

ワイヤカット放電加工表面の強度特性に関する基礎検討

A Basic Study on Strength Characteristics of Wire Cut EDMed Surface

一杉 昂樹¹⁾ 井草 海人¹⁾

指導教員 立野 昌義²⁾

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 工学部機械工学科

キーワード：導電性セラミックス、放電加工、表面き裂

1. 緒言

窒化珪素は高強度かつ耐熱衝撃性・耐摩耗性に優れた材料で高温でも強度が高い性質を持つため、高温構造材料として幅広い業界で使用され、今後もガスタービンなどの用途へのさらなる応用が期待されている¹⁾。これに伴い、寸法精度などの要求も厳しくなり、様々な加工方法への適用が検討されている。導電性粒子を加えた導電性セラミックスも開発されており、放電加工への適用も検討されている。しかし、放電現象に起因する工作物の融解および加工液による冷却の繰り返しにより、材料表面には変質層や微細な亀裂が生じ、工作物の強度に著しく影響を与えることが懸念される²⁾³⁾。

本研究では導電性を有する窒化ケイ素を対象にワイヤカット放電加工を施す際に発生する表面の力学的な性質を評価することを試みた。

2. 実験方法

ワイヤカット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、破壊力学的な予測法の適用が検討されている³⁾。しかし、導電性窒化珪素における表面き裂寸法を含む力学的な特性は未だ明らかにされていないのが現状である。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。窒化珪素の主な物性値を以下に示す。

表 1 窒化珪素の主な物性値

| | 破壊韌性値 | ビックアース硬さ | 密度 |
|--------------------------------|-------------------------------|------------|--------------------------|
| Si ₃ N ₄ | 7.5 MPa · m ^{0.5} | 1850 HV | 3.3 g/cm ³ |

(日本タンクスティン株式会社 HP 参考

https://www.nittan.co.jp/products/ceramicsmaterial_002_004.html)

2.1 き裂寸法推定方法

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⁴⁾を仮定すれば、式(1)が適用できる。

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

ここで、 σ は試験片の破壊強度、 a はき裂長さであり、ワイヤカット放電加工面表層に導入される深さ方向の表面き裂寸法に対応する。本実験では、破壊韌性値 K_{IC} には、JIS R1607⁵⁾に準拠した IF 法で得られた $K_{IC}=7.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ を用いる。抗折力 σ を式(1)に代入して求まる a をき裂長さとした。

2.2 放電加工および研削加工条件

ワイヤ断線などがない安定放電加工する条件⁶⁾を事前に確認し、ワイヤカット放電加工を行った。ワイヤカット放電加工条件を表 2 に示す。表 3 には放電加工後に切り出す試験片厚さ寸法および片面研削加工削り代を示す。図 1 に放電加工後および放電加工後研削加工寸法を示す。

表2 ワイヤカット放電加工条件

| | |
|-------------------|---------------|
| 無負荷電圧 | 80V |
| パルス幅 τ_{ON} | 1.4 μ s |
| 休止時間 τ_{OFF} | 20 μ s |
| ワイヤ | 真鍮 直径:0.25 mm |
| ワイヤ張力 | 1700gf |

表3 試験片厚さと研削加工量

| 放電加工後の試験片厚さ t [mm] | 3.00 | 3.02 | 3.04 | 3.06 | 3.08 | 3.10 | 3.20 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 片側研削量 Δd [mm] | 0 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.10 |

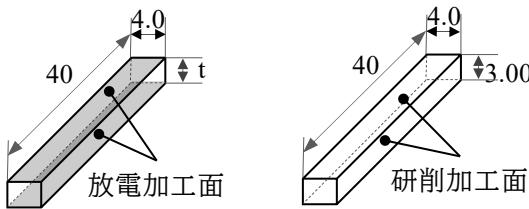


図1 試験片形状

3. 実験結果

図2には各研削量における平均抗折力の試験結果を示す。ここで得られた研削加工後の窒化ケイ素の破壊強度レベルは、佐藤ら⁵⁾の報告とほぼ同等であり、概ね妥当な結果が得られたと考えられる。抗折力結果にはバラツキが生じているが、放電加工後試験片の抗折力は、研削加工したものに対して低く値を示した。これに対して、研削加工した試験片は、10 μ m以上片側研削加工することで、研削量の増加に伴い抗折力が増加傾向を示した。ただし、片側研削加工範囲 40 μ m $\leq \Delta d \leq$ 100 μ m における抗折力の平均値は、10 μ m $\leq \Delta d \leq$ 30 μ m におけるそれに比較して増加していることから、40 μ m以上研削加工することで強度回復したと考えられる。

そのため、強度回復した抗折力レベルから定まる表面き裂を研削き裂と仮定して、研削き裂および表面の残留応力層などについての考察を試みることが可能となった。

4. 結論

本研究では導電性を有する窒化ケイ素を対象にワイヤカット放電加工を施す際に発生する表面の

力学的な性質を評価することを試みた。

一連の評価結果から、ワイヤカット放電加工面の抗折力は低下し、ワイヤカット放電加工面を片面 40 μ m 以上研削加工することで強度回復することが確認できた。

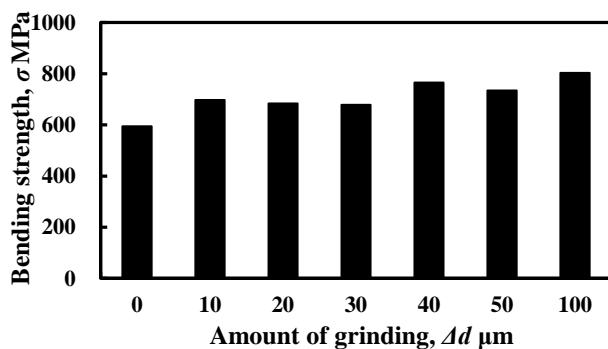


図2 抗折力試験結果

謝辞

加工および強度評価など研究全般に対して日本タンゲステン株式会社様には多大なる支援を受けました。ここに記述して感謝の意を表します。

5. 参考文献

- 1) 高橋 達人, 高靱性高強度窒化珪素の開発動向, 圧力技術, 28巻4号, (1990)
- 2) 中村 守, セラミックスの放電加工, 精密工学会誌, 57巻, 6号, (1991)
- 3) 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
- 4) T. L. Anderson 著 粟飯原周二, 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)
- 5) JIS R 1607 ファインセラミックスの室温破じん(鞠)性試験方法, 日本規格協会(1990)
- 6) 佐藤秀樹ほか, 微細な粒子からなる窒化ケイ素焼結体の機械的性質, Journal of the Ceramic Society of Japan 106 [2] 203-207 (1998)
- 7) 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