

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12315 号
------	---------------

氏 名 鄭 弘 鎮

論 文 題 目

Research on High-Performance High-Precision Elliptical
Vibration Cutting
(楕円振動切削加工の高性能化・高精度化に関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	社本 英二
委員	名古屋工業大学	教授	中村 隆
委員	名古屋大学	教授	原 進
委員	名古屋大学	准教授	鈴木 教和

論文審査の結果の要旨

鄭弘鎮君提出の論文「Research on High-Performance High-Precision Elliptical Vibration Cutting (楕円振動切削加工の高性能化・高精度化に関する研究)」は、楕円振動切削の高性能化・高精度化を目的とし、高出力楕円振動切削装置の開発及び金型鋼の高エネルギー鏡面仕上げ加工、近年航空産業でのニーズが高まっているチタン合金の高精度・高エネルギー加工、楕円振動切削プロセスのモニタリングによる高性能化に関する研究をまとめたものである。本論文は下記の7章より成っている。

第1章では、「序論」として本研究の背景と目的について述べている。まず、ダイヤモンド工具を用いた超精密切削における楕円振動切削の必要性及び他の加工プロセスに対する優位性を説明している。次に、楕円振動切削の基本理論の説明から最新研究動向及び応用技術等の紹介まで、超精密加工分野における本加工技術の位置づけをまとめている。本研究では、楕円振動切削の応用が超精密加工分野へ留まらずより広い産業分野へ適用されるために4つの研究課題と4つの研究目的を設定している。また、実世界データ循環学の概略、および実世界データ循環の観点から見た本研究成果の位置づけについても論じている。

第2章では、高出力楕円振動切削装置の研究開発について述べている。開発した振動切削装置を用いて、高エネルギー鏡面仕上げ加工実験を行い、本装置の有用性を被削性、仕上げ面性状、工具摩耗度の観点から評価している。金型鋼の楕円振動切削実験の結果、0.4mmの大きい切込み深さにおいて $0.013\mu\text{m Ra}$ 以下の仕上げ面粗さの鏡面加工を実現し、難削材の高エネルギー高精度仕上げ加工に対する開発装置の有効性を確認している。また、100m以上の長距離切削加工実験の結果、工具摩耗は殆どなく鏡面状の仕上げ面が維持されることを確認し、その高い実用性を実証している。

第3章では、楕円振動切削中に発生する摩擦型びり振動の発生メカニズムと抑制法の提案及び検証について論じている。その摩擦型びり振動は、楕円振動サイクル中、工具が仕上げ面に切り込む瞬間に工具逃げ面に発生する摩擦力（ブラウイング成分）が加振力として働き、動剛性が低い周波数の振動成分がびり振動として励起されるものである。本研究で明らかになった発生メカニズムに基づき、簡便な摩擦型びり振動の抑制法も提案している。提案手法では、切削方向に対して工具リード角を前傾させてから切削を行うことによってブラウイング成分を低減し、ブラウイング成分の振動加振へ寄与する割合を減らすことで、摩擦型びり振動を抑制する。本章では、さらにその有効性を実験的に確認した成果について述べている。

第4章では、チタン合金Ti-6Al-4Vの高精度加工を実現するため、楕円振動切削を適用しその実験結果について論じている。チタン合金加工時に生成されるせん断型切り屑の生成による強制振動は生産現場での騒音を引き起こし、仕上げ面性状劣化の原因となる。一連の加工実験を通して、せん断型切り屑の生成周期が平均切取り厚さと比例関係にあること、せん断型切り屑の生成による強制振動の大きさは平均切取り厚さに対して2次関数の関係にあることを明らかにしている。その結果、平均切取り厚さを減らし切削幅を増やすように切削断面形状を設定することで、加工エネルギーを下げることなく強制振動を抑制し得るという有用な指針を示している。

第5章では、楕円振動切削プロセスの新しいモニタリング手法について述べている。まず楕円振動切削システムを振動系としてモデル化し、どのような成分の切削力が振動モデルのばね係数や減衰係数として振動系に働くのかについて考察している。次に、加工中に生じる外乱力に対して一定の振動を出力するために設計されている楕円振動制御装置内の情報、すなわち各振動方向に対する消費電力変化量及び楕円振動の発振周波数の変化量を加工プロセスモニタリングに利用することを提案している。実験結果として、切削方向振動に対する消費電力の変化量は工具摩耗量と相関があり、切込み方向振動に対する消費電力の変化量は切込み深さと相関があることを実証している。本手法により、付加的なセンサを用いることなく工具摩耗度の推定及び過度な加工負荷を検出する機能を付加することができ、超精密楕円振動切削技術の高性能化・高精度化を実現している。

第6章では、本研究及び他の関連研究を「データ取得」、「データ解析」、「実装」といった実世界データ循環の観点から分析し、生産及び加工分野に対する実世界データ循環学に対する理解について明確に記述している。

第7章では、「結論」として、本研究により得られた成果をまとめている。

以上のように本論文では、新しく開発した高出力楕円振動装置を用い、焼入れ鋼の高エネルギー・低コスト鏡面仕上げ加工が実現している。また、チタン合金の切り屑生成メカニズムを明らかにするとともに、せん断型切り屑生成による強制振動を抑制する手法を提案し実証している。さらに、振動制御装置内部情報と加工プロセスの切削パラメータとの関係性を明らかにし、加工プロセスモニタリング手法を新しく提案・実証している。

これらの成果は、学術上、工業上、寄与するところが大きく、本論文提出者鄭弘鎮君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。