

가동자석형 액추에이터의 특성해석

장석명, 고종은, 윤인기, 이성호  
 충남대학교(042-821-7608)

Analysis of surface-hardening Induction heating

S.M. Jang, J.W. Ko, I.K. Yoon, S.H. Lee  
 Chungnam National University.

**Abstract** - The actuator consists of winding as a stator and mover includes permanent magnet. The Linear Oscillatory Actuator(LOA) has very few components and a highly simplified structure, and therefore promises to be simple and reliable. In this paper, LOA was designed and manufactured, before design and manufacture, characteristic of thrust was analyzed using FEA. LOA was manufactured according to design specification.

1. 서론

일반적으로 직선운동을 필요로 하는 시스템에서는 회전형 모터에 캠, 클러치, 랙, 피니언, 등의 기계적 변환장치를 이용하여 회전운동을 직선운동으로 변환시키는 것이 대부분이다. 따라서 마찰손실, 부품의 마모, 소음발생 등이 필수적으로 수반되어 전체 시스템의 효율이 저하된다. 그런데 왕복 직선운동의 경우는 지금까지 국내외에서 개발된 액추에이터는 대부분 유압식으로 시스템의 구성이 복잡하고, 비효율성, 유지보수 등에서 매우 불리하다. 따라서 직선 구동력을 직접 발생하기 때문에 시스템이 간결하고 효율적이 되도록 구성할 수 있는 특징을 갖는 리니어 진동 액추에이터(Linear Oscillating Actuator 이하 LOA)로 대체하고자 하는 필요성이 크게 대두되고 있으며, 최근 국내외적으로 설계 및 해석, 응용에 관한 연구가 이루어지고 있다.[2][3]

LOA는 영구자석 또는 전자석에 의한 자계와 전류 코일의 상호작용에 의해 구동력을 직접 발생하므로, 리니어 구동시스템에 응용하는 경우는 기계적 부품 수를 대폭 저감시킬 수 있다. 따라서 시스템의 컴팩트성, 경량성, 생산비나 유지관리비 저감에 따른 경제성 등에서 단연 우수해진다.[3] 전자기력 LOA는 개념과 구조 및 제작방법 등에 따라 종류가 다양하다. 즉 가동자의 구성 방법에 따라 가동철심형, 가동코일형, 가동자석형 등이 있는데 각각에 대한 특성이 다르므로 응용분야에 따라 종류를 결정한다.

본 논문에서는 가동자석형 액추에이터를 설계 및 제작하였으며 치형상에 따른 추력의 특성의 변화를 연구 및 해석하였다.

2. 구조

2.1 LOA의 사양 및 치수

그림. 1은 가동자석형 LOA의 기하학적 구조 및 치수를 나타내고 있다. 액추에이터는 고정자인 요크와 코일 그리고 영구자석이 포함되어 있는 가동자로 구분할 수 있다. 가동자석형 LOA는 효율성에서 가동 코일형 LOA 보다 높으며, 코일이 고정되어 있는 구조이므로 가동코일형 LOA에서 문제가 되는 집전부 리드선의 파괴에 의한 단선을 고려하지 않아도 된다.

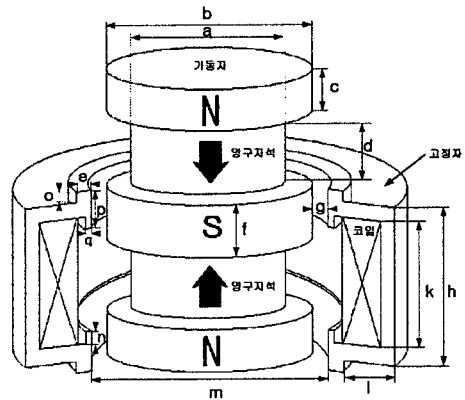


그림. 1 가동자석형 LOA의 기하학적 구조 및 치수

2.2 구동원리

본 논문에서의 액추에이터는 단상 여자방식에 의하여 액추에이터를 구동시키도록 되어있다. 가동자인 영구자석에 의하여 공극을 지나 전자기 권선을 가로지르는 자속은 식 (1) 과 같다. 이때 방향이 반대인 전류를 코일에 인가하게되면 식 (2)에 의하여 전자기력이 발생하게 된다. 여기서  $\Phi(x)$ 는 위치에 따라 전자기 코일을 가로지르는 자속량,  $D_{av}$ 는 코일의 평균반지름,  $N$ 은 전자기 권선수이며  $B_m$ 은 공극에서의 자속밀도이다.

$$\Phi(x) = \pi D_{av} B_m N x \quad (1)$$

$$F_x = i \frac{\partial \Phi}{\partial x} = i \pi D_{av} N B_m \quad (2)$$

3 자계 및 추력 특성해석

그림. 2는 공극 0.5mm일 때 가동자 위치에 따른 액추에이터의 자계특성을 나타내고 있으며, 그림. 3은 이때의 자속밀도를 나타내고 있다. 액추에이터 가동자의 길이 및 고정자 치의 형상 등에 따라서 발생하는 전자기력 특성에 변화가 생기게된다. 요구되는 추력 특성에 알맞은 액추에이터를 설계 및 제작하기 위하여 FEA를 통하여 고정자의 치형상 및 가동자의 길이 등을 변화시켜가면서 추력특성을 해석하였다.

