

직경 12mm용 Magnetic Fluid Linear Pump의 제작과 운전

서강*, 박관수
한국해양대학교 전기 공학과

Fabrication and Operation of the Magnetic Fluid Linear Pump with 12mm diameter

Kang Seo* and Gwan Soo Park
Dept. Electrical engineering, Korea Maritime University

Abstract - 본 논문에서는 Magnetic Yoke를 이용, 자기 저항을 최소화하여 관내의 자기장을 증가시키고, 또한 펌핑 압력을 증가시킨 Linear Pump를 설계하고 제작하였다. Magnetic Fluid Linear Pump는 직경 12mm인 관에 적용할 수 있도록 설계하였으며 Magnetic Yoke는 두께 0.5mm 규 소강관을 적층하여 사용하였으며, Coil은 1000 Turn으로 하여 기자력을 발생시켰다. Pump의 동작 특성을 분석하기 위하여 제작된 Magnetic Fluid Linear Pump의 내부 자기장을 측정하였으며, 인가된 자기장에 의하여 형성되는 Magnetic Fluid의 형상을 측정하였다.

1. 서론

Magnetic Fluid는 자성체의 성질을 갖는 액체이다. Magnetic Fluid는 외부에서 자기장을 걸어줄 경우 자기장의 모양으로 모이게 된다. 지금까지는 자성유체의 적용범위가 그리 넓지 않으나 응용범위를 개척하기에 따라 액상 자성체의 성질을 이용한 특수용도로 활용될 수 있다. 이전에 자성유체의 특징을 이용하여 의료용 기기 등에 적용할 목적으로 Magnetic Yoke를 이용한 Magnetic Fluid Linear Pump를 설계하였다. 이 Linear Pump는 Magnetic Yoke에 의해 자기회로가 구성되므로 자기저항을 최소화할 수 있으며, 관내의 자기장을 증가시킴으로써 Linear Pump의 펌핑 압력을 증가시킬 수 있다. 또한 이 Linear Pump는 자기장으로 펌핑 압력과 속도, 방향을 조절할 수 있다. 본 논문에서는 Magnetic Yoke를 이용한 Magnetic Fluid Linear Pump를 직경 12mm인 관에 적용하여 설계·제작하였으며, 제작된 Linear Pump를 운전하였다.

2. Linear Pump의 설계 및 제작

2.1 Linear Pump의 설계

Fig. 1은 Linear Pump를 유한 요소법을 이용하여 3D 해석한 것으로서 Linear Pump 관내의 자기장 분포를 나타내었다. 그림에서 관내로 가는 자기장도 있지만 옆 Yoke로 가는 자기장도 존재를 한다. 이것은 Linear Pump의 구조 중 Yoke Width, Yoke Thickness, Yoke Gap에 따라 관내의 자기장 분포가 변하게 된다. 따라서 Linear Pump의 관내 자기장을 최대화하면서 소형, 경량화 시키기 위한 최적설계가 필요하다. 또한, 관내에 자성유체에 따라서도 자기장의 분포가 변화하므로 유체의 양도 조절할 필요가 있다. 이에 따라 각 요소와 관의 직경의 비로 해석·확인하였다. 이러한 결과 Yoke width/Tube diameter와 Yoke thickness/Tube diameter, Yoke gap/Tube diameter 모두가 소형, 경량화를 생각하였을 때 0.6에서 최적화됨을 확인하였다.

2.2 Linear Pump의 제작

최적 설계에 맞추어서 실질적인 Linear Pump를 제작하였다. 외경은 13mm이고 내경은 12mm인 관에 맞추어서

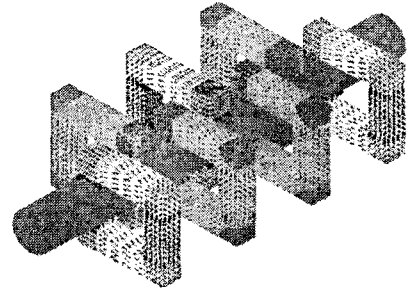
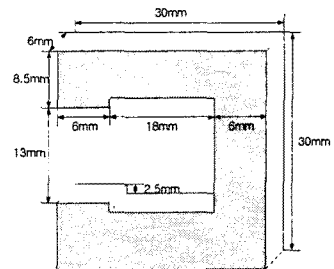
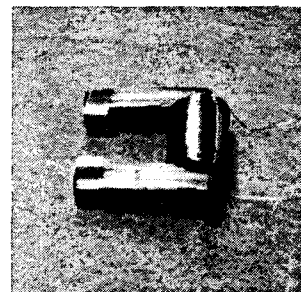


Fig. 1. Magnetic Field Distribution by 3D Finite Element Method.



