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**
〔MITSUI INDUSTRIAL ENGRAVING Co., Ltd.〕㈲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，身の回りの工業製品の小形化・高性能化には目を見張るものがある．そしてこれらの工業製品を製作するためのツールである金型の製作においても小形化・高精度化の傾向がいっそう強まっている．また，工業製品の頻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ー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いる．すなわち，小径工具を用いた高硬度金型鋼材の効率的な加工技術が求められていて，最適な切削条件の実現や工具の長寿命化が開発課題となっている[1]．

筆者らは高速ミーリング技術が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という考えから，15 万回転空気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ーリング機[2]と，小物加工を前提とした超小形の高速ミーリング機[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，加工能率が達成できる．一方，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．現状では実用化に対し課題が多いものの，cBN 工具の適用が期待される．そこで本稿では，直径が 1 mm 以下の小径 cBN ボールエンドミルを開発・製作して，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た．

*Ichiro Takahashi：ラピッドファブリケーション開発チーム 先任技師，
**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 東京都東久留米市前沢 3-1-5，TEL(0424)73-2586

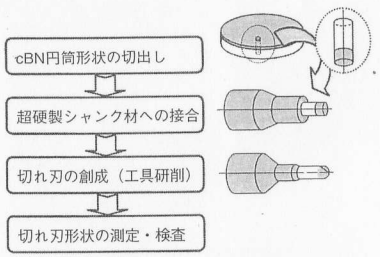

図 1　小径 cBN エンドミルの製作手順

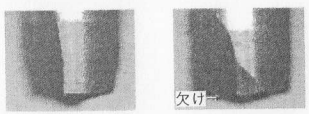

写真 1　含有率の異なる cBN 材の研削性の違い

2. 小径 cBN エンドミルの製作

高硬度鋼材加工に用いられる小径ボールエンドミルの材質は超硬合金にセラミックスコーティングを施したものが一般的である．最近では工具半径 R＝0.05 mm 程度の工具も市販されるに至っている．また，工具寿命の延長が期待できる cBN を工具素材とした小径ボールエンドミルも開発されるようになってきた．前述したように，その需要が高まってきたためと予想される．

しかしながら，工具製作の難易さと製造コストが高いなどの課題を抱えている．本研究では，図 1 に示す手順で R＝0.5 mm 前後の工具半径を有するボールエンドミルを製作した．cBN 素材と工具シャンク材の結合方法の工夫（銀ロー付けと固相結合の 2 方式）と切れ刃形状の単純化（テーパ付き半月状 1 枚刃と直刃 2 枚刃）によって，比較的低コストで工具を製作することが可能になった．工具研削機はエバーグ社製（WS 11）で，レジ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．製作した工具は，CCD カメラを利用した評価システムによって，工具半径などの工具諸元の計測と検査を行うことができる．

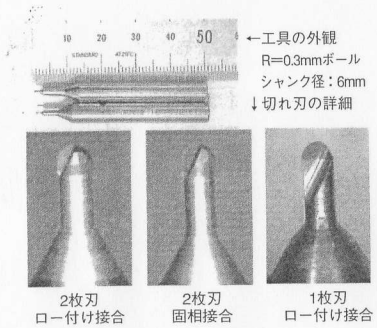

写真 2　試作した小径 cBN エンドミルの一例

写真 3　深リブ形状の加工例（超硬工具 VS cBN 工具）

3. 加工実験結果

（1） プリハードン鋼の加工特性

製作した cBN ラジアスエンドミル（直径 1.5 mm，コーナ半径 0.05 mm）を用いて，プリハードン鋼に幅 0.3 mm，高さ 5 mm のリブ形状を仕上げ加工した結果を示す（写真 3）．比較のため使用した超硬コーティング工具に対して，同写真に示すように，工具摩耗は極めて小さく，かつ良好な加工面性状が得られた．特にリブ側面の面性状は，均一かつ良好な面粗さが得られた．

また，携帯電話の金型モデルの加工例と，同形状を 3 回（3 型分）加工後の工具摩耗の様子を写真 4 に示す．最終仕上げ加工（すべての面）を 1 本の小径工具で加工することによって，段差のない均一な仕上げ面とシャープなキャラクタラインが得られていることがわかる．

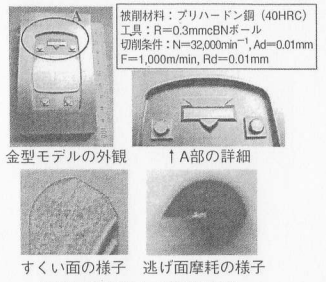

写真 4　携帯電話金型モデルの加工事例

（2） 焼入れ鋼の加工特性

焼入れ鋼（60 HRC）に，マイクロスイッチ用金型製作の基礎実験を目的に，ポケット穴形状を加工した事例を示す（写真 5）．比較のため使用した超硬コーティング工具では（R＝0.1 mm ボールエンドミル），極端に工具摩耗が進行したのに対し，cBN 工具では 2 個のポケット穴加工後も工具摩耗はわずかであった．極小径 cBN 工具を用いた焼入れ鋼の切削では，軸方向，半径方向，および送り量を小さく設定し，切れ刃のチッピングの発生を避けなければならない．

写真 5　焼入れ鋼のポケット穴加工例

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，高硬度鋼の微細加工を試みた．手動タイプの工具研削機を用いて，直径 0.6 mm～1.2 mm，L/D＝3 までの極小径エンドミルが製作可能になった．また，特に軸方向切込み量を 0.01 mm 程度に制限すれば，長寿命で焼入れ鋼を切削可能であることを確認した．

参考文献

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