

# AC모터 코일포밍머신의 동특성에 대한 연구

정상화\*, 송석<sup>+</sup>, 최석환<sup>++</sup>

## A Study on the Dynamic Characteristics of the Coil Forming Machine for AC Motor

Sang Hwa Jeong\*, Suk Song<sup>+</sup>, Seok Hwan Choi<sup>++</sup>

### Abstract

In recent days, as the efficiency of electronic home applications become higher, that of the driving AC motor become higher. On this reason, the demand for high capacity coil forming machine is increasing. Since the coil forming is not simply related with the only capacity of hydraulic cylinder, the development of a newer coil forming machine which has new forming mechanism, new driving method, new forming tool, and new specification is required. In this paper, the virtual prototype which have new mechanism is developed. This prototype is tested and experimented on PC with the same condition as actual. The results from the virtual experiment is applied to the actual design process.

Key Words : Forming Machine (포밍머신), Expand Former Assembly (확장포머 어셈블리), ID Jaw Assembly (ID Jaw 어셈블리), Cam Follower(캠팔로어), Expand Plug(확장플러그)

## 1. 서론

현재 생산되고 있는 가전제품들은 다기능 고효율화 되고 있는 추세다. 가전 제품들 중 에어컨디셔너, 냉장고, 그리고 세탁기 같은 품목들은 특히 높은 효율성이 요구되고 있으며 그에 따른 개발이 활발히 진행되고 있다. 이와 같은 품목들은 대부분 모터로 구동된다. 그러므로 모터의 효율은 곧 제품의 효율이라고 할 수 있다. 모터의 효율은 코일의 권선수와 직접적인 연관이 있는데, 일반적으로 코일의 권선수가 증가할수록 모터의 역률이 증가하지만, 권선수 증가에 따라 코일을 포밍하는 데는 더 큰 힘이 요구된다. 본 연구에서는 이러한 요구에 따라 AC모터 생산라인 중 코일포밍부(Coil Forming Unit) 개발에 관한 연구를 수

행하였다. 코일포밍부 개발은 각 기계의 가상시제품(Virtual Prototype)을 개발하여 기계의 동특성 및 응력해석을 통하여 설계에 적용하였다. 이런 과정을 통하여 시스템 개발 초기단계에서 발생할 수 있는 설계상의 문제점을 미리 발견하고 개발시간을 단축할 수 있을 뿐 아니라 하드웨어적인 시제품을 제작하지 않고서 기계적인 정보들을 얻을 수 있으므로 생산비를 절감할 수 있다.

## 2. 연구내용

### 2.1 포밍머신의 설계

모터는 일반적으로 회전자(Rotor)와 고정자(Core)로 이루어져 있다. 비어있는 고정자에 절연지를 삽입하는 공정

\* 정상화, 조선대학교 기계공학과 (shjeong@chosun.ac.kr)  
주소: 501-759 광주광역시 동구 서석동 375

+ 조선대 대학원 기계공학과

++ 조선대 대학원 기계공학과

이다. 그 후에 1차 포밍공정이 이루어진다. 1차 포밍 공정은 부코일을 삽입하기 위한 공정이다. 모터가 고효율화 되어감에 따라 코일의 권선수가 많아지고 또한 가장 많은 부하를 받는 공정이 바로 1차 포밍 공정이다. 이런 이유로 포밍작업을 수행하는 요소인 포밍 툴(Forming Tool)의 개발이 필요하게 되었다.

부코일 삽입 후에 2차 포밍 공정이 이루어지는데 2차 포밍은 3차 포밍을 위한 공정으로서 3차 포밍 툴 조건에 맞는 사양으로 먼저 포밍을 하는 공정이다. 3차 포밍 공정이 모터의 코일 형상을 거의 마무리짓는 단계임을 고려하면 2차 포밍의 중요성은 전체 라인 공정에서 상당히 중요한 부분이다. 기존에는 2차 포밍머신 없이 포밍 지그를 이용하여 작업자가 수작업을 통하여 포밍을 해왔다. 그러므로 작업자의 숙련도나 능률 저하가 곧바로 생산성과 직결되는 문제점을 안고 있었다. 이러한 이유로 본 연구에서는 2차 포밍머신을 개발하게 되었다.

