

## 回転ワイヤガイドを用いたワイヤ放電ミーリング加工法の開発

### — 絶縁性 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> セラミックスに対する形状加工の試み —

後藤啓光, 谷 貴幸

筑波技術大学 産業技術学部 産業情報学科

キーワード: 放電加工, 回転, ワイヤガイド

#### 1. 緒言

放電現象を金属材料の除去加工に利用した放電加工法は、炭素工具鋼や合金工具鋼、さらに超硬合金にいたるまで被加工物の硬度に依存することなく加工が可能である。しかしながら、加工対象となる材料は導電性の材料となるため、絶縁性の材料は加工の対象外とされてきた。しかしながら、補助電極法1)を適用することで絶縁性の材料に対する放電加工が実現する。本研究では回転ワイヤガイドを用いたワイヤ放電ミーリング2)において、補助電極法を適用し絶縁性 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> セラミックスに対する加工を試みた。

#### 2. 実験装置および実験方法

本研究で使用する実験装置の概要を図1に、加工条件を表1に示す。電源はトランジスタ方式とし、内部抵抗を用いて電流を制限した。放電時間の設定にはアイソパルス方式を適用した。また、加工中の極間電圧を参照し、Z軸の制御に用いた。なお、θ軸は独立させて制御した。加工液には放電加工油(EDF-K2)を用い、浸漬させながら吹きかけを行った。

#### 3. 実験結果

##### 3.1 ワイヤ放電ミーリング加工の実施

表1に示した加工条件で絶縁性 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> セラミックスに対してワイヤ放電ミーリング加工を実施した。しかしながら、加工中にワイヤ電極が断線に至った。加工面の写真と使用後のワイヤ電極を図2に示す。加工面には加工されずに残留したセラミックスが確認される。残留したセラミックスに対しては放電が発生しないため、導電性被膜が形成されない。そのため、ワイヤ電極とセラミックスとが接触し、ワイヤ電極が断線に至ったと考えられる。

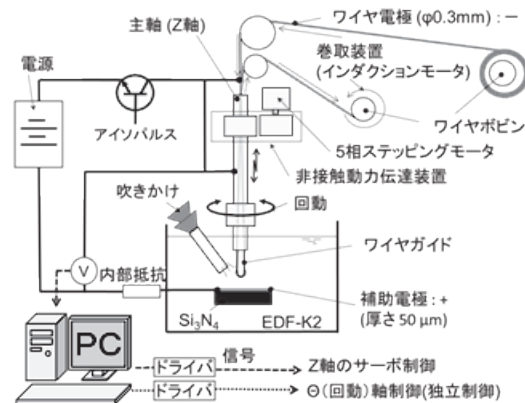


図1 実験装置の概要

表1 加工条件

無負荷電圧 $u_i$	150 V
放電電流 $i_e$	3.25 A
放電時間 $t_e$	4 $\mu$ s
デューティファクタ $\tau$	20%
放電検知電圧 $V_{th}$	55 V
回転角度	360°
回転周波数	1 Hz
ワイヤ走行速度	50 mm/min

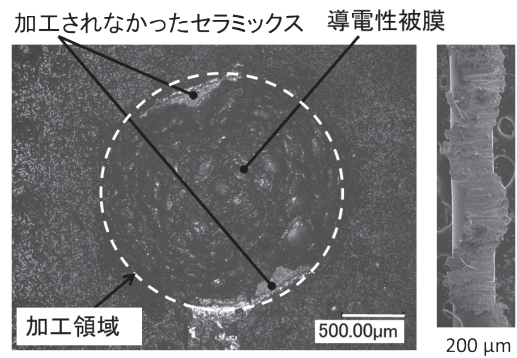


図2 加工面と使用後のワイヤ電極

### 3.2 導電性被膜のコントロール

加工中に観察される放電波形の例を図3に示す。設定した放電時間 ( $4 \mu\text{s}$ ) に対して、それ以上の時間、放電が継続する長パルス放電が多く観察される。このような長時間放電が継続する長パルス放電によって導電性被膜が形成されると考えられている3)。

図4に長パルス放電の発生メカニズムを示す。一般に、放電パルス幅の制御にはアイソパルス方式が適用されており、放電に伴う効果電圧が放電検知電圧以下を検出しその後、設定パルス幅の時間だけ電圧を印加することにより放電時間を制御している。しかしながら、絶縁性セラミックスに対する放電加工では、表面に形成された導電性被膜を解して放電が発生するため、見かけの極間電圧が高くなる。そのため、放電が発生したときの電圧が高く、放電の発生を検出できず、設定放電時間以上の長パルス放電が発生することになる。放電検知電圧を数V程度高くした場合、導電性被膜の厚さが薄くなるが、加工を継続することができる4)。

