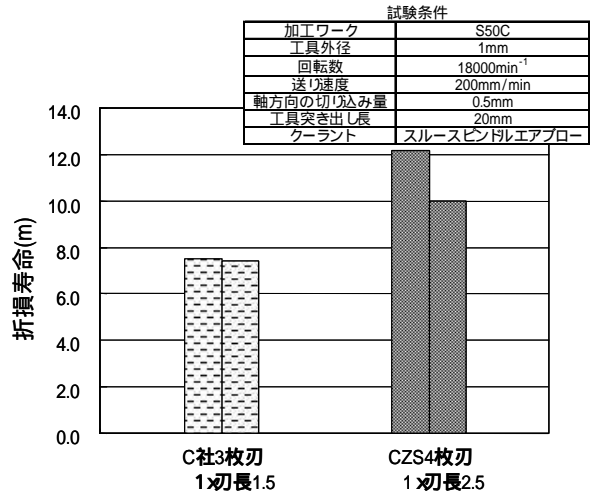


図4. 溝加工時における折損寿命の比較

3.4 加工事例

図5に、S50C(焼鈍材)にスロット加工を行った事例を示す。(a)に、1040個のスロット加工後の底刃小刃拡大写真を示す。(b)に、スロット加工後のワーク状態を示す。これらより、CZSは過酷な加工条件下であっても1040個のスロットを加工し、欠けや損傷は確認されなかった。また、本事例からも分かるようにZ軸垂直アプローチは、アプローチ領域を必要とせず、加工寸法の許容範囲内において、最大径の工具で縦方向から横方向の切削へと移行することが可能であり、高能率化が期待できる。

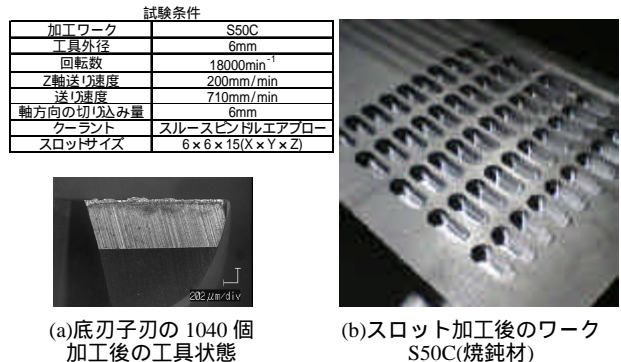


図5. CZSの加工事例(S50Cスロット加工)

4. 結言

本工具は、切屑排出性を改善するために底刃形状に段差を設けることで、4枚刃のスクエアエンドミルでありながら、高能率なZ軸垂直アプローチ性能を得ることに成功した。従来の4枚刃スクエアエンドミルに対して加工能率で約10倍、さらには、3枚刃スクエアエンドミルの中でも特にZ軸垂直アプローチに長けた工具に対して同等のZ軸垂直アプローチ性能を得ることができた。また、横方向の加工においても、3枚刃スクエアエンドミルに対して、優れた折損寿命を得ることができた。これにより、他社製品の3枚刃、4枚刃エンドミルに対して、横方向、縦方向の切削性能面でそれぞれ差別化に成功し、市場で好評を博している。

参考文献

- 1) 高橋昭一：チタン合金へモドリリングアプローチが可能 な4枚刃スクエア「CZSシリーズ」 機械と工具 Vol.51, No.9 (2007) p.77.