### 2.1.1 1차 포밍머신의 설계

본 연구에서는 1차포밍머신의 상부와 하부측의 확장포머어셈블리를 설계하였다. Fig. 1 과 같이 확장될 수 없는 구조의 기존의 포머에서는 권선수가 많아 코일장력이 상대적으로 큰 고효율 모터의 1차 포밍을 할 수 없었다. 그러나 본 연구에서 개발된 Fig 2. 와 같은 포머는 6개로 분리되어 확장 가능한 구조로 되어있어 권선수가 많은 고효율 모터의 1차 포밍을 가능하게 하였다. 개발된 확장 포머는 고효율 모터의 코일 포밍 뿐만 아니라 기존의 일반 모터에서도 확실한 코일 포밍을 수행할 수 있어서 부코일삽입(Sub Coil Inserting)공정의 부담을 줄일 수 있다.

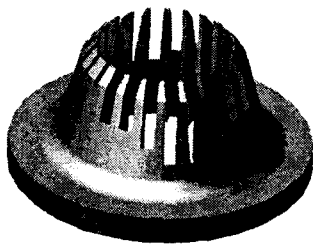


Fig. 1 Isometric View of One-Piece Former

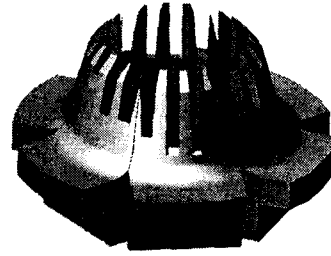


Fig. 2 Isometric View of Six-Piece Former

### 2.1.2 2차 포밍머신의 설계

지금까지 코일의 2차 포밍은 대부분 포밍 지그를 이용하여 수작업으로 이루어졌다. Fig. 3은 기존에 사용하였던 2차 코일 포밍 지그이다. 이와 같은 포밍 작업은 작업자가 수작업으로 수행하기 때문에 작업자의 능력이나 능률에 의해서 품질과 생산성의 기복이 크다는 단점이 있다. 본 연구에서는 기존에 수작업을 통한 포밍 공정을 개선하고 모터생산라인의 생산성 향상에 기여하고자 2차 포밍머신을 개발하였다. 2차 포밍머신이 개발됨에 따라 기존의 2차 포밍머신으로는 불가능했던 고효율 모터의 2차 포밍이 가능해졌다. Fig. 4는 개발된 2차 포밍머신을 나타낸 것이다.



Fig. 3 Forming Jig

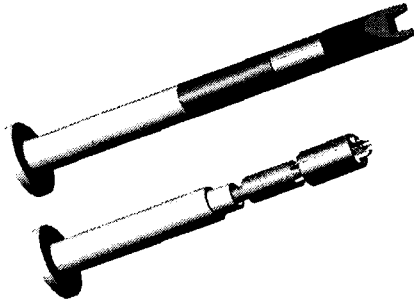


Fig. 4 ID Jaw Assembly

## 2.2 포밍머신의 동특성 해석

### 2.2.1 1차포밍머신의 확장포머의 동적 모델링

확장 포머 어셈블리의 가상실험을 위하여 ADAMS를 이용하여 동적 모델링 하였다. 동적 모델링을 위하여 MDT를 이용하여 3차원으로 모델링 하였고 이 데이터를 그대로 ADAMS에서 불러 들여 각각의 기계 요소들이 갖는 특성에 따라 조건들을 입력하여 동적 모델링을 수행하였다. Fig. 5는 ADAMS를 이용하여 확장 포머 어셈블리를 동적 모델링 한 것이다. 실제의 유압실린더 사양은 직경 40 mm에 50 Kg/cm<sup>2</sup>의 압력을 가지고 있다. 가상실험에서는 이와 같은 조건으로 2초 동안 실린더가 왕복 운동하도록 입력 조건을 주었다.

