

導電性セラミックスのワイヤカット放電加工面における表面品質

W-EDMed Surface Integrity on Electric Conductive Ceramics

角田 桂太郎¹⁾ 山下 雄平¹⁾ 梶 将季²⁾
指導教員 立野 昌義³⁾

- 1) 工学院大学 工学部機械工学科 材料力学研究室
2) 工学院大学大学院 工学研究科機械工学専攻
3) 工学院大学 工学部機械工学科

キーワード：導電性セラミックス, ワイヤカット放電加工, 表面品質

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¹⁾。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。しかしながら、本材料は、高融点材料および脆性材料を主体とするため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。それと同時に、ワイヤ放電加工面では、放電の熱的作用により加工表面に残留応力が発生する²⁾。残留応力の発生は、主に電気加工条件や素材特性に大きく支配されると考えられるため、表面残留応力の発生を極力抑制する条件の選定とともに、発生した残留応力の除去する上で重要と考えられる表面層を明らかにすることが不可欠である。しかしながら、ワイヤ放電加工面における残留応力の定量的な把握やそれらに関連すると考えられる表面性状についての系統的な研究はほとんど行われていない。

本研究では導電性ジルコニア ZrO_2 -WC を対象として、ワイヤ放電加工条件(パルス幅 τ_{ON} と休止時間 τ_{OFF})が表面性状(残留応力)に及ぼす影響を明らかにすることを試みる。

2. 実験方法

2.1 供試材

ワイヤカット放電加工は、工作物と走行する極細ワイヤとの間の放電現象を利用して加工を行う。ワイヤ放電加工条件を設定する際、図1に示すような複数のパラメータがあり、それらの条件の組み合わせは膨大となる。

本研究では放電加工条件として放電しているパルス幅 τ_{ON} 、放電をしていない休止時間 τ_{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無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。

ブロック片から表面性状評価用試験片(寸法 10mm×10mm, 板厚 1mm)を採取した。

2.2 表面性状の評価

加工表面性状の評価では、表面粗さ、残留応力などがあり、これら进行评估する。表面粗さは粗さ測定器(株式会社東京精密製 SURFCOM 2800E)、表面の状況は走査型電子顕微鏡(株式会社日本電子製 JSM-6380LA)を用いる。残留応力に関しては、X線応力測定装置(株式会社リガク製 RINT2200/PC)を用いてワイヤカット放電加工後の導電性ジルコニア ZrO_2 -WC 表面の品質を計測する。

なお残留応力測定においては、加工面に対して測定方向が存在し、加工方向によって加工面上の応力分布が変化する可能性がある。したがってワイヤの進行方向に対し平行(ワイヤ送り方向に対し垂直)にX線を照射した場合をZ方向、ワイヤ進行方向に対し垂直(ワイヤ送り方向に対し平行)にX線を照射した場合をY方向と定義した(図2参照)。

試験片測定面10mm×10mmを水平に保持した状態で試料対角線の交点上における垂直軸に対して ϕ の角度からX線を照射する。X線照射における回折面法線角 ψ を $-50^\circ \leq \psi \leq 50^\circ$ とし、9等分して計測し回折面法線角毎の強度分布から決まる回折角 2θ と $\sin^2\psi$ との関係から導かれる直線の傾きに応力定数 K を乗じて残留応力を求める¹⁾。主なX線回折条件は、電圧40kV、電流50mAである。応力定数 K はジルコニアから得られた $K=-294\text{MPa/deg}^3$ とする。したがって、測定した残留応力はジルコニアに起因した残留応力として扱う。

3. 実験結果

主に、休止時間一定条件における代表的なパルス幅の条件 $\tau_{\text{OFF}}=20\mu\text{s}$ におけるX方向の残留応力測定結果の平均値を図3に示す。この結果から、ワイヤカット放電加工面における残留応力は、いずれも引張り残留応力が発生することが確認できた。

この理由としては、放電加工表面における放電による急加熱および休止時間における冷却の繰り返しの結果として、表面残留応力の分布に影響を及ぼしたものと考えられる。

さらに加工表面層の観察結果と対応させることで、残留応力と表面の状態における関係を明確にすることが可能となる。

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面における表面性状を明らかにすることを試みた。

以上の結果から、残留応力と表面の状態における関係を明確にすることが可能となり、表面残留応力に対するワイヤカット放電加工条件の関連性を明らかにする上で有効なデータを得た。

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) 緒方 勲, 向山 芳世, 日原 政彦, ワイヤ放電加工における加工面残留応力に関する研究(第1報) —加工条件と応力分布—, 精密工学会誌, Vol. 57, No.1, (1991), pp. 144-149

(3) 鈴木 賢治, 田中 啓介, セラミックスの残留応力のX線の解析, 材料, Vol. 48, No10, (1999), pp.1147-1154

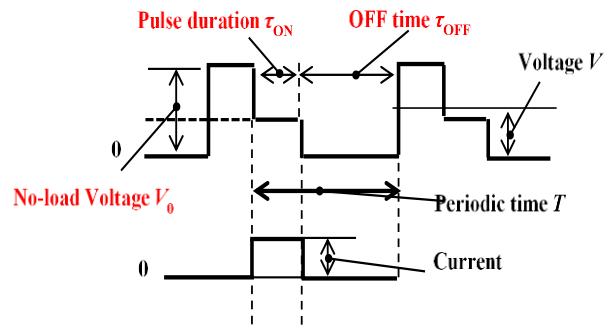


図1 放電加工条件パラメータ

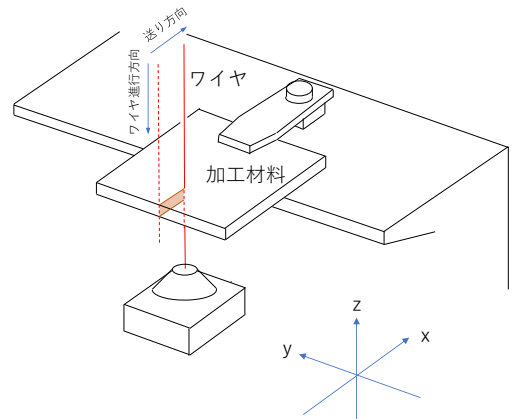


図2 放電加工概略図

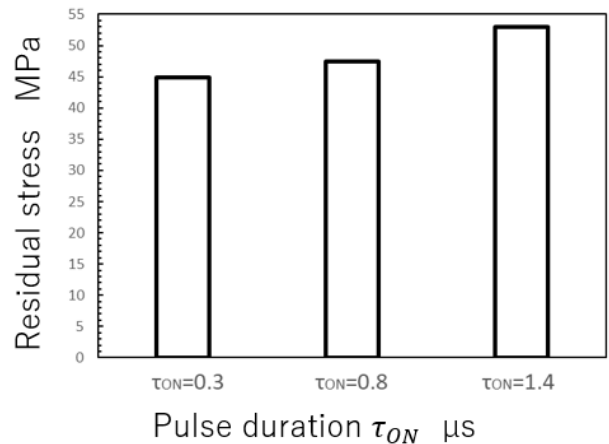


図3 X方向平均残留応力 ($\tau_{\text{OFF}}=20\mu\text{s}$)