그림. 4는 유한요소 해석을 통한 추력특성 해석시 가동자 및 고정자 치수를 초기에 각각  $c=4\text{mm}$ ,  $f=10\text{mm}$ ,  $o=2\text{mm}$ ,  $e=2\text{mm}$ ,  $n=2\text{mm}$ 로 설정한 상태에서 가동자 중심에 위치한 치폭  $f$ 를 변화시켰을 때의 추력 특성을 나타내고 있다. 그림. 4에서 보듯이  $f$ 에 따른 추력 특성을 보면  $f=12\text{mm}$ 에서 추력 특성이 우수함을 알

수 있다.

그림. 5는  $c=3\text{mm}$ ,  $f=12\text{m}$ ,  $o=2\text{mm}$ ,  $e=2\text{mm}$ ,  $n=2\text{mm}$ 로 고정시켜 놓은 상태에서 고정자 외부 치의 길이인  $o$ 를 변화시켰을 때의 추력 특성을 나타내고 있다. 고정자 치 길이를 변화시켰을 때  $o=4\text{mm}$ 에서 가장 우수한 추력 특성을 보이고 있다.

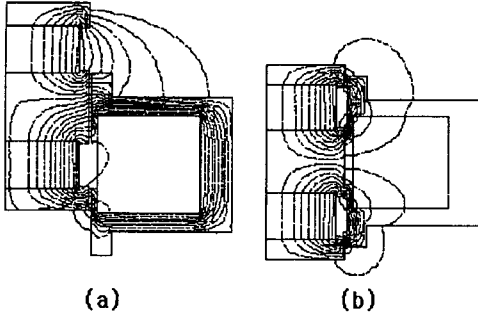


그림. 2 가동자석형 LOA의 자속분포

(a) 정렬되었을 때의 자속분포 (b) 비정렬일 때의 자속밀도

그림. 6은 고정자 내부 치폭  $q$ 를 변화시켰을 때의 추력 특성을 나타내고 있다.  $q$ 를 변화시켰을 때  $1\text{mm}$ 까지는 추력이 증가하다가 이를 넘어서게 되면 추력이 감소하게 된다. 그림. 7은 고정자 외부 치폭  $e$ 를 변화시켰을 때의 추력 특성을 보여주고 있다. 이 경우 고정자 외부 치폭  $e$ 가  $3.5\text{mm}$ 까지는 추력이 증가하다가 이를 넘어서게 되면 추력이 감소하게 된다. 그림. 8은 고정자 내부 치 길이  $n$ 이 변화했을 때의 추력 특성을 나타내고 있다. 이 경우  $n=4\text{mm}$ 일 때 추력특성이 가장 우수하였다. 유한요소를 통하여 치수변화에 따른 추력특성을 해석한 결과 형상치수가 각각  $c=4\text{mm}$ ,  $f=12\text{mm}$ ,  $o=4\text{mm}$ ,  $e=3.5\text{mm}$ ,  $q=1\text{mm}$ ,  $n=4\text{mm}$ 일 때 가장 우수한 추력 특성을 얻을 수 있었다.