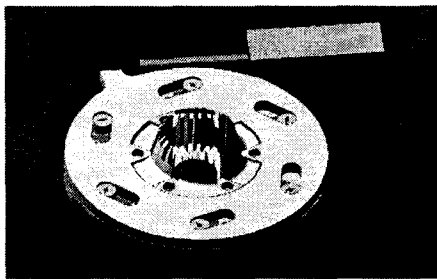


Fig. 5 Expand Former of 1st Forming Machine

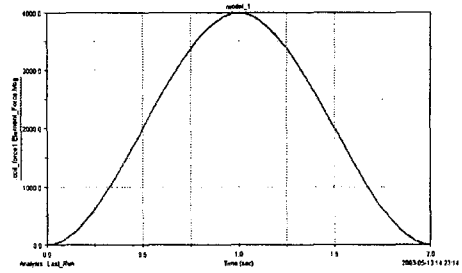


Fig. 6 Coil Reaction Force to Each Former

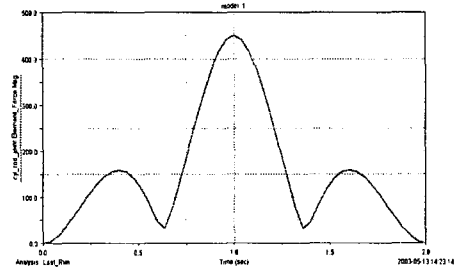


Fig. 7 Force on Cylinder Rod

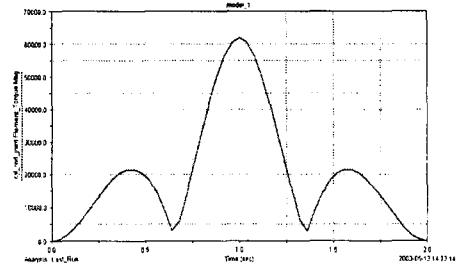


Fig. 8 Torque on Cylinder Rod

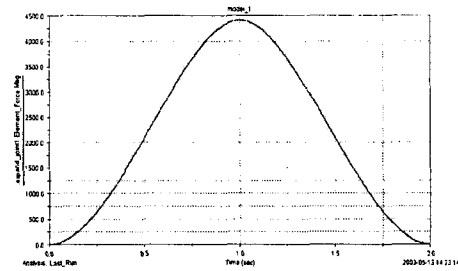


Fig. 9 Force on Camfollower

## 2.2.2 2차포밍머신 ID Jaw 어셈블리의 동적 모델링

Fig. 11은 가상실험을 수행하기 위하여 ID Jaw 어셈블리를 ADAMS를 이용하여 모델링한 것이다. 기하학적 데이터는 MDT에서 모델링한 것을 사용하였다. 실제의 유압실린더 사양은 직경 80 mm에 50 Kg/cm<sup>2</sup>의 압력을 가지고 있다. 가상실험에서는 이와 같은 조건으로 2초 동안 실린더가 전진하도록 입력 조건을 주었다.

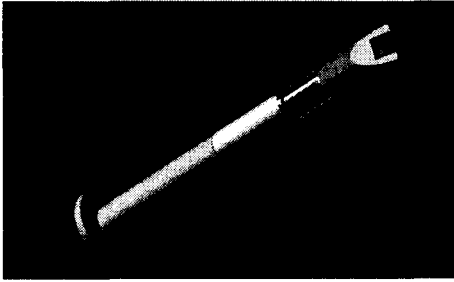


Fig. 11 View of Expanded ID Jaw Assembly

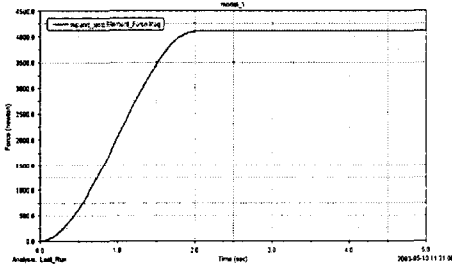


Fig. 12 Force on ID Jaw

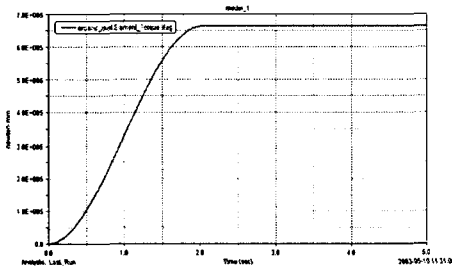


Fig. 13 Torque on ID Jaw

## 2.3 확장포머와 ID Jaw의 유한요소해석

### 2.3.1 확장포머의 유한요소해석

확장 포머는 1차 코일 포밍머신에서 코일 포밍시 코일과 직접적으로 접촉하여 코일을 포밍시키는 요소이다. 특히 실

린더의 입력 압력뿐만 아니라 코일의 반발력을 동시에 받기 때문에 변형 및 파괴가 가장 많은 요소이다. 그러므로 실제 작업 시 확장 포머의 응력분포 및 파손 여부를 파악하고자 유한요소해석을 수행하였다. 경계조건 즉 하중 조건은 ADAMS에서 가상실험 결과 얻어진 데이터에 의해서 결정되었다. 코일과 포머가 접촉하는 면에 4000N의 압력을 부가하고 포머와 포머키와의 체결 면에는 완전 구속시켜 자유도를 0으로 하였다. 재료는 ANSI C1020로 하였고 Mesh Factor는 0.3으로 9281개의 노드를 형성시켰다.

