가동자석형 액튜에이터의 특성해석

장석명. 윤인기*. 이성호. 장근호
충남대학교(042-821-7608) 호감테크놀로지

Analysis of surface-hardening Induction heating

S.M.Jang. I.K.Yoon. S.H.Lee. K.H.Jang
Chungnam National University. Hagam Technology

Abstract - The Linear Oscillatory Actuator(LOA) has very few components and a highly simplified structure, and therefore promises to be simple and reliable. The actuator consists of winding as a stator and mover includes permanent magnet.
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. 서 론

산업이 발전함에 따라 스털링 엔진, 콤프레서, 섬유기기, 능동제어, 초정밀 위치제어와 같이 짧은 스트로크의 리니어 왕복운동 시스템이 광범위하게 응용되고 있다. 따라서 구동력 발생장치로 리니어 왕복구동용 액튜에이터가 반드시 필요하며, 최근 구동개념 및 종류, 방법이 다양하게 국내외적으로 응용 개발되고 있다. [2]
지금까지는 유압이나 가스터빈에 의한 실린더, 회전형 모터와 기계적 변환 보조기구에 의한 리니어 왕복운동 시스템이 응용 개발되어왔다. 그러나 많은 부품이 필요하고 시스템이 복잡하여 중량이나 부피가 커지므로 생산비나 유지관리비 등 경제성 측면에서 매우 불리하므로 대폭 개선해야 만 한다. 이러한 점을 극복할 수 있는 가장 효과적인 방안으로 전자기력 리니어 왕복운동 액튜에이터가 있다. 이는 영구자석 또는 전자석에 의한 자계와 전류코일의 상호작용에 의해 구동력을 직접 발생하므로, 리니어 구동시스템에 응용하는 경우 기계적 부품수를 대폭 저감시킬 수 있다. 따라서 시스템의 컴팩트성, 경량성, 생산비나 유지 관리비 저감에 따른 경제성 등에서 단연 우수해진다.[3]
전자기력 LOA는 개념과 구조 및 제작방법 등에 따라 종류가 다양하다. 즉 가동자의 구성방법에 따라 가동철심형, 가동코일형, 가동자석형 등이 있는데 각각에 대한 특성이 다르므로 응용분야에 따라 종류를 결정한다.
본 논문에서는 가동자석형 액튜에이터를 설계 및 제작하였으며 치 형상에 따른 추력의 특성의 변화를 연구 및 해석하였다.

2. 구 조

2.1 LOA의 사양 및 치수

기존에 사용되고 있는 자동차의 유압식 자동변속기는 부피가 클 뿐만 아니라 가격이 저렴하지 못하며 구조가 복잡하여 고장이 자주 발생한다는 단점을 지니고 있다.
본 논문에서는 기존에 자동차에 사용되고 있는 유압식 자동 변속기를 전자기력을 이용하여 구동시키는 액튜에이터로 대체할 목적으로 이에 적합한 변속용 액튜에이터를 설계 및 제작하려한다. 그림 1은 기어 시프트용으로 이용될 액튜에이터를 나타내고 있다. 액튜에이터는 고정자인 요크와 코일 그리고 영구자석이 포함되어 있는 가동자로 구분할 수 있다. 표 1은 액튜에이터의 사양을 나타내고 있다.

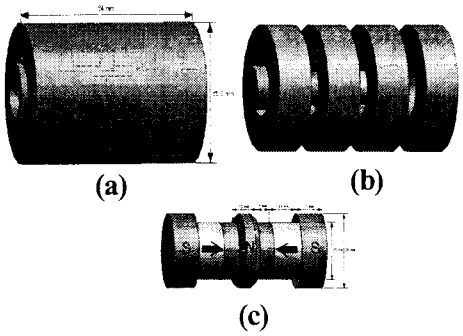

그림 1 가동자석형 액튜에이터
(a) 액튜에이터의 외형 (b) 여자 코일
(c) 가동자

표.1 액튜에이터의 설계사양 및 치수

인 가 전 압	12[V]	권 선 직 경		0.7[mm]
요 구 추 력	100[N]	영구자석	계열	MQ30
인 가 전 류	10[A]		B_r	1.1[T]
공 극	0.8[mm]		보자력	-78[kOe]
스트로크 길이	20[mm]		자석수	2 개
엑튜에이터 길이	84[mm]		길이	15[mm]
엑튜에이터 직경	85.6[mm]		직경	20[mm]

2.2 구동원리

그림 2는 액튜에이터의 구동원리를 나타내고 있다. 본 논문에서의 액튜에이터는 2상 여자방식에 의하여 액튜에이터를 구동시키도록 되어있다. 그림 2에서와 같이 가동자인 영구자석에 의하여 공극을 지나 전기자 권선을 가로지르는 자속은 식 (1) 과 같다. 이때 방향이 반대인 전류를 2개의 코일에 각각 인가하게되면 식 (2)에 의하여 전자기력이 발생하게 된다. 여기서 $\Phi(x)$는 위치에 따라 전기자 코일을 가로지르는 자속량, D_{ai}는 코일의 평균반지름, N은 전기자 권선수이며 B_m은 공극에서의 자속밀도이다. .