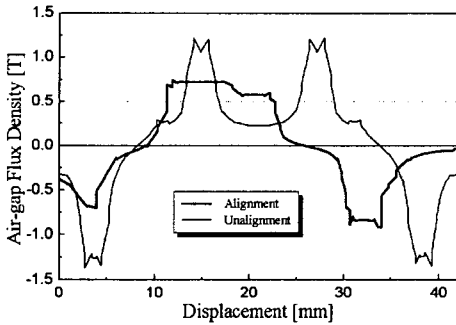


그림. 3 가동자석형 LOA의 정렬에 따른 자속밀도

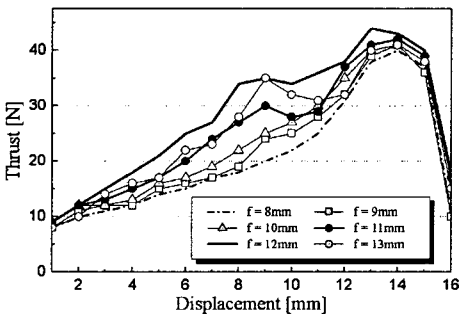


그림. 4 가동자  $f$ 의 변화에 따른 추력특성

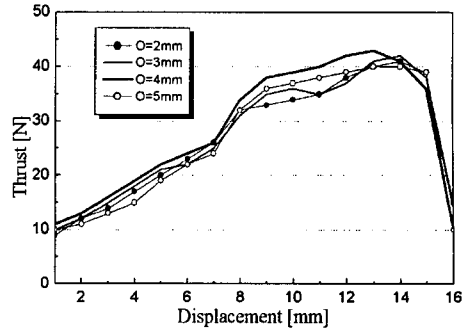


그림. 5 고정자 외부 치 길이  $o$ 의 변화에 따른 추력특성

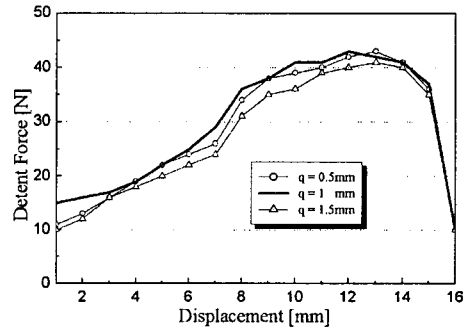


그림. 6 고정자 내부 치폭  $q$ 의 변화에 따른 추력특성

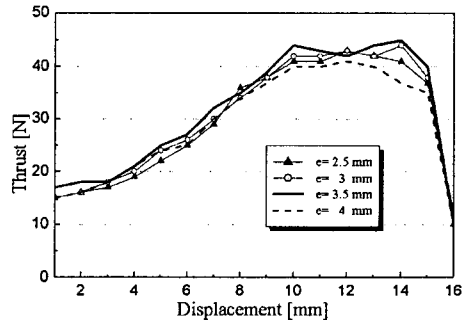


그림. 7 고정자 외부 치폭  $e$ 의 변화에 따른 추력특성

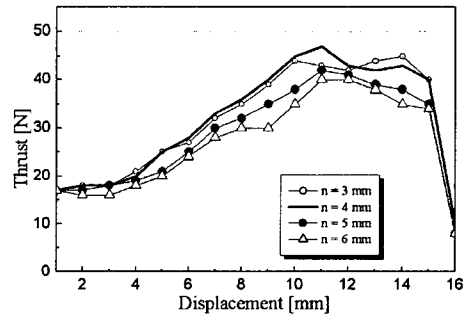


그림. 8 고정자 내부 치 길이  $n$ 의 변화에 따른 추력특성

표. 1은 유한요소 해석을 통하여 얻은 최대 추력에서의 엑츄에이터의 사양 및 치수이다.

표 1 액츄에이터의 설계 사양 및 치수

인가전압	12 [V]	h	22 mm	
인가전류	1.5 [A]	k	16 mm	
요구추력	45 [N]	l	14.5 mm	
a	25 mm	n	4 mm	
b	28 mm	o	4 mm	
c	4 mm	p	11 mm	
d	7 mm	m	29 mm	
e	3.5 mm	g	0.5 mm	
f	12 mm	q	1 mm	
영구자석	계열	MQ30	직경	0.7(mm)
	$B_r$	1.1(T)	권선수	250
	보자력	-78[kOe]	허용 전류	3.5(A/m <sup>2</sup> )
	자석수	2	저항	2.5

#### 4. 결론

본 논문에서는 가동자석형 LOA에서 고정자 및 가동자의 형상 치수를 변화시켜가면서 변위에 따른 추력특성을 해석하였다. 해석한 결과를 바탕으로 우수한 추력 특성을 보이는 액츄에이터를 설계 제작하였다. 차후 제작된 가동자석형 LOA에 적합한 구동드라이브를 제작하여 동특성 시험 및 동특성 시뮬레이션을 수행할 예정이다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Syed A. Nasar and I. Blodea "Linear electric theory, design, and practical applications", 1987S.
- [2] 장석명, 정상섭, 박희창 "리니어 왕복운동 제어시스템 구동용 가동코일형 리니어 액츄에이터의 설계제작 및 제어정수 도출" 대한 전기학회 논문집 1999,5
- [3] Daiki EBIHARA, Masaya WATADA, "Development of A Single-winding Linear Oscillatory Actuator" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, vol.28, NO.5, SEPTEMBER 1992.
- [4] Masaya watada, Kenji Yanashima, Yukiko Oishi and Daiki Ebihara, "Improvement on characteristics of linear oscillatory actuator for artificial hearts" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, vol.29, NO.6, NOVEMBER 1993