

건전지 자동화 조립라인의 라벨링부의 Virtual Prototype 개발

정상화*, 차경래**, 김현욱**, 신병수**, 나윤철**

* 조선대학교 기계공학부

** 조선대학교 대학원 기계공학과

Development of Virtual Prototype for Labeling Unit on the Automatic Battery Manufacturing Line

Sanghwa Jeong*, Kyoungrae Cha**, Hyonuk Kim**, Byungsu Shin**, Yooncheol Na**

* Dept. of Mechanical Eng., College of Eng., Chosun Univ.

** Dept. of Mechanical Eng., Graduate School, Chosun Univ.

Abstract

Most of battery industries are growing explosively as a core strategy industry for the development of the semi-conductor, the LCD, and the mobile communication device. In this thesis, dynamic characteristics of the steel can labeling machine on the automatic cell assembly line are studied. Dynamic characteristic analysis consists of dynamic behavior analysis and finite element analysis and is necessary for effective design of machines. In the dynamic behavior analysis, the displacement, velocity, applied force and angular velocity of each components are simulated according to each part. In the FEA, stress analysis, mode analysis, and frequency analysis are performed for each part. The results of these simulations are used for the design specification investigation and compensation for optimal design of cell manufacturing line.

Therefore, Virtual Engineering of the steel can

labeling machine on the automatic cell assembly line systems are modeled and simulated. 3D motion behavior is visualized under real-operating condition on the computer window. Virtual Prototype make it possible to save time by identifying design problems early in development, cut cost by reducing making hardware prototype, and improve quality by quickly optimizing full-system performance. As the first step of CAE which integrates design, dynamic modeling using ADAMS and FEM analysis using NASTRAN are developed.

Key Words : Virtual Prototype(가상시제품), Finite Element Analysis(FEA, 유한요소해석), Optimal Design(최적설계), Virtual Engineering(가상공학), Computer Aided Engineering(CAE), Automatic Assembly Machine(자동조립라인)

1. 서 론

반도체, LCD, 및 이동 기기의 발달로 전자산업은 21세기 정보통신산업을 주도할 3대 핵심 전략 사업의 하나로서 급부상하고 있다. 지금까지의 전지의 생산량이 1/3 정도가 중국에서 생산되고 있으며, 대부분의 생산공정은 낙후된 수동방식의 설비들로서 대다수의 업체들이 선진화 설비 도입을 추진하고 있으나 일본 전지 생산라인 설비 수출업체들에 비해 기술력이 부족하여 시장경쟁력이 매우 빈약한 실정이다⁽¹⁾. 본 연구에서는 일반적으로 가장 적합한 시스템 설계를 위해서 시스템의 동특성 해석을 통한 기본적인 구동시스템의 설계 사양을 설정하는 과정이 기본적으로 필요하다. 동적 모델링을 하기 위해서 수학적인 모델링 방법이 사용되는데, 본 연구에서는 건전지 자동화 조립라인의 동특성 해석을 수행하기 위해 건전지 자동화 조립라인 공정에서 원통 외주 스틸캔(Steel Can)에 라벨링을 하는 공정의 메커니즘을 ADAMS(Automated Dynamic Analysis of Mechanical System)를 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 최적의 구동조건 결과를 도출하였다. 그리고 MSC/NASTRAN을 이용한 시스템의 각 파트에 대한 유한요소해석(FEM), 모드해석, 응력해석, 주파수해석을 통하여 메커니즘의 안정성을 평가하였다. ADAMS는 복잡한 기계적인 시스템을 하드웨어적인 시제품으로 만들지 않고 시뮬레이션 함으로써 동적인 거동을 컴퓨터 화면에서 가시화하여 가상시제품(Virtual Prototype)을 만들기 위한 프로그램의 일종으로 자동차공학, 항공공학 및 일반적인 기계공학분야에서 널리 사용되어지고 있다. 가상시제품이란 실제적인 시제품(Physical Prototype)을 제작하기 이전에 설계된 시스템을 모델링하고 실제와 같은 경계조건에서 시뮬레이션을 수행하여 3차원적인 시스템의 동적 거동을 컴퓨터 화면상에서 가시화 하는 것을 말한다. 가상 시제품을 완성함으로써 시스템 개발의 초기 단계에서 설계상의 문제를 발견하여 개발시간을 단축할 수 있고, 하드웨어적인 시제품을 만들지 않음으로써 비용을 절감할 수 있다. 또한 여러 가지 설계 사양을 변화시켜 시스템 성능을 쉽게 테스트할 수 있으므로 제품의 질을 향상시킬 수 있다⁽²⁾⁽³⁾. 가상시제품을 개발하기 위해서 첫 번째는 동적 모

델링과 가상시제품을 연계하고 기존에 나와있는 설계 프로그램과 연계하고, 설계가 끝난 다음에 MSC/NASTRAN과 같은 FEM(Finite Element Method) 프로그램과 이용하여 Fig. 1에서 보는 것과 같이 일련의 CAE(Computer Aided Engineering)을 실현할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 건전지 자동화 조립라인의 공정인 건전지 스틸캔의 외장 라벨링까지 복합적으로 수행할 수 있는 무인 건전지 자동화 조립라인의 시스템을 가상공학 기법을 이용한 시뮬레이션을 통하여 조립라인의 동특성 해석을 수행하였다.