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

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

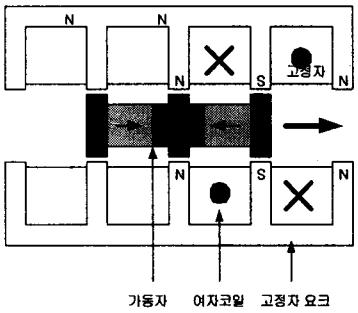

그림 2 엑튜에이터의 구동원리

3 특성해석

3.1 자계특성

그림 3은 여자 전류에 따른 엑튜에이터의 자계특성을 나타내고 있다. 엑튜에이터 가동자의 길이 및 고정자 치의 형상 등에 따라서 발생하는 전자기력 특성에 변화가 생기게된다. 자동차의 변속기에 이용되어질 엑튜에이터는 스트로크의 길이가 20mm이다. 특히 초기 구동시 100[N]이상의 큰 추력이 요구된다. 따라서 요구되는 추력 특성에 알맞은 엑튜에이터를 설계 및 제작하기 위하여 FEA을 이용하여 고정자의 치형상 및 가동자의 길이 등을 변화시켜가면서 추력특성을 해석하였다.

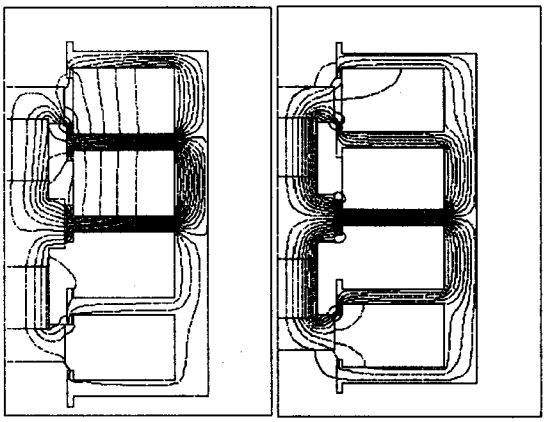

그림 3 엑튜에이터의 자계분포
(a) 전류 인가시의 자속분포
(b) 전류를 인가하지 않았을 때의 자속분포

3.2 형상에 따른 힘 특성

그림 4는 엑튜에이터의 형상 치수를 나타낸 것이다. 초기 구동시 큰 추력을 필요로하는 엑튜에이터의 설계를 위하여 형상 치수를 변화시켜 가면서 유한요소해석을 하였다. 그림 5는 초기 유한요소 해석 시 k, l, a, b는 각각 60mm, 1mm, 2mm, 6mm으로 정한 상태에서 w를 변화시켰을 때의 추력 특성을 나타내고 있다. 그림 5에서 보듯이 w에 따른 추력 특성을 보면 w =12 mm에서 초기 추력 특성이 우수할 뿐만 아니라, 전체적인 평균 추력이 우수하다는 것을 알 수 있다.

그림 6은 w, l, a, b을 각각 12mm, 1mm, 2mm, 6mm로 고정시켜 놓은 상태에서 가동자의 길이인 k를 변화시켰을 때의 추력특성을 나타내고 있다. 그림 6에서 보듯이 가동자의 길이를 변화시켰을 때 k = 67mm에서 가장 우수한 추력특성을 보이고 있다.

그림 7은 a를 변화시켰을 때의 추력특성을 나타내고 있다. a를 변화시켰을 때 2.5mm까지는 추력이 증가하다가 이를 넘어서게 되면 추력이 감소하게 된다.

그림 8은 가동자의 가장자리 폭 l을 변화시켰을 때의 추력특성을 보여주고 있다. 이 경우 l이 8mm까지는 추력이 증가하다가 이를 넘어서게 되면 추력이 감소하게 된다. 고정자의 치 두께인 a를 변화시켰을 때의 추력특성은 큰 변화를 보이지 않았다. 유한요소를 통하여 치수 변화에 따른 추력특성을 해석한 결과 형상치수 w, l, a, b, k가 각각 12mm, 8mm, 1.5mm, 2.5mm, 6 7mm일 때 요구되는 추력특성에 가장 부합하는 결과를 얻을 수 있었다.

