

小径cBNエンドミルによる金型鋼材の高精度直彫り加工

High-precision milling of die steel using small diameter cBN endmill

(RIKEN) 理化学研究所 高橋 一郎*
安 斎 正 博**
(MITSUI INDUSTRIAL ENGRAVING CO., LTD.) 南三井刻印 三 井 健 一***

(MITSUI INDUSTRIAL ENGRAVING CO., LTD.) 南三井刻印

1. はじめに

工業製品の高性能化・小型化が進み、これらを製作するためのツールである金型の高精度化・小型化もいっそう強まっている。また、型製作のリードタイム短縮が急務であり、放電加工から高速ミーリングによる直彫り加工による高効率化が望まれている。このような背景から、直径1mm以下の小径エンドミル工具の使用頻度が高まっています。その有効な切削加工技術の実現が課題となっている。

筆者らは、小径工具の使用に対して十分な切削速度および加工性能を達成できる高精度で高速回転・高速送りを可能とするMCの開発や、実加工において必要十分な工具寿命が得られる工具や加工技術の開発に取り組んでいる。今年の型技術者会議2003では、直径が1mm以下の小径cBNボールエンドミルを開発・製作し、金型用高硬度鋼材を直彫り加工した事例を紹介した²⁾。本稿においても、小径cBNボールエンドミルの開発と、主にこれを用いた加工事例について紹介する。

2. 小径cBNエンドミルの製作と特殊形状

(ツノ刃形状) 工具の提案

本工具は、板状のcBN素材(比較的WCバツクメタル層の厚い素材を選択)からWEDMにて切り出した円筒形状物を工具シャング材に鍛ろう付けした後、エバード社製工具研削盤(WS11)により、レンジボンンドダイヤモンド砥石#320~

*Tchiro Takahashi: アドバンス・エンジニアリングチーム

**Masahiro Anzai: 同上チームリーダー

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1, TEL(048)467-9582

***Kenichi Mitsui: 代表取締役

〒203-0032 東京都東久留米市南沢3-1-5, TEL(0424)73-2586

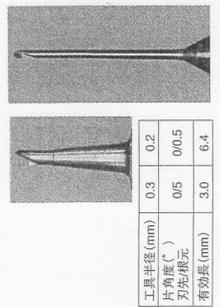


写真1
製作した小径cBNエンドミルの代表的な形状

工具半径(mm)	0.3	0.2
片角度(°)	0.5	0.05
刃先半径	3.0	6.4

2000を使用した乾式研削によって製作する。製作後には、CCDカメラを利用した自作の検査システムによる実測結果を工具ごとの仕様として添付している。

また、現在においてもcBN工具が広く普及しないのは小径工具製作の困難さと高い製造コストによる高価格が第一因と考える。そこでSKSシヤングの採用、生産管理の合理化、材料の歩留まり向上などによって、標準品を低価格で供給できるように努めている。現在標準品は、2枚刃エンドミルと1枚刃ボールエンドミルであり、工具径がφ0.4mm~φ1.5mmの範囲で0.1mmおき、有効長が工具径0.4, 0.5mmで最大3.0mm、それ以外で最大3.2mmまでの範囲で0.2mmおきと広範囲に準備している。なお、切削性は未確認であるが、写真1の右に示すようなロング仕様も製作可能である。

cBN工具は高硬度材切削においても適切な切削条件下できわめて高い耐摩耗性が得られるが、エンドミル中心付近の切れ刃による切削では被削材のムシレとcBNのチップングや剥離(工具損傷)が発生しやすい。そこで、写真2に示すような切れ刃形状を提案している。ボールエンドミルはセンターを0.015~0.02mm逃した1枚刃で0.01~0.02mmの薄い二番幅と30~39°の大きな三番角の鋭角な薄刃形状、スクエアエンドミルはわ

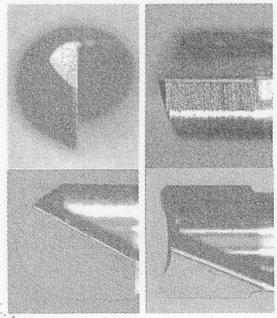


写真2 提案するエンドミル切れ刃形状の例(1枚刃ボールエンドミルとツノ型特殊形状スクエアエンドミル)

