

学生番号	14232019	氏名	小野又 美咲
論文題目	有限要素法による電磁現象解析を用いた 超伝導磁気浮上工具の性能向上に関する研究		

1. はじめに

中空加工技術は成形前に行うものと成形後に行うものが存在する。成形後の中空加工では旋盤加工や磁気研磨加工などが挙げられるが、複雑な形状をした物体の内部加工は困難である。これらに対して、超伝導体の磁束ピンニング現象を活用し、磁性体を浮上させて対象物を加工する超伝導磁気浮上工具 SUAM (Superconducting Assisted Machine) が提案されている。永久磁石を超伝導体の上に任意の高さで配置し、超伝導体を冷却させることで永久磁石から発生する磁束線を超伝導体が捕捉し、永久磁石を空中で固定することができる。超伝導体を回転させることで永久磁石も追従回転し、この回転トルクを利用して対象物の加工を行う。

本研究では、磁気浮上工具の反発力、引力、復元力、回転トルクの解析を行い、実験結果との比較を行うことで、磁気浮上力、圧力、回転力の評価を行った。研磨加工には引力と回転トルクの性能が重要となるが、実験同様のモデルではこれらが不十分であったため、改良モデルを考案し、解析・評価を行った。

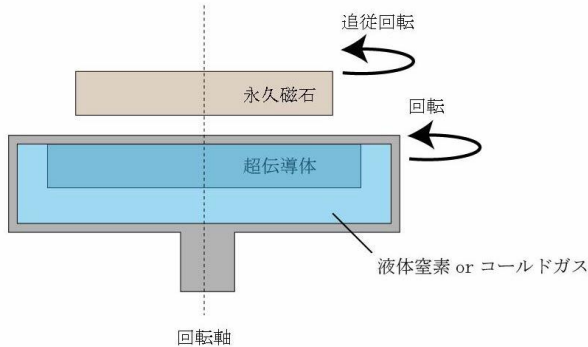


図 1:磁気浮上工具 SUAM(SUPERCONDUCTIVE Assisted Machine)の概要図 超伝導バルクが永久磁石を空中で固定し、超伝導バルクが回転することで永久磁石が追従回転する。

2. 解析方法

解析には $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 超伝導バルクの 77.3 K における臨界電流密度の磁場依存性を用いた。超伝導バルクは、一辺 35mm、厚さ 10 mm の物を 4 つ平面に配置する。常伝導状態の超伝導バルクの 10 mm 上部に永久磁石を配置し、磁場中冷却 (Field Cooled Magnetization : FCM) を行い着磁する。また、永久磁石は、外直径 59 mm、内直径 19 mm、厚さ 10 mm、重さ 190 g、磁石表面の磁場が 450 mT であるリング状ネオジウム磁石を使用した。永久磁石は片面 4 極型であり、超伝導バルクが回転すると空中で固定されている永久磁石も追従回転を行う。これらを考慮した有限要素法解析には JSOL 社製の JMAG-Designer16.0 を使用した。

3. 結果と考察

図 2 は永久磁石と超伝導バルクを離れた際に発生する引力の比較結果である。図 2 より、離れた距離が大きくなるにつれて引力は増加していることがわかる。実験結果と FEM 結果はおおむね一致しているため、FEM 計算が SUAM の評価に適しているといえる。

永久磁石と超伝導バルクを離れた際に発生する引力と永久磁石の重力を考慮すると、従来のモデルにおける FEM 結果では研磨圧力は 1.4 kPa であり、回転トルクは 0.3 Nm であった。従来のモデルでは、研磨加工の性能として研磨圧力、回転トルクともに不足している。そのため、様々な改良モデルを提案し、研磨圧力・回転トルクの向上を目指した。

改良のモデルは、バルクの円盤化や、永久磁石の追加、また永久磁石の形状変更を行った。図 2 では改良モデルの引力の結果を赤線で示している。図 2 より、研磨圧力は 8.1 kPa となった。さらに、このモデルに重りを追加することで研磨圧力 10 kPa を達成することができた。

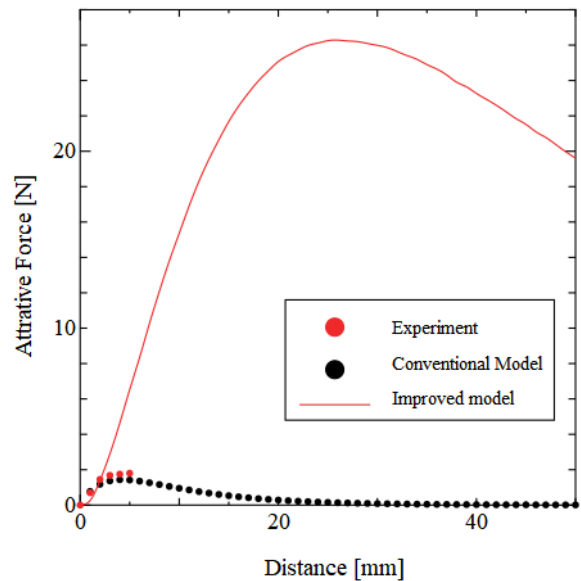


図 2:各モデルの引力の比較結果 改良モデルの引力の結果引力は最大 26.3 N、回転トルクは最大 2.36 Nm となり、従来のモデルと比べると大幅に増大している。

4. 参考文献

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

5. 研究業績

小野又美咲ほか、“超伝導バルクを利用した磁気浮上工具における磁気浮上力の計算”、平成 29 年度応用物理学会九州支部学術講演(2017)、2Ba-10