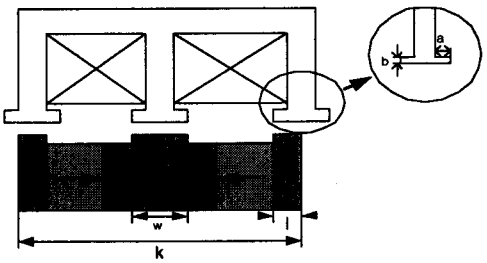

그림 4 가동자석형 엑튜에이터의 치수

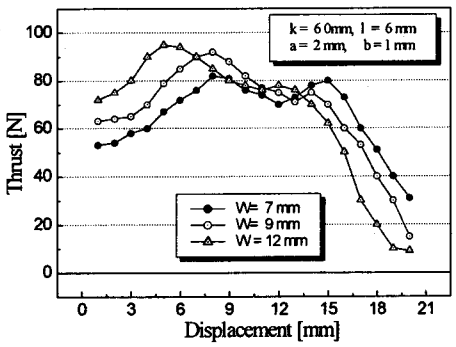

그림 5 가동자치수 w에 따른 추력특성

4. 추력특성 시험

유한요소를 통하여 구한 추력특성을 검증하기 위하여 가동자석형 에튜에이터를 제작하여 변위에 따른 추력을 측정하였다. 그림 9는 추력 측정시험을 하기 위한 시험도를 나타내고 있다. 그림 10은 제작한 엑튜에이터의 정특성 시험 결과인 추력과 FEA를 통한 해석치를 상호 비교한 것이다. 그림 10에서 보듯이 유한요소를 통한 해석치와 시험치가 거의 일치함을 알 수 있다.

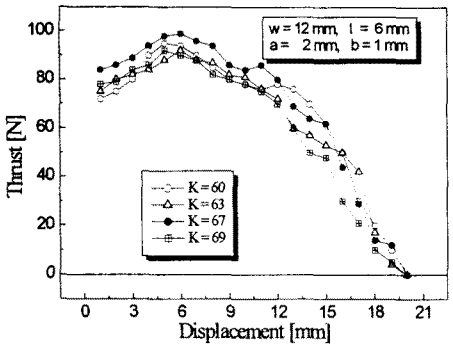

그림 6 가동자치수 k에 따른 추력특성

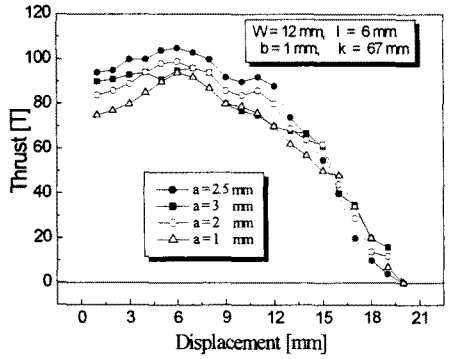

그림 7 가동자치수 a에 따른 추력특성

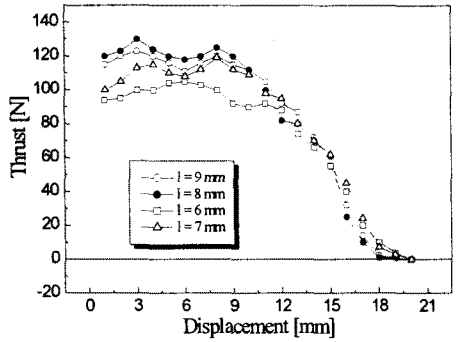

그림 8 가동자치수 l에 따른 추력특성

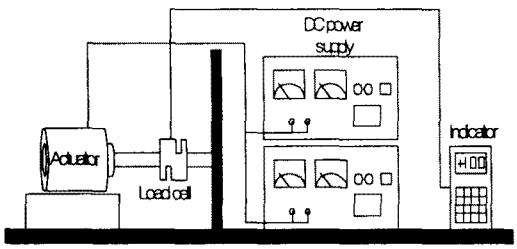

그림 9 추력 측정을 위한정특성 시험도

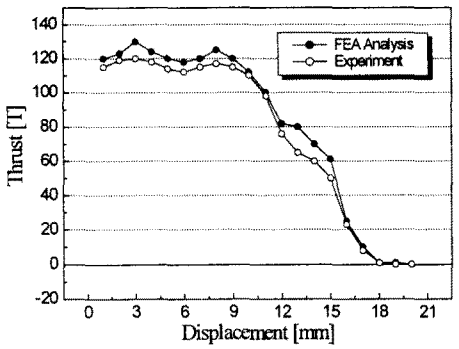

그림 10 시험치와 FEA를 통한 추력특성 비교

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 자동차에 사용되고있는 유압식 자동변속기를 전자기력을 이용한 엑튜에이터로 대체하기 위하여 요구 사양에 맞는 엑튜에이터를 설계 및 제작하였다. 특히, 초기 구동시 100[N]이상의 추력이 필요하므로 고정자 및 가동자의 형상 치수를 변화시켜가면서 변위에 따른 추력특성을 해석하였다. 또한 최종적으로 확정된 설계사양에 따라 엑튜에이터를 제작하여 정특성 시험을 통하여 변위에 따른 추력특성을 측정하여 이를 유한요소를 이용한 해석치와 비교하였다. 향후 엑튜에이터에 각종 파라미터를 이용하여 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,"Developement 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,"Improvemen on characteristics of linear oscillatory actuator for artificial hearts" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, vol,29,NO.6,NOVEMBER 1993