(a) Size of the Yoke



(b) Yoke and Coils

Fig. 2. Fabrication of the Yoke

규소 강판을 적층하여 Yoke를 제작하였다. Fig. 2은 실제 제작한 Yoke의 사진과 Yoke size를 나타낸 것이다. 직경 0.2mm인 코일을 Yoke에 1000Turn을 감았다. 이러한 Yoke를 7개 제작하였다. Fig. 3은 Linear Pump의 size와 구조, 제작된 Linear Pump의 사진이다. 관의 총 길이는 150mm이며 Yoke간의 간격은 8mm로 하였다. Coil과 Yoke사이의 절연은 절연지와 절연 테잎을 이용하였다.

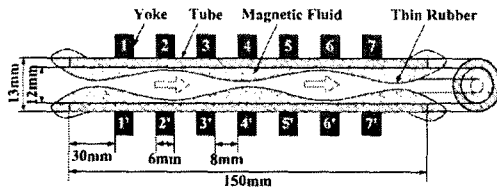
3. Linear Pump의 실험과 운전

3.1 Linear Pump의 실험

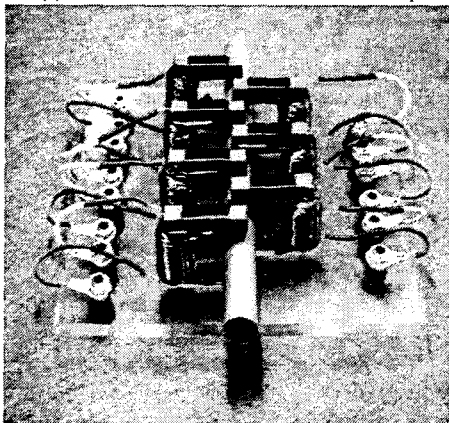
우선 Yoke 하나를 자화시켜서 자기장의 세기를 측정하고, 자기장에 의한 Magnetic Fluid의 형상 변화를 확인하기 위하여 Fig. 4와 같이 별도로 제작하여 관내에서 Magnetic Fluid가 어떤 형태로 되는지를 Yoke가 1개일 때와 Yoke가 2개일 때로 구분하여 확인하였다. 각 Yoke에 해당하는 Coil의 턴수는 일치하나 저항 값이 약간의 오차를 가지므로 각각의 Yoke에 대한 자기장 세기를 일치시켜야 한다. 또한 Linear Pump 관내의 자기장의 분포를 확인하기 위하여 관내 자기장을 mode 1, mode 2, mode 3, Off Switching 별로 Gauss Meter로 측정하였다. 이때 직류 전류를 사용하였으며 Linear Pump의 Operating Current를 Fig. 5에 나타내었다.

3.2 Linear Pump의 운전

Linear Pump의 운전은 Forward, Backward, On/Off switching으로 크게 3가지로 구분할 수 있다. Forward는 3가지 모드로 구분하여 동작하며, mode 1은 1-4-7번 Yoke가 동작하고 mode 2는 2-5번, mode 3은 3-6번, mode 1로 다시 1-4-7번 Yoke가 동작하여 1 cycle을 이루어 펌핑한다. Backward는 Forward와 같이 3가지 모드로 구분되며, Forward의 동작과는 반대로 mode 1, mode 3, mode 2, mode 1순으로 1 cycle을 이루어 펌핑한다. Off Switching은 흐름을 차단하기 위한 것으로 4-5번 Yoke가 동작 유지하게 된다. 이러한 Linear Pump의 운전을 Fig. 6에 나타내었다.

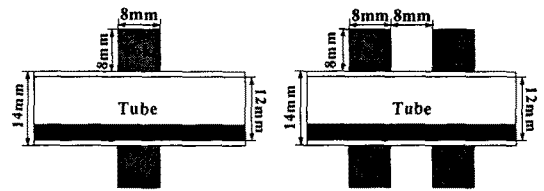


(a) Structure and Size of the Linear Pump



(b) Magnetic Fluid Linear Pump

Fig. 3. Fabrication of the Linear Pump.



(a) a Yoke

(b) Two Yokes

Fig. 4. Measurement by Shape of Magnetic Fluid.

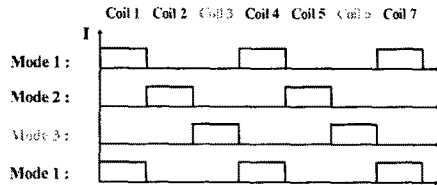
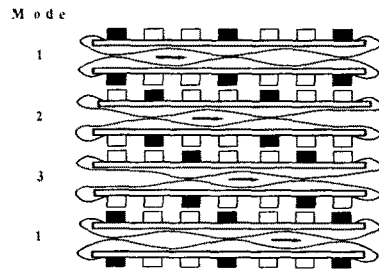
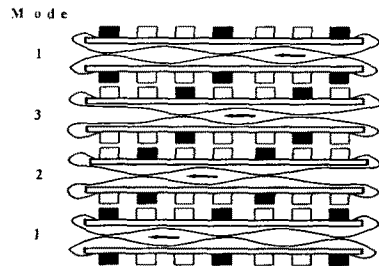


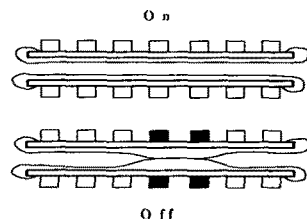
Fig. 5. Operating Current.



