

(様式2)

学位論文の概要及び要旨

氏名 加藤 明 印

題 目 ボールエンドミルの再研削に関する研究

学位論文の概要及び要旨

本論文では、金型などの自由曲面を有する部品の加工に使用されるボールエンドミルの再研削を取り上げている。ボールエンドミルの再研削は、工具費の削減と資源の有効利用のため、従来から要望が高い。しかし、工具の切れ刃形状が複雑なことや自動工具研削盤が高価であることなどから、加工現場ではボールエンドミル再研削が十分普及していない。しかしながら、製品のデザイン性向上や小型化・高性能化にともない、部品の形状はさらに複雑なものとなると思われ、ボールエンドミルの需要も大きくなると考えられることから、ボールエンドミルの再研削技術の確立と再研削の普及を図ることは重要であり、これが本論文の目的である。内容を要約すると次のとおりである。

1. ボールエンドミル切れ刃形状のモデル化

まず、ボールエンドミル切れ刃形状の測定方法を検討し、市販のボールエンドミルの切れ刃形状を測定して切れ刃形状を数値データ化した。次に、得られた切れ刃の数値データをもとに、CAD上で切れ刃稜線を再現し、逃げ角、すくい角に相当する角度で切れ刃稜線を延長し、切れ刃形状を再現した。この方式で、複雑な切れ刃のねじれを有するボールエンドミルの形状を3次元ソリッドモデル化することが可能であることを示した。

2. ボールエンドミル再研削データの生成

3次元ソリッドモデルを用いて、CAMにより第1逃げ面、第2逃げ面、すくい面の再研削用工具経路を作成し、それぞれのCLデータを生成した。また、CLデータを工作機械制御用のNCデータに変換するポストプロセッサを開発した。このソフトウェアにより、CLデータからNCデータに変換が可能となった。本研究で開発したボールエンドミル再研削用の研削盤の可動軸はステッピングモータを用いていることから、NCデータをステッピングモータ用駆動データに変換する必要があるため、データの変換にあたって生じる工具経路の差を検証し、差が最も小さくなる変換方法に従ってソフトウェアを開発した。

3. 全自動5軸制御研削盤の開発

複雑な切れ刃のねじれをもつボールエンドミルを再研削するために、直交3軸、回転2軸の可動軸を有する全自動5軸制御の工具研削盤を開発した。多くの工具研削盤は、NC制御装置とサーボモータを使用するため高価格な装置となるが、本研究では全軸とも5相ステッピングモータを用いること

で、低価格な研削盤を開発することができた。また、この装置を制御するために専用の制御プログラムを開発し、ボールエンドミルの全自動再研削が可能となった。さらに、ボールエンドミル再研削について経済性の観点からの評価した。本研究により開発した研削盤を導入して再研削を行う場合の工具費は再研削を行わずに摩耗後廃棄する場合の1/3程度であることを示し、本研究で開発した再研削盤の高い経済性を明らかにした。

4. ボールエンドミルの再研削

ボールエンドミルの再研削条件について検討し、再研削費用の観点からは電着砥石の使用が、良好な研削面を得るにはダイヤモンド砥粒レジノイド砥石の使用が望ましいことを述べるとともに、水溶性研削液に比べて潤滑性に優れ、研削液管理が簡単なことから不水溶性研削液が適することを述べた。また、ダイヤモンド電着砥石とダイヤモンドレジノイド砥石を用いて、超硬ボールエンドミルの再研削試験を行い、砥石の変形抵抗の差異のため、ダイヤモンド電着砥石による再研削工具よりも、ダイヤモンド砥粒レジノイド砥石により第1逃げ面を再研削した工具の方が逃げ面粗さは良好であること、ダイヤモンド砥粒レジノイド砥石#270は、ダイヤモンド電着砥石#325と同等の研削面粗さが得られること、およびダイヤモンド砥粒レジノイド砥石#400を用いた再研削工具の第1逃げ面粗さは新品と同等であり、再研削作業の効率と研削面粗さを考慮すると、再研削にはダイヤモンド砥粒レジノイド砥石#400の使用が望ましいことを示し、ボールエンドミル再研削に適する条件を見出すことができた。

5. 再研削工具の性能評価

傾斜面切削実験を実施した結果より、新品工具と再研削工具の工具寿命の差は小さく、再研削工具を新品工具の代用として使用しても、工具交換時期にほとんど影響を及ぼさないことがわかった。また、再研削工具は寿命のばらつきが大きく、再研削前に生じている摩耗や亀裂などの影響を受ける可能性があることを述べた。切削力の測定結果からは、切削距離3mm付近までの切削力は新品工具と再研削工具でほとんど同じであるが、それ以降は再研削工具のほうが新品工具よりも切削力の変動やばらつきが大きいことがわかった。被削材加工面粗さを比較すると、再研削工具は全体的に新品工具に比べて劣るが、その差は小さいことがわかった。工具寿命、切削力および加工面粗さの測定結果を考慮すると、一般の金型仕上げ加工で採用される工具寿命（逃げ面摩耗幅100 μ m）までは同等の切削性能を有することから、再研削工具を加工現場に導入し、新品工具の代わりに使用できることがわかった。

以上、本論文ではボールエンドミル切れ刃の測定、CAD/CAMによる3次元ソリッドモデル化とCLデータの生成、開発したポストプロセッサとステッピングモータ駆動用データ変換プログラムの開発、再研削に適する全自動5軸研削盤の開発を行い、切削実験を通じて本研究で開発した工具研削盤で再研削した工具は新品工具の代替として十分な性能があることを明らかにした。本論文の成果により、ボールエンドミルの再研削が加工現場に普及することで、加工コスト低減と省資源に繋がると期待される。