

小径 cBN 工具による金型用鋼材の直彫り加工

Direct milling of die steel using small diameter cBN tool

[The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)] 理化学研究所
高橋 一郎* 安斎 正博**
(MITSUBISHI INDUSTRIAL ENGRAVING CO., LTD.) 南三井刻印 三井 健一***

1. はじめに

携帯電話や PC などの IT 関連製品をはじめとする身の回りの工業製品の小型化・高性能化が進み、これらを製作するためのツールである金型も小型化・高精度化の傾向がいっそう強まっている。一方で、工業製品の類繁なモデルチェンジから型製作のリードタイム短縮が急務であり、対応策として、放電加工から高速ミリングによる直彫り加工への展開が注目されている。

このような背景から、直径 1 mm 以下の小径エンドミル工具の使用頻度が高まってきており、小径工具を用いた高精度金型鋼材の効率的な切削加工技術として、最適切削条件の実現や工具の長寿命化などの開発が課題となっている¹⁾。

また、高速ミリング技術は特に小径ボールエンドミル工具を用いる小物の金型加工に適している。この考えから、筆者らは 15 万回転空静圧主軸と相対運動を利用した高速駆動系を有する超高速ミリング機²⁾と、小物加工用の超小型高速ミリング機³⁾を開発してきた。いずれも高速回転主軸を有し、小径工具の使用に対して十分な切削速度、加工能力が達成できる。しかしながら、小径工具を用いる場合であっても必要十分な工具寿命が得られなければならない。そこで、実用化に対しては多くの課題があるものの、cBN 工具

の適用が期待される。以上の背景を踏まえ、本開発は、直径が 1 mm 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際の基礎的な切削性能について調査し、小物・高精度金型製作の効率化に寄与することを目的とする。

2. 小径 cBN エンドミルの製作

cBN 工具材は高硬度鋼材の旋削加工や鍛鉄の高速加工用にスローアウェイタイプのインサートが実用化されているが、小径エンドミルへの適用事例はごく僅かである。これは、小径工具製作の難易度と高い製造コストが第 1 因である。そこで本開発では、cBN プラント材 (素材) から WEDM にて切り出した円筒形状 cBN 材を工具シャング材に銀ろう付けにより結合した後、エバゲ社製工具研削盤 (WS II) により、レジピンボンドダイヤモンド砥石 #320~2000 を使用した乾式研削によって製作する。図 1 に示すような切れ刃形状の単純化によって、比較的低コストで小径エンドミル工具を製作することが可能になった。現在、直径 $\phi 0.4 \text{ mm} \sim \phi 1.5 \text{ mm}$ 、有効長 3 mm 以下が標準規格品として在庫できている。なお、工具製作後、CCD カメラを利用して製作した測定システムにより形状測定・検査を工具ごとに行い、実測値を工具データとして添付している。

3. 加工実験結果

(1) 携帯電話型の加工事例 (超硬工具 VS cBN 工具)

市販の超硬工具 (TIAIN コーティング、2 枚刃) と、製作した cBN 工具 (1 枚刃) を用いて、携帯電話型を模擬した形状をブリーハードン鋼材 (NAK 80) に加工した際の、切前形状と工具摩耗の様子を比較した拡大写真を写真 1 に示す。ただし、いずれも最終仕上げに用いた $\phi 0.6 \text{ mm}$ ボールエンドミルの場合である。本事例では平面部の多いキヤ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、チゼルに残る 2 枚刃工具では、特に平面部の仕上げ

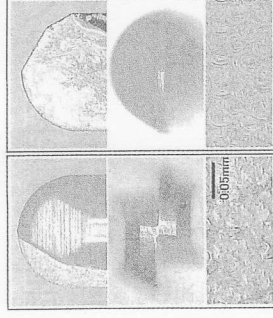
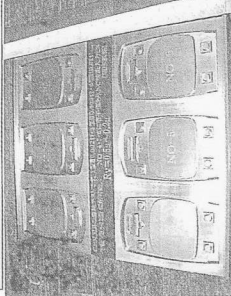