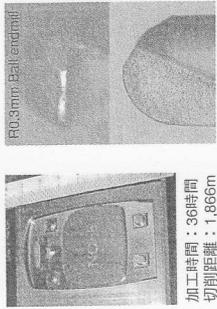


写真3 携帯電話型6面仕上げ加工(超硬1枚刃工具)
加工時間: 36時間
切削距離: 1.866m

ずかなC面取りを施した特殊ツノ型形状である。

3. 加工事例

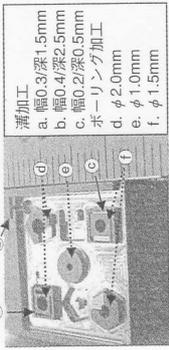
(1) 携帯型の加工事例(超硬工具 vs cBN 工具)
型技術者会議2003では、市販超硬工具(TiAlNコーティング, 2枚刃)と製作したcBN工具(1枚刃)を用いて、携帯電話型を模倣した形状をブリード鋼材(NAK80)に加工した際の切削面形状と工具摩耗を比較した結果を以下のように報告した²⁾。この事例では平面部の多いキャビティ型であるため、ボールエンドミル中心付近の切れ刃を多用することになり、チゼルが残る2枚刃工具では仕上げ面はむしれてしまう。そこで、これを考慮して製作した1枚刃のcBNボールエンドミルによれば、ムシレのない良好な仕上げ面が得られる。

そこで今回は、cBNと同形状の超硬1枚刃工具を製作し、同一切削条件で加工を試みた。その結果、超硬工具であっても微小切込みの切削条件で仕上げ加工のみに適用した工具は摩耗量も比較的少なく、良好な仕上げ面が得られることがわかった(写真3)。

(2) 焼入れ鋼のモデル形状加工事例

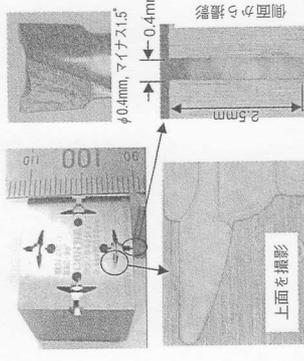
写真4に示す穴形状(下穴加工済み)を含むモデル形状を55HRCのSKD11相当材(PD-613)に行った。図中に示す14本のエンドミル工具を使用し、全実加工時間は15時間5分を要した。特に、幅/深さが0.4/2.5mm, 0.3/1.5mm, 0.2/0.5mmの溝加工部および穴加工部において、倒れない直角の立壁を創成するためには、片角度がマイナスの工具(-1.5°)の使用が必須であることがわかった。

また、写真5に羽根型形状の加工事例を示す。55HRCのマルエージング鋼(MAS11C)に深さ2.5mmまで直彫りしている。直径0.8mmと0.4mmのC面ラジアスエンドミルによる荒加工後、直径0.4mmのコーナ処理を施さない(ピン角)



使用した代表的な工具と加工条件	
φ1.5, C面ラジアス 片角度0°	等高線加工: N=32000, F=700, Ad/Rd=0.008/0.6
φ0.2, C面ラジアス 片角度0°	等高線加工: N=32000, F=300, Ad/Rd=0.002/0.08
φ0.8, C面ラジアス 片角度-1.5°	φ10吹ハヤカル加工: N=32000, F=300, Ad/Rd=0.005/0.1

写真4 焼入れ鋼の加工事例1



使用した工具と加工条件	
φ0.8, C面ラジアス 片角度0°	等高線加工: N=32000, F=600, Ad/Rd=0.004/0.32
φ0.4, C面ラジアス 片角度-1.5°	等高線と底面加工: N=32000, F=400, Ad/Rd=0.003/0.16
φ0.4, スクエア 片角度-1.5°	等高線と底面加工: N=32000, F=800, Ad/Rd=0.003/0.16

写真5 焼入れ鋼の加工事例II

工具で仕上げた。仕上げ工具の実加工時間は約6時間(切削距離約88m)であったが、工具摩耗はわずかであり、良好な仕上げ面と鋭角な形状の加工が実現できた。

4. まとめ

cBN工具のチップングや剥離などの工具損傷を抑制するため、センター逃がしの薄刃1枚刃ボールエンドミルと特殊形状切れ刃を有するスクエアエンドミルを提案するとともに、微小切込みの切削条件での焼入れ鋼の型モデル加工事例を示した。磨きを必要としない高精度な型加工の実現に對し有効であると考えらる。

参 考 文 献

- 1) 高橋, 安斎ら: ABTEC 2001 講演論文集, p. 223
- 2) 高橋, 安斎, 三井: 型技術者会議2003, No. 203