

유한체적법을 이용한 리니어모터 시스템의 냉각조건 선정에 관한 연구

황영국*(창원대 대학원 기계설계공학과), 은인웅(경기공업대 금형설계과), 이춘만(창원대 기계설계공학과)

A Study on the Cooling Parameter Decision of Linear Motor System by Finite Volume Method

Y. K. Hwang(Grad. Students, CNU), I. E. Eun(Dept. of Die & Mold Design, KINST), C. M. Lee(Dept. of Mech. Design & Manufacturing, CNU)

ABSTRACT

Development of a feed drive system with high speed, positioning accuracy and thrust has been an important issue in modern automation systems and machine tools. Linear motors can be used as an efficient system to achieve such technical demands. By eliminating mechanical transmission mechanisms such as ball screw or rack-pinion, much higher speeds and greater acceleration can be achieved without backlash or excessive friction. However, an important disadvantage of linear motor system is its high power loss and heating up of motor and neighboring machine components on operation. For the application of the linear motors to precision machine tools an effective cooling method and thermal optimizing measures are required. In this paper presents an investigation into a thermal behavior of linear motor cooling plate. FVM employed to analyze the thermal behavior of the linear motor cooling plate, using the ANSYS-CFX.

Key Words : Linear motor system (리니어모터 시스템), Flow analysis (유동해석), FVM (유한체적법)

1. 서론

리니어모터는 기존의 직선운동기구와는 달리 별도의 직선변환기구를 사용하지 않고 전기에너지를 바로 직선운동에너지로 변환시켜주고, 비접촉 구동을 함으로 마찰에 의한 손실이 리니어 가이드스에 한정되어 고정밀도의 구동을 실현할 수 있으며, 이동부를 경량화 시킴으로서 높은 속도 및 가속도를 쉽게 실현할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이런 장점들로 리니어모터는 공작기계, 반송용 기기 등 고정밀, 고속, 고가감속 및 고추력을 지닌 이송장치가 필요한 산업분야에서 많이 사용되고 있다. 그러나 리니어 모터는 효율이 낮고 가동중 발생하는 열손실로 인해 모터와 주변기계가 가열되는 단점이 있다. 따라서 리니어모터 시스템을 고속, 고정밀 공작기계 등에 적용하기 위해서는 반드시 열문제의 해석과 함께 효과적인 냉각시설을 갖추어야 한다.⁽¹⁾ 본 논문에서는 개발한 리니어모터 시스템의 효율적인 냉각을 위한 냉각조건 선정 및 냉각판의 열배출 특성을 알아보기 위해 유한체적법을 이용하여 열-유동해석을 수행하였다.

2. 유동해석

리니어모터 냉각판의 냉각조건 선정 및 열배출 특성을 분석하기 위해 상용프로그램인 ANSYS-CFX를 이용하여 열-유동해석을 수행하였다.

2.1 모델링

열-유동해석을 위해 ANSYS를 이용하여 Fig. 1과 같이 4개의 도메인으로 구성하여 총 164,792개의 격자로 모델링하였다.

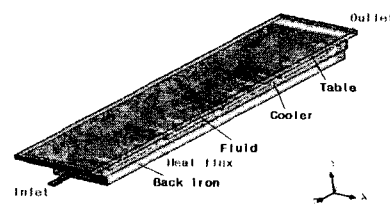


Fig. 1 Geometry and boundary conditions

경계조건으로는 냉각판 입구에 25℃, 6bar의 공기압을 주었고, 출구에는 대기압 조건을 주었다. 열원으로는 백 아이언의 밀판에 100W의 열손실을 주었다. 유동해석을 위한 난류모델은 표준 k-ε 모델을 사용하였으며 잉여오차(residual error)가 0.001보다 작아졌을 때 수렴된 것으로 간주하여 반복계산을 중지하였다. 이는 효율적인 냉각조건 선정 및 열배출 특성 분석을 위한 일차단계로 이송테이블의 온도분포와 냉각판 열배출 특성의 경향만을 보기 위해서이다.

