

斜流ポンプを用いた成長期対応型磁気浮上人工心臓に関する研究

Magnetically levitated artificial heart of diagonal flow pump for a growth period

05T1028L 金子 諒

指導教員：増澤 徹 教授

1. 緒言

日本では臓器移植法により、臓器提供ができるのは15歳以上であり、15歳未満の子どもへの心臓移植が困難である。さらに、既存の人工心臓は、成人を対象としており、子どもには対応していない。主に成長期の子どもは、体格が変化し血液拍出量が増えるため、幅広い流量を補助できる人工心臓が求められている。本研究では、遠心ポンプと軸流ポンプの間に位置する斜流ポンプを用いることで、小型化が可能でしかも高揚程が発生可能な子供用の人工心臓の開発を目的とした。

2. 方法

2.1 斜流ポンプ式磁気浮上人工心臓の概要

Fig.1に本人工心臓の構成を示す。本人工心臓は、浮上ロータを磁気支持で浮上させるため流入側と流出側に配置される2つの磁気軸受と、浮上ロータを回転させるための中央部に配置されるモーターで構成される。モーターは、ケーシングの溝にはまる形状とするためスキューをかけた。モーターステータは6突極を有しており、回転制御用の3相4極の回転磁界を発生させる6個の電磁石コイルが巻かれている。

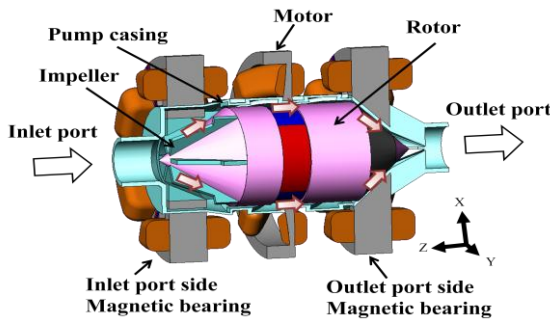


Fig.1 Magnetically levitated artificial heart of diagonal flow pump

2.2 浮上原理

本人工心臓は、浮上ロータの径方向の位置制御を流入側磁気軸受と流出側磁気軸受を用いて行い、軸方向の位置制御を流出側磁気軸受で行う。

径方向位置の制御は、プッシュプル型を採用している永久磁石により発生するバイアス磁束に電磁石で発生させる制御磁束を重ね合わせる。制御磁束によりエアギャップの磁束を増加、減少させることで磁気吸引力を発生させ、浮上ロータの径方向位置を制御する。

軸方向位置の制御も流出側磁気軸受エアギャップの磁束を増加、減少させることで行う。流出側磁気軸受で発生する磁気吸引力は、Fig.1の座標系のz軸に対し傾け、その磁気吸引力のz軸方向成分と流入側と流出側の圧力差により発生するスラスト力を釣り合わせることで、浮上ロータの軸方向位置を制御する。

2.3 性能評価方法

最適化設計プログラムを用いて設計パラメータの最適化を行った。外径50mm、軸方向長さ8mmで磁気軸受の設計を行い、製作・性能評価を行った。

径方向磁気吸引力の測定では、浮上ロータを径方向に変位させ、浮上ロータが中心位置に戻る方向に磁気吸引力が発生するよう電磁石用コイルに流す励磁電流を0A~2.5Aまで変化させたときの磁気吸引力の測定を行った。

軸方向磁気吸引力の測定では、浮上ロータを軸方向に変位させ、電磁石用コイルに流す励磁電流を-2.5A~2.5Aまで変化させたときの磁気吸引力の測定を行った。

3. 結果・考察

3.1 流入側磁気軸受による径方向磁気吸引力

Fig.2に流入側磁気軸受による径方向磁気吸引力の測定結果を示す。浮上ロータが最大変位量0.5mm径方向に変位しても、電磁石用コイルに励磁電流1.5A流すことにより、中心位置に戻る方向に磁気吸引力0.51Nが発生可能であった。

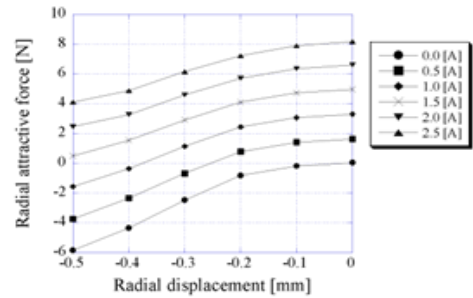


Fig.2 Radial force of Inlet port side magnetic bearing

3.2 流出側磁気軸受による径方向磁気吸引力

Fig.3に流出側磁気軸受による径方向磁気吸引力の測定結果を示す。浮上ロータが最大変位量0.5mm径方向に変位しても、電磁石用コイルに励磁電流1.0A流すことにより、中心位置に戻る方向に磁気吸引力0.45Nが発生可能であった。

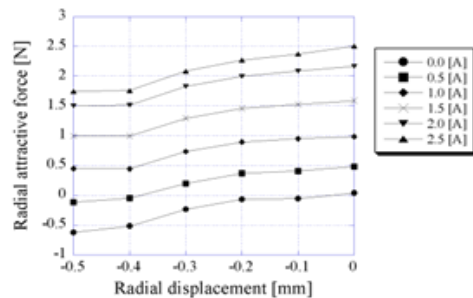


Fig.3 Radial force of Outlet port side magnetic bearing

3.3 流出側磁気軸受による軸方向磁気吸引力

Fig.4に流出側磁気軸受による軸方向磁気吸引力の測定結果を示す。軸方向磁気吸引力を発生させる際に、電磁石用コイルに流す励磁電流の符号を変えることにより、軸方向磁気吸引力を増加、減少させることができ、浮上ロータの軸方向位置の制御が可能である。

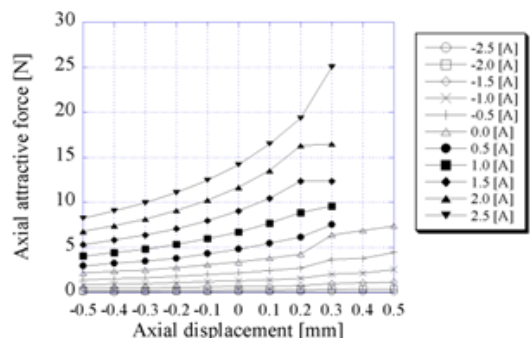


Fig.4 Axial force of Outlet port side magnetic bearing

4. 結言

斜流ポンプ式磁気浮上人工心臓に用いる磁気軸受の最適化設計・製作・性能評価を行った。本磁気軸受を用いることで、小型な斜流ポンプの実現が可能となる。