

Title	EEM (Elastic Emission Machining) による超精密加工に関する研究
Author(s)	山内, 和人
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3054437
DOI	10.11501/3054437
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	やま 山	うち 内	かず 和	と 人
学位の論文	工	学	博	士
学位記番号	第	9550	号	
学位授与の日付	平成3年2月28日			
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
学位論文題目	EEM (Elastic Emission Machining) による超精密加工に関する研究			
論文審査委員	(主査)			
	教授 森 勇藏	教授 井川 直哉	教授 青木 亮三	
	教授 川邊 秀昭	教授 梅野 正隆		

論文内容の要旨

本論文は、EEMによる超精密加工技術を完成するため、加工システムの開発、加工機構の解明および加工面の幾何学的かつ結晶学的特性を明らかにすることを目的として行なわれた一連の研究をまとめたもので、次の6章から成っている。

第1章では、本研究の背景と目的について述べている。

第2章では、加工における精度向上のための概念を述べるとともに、EEMの基礎概念について述べ、超精密加工法としての可能性について考察している。

第3章では、EEMによる超精密数値制御システムの開発を目的として、数値制御化への対応を考慮した粉末粒子供給方法を提案するとともに、その有効性を種々の観点から明らかにし、EEM加工装置の開発を行なっている。さらに、数値制御システムの問題について述べ、これに従って加工制御用ソフトウェアを作成するとともに、前記の加工装置に組み込み、オプティカルフラット上に球面形状加工を実際に行なうことによって、形状制御精度 $0.01\mu\text{m}$ 以上の極めて高精度な加工システムとなることを証明している。

第4章では、EEMの加工特性の重要な特徴として、粉末粒子、加工物材料の組合せによって非常に大きな加工速度の変化が生じることを見出すとともに、プラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) による粉末粒子表面処理装置を開発し、これによって数原子層のコーティングを施した粉末粒子によっても、非常に大きな加工速度の差が生じることを示しており、EEMにおける加工特性は、加工物および粉末粒子表面の組成の組合せによって支配されるものであることを明らかにしている。同時に、粉末粒子表面の組成の変化によって、粉末粒子表面の水酸基密度や、表面のプロトン供与体としての働きが

変化し、加工特性に大きな影響を与えていることなども見い出しており、EEMにおける加工機構を粉末粒子、加工物表面原子間の化学的な相互作用に基づく現象と結論づけている。以上の結論から、加工速度等を支配するのは、粉末粒子表面の反応サイトの密度と反応が起きた際に生ずる加工物表面原子の加工物側との結合エネルギーの低下の度合いに依存するものと考えた加工モデルを提案するとともに、量子力学によって、粉末粒子、加工物界面近傍の電子状態の解析を行ない、提案した加工機構によってEEMの加工現象を説明できることを示している。

第5章では、EEMによって加工された表面の特性を幾何学的観点と結晶学的観点の2つの観点からの評価を試みている。加工表面粗さについては、従来の機械的な研磨法では不可能であった $R_{max} 0.5nm$ 以下の優れた鏡面が得られること、また、より微細な表面構造を明らかにするため、走査型トンネル顕微鏡を開発するとともに、これによってEEM加工面を観察した結果、原子オーダーの凹凸しかなく、極めて平坦な表面が得られていることを明らかにしている。さらに、表面光起電力効果を利用し、加工表面の単位構造を非破壊で評価が可能な装置を開発するとともに、これによってSiの加工表面を観察した結果、EEM面では、従来からの加工法によって得られた表面よりも欠陥単位密度が2桁以上小さく、結晶学的に見ても非常に優れた表面となっていることを明らかにしている。

第6章は、本論文の総括であり、主な結果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、EEM (Elastic Emission Machining) による超精密加工技術を完成するため、加工システムの開発、加工機構の解明および加工面の幾何学的、結晶学的特性を明らかにすることを目的として行なわれた一連の研究をまとめたものである。その成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 任意の曲面のEEM加工を可能にするため、加工物表面上の限定された領域のみへの粉末粒子の供給が可能となるような粉末粒子供給装置を開発し、これと数値制御システムを組合せることによる数値制御EEM加工法の概念を確立し、これに従って加工制御用のソフトウェアを作製するとともに、オプティカルフラット上に球面形状加工を実際に行なうことによって、形状制御精度 $0.01\mu m$ 以上の極めて高精度な加工システムとなることを証明している。
- (2) EEMの加工特性の重要な特徴として、粉末粒子、加工物材料の組合せによって非常に大きな加工速度の変化が生じることを示すとともに、プラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) による粉末粒子表面処理装置を開発し、これによって既に加工速度のわかっている粉末粒子に異種材料を数原子層コーティングすることによっても非常に大きな加工速度の差が生じることを明らかにしており、EEMにおける加工特性が、加工物の組成と粉末粒子の表面組成の組合せに非常に強い依存性を示すことを見い出している。
- (3) 上記の結果等から、EEMにおける加工機構を粉末粒子、加工物表面原子間の化学的な相互作用に基づく現象としてとらえた加工モデルを提案するとともに、量子力学によって、界面近傍の電子状態

の解析を行なうことにより、提案した加工モデルによってEEMの加工現象を説明できることを明らかにしている。

- (4) EEMによって加工された表面の特性を幾何学的観点と結晶学的観点から評価した結果、EEM加工によって、これまでの機械的な研磨法では不可能であった $R_{\max} 0.5\text{nm}$ 以下の優れた鏡面が得られること、また、走査型トンネル顕微鏡による観察から、微視的に見ても原子オーダーの凹凸がなく、極めて平坦な表面が得られていること、さらに、表面光起電力効果を利用し、加工表面の表面準位構造を非破壊で評価が可能な装置を開発するとともに、これによってSiの加工表面を観察した結果、EEM面では、従来からの加工法によって得られた表面よりも欠陥準位密度が2桁以上小さく、結晶学的に見ても非常に優れた表面となっていることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、EEMによる超精密数値制御加工システムの開発を行なうとともに、EEMにおける加工機構、また、その加工表面の幾何学的な精度および電子構造を明らかにすることによって、従来の研磨法では不可能であった極めて高精度な表面の創成が可能であることを示しており、EEMに関する多くの知見を与え、精密加工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。