

硬磁性体材料の加工特性と強度特性評価

Mechanical Evaluation of Hard Magnetic Materials

小島辰之進¹⁾

井草海人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：ネオジウム、放電加工、研削加工、弾性係数

1. 緒言

硬磁性材料の中でもネオジウム(Nd)、鉄(Fe)、ボロン(B)を主成分とした焼結磁石¹⁾は、HDD など磁気が求められる用途で既に応用され、今後も自動車産業分野に関わると期待されている。用途の多様化に対応し、構造上の安全性を確保する上で重要となる強度上の特性の把握も重要となる。本研究では、上記材料の電気加工および機械加工後の表面層を有する材料特性について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を用いて、ネオジウムの試験片を作製し、作製した試験片の弾性係数を測定することで、力学的特性の評価を行った。以下に実験方法の概略を記述する。

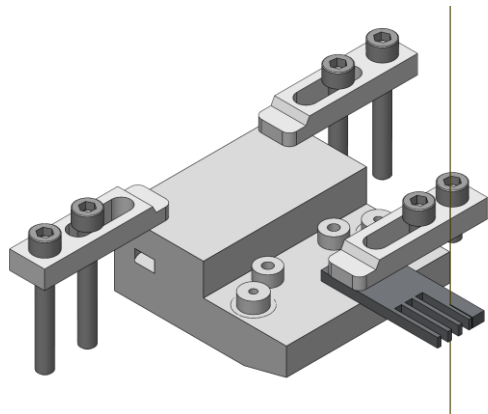


図1. ワイヤカット放電加工概略

2.1 放電加工条件

試験片の切り出しはワイヤカット放電加工機 (FANUC Co. Ltd, ROBOCUT α -0C) を用いた。本研究の事前検討では、放電加工可能な条件を明確にすることを試み、無負荷電圧 80V 一定条件下で、放電パルス幅 τ_{ON} 、放電休止時間 τ_{OFF} を組み合わせた条件下における加工速度を測定し、ワイヤ断線などがない安定放電加工下における高効率条件を明確にすることを試みた。

事前検討結果から、安定加工条件範囲内で高効率である加工条件を本実験における放電加工条件 (パルス幅 10.0 μ s, 休止時間 22.5 μ s) とした。試験片の切り出しの様子を図1に示す。図2に試験片の外観を示す。

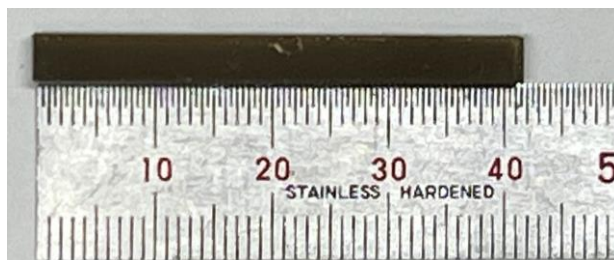


図2. 放電加工後の試験片

2.2 研削加工条件

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。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-64AN), 砥石にはダイヤモンド

ンド砥石 (SDC140, ボンド:B25, 集中度:100, 寸法 D355T38H127X3) を用いた。図3には研削加工した面を有する試験片を示した。



図3. 研削加工後の試験片

2. 3 弾性係数測定

試験片を三点曲げ試験機(株式会社東京試験機社卓上試験機ミドルセンスターMSC-10/500-2)にセットし, JIS R 1601:2008に基づいて実施した。このときストローク速度を1.0mm/分で設定した。圧子が試験片に接触した地点を基準点とし, 破断時までの荷重および変位を記録した。この実測値に基づき弾性係数を測定した。曲げ試験の概略図を図4に示した。

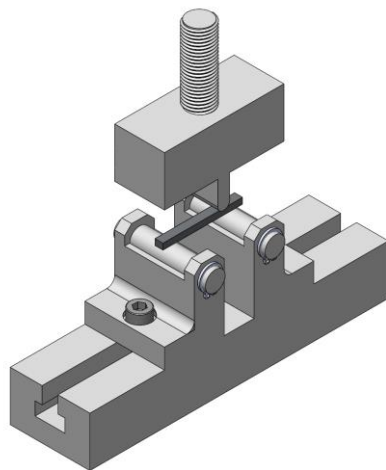


図4. 三点曲げ試験概要

この時, 荷重および変位の関係は, 断面形状に対して軸方向長さが十分に長いはりを想定し, 両端支持はりの中央に集中荷重が作用したモデルに基づくものとした。このモデルから算出されるたわみと荷重との関係が成立すると仮定して, 荷重変位線図から求まる傾きから弾性係数を求めた。なおこの傾きは最小二乗法により算出した。

3 実験結果

実験結果の一例を図5に示す。ネオジム磁石の弾性係数は研削面を有する試験片で70GPaとなった。研削加工を行った試験片は, 放電加工面のままの試験片よりも弾性係数が高くなった。

さらに, 破断強度も加工方法により異なった。このことは, 放電加工と研削加工による表面き裂の影響や表面の残留応力などの影響が関与しているものと推測される。よってネオジム磁石の強度特性評価については表面き裂や残留応力などの加工面の力学的特性を考慮した評価を行う必要があると考えられる。

4. 結論

本研究ではネオジム磁石を対象として, 電気加工および機械加工後の表面層を有する材料特性について明らかにした。

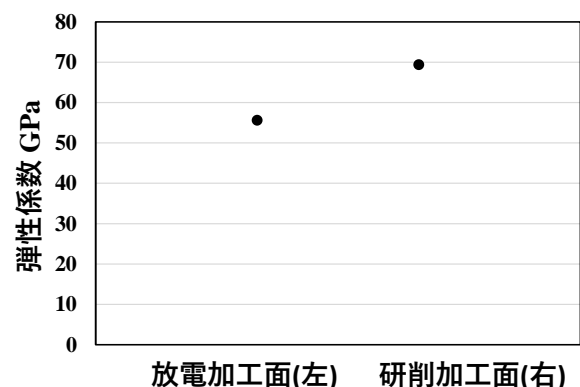


図5. 異なる表面層の弾性係数測定結果

5. 参考文献

- 1) 佐川真人. 「永久磁石材料の高性能化を極める」. 電気学会論文誌. 1999;119(12):26-31.
- 2) 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
- 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).
- 4) 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