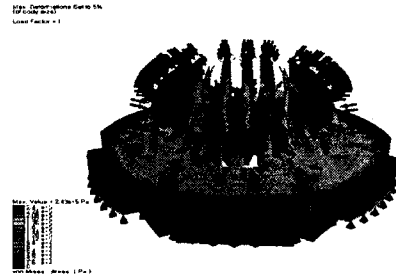


Fig. 14 Assembly of Former

Table. 1 Maximum Stress of Former

Former ID	Max. Stress (Pa)	Node
1	2.34E+5	(-17.08, 29.58, -6.4) (17.08, 29.58, -6.4)
2	2.47E+5	(-17.08, 29.58, -6.4)
3	2.47E+5	(-17.08, -29.58, -6.4)
4	2.35E+5	(-17.08, -29.58, -6.4) (17.08, -29.58, -6.4)
5	2.47E+5	(17.08, -29.58, -6.4)
6	2.47E+5	(17.08, 29.58, -6.4)

### 2.3.2 ID Jaw의 유한요소해석

ID Jaw는 2차 코일 포밍머신에서 코일의 상부를 직접적으로 포밍하는 요소이므로 ID Jaw 어셈블리에서 가장 파손이 심한 부분이다. 이러한 이유 때문에 ID Jaw의 응력해석을 수행하고 ID Jaw에서 발생하는 응력분포 및 최대응력을 살펴보았다. 확장 플러그에서 ID Jaw로 작용하는 힘은 23639.75N, 코일의 반발력은 23274.3 N으로 하였다. 재료는 ANSI C1020로 하였고 Mesh Factor는 0.3, 3602개의 노드를 형성시켰다.

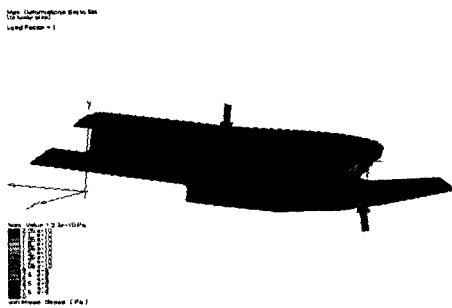


Fig. 15 Stress Analysis of ID Jaw

Table. 2 Maximum Stress of ID Jaw

Max. Stress (Pa)	Node
2.2E+10	(0, 12.81, -70)

### 3. 결론

본 연구에서는 기존의 포밍머신과 다른 새로운 메커니즘을 가진 1차 포밍머신의 확장포머 어셈블리와 2차 포밍머신의 ID Jaw 어셈블리를 가상공학 기법을 이용하여 컴퓨터 상에서 가상시제품을 개발하고 가상 실험을 수행하였다. 또한 가상실험에서 얻어진 데이터를 실제 설계에 적용하였다. 가상시제품의 개발은 MDT 및 Autocad 2002를 이용하여 설계된 데이터를 토대로 모델링을 하였고 이 결과를 ADAMS를 이용하여 동특성 해석을 수행하였다. 또한 ADAMS 해석 결과로부터 나온 각 요소들의 힘 성분이나

모멘트 성분을 파악하여 Working Model 4D를 사용하여 각각의 요소들을 유한요소해석을 수행하였다. 유한요소해석 결과를 바탕으로 파괴 및 응력 집중 여부를 파악하였다.

본 연구에서는 가상 공학 기법을 AC 모터 코일포밍머신 개발에 도입하였다. 도입 결과 실제의 개발에서 발생하는 여러 가지 시행착오들을 줄일 수 있었고 설계의 시간 또한 단축시킬 수 있었다. 본 연구에서 수행된 가상공학을 통한 최적설계모듈의 적합성과 효율성을 검증할 수 있었다.

### 참고문헌

1. (주)아태엔지니어링, "건전지 자동화세퍼레이터 와인딩 및 삽입시스템 기술혁신 최종보고서", 중소기업청, pp. 2-3, 2001
2. Lars Lindkvist, "ADAMS/View Powertrain Model", 11th European ADAMS User's Conf., 1996.
3. A. Arenz, W. Borchert, E. Schnieder, "Simulation of a goliath transfer robot combining the software tools ADAMS and MATLAB", 11th European ADAMS Users' Conf., 1996.
4. Andrew S. Eliot, Mark H. Richardson, "Virtual Experimental Modal Analysis (VEMA)", ADAMS Users' Conference, 1998.
5. 정상화, "다기능 복합가공기의 최적설계를 위한 이송시스템의 동특성 연구", 선도기술개발(G7)사업 Workshop Proc. 1998, pp.310-320
6. MSC INSTITUTE OF TECHNOLOGY, "Introduction to MSC/PATRAN PAT301", Release 7.5, 1997 "