2.2 해석결과 및 고찰

리니어모터의 열특성은 궁극적으로 이송테이블의 열변위로 평가될 수 있으며, 이송테이블의 열변위는 열원인 리니어모터로부터 테이블로의 열전달에 의해 야기되는 온도상승에 기인한다.⁽²⁾ Fig. 2는 열원으로부터의 열전달에 의한 테이블의 온도분포를 열·유동해석을 통해 구한 결과를 보여주고 있다. 해석결과 리니어모터로부터 발생한 열이 냉각판을 거치면서 충분히 외부로 방출되고 공급되는 공기의 방향에 따라 온도구배가 발생됨을 확인할 수 있다. 그러나 고려한 냉각조건에서 냉각판 열교환실의 내부 유동을 살펴보면 코너부에서 속도장이 잘 형성되지 않으며, 급격한 형상변화로 인한 내부압력이 발생되는 것을 확인할 수 있다. 이는 리니어모터 시스템에 구조적으로 영향을 미칠 것으로 사료된다.

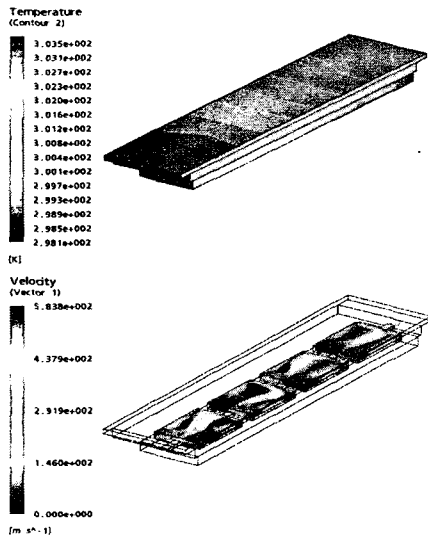


Fig. 2 Temperature and velocity distributions in the linear motor system

Fig. 3, 4는 테이블의 x, z방향에 대한 온도 분포를 그래프로 나타낸 것이다. x방향에 대해서는 온도구배가 거의 나타나지 않으며, y방향으로는 1.1K의 온도구배가 나타나는 것을 확인할 수 있다.

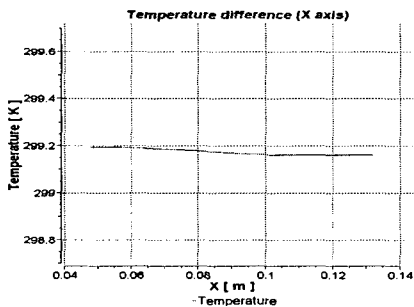


Fig. 3 Temperature difference for table in x-direction

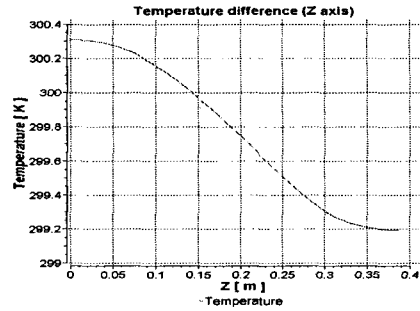


Fig. 4 Temperature difference for table in z-direction

Fig. 5는 리니어모터 시스템의 y방향 온도분포를 그래프로 나타낸 것이다. 리니어모터에서 발생한 열이 냉각판을 거치면서 급격히 감소되는 것을 확인할 수 있다.

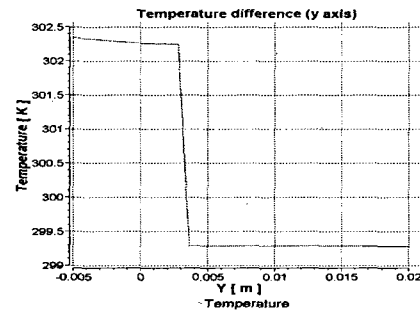


Fig. 5 Temperature difference for linear motor system in y-direction

3. 결론

본 논문에서는 개발한 리니어모터 시스템의 효율적인 냉각을 위한 냉각조건 선정 및 냉각판의 열배출 특성을 알아보기 위해 ANSYS-CFX를 이용하여 열·유동 해석을 수행하였다. 일차적으로 고려한 냉각조건에서 냉각판의 열배출 특성은 테이블에서 z방향으로 약 1K의 온도 구배가 발생하였으며 외부로 충분히 열배출이 이루어지는 것으로 나타났다. 그러나 열교환실의 내부 유동결과 내부에 압력이 발생하였다. 이는 리니어모터 시스템에 구조적인 문제를 야기할 수 있으므로 본 논문에서 일차적으로 고려한 6bar의 냉각조건은 적절치 않은 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 장석명, "리니어모터 기술" Proceedings of KIEE, 제48권, 제2호, pp. 4-8, 1999.
2. 은인용, "고속·대추력 리니어모터의 열특성 최적화" 한국정밀공학회지, 제19권, 제6호, pp. 184-191, 2002.