

超伝導バルクを用いた磁気研磨切削装置の評価

Evaluation of Magnetic Cutting and Polishing Machine with Superconducting Bulks

九工大情報工¹ ○平松 佑太¹, 高橋 悠¹, 小田部 荘司¹, 木内 勝¹,

鈴木 恵友¹, 田中 佑季¹

Kyushu Inst. of Tech.¹, Y. Hiramatsu¹, Y. Takahashi¹, E. S. Otabe¹, M. Kiuchi¹,

K. Suzuki¹, Y. Tanaka¹

E-mail: otabe@cse.kyutech.ac.jp

1. はじめに

現在、旋盤加工や磁気研磨法を始めとした様々な加工方法が利用されている。しかし、これらの加工方法には、機材が大型である点や複雑形状の加工が難しいという欠点がある。これらの問題を解決するため、Fig. 1 に示すような超伝導体の磁束ピンニング現象を利用した磁気浮上工具を考案している。この磁気浮上工具は永久磁石と超伝導バルクによって構成されており、超伝導バルクの上部で永久磁石を磁界中冷却により着磁させることで空中に固定している。この状態で、超伝導バルクを回転させた場合、空中で固定されている永久磁石も空中で回転する。この回転力で物質を加工する事が可能となる。SUAM(Superconductive Assisted Machine)と名称される、この磁気浮上工具はそのポテンシャルが未知数であり、超伝導バルクが発生させる引力、反発力および回転トルクを評価する必要がある。

本研究では、磁気浮上工具に働く様々な力を簡易的な実験により測定し、有限要素法により計算した結果との比較を行った。また、磁気浮上工具の更なる性能向上の方法についても議論する。

2. 実験方法

本研究では、超伝導バルクは4角柱型のものを4つ用いた。また、浮上用の磁石には、回転角方向の固定のため、片面4極型のリング磁石を用いた。加工のために十分な浮上距離として超伝導バルクの上部10 mmにおいて永久磁石を着磁した。着磁後、上下に磁石を移動させた場合に発生する引力・反発力について、バネ秤を用いて測定した。また、着磁状態から回転させた場合の回転トルクについても測定を行なった。

3. 解析方法

磁気浮上工具の様々な力に対する有限要素法計算のために、JSOL 社製 JMAG を使用した。

有限要素法の計算においては、磁界中冷却の捕捉磁界の計算のため、初めに常伝導状態の特性を与え、磁界の侵入後に超伝導状態の特性を付与することで磁界中冷却を行っている。 E - J 特性の計算には n 値モデルを使用し、 $n = 10$ である。また、解析に必要な臨界電流密度の磁界依存性(J_c - B 特性)は、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 超伝導バルクの実験結果を用いた[1]。

4. 結果

Fig. 2 に超伝導バルクの上部10 mmで着磁させた場合の引力および反発力における実験結果と FEM

計算の結果の比較を示す。10 mm 付近では永久磁石に反発力が働き、上方向に押し上げる力が発生する。これに対して、10 mm 以遠となった場合、永久磁石には引力が働き、下方向へと10 mm まで戻そうとする力が働く。切削加工の際には反発力が、研磨加工の際には引力が利用される。研磨を考えた場合、この引力はバルク上部15 mmで1.8 Nを記録している。磁石への重力を加味した場合、3.6 N まで上昇する。この値はその他の研磨法と比較すると低いが、浮上している磁石に対して重りを与えることによって、より高い研磨力が期待できる。

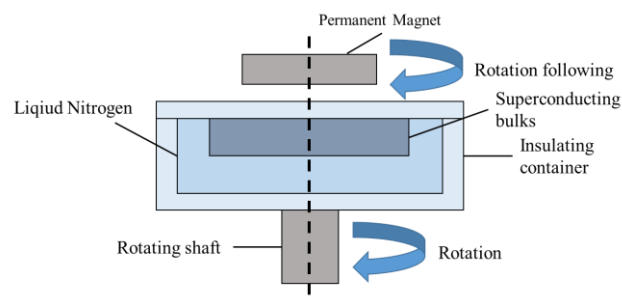


Fig. 1: SUAM(Superconductive Assisted Machine)

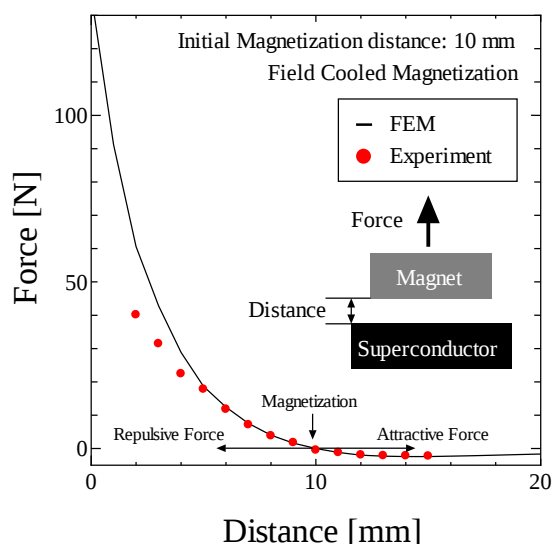


Fig. 2: Repulsive and attractive force of SUAM when magnet levitates 10 mm above superconducting bulks

4. 参考文献

[1] W. Zhai *et al*, Cryst. Growth Des., (2015) 15 907 - 914