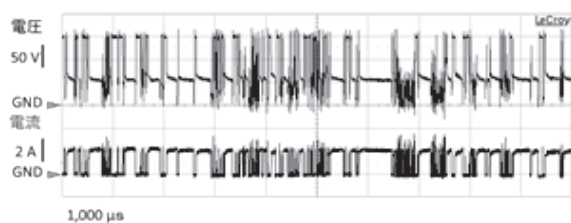


図3 代表的な放電波形 (検知電圧 55V)

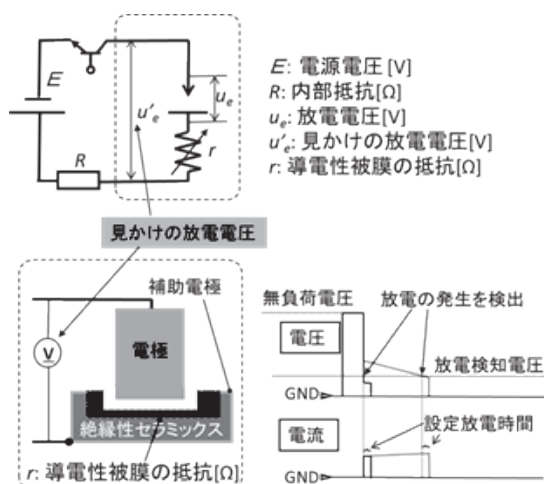


図4 長パルス放電の発生メカニズム

しかしながら、極端に高く設定した場合には長パルス放電が発生しなくなる。そこで、放電検知電圧を極端に高く ( $100 \text{ V}$ ) 設定した状態で長パルス放電の同等の役割を期待し、設定放電時間を長パルス放電とはほぼ同等の時間に設定して加工を試みた。

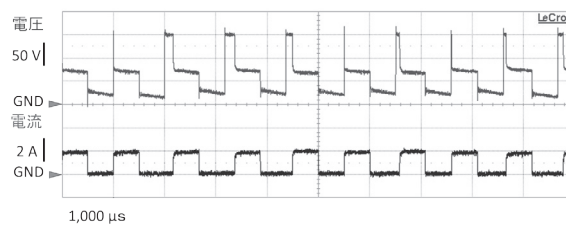


図5 代表的な放電波形 (検知電圧 100V)

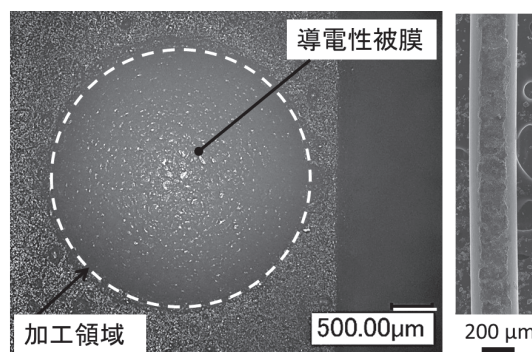


図6 加工面と加工後のワイヤ電極 (波形制御後)

加工中の放電波形を図5に、加工面および使用後のワイヤ電極を図6に示す。導電性被膜がセラミックス表面に形成され、安定してワイヤ放電ミーリング加工が実施出来た。

### 4. 成果の今後における教育研究上の活用及び予想される効果

本研究では放電検知電圧を  $100 \text{ V}$  とし、長パルス放電と同等の放電時間に設定して加工を行うことで、導電性被膜がセラミックス表面に安定して形成されセラミックスの加工が実現した。この電源制御方式は絶縁性  $\text{Si}_3\text{N}_4$  に対する他の放電加工手法にも活用できると考えられ、当該材料の広域での利用に貢献できると考えられる。

### 5. 成果の学会発表

- 1) 後藤啓光, 谷貴幸, 毛利尚武: 回動ワイヤガイドを用いたワイヤ放電ミーリング加工法の開発 - 絶縁性  $\text{Si}_3\text{N}_4$  セラミックスに対する加工 -, 電気加工学会全国大会 (2015) 講演論文集, pp.79-80, (2015)

### 参考文献

- [1] 福沢康, 谷貴幸, 岩根英二, 毛利尚武: 放電加工機を用いた絶縁性材料の加工, 電気加工学会誌, 29, 60, pp.11-21, (1995)
- [2] 後藤啓光, 谷貴幸, 後藤昭弘, 増沢隆久, 毛利尚武: 回動ワイヤガイドを用いたワイヤ放電ミーリング加工法の開発, 日本機械学会第9回生産加工・工作機械部門講演会論文集, pp.203-204, (2012)

- [3] Takayuki Tani, Yasushi Fukuzawa, Naotake Mohri, Nagao Saito, Masaaki Okada. Machining phenomena in WEDM of insulating ceramics. Journal of Materials Processing Technology 2004, 149, pp.124-128, (2004)
- [4] Hiromitsu Gotoh, Takayuki Tani, Naotake Mohri, Masaaki Okada. Improvement of Machining Characteristics of WEDM on Insulating Ceramics. Proceedings of the 15th International Symposium on Electromachining (ISEM XV) 2007, pp.145-148, (2007)