

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 藤田 剛  
学位 博士 ( 工学 )  
学位記番号 新大院博 (工) 第 412 号  
学位授与の日付 平成 26 年 9 月 22 日  
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当  
博士論文名 三次元 CAD を活用したボールエンドミルの切削性能評価に関する研究

論文審査委員 主査 教授・岩部 洋育  
副査 教授・新田 勇  
副査 教授・安部 隆  
副査 教授・鳴海 敬倫  
副査 東京電機大学教授・松村 隆

博士論文の要旨

本論文は「三次元 CAD を活用したボールエンドミルの切削性能評価に関する研究」と題して、金型等の三次元輪郭形状を高精度・高能率に加工する上で工具として不可欠なボールエンドミルの切削性能を明らかにすることを目的としている。ボールエンドミルの切れ刃形状は複雑であるとともに、断続切削となることから切削性能に関して不明な点が多く残されている。そこで、本研究では三次元 CAD を活用する新しい方法により解析ならびに検証実験を通じて、ボールエンドミルによる傾斜面加工に関する切削性能を明らかにしている。

本論文は 5 章より構成されている。

第 1 章「緒論」では、ボールエンドミルのおかれた現状、これまでに発表された主な研究対象と解明が不十分な点、本研究の目的および本論文の概要を述べている。

第 2 章「傾斜面の等高線加工における主軸傾斜による影響」では、傾斜した平面の等高線方式のピックフィード加工において、主軸を送り方向に傾斜させる 5 軸加工を想定した等高線方式による傾斜面の直線加工について切削性能の評価を行った。まず切削断面積および切削トルクに相当する評価値を計算した。次に、切削機構および切削特性に基づいて良好な切削性能が期待できる切削条件を検討するとともに、ボールエンドミルの先端部の切れ刃を上記の切りくず立体に関与させた加工法の提案を行った。また、切削実験により得た切削力、切削トルクおよび仕上げ面粗さに基づいて提案した加工法の有用性について検証した。さらに、レーダチャート方式を用いてそれぞれ独立した複数項目による切削性能の簡易的な総合評価を試み、高能率で高精度な加工を実現する切削条件の妥当性について考察を行った。

第 3 章「傾斜面の直線加工における工具送り方向による影響」では、傾斜した平面のピックフィードを伴う直線加工において、傾斜面の直線加工における工具の送り方向を変化させることにより、5 軸制御加工を想定した高能率で高精度な切削条件について切削性能の評価を行っている。具体的には後述する工具の送り方向角  $\beta$  を  $0 \sim 180^\circ$  まで変化させており、

等高線加工 ( $\beta=0^\circ, 180^\circ$ ) および走査線加工 ( $\beta=90^\circ$ ) を含む切削条件で検討を行っている。第2章と同様に、三次元 CAD を活用した解析方法により、工具および工作物をモデリングし、両者を切削が実現するように組み合わせるとともに1回の切削で除去されることになる未切削切りくず立体と回転する切れ刃を干渉させながら、切削の進行に伴って変化する切削断面積および切削トルクに相当する評価値を計算した。次に、切削実験を行い切削力および仕上げ面粗さを測定し、得られた切削力を用いて切削トルクを計算した。最後に、工具先端切れ刃を未切削切りくず立体内部に存在させる加工法が成立する切削条件でレーダチャート方式による切削性能の総合評価を行い、通常はトレードオフの関係にある高能率・高精度加工を両立する切削条件について検討した。

第4章「凸曲面の等高線加工における工作物曲率半径による影響」では、凸テーパ面および凸半球面の等高線加工方式のピックフィード加工において、工具経路の曲率半径が変化する切削条件での切削性能評価を行っている。第2章および第3章と同様に、三次元 CAD を活用した解析方法により工具および工作物をモデリングし、両者を切削が実現するように組み合わせるとともに1回の切削で除去されることになる未切削切りくず立体と回転する切れ刃を干渉させながら、切削の進行に伴って変化する切削断面積および切削トルクに相当する評価値を計算した。次に、切削実験を行って切削力を測定し、得られた切削力を用いて切削トルクを計算した。さらに、両結果を比較することにより良好な切削性能が期待できる切削条件の検討を行った。

第5章「結論」では、本研究で得られた結論を総括している。

#### 審査結果の要旨

本論文は、ボールエンドミルを用いて三次元輪郭形状の高精度・高能率加工を実現する上で基本となる切削特性評価について、従来にない三次元 CAD を活用して明らかにしたものである。また、従来の加工技術においては工具先端を使用しない方法が推奨されてきたが、逆に先端部を用いつつ、より高能率で高精度を維持できる加工法を提案し、検証している。なお、実験は3軸制御の工作機械を用いているが、解析においては将来発展ならびに普及が見込まれている同時5軸加工機の利用も想定して行われている。

以上のように、本論文は工学及び工業上貢献するところ非常に大であり、博士（工学）の学位論文として十分であると認定した。