(a) Forward



(b) Backward



(c) On / Off Switching

Fig. 6. Operation of the Linear Pump.

3.3 고찰

Fig. 7, 8, 9, 10에서 유한 요소법을 이용하여 계산한 결과와 제작하여 측정된 결과가 유사한 패턴을 가지는 것을 알 수 있다. Fig. 11은 관내에서의 유체의 형상을 확인하기 위하여 실험한 결과이다. Pump의 운전 시 계속적인 동작으로 인해 진행 방향의 끝부분에 Magnetic Fluid가 집중되는 것을 확인하였다. Linear Pump의 동작 특성은 Magnetic Fluid의 점성과 B_s 의 특성에 따라 스피드와 압력이 변화하게 된다.

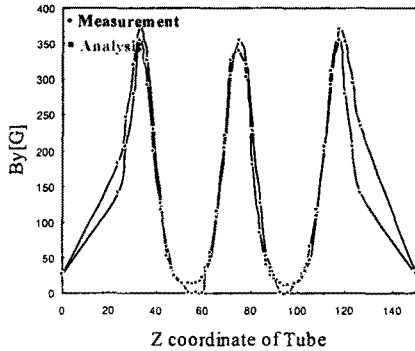


Fig. 7. Magnetic Field inside Linear Pump (Model1)

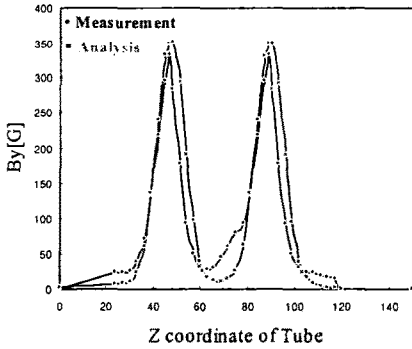


Fig. 8. Magnetic Field inside Linear Pump (Mode2)

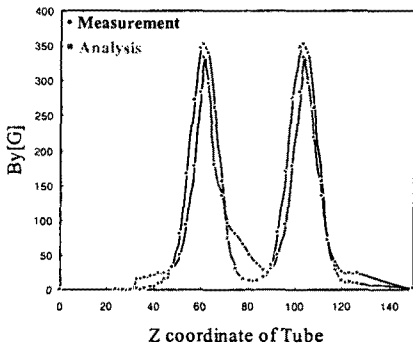


Fig. 9. Magnetic Field inside Linear Pump (Mode3)

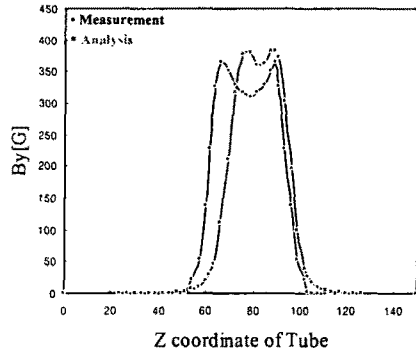


Fig. 10. Magnetic Field inside Linear Pump (Off Switching)

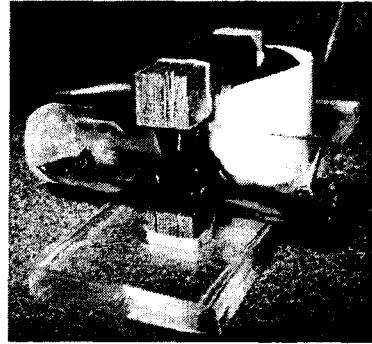


Fig. 11. Shape of Magnetic Fluid.

4. 결론

본 논문에서는 Magnetic Fluid를 이용한 Linear Pump를 설계하고 제작하였다. 또한 자기저항을 최소화하기 위하여 Magnetic Yoke를 사용하여 관내의 자기장을 증가시키고, 펌핑 압력을 증가시켰다. 관내 자기장의 분포는 유한 요소법으로 계산한 Data와 유사한 패턴을 보이는 것을 확인하였다.

차후 Magnetic Fluid의 응집 문제를 해결하기 위하여 밀봉 방법에 대한 연구와 유체 유동의 특성을 파악해야 할 것이다. 또한 Magnetic Fluid의 점성과 B_s 의 특성에 따른 스피드와 압력의 변화에 대해 검토하여 Operating Current의 제어 방법 및 효율적인 Operating Current에 대한 연구가 필요하다.

[참고 문헌]

- [1] D. Verotta, "A general solution for nonparametric control of a linear system using computer controlled infusion pumps." IEEE Trans.Magn. Vol.46, pp.44-50, Jan.1999
- [2] G.S.Park, D.H.Kim, S.Y.Hahn and K.S.Lee, "Numerical algorithm for analyzing the magnetic fluid seals.", IEEE Trans.Magn. Vol.30, pp.3351-3354, Sept.1994