ハイブリッド型磁気軸受を用いた磁気浮上型血液ポンプの開発 Magnetically suspended blood pump with hybrid magnetic bearing

○鈴木健一¹, 増澤徹²

1. 茨城大学大学院理工学研究科機械工学専攻, 2. 茨城大学工学部機械工学領域

○Kenichi Suzuki¹ and Toru Masuzawa²

1. Graduate school of Sci. and Eng., Ibaraki University, 2. Dept. of Mechanical Engineering, Ibaraki University

1. はじめに

一般的に軸受にはボールベアリングなどが用いられているが、これらの軸受は磨耗したベアリングやオイルの交換といった定期的なメンテナンスが必要である。一方、磁気軸受は非接触、長寿命、メンテナンスフリーなどの特長を持ち、異物の混入を嫌うケミカルポンプや高耐久かつ長寿命が求められる人工心臓などへの応用が期待されている。中でも、ハイブリッド型磁気軸受は永久磁石と電磁石の併用により、小型化、省エネ化が可能で現在注目されている。本研究では、体外設置型血液ポンプや補助人工心臓への応用を目的としたハイブリッド型磁気軸受の開発、小径の磁気浮上型遠心ポンプの構築を行った。

2. ハイブリッド型磁気軸受の概要

本磁気軸受は、分割ステータコアと永久磁石およびロータで構成された径方向支持のハイブリッド型磁気軸受である。ステータコアの各突極にはコイルが巻かれ、制御磁束を発生させる電磁石となっている。永久磁石は磁気軸受内に対向した形で2個組み込まれ、磁気回路を径方向に二次元平面上に形成する構造となっている。Fig. 1に本軸受の構造とロータの浮上制御方法を示す。永久磁石が発生するバイアス磁束が図の破線矢印方向に流れている。電磁石による磁束を実線矢印方向に流すことで、突極とロータ間に流れる磁束を制御し、吸引力を発生させる。この吸引力により、ロータの径方向位置制御を行う。本磁気軸受の寸法は、外径 60 mm, ロータ径 30 mm, 厚み 10 mm, エアギャップ長 1 mm である。コイル巻き数は、X 軸方向の2突極に 200 巻き、Y 軸方向の突極に 200 巻きである。

Fig. 1 Principle of force production of the magnetic bearing

3. 磁気浮上型遠心ポンプの概要

製作したハイブリッド型磁気軸受を用いて遠心ポンプを構築し、ポンプ拍出性能評価およびポンプ動作中のロータインペラの径方向振動振幅を測定した。本ポンプは、2つの磁気軸受とモータでロータインペラの浮上・回転を行う。浮上制御は、DSPを用いて、4個の渦電流センサによりロータインペラの径方向位置を検出し、デジタルPID制御を行う。

4. 結果と考察

Fig. 2に構築した磁気浮上型遠心ポンプを、Fig. 3に開発した磁気浮上型遠心ポンプのポンプ拍出性能を示す。本ポンプは水中で 4500 rpm まで浮上回転が可能で、最大揚程は 188 mmHg, 最大流量は 14 L/min であり、血液ポンプとして優

れた性能を有していることを確認した。また、浮上回転しているロータインペラの最大振動振幅は 0.06 mm であり、流路幅 0.5 mm より十分に小さく、安定した浮上回転が可能であることを確認した。しかし、本ポンプは2つの磁気軸受とモータで構築されており、サイズが大きく、人工心臓には不向きである。そこで、磁気軸受のひとつをモータと一体化し、浮上・回転を行うセルフベアリングモータとすることで、ポンプサイズの縮小を図る。Fig. 4に考案した本磁気軸受とセルフベアリングモータを併用したポンプの構造図を示す。セルフベアリングモータを用いることで、ポンプの軸方向長さを30%程縮小できる。現在、外径 75 mm, 厚さ 10.5 mm のセルフベアリングモータを開発し、性能評価中である。

Fig. 2 Developed magnetically suspended pump

Fig. 3 Head pressure-flow rate characteristic

Fig. 4 Magnetically suspended pump with self bearing motor

5. まとめ

今回、ハイブリッド型磁気軸受を用いて磁気浮上型遠心ポンプを構築し、その性能評価を行った。本ポンプは、血液ポンプとして十分に実用可能な性能を有していることを確認した。