

## ワイヤカット放電加工表面き裂評価

## Wire-cut EDM surface crack evaluation

井草海人<sup>1)</sup>指導教員 立野昌義<sup>2)</sup>

1) 工学院大学大学院 工学研究科機械工学専攻

2) 工学院大学 工学部機械工学科

導電性ジルコニアは精密金型の材料として運用されており、ワイヤカット放電加工によって微細形状加工が成される。放電加工面には微小き裂が発生するが、正確なき裂長さは不明確とされている。また、放電変質層によりき裂の観測も困難なことから、本研究では放電加工面に生じる微小き裂長さを高精度に推定する方法について検討を行う。

キーワード：導電性セラミックス、ワイヤカット放電き裂、破壊力学

## 1. 緒言

耐摩耗性や常温・高温強度などの機械的性質が優れているジルコニアは、セラミックスの中でも強靱な部類に属しており、産業分野では金型用の材料としての利用が検討されている<sup>1)</sup>。一般のセラミックスの加工に用いられる研削や研磨加工では加工効率が他の金属材料に比較して著しく低いなど、形状の制御や修正が生じる場合はコスト的にも不利になる傾向があると考えられる。近年では、導電性粒子を添加した導電性ジルコニアも開発され、ワイヤカットを含む放電加工によって微細形状加工が可能になってきた。しかし、放電加工では加工液中の工作物と電極間にアーク放電が生じることに起因する材料表面には変質層や微細なき裂が生じ、工作物の強度に著しく影響を与えることが考えられる。導電性セラミックスでは高融点の導電性物質が添加されているため、放電加工効率などの低下も予想される。

本研究では、導電性ジルコニアにおける放電加工面微小き裂長さを破壊力学に基づいた推定を試み、放電加工条件と表面き裂長さとの関連を明らかにすることを試みた。

## 2. 実験方法

本実験では、ワイヤカット放電加工機（FANUC Co. Ltd, ROBOCUT  $\alpha-0C$ ）を用いて、導電性ジルコニア板よりの試験片を切り出した。作製した試験片表面に研削加工を施し、抗折力試験による強度測定結果から表面微小き裂長さを推定した。以下に実験方法の概略を記述する。

## 2.1 破壊力学に基づく放電加工表面き裂評価

強度評価には島津オートグラフ AG-50kNI による抗折力試験<sup>2)</sup>を行い、式(1)<sup>3)</sup>を用いて放電加工面き裂長さを推定した。

$$K_{IC} = 1.12\sigma\sqrt{\pi a} \quad (1)$$

破壊靱性値 $K_{IC}$ にはジルコニアの  $8.5\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$  を適用し<sup>1)</sup>、破壊強度 $\sigma$ には抗折力試験で得られた値を用いることでき裂長さ $a$ を算出した(図1)。

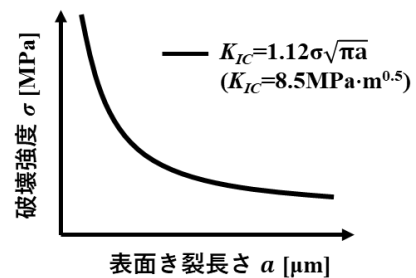


図1:破壊強度とき裂長さとの関係

## 2.2 放電加工条件

放電加工における主条件は、無負荷時の電圧である無負荷電圧  $V_0$  を一定とした場合、放電時のパルス幅  $\tau_{ON}$ 、放電終了後から放電開始までの休止時間  $\tau_{OFF}$  である。今回実験に用いた放電加工条件は  $\tau_{OFF}=20\mu\text{s}$ 、 $V_0=80\text{V}$  一定条件下にて、 $\tau_{ON}=0.2, 0.5, 0.8, 1.4\mu\text{s}$  と系統的に変化させた。上記条件は事前検討にてワイヤ断線や放電不良が発生しない安定放電加工条件範囲内であることを確認している。ワイヤカット放電加工面に生成される表面き裂長さの推定のために、放電加工面を有する試験片の他に、放電加工面を研削加工した試験片を作製した(図2)。研削加工は株式会社岡本工作機械製作所製平面研削盤(PSG-52DX)、砥石にはダイヤモンド砥石(SDC170, ボンド: BAB50, 集中度: 100, 寸法 D200X3T19H50.85) を用いた。