写真1 超硬2枚刃 (左) と cBN 1 枚刃 (右) の工具摩耗、および切前形状の比較 (工具 $\phi 0.6 \text{ mm}$)

一切削条件
荒: $\phi 4.0 \sim 1.0 \text{ mm WC-endmill}$ (片角 0°)
 $N=10,000 \sim 20,000$, $Ad=0.1 \sim 0.03$
 $Rd=1.4 \sim 0.3$, $F=1,500 \sim 3,000$
仕上げ: $\phi 0.6 \text{ mm cBN-endmill}$ (片角 0°)
 $N=32,000$, $Ad=0.005$, $Rd=0.02$, $F=1,500$



(a) 携帯電話型モデルの加工事例 (NAK80)

(b) 加工後の工具摩耗 (c) 6 型加工後の工具摩耗

写真2 携帯電話型モデルの加工事例

面はムシレしてしまう。一方、これを考慮して製作した 1 枚刃の cBN ボールエンドミル (逃げ角: 大、刃先角: 小, $0.015 \sim 0.020 \text{ mm}$ センタ逃げしの刃形) では、ムシレのない良好な仕上げ面が得られた。また、写真 2 に前記と同形状を 6 型分、連続仕上げ加工した際の被削材および cBN 工具摩耗の様子を示す。cBN 工具は、写真中に示す切削条件で仕上げ加工のみに使用したが、連続 36 時間に相当する加工後も工具摩耗は僅かであり、工具半径減少量の測定結果は 0.01 mm であった。

(2) TV スピーカ型モデルの加工事例

$150 \times 500 \text{ mm}$ の平面に 14,245 本のピン形状を直彫りした結果を写真 3 に示す。被削材はブリーハードン鋼材 (NAK 80) であり、加工形状および

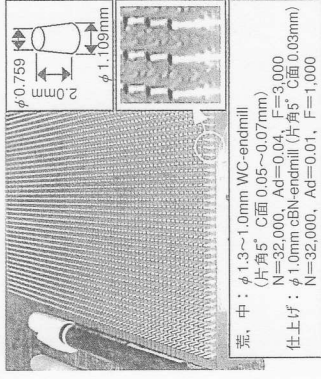


写真3 TV スピーカ型モデルの加工事例

一切削条件
荒: $\phi 2 \text{ mm cBN-endmill}$ (片角 0.07°)
 $N=32,000$, $Ad=0.005$, $Rd=0.2$, $F=1,000$
仕上げ: $N=32,000$, $Ad=0.002$, $Rd=0.01$, $F=600$

写真4
焼入れ鋼への
適用事例

び切削条件は写真中に示すとおりである。仕上げ工程に 2 本の cBN 工具を使用した。いずれも片角度 5° 、コーナに僅かな C 面取りを施した 2 枚刃エンドミルである。cBN 工具による加工時間は約 105 時間を要した (金加工時間 = 383 時間) が、工具摩耗は極めて僅かであり、加工後の被削材底面の平坦度 0.01 mm 以内が得られた。

(3) 焼入れ鋼の加工事例

焼入れ鋼 (SKD 11, 62 HRC) に $0.11 \times 1.0 \text{ mm}$ 、高さ 0.15 mm の立ち壁形状を直彫りした事例を写真 4 に示す。コーナ部に 0.07 mm の C 面取りを施した 2 枚刃エンドミルの使用により、荒加工の能率を改善することができた。さらに、最終的にコーナ処理を施さない (ピン角) 工具での仕上げが可能となり、良好な仕上げ面と鋭角な形状の加工が実現されている。

4. まとめ

直径が 1 mm 以下の極小径の cBN エンドミルを製作し、高硬度金型鋼の直彫り加工を試みた。その結果、極めて長寿命な加工が実現でき、これにより高い加工精度が得られ、精密金型製作に有効であることを確認した。

参考文献

- 1) 高橋 安斎ら: ABTEC 2001 講演論文集, p. 223
- 2) 高橋 安斎ら: 精密工学会誌, 65, 5 (1999), p. 714
- 3) 高橋 安斎ら: 2000 年度精密工学会春季大会論文集, p. 113