

# 導電性セラミックスの放電加工表面層のき裂深さの推定に関する基礎検討

## Estimation of Crack Depths on W-EDMed Surface of Electric Conductive Ceramics

山下 雄平<sup>1)</sup>, 山下 凌平<sup>2)</sup>  
指導教員 立野昌義<sup>3)</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 材料力学研究室  
3) 工学院大学 工学部 機械工学科

キーワード：放電加工, 表面き裂, セラミックス

### 1. 緒言

結晶粒微細化など強靱性化および硬さと弾性係数の向上が図られたジルコニア  $ZrO_2$  にタングステンカーバイド WC を製造初期に添加することで導電性を付与させた導電性ジルコニア  $ZrO_2$ -WC が開発された<sup>1)</sup>. 導電性ジルコニア  $ZrO_2$ -WC は  $ZrO_2$  の特性を保持したまま放電加工が可能のため精密金型用材料としての適用が期待される<sup>1)</sup>. しかしながら, この材料は, 高融点材料および脆性材料を主体として構成されることから放電加工効率の低下や表面き裂による強度低下が懸念される<sup>1)</sup>. また, 放電加工により加工表面に形成されるき裂はマイクロオーダーであることや放電加工時に生成される加工表面層の影響により表面き裂の形状や寸法を確認することが困難である. このことから, 脆性材料の強度特性は材料内, 特に表面き裂深さの増大に伴い著しく低下するという破壊力学的知見を用いて表面き裂の推定を行うことが有効であると考えられる.

本研究では導電性ジルコニアを対象にワイヤ放電加工を施す際に発生する表面き裂寸法を破壊力学的手法を用いて簡易的な推定を試みた. また, 推定した表面き裂寸法の妥当性を研削加工表面を有する試験片の抗折力測定結果などを用いた実験により評価を行った. さらに, ワイヤカット放電加工

の加工条件の一つであるパルス幅  $\tau_{ON}$  と休止時間  $\tau_{OFF}$  に着目し, この設定値の組み合わせを変えたときの加工条件の違いが表面き裂の長さに及ぼす影響を限定された組み合わせ条件下において明らかにすることを試みた.

### 2. 実験方法

本実験では, 放電加工表面層のき裂寸法を破壊力学的手法に基づき推定し, 推定したき裂寸法と研削加工表面を有する試験片の抗折力測定結果から導かれる予測値を比較し, き裂寸法の妥当性を評価した. 実験方法の概略を以下に示す.

#### 2.1 き裂寸法推定方法

セラミックスの強度は, 破壊の発生起点になる材料内に存在する欠陥の形状・寸法に依存する<sup>1)</sup> が, 材料の破壊靱性値  $K_{IC}$  が既知であれば破壊強度からき裂寸法を予測できる. 本研究では試験片寸法に対する表面き裂長さが十分に無視できるモデル<sup>2)</sup>を仮定し, 式(1)を用いる.

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

また, ワイヤ放電加工面に導入される初期き裂寸法を予測する上では, ワイヤカット放電加工された母材表面を  $10\mu\text{m}$  またはそれ以上の表面を研削

除去した試験片の抗折力から表面き裂が測定できる可能性<sup>1)</sup>が示されたが、これらの妥当性は未だ広範囲の加工条件では明らかにされていない。このため、本研究では同一放電加工表面を有する試験片表面を研削加工除去した際の強度レベルから決まる表面き裂寸法の把握を試みる。

## 2. 2 放電加工および研削加工条件

放電加工条件として放電しているパルス幅 $\tau_{ON}$ 、放電をしていない休止時間 $\tau_{OFF}$ 及び無負荷時の電圧である無負荷電圧 $V_0$ を組み合わせた条件をワイヤ断線などがない安定放電加工する条件に設定し、ワイヤカット放電加工を行った。

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) が用いられた。強度評価では放電加工面の強度の測定に関して、図1に示す試験片形状 (長さ 40mm×厚さ 3mm×幅 4mm) 用いた。また、試験片コーナー部の面取り加工することで両側面の影響は微小と判断し、JIS R 1601: 2008<sup>3)</sup>に基づく三点曲げ試験を島津製作所(株)製オートグラフ AG-50kNI (R) を用いて実施した。

## 3. 実験結果

研削加工面を有する試験片はすべて脆性破壊した。放電加工条件のうち $\tau_{ON}=1.4\mu s$ 、 $\tau_{OFF}=20\mu s$ のき裂寸法推定結果を図2に示した。実験結果から、抗折力が研削除去厚さに依存する範囲および研削除去厚さまに依存しない強度回復する範囲が明確となり、き裂寸法が予測できた。さらに、抗折力が研削除去厚さに依存する範囲から $10\mu m$ 研削除去した破壊強度から破壊力学的に推定できるき裂寸法はいずれも一致した。ワイヤカット放電加工面は変質層を含むことから予測が難しかった表面き裂長さを特定した。

## 4. 結言

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寸法を明らかにすることを試みた。

放電加工面のき裂深さを機械的研削加工を用いた試験片の抗折力に基づき明確にした。さらに破壊力学的手法により表面 $10\mu m$ 以上の研削による抗折力の情報からも精度の高いき裂深さを推定可能であることを限定加工条件下で明らかにした。

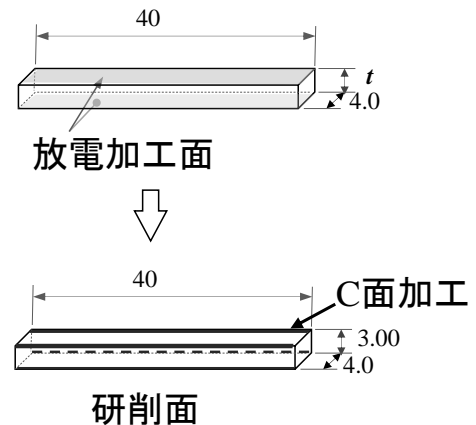


図1: 試験片形状

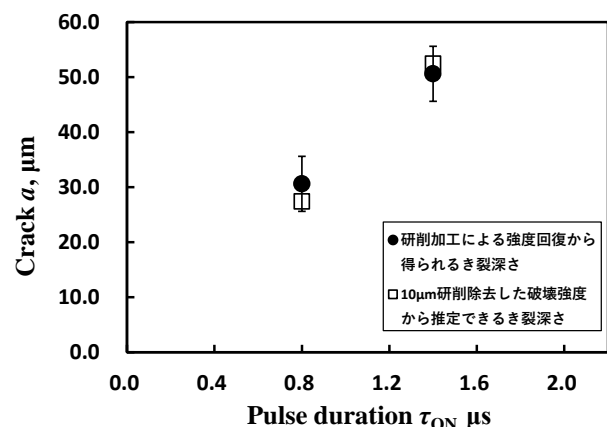


図2: き裂深さ推定結果

## 5. 参考文献

- 1) 大勝 啓資, 江端 将彰, 能野 晋太郎, 堤 幸太, 三浦 尚大, 味冨 晋三, 立野 昌義, 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) 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).
- 3) 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