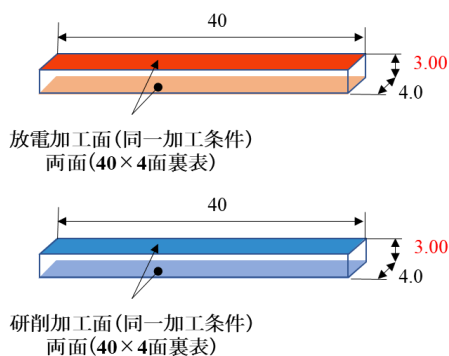


図2: 実験用試験片の形状

## 3 実験結果

一連の実験結果から、ワイヤカット放電加工表面き裂長さ推定値を図3に示す。図3は、本実験結果の代表例として、パルス幅  $\tau_{ON}=0.8\mu\text{s}$  で加工した放電加工面を有する試験片の抗折力結果から求めた表面き裂長さの推定値を示している。この結果より、パルス幅  $\tau_{ON}=0.8\mu\text{s}$  で得られた表面き裂長さは、 $50.7\mu\text{m}$  となった。また、抗折力と研削除去量から予想されるき裂長さの推定領域との比較を行った。放電加工面には、放電加工時における熱的作用により生じる残留応力の影響を無視できない可能性もあるため、放電加工面の残留応力などの影響を考慮し、表面き裂長さの影響について明

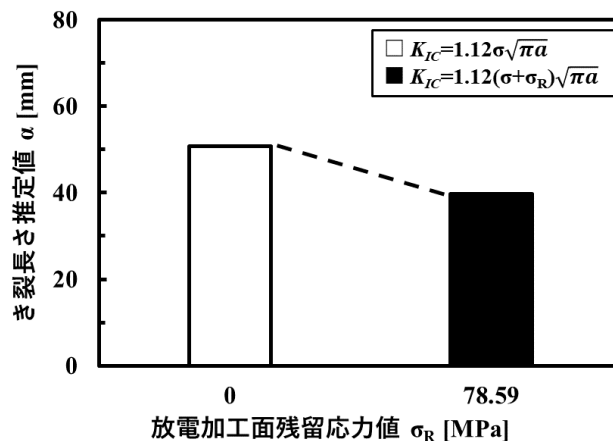


図3: 残留応力考慮前後のき裂推定値

( $\tau_{ON}=0.8\mu\text{s}, \tau_{OFF}=20\mu\text{s}$ )

確にする必要がある。したがって、今回の評価では必要に応じて X 線回折装置(株式会社リガク製 RINT2200/PC)を用いて表面残留応力値を考慮した推定を式(1)に基づき推定した。残留応力考慮前後のき裂長さ推定値について考察し、複数の条件下で本手法による放電加工面き裂長さ推定について検討を行った。

## 4. 結論

本研究では導電性ジルコニアを対象として、ワイヤカット放電加工表面層におけるき裂長さの推定と残留応力を測定することで、表面き裂長さの放電加工条件依存性を明確にすることを試みた。

謝辞

実験用供試材および加工および強度評価など研究全般に対して日本タングステン株式会社様には多大なる支援を受けました。ここに記述して謝意を表します。

## 5. 参考文献

- 1) 大勝 啓資ほか, 導電性ジルコニアにおけるワイヤカット放電加工面き裂寸法評価, 材料, Vol.68, No.9, (2019), pp.686-692
- 2) JIS R 1601:2008, ファインセラミックスの室温曲げ強さ試験方法
- 3) T.L.Anderson 著 栗飯原周二, 金田重裕, 吉成仁志 破壊力学(第3版)基礎と応用 森北出版株式会社 pp.2-51, (2011) .