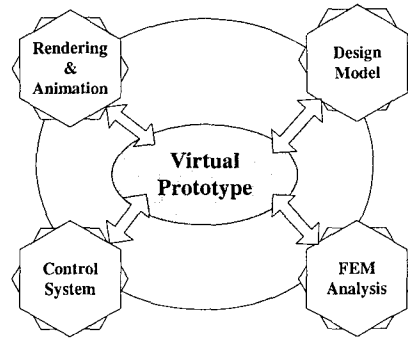


Fig. 1 Virtual Engineering by Computer Aided Engineering

2. 건전지 자동화 조립라인 라벨링부의 설계

Fig. 2은 로터리 디스크 방식 구동되는 라벨링 머신의 개략도이며 본 연구에서는 Fig. 2에서 보는바와 같이 로터리 방식으로 설계하였다. 라벨링은 세퍼레이터 와인딩 및 삽입 공정을 마친 건전지 셀이 된 건전지 셀이 라벨링머신의 전지투입구로 유입되어 메인디스크의 외주에 홈에 고정되어 회전하면서 라벨이송부에 의해 공급되어지는 라벨부착부에서 양쪽에 있는 벨트에 의해서 건전

지 셀의 외주에 부착이 된다. 라벨밀착부를 지나 입구디스크와 동일한 특성을 가진 출구디스크에서 의해서 히팅부로 전해져 벨트에 의해 포장부 및 박싱부로 전달되어 On-line으로 한 기계에서 가능한 메커니즘을 설계하였다.

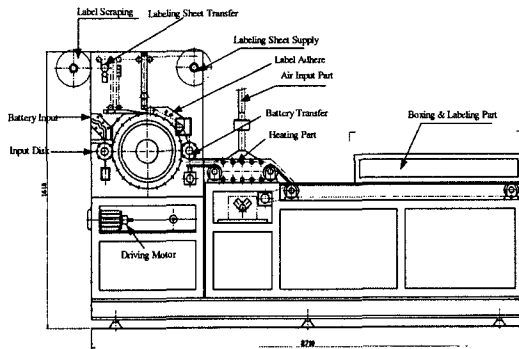


Fig. 2 Rotary Type of Labeling Machine

3. ADAMS를 이용한 시뮬레이션

ADAMS는 복잡한 기계적인 실제품을 만들지 않고 컴퓨터 모니터상에 모델링하여 메커니즘에 각각의 경계조건들을 변화시키면서 부여하여 시뮬레이션 함으로써 동적인 거동을 컴퓨터 화면에서 가시화하여 가상시제품을 만들기 위한 프로그램으로 자동차공학 분야, 항공학 분야 및 일반적인 기계공학분야에서 동특성을 연구하는데 널리 사용되고 있다. 전체적인 건전지 자동화 조립라인의 동적 거동 및 동적 특성을 분석하기 위하여 ADAMS를 이용하여 모델링하고 시뮬레이션하여 동적인 가속도, 회전수, 각속도 등의 상태량을 얻을 수 있다⁽³⁾⁽⁴⁾. 운동학적 모델링을 하고 건전지 자동화 조립라인 시스템의 동적 거동을 컴퓨터 화면에서 가시화하여 가상시제품을 개발할 수 있다. 건전지 외장 라벨링부를 시뮬레이션하고 이를 통하여 각 파트의 동적인 상태량을 파악할 수 있었다. 따라서 이러한 과정을 통하여 시스템이 실제의 현장에서 안정적으로 구동하는 최적의 구동조건을 얻었다.

본 연구에서의 ADAMS를 이용한 모델링 과정은

아래 Fig. 3와 같다.

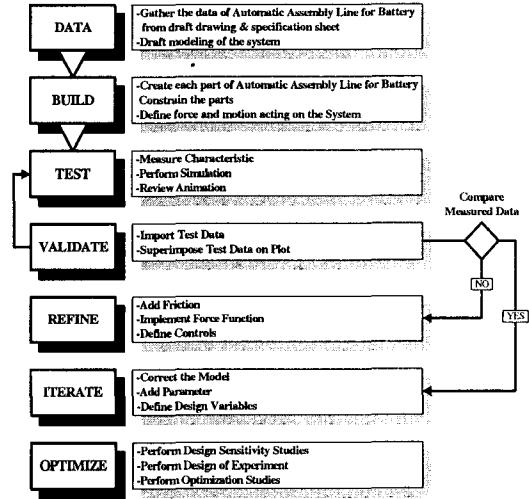


Fig. 3 Design Process of Using ADAMS

3.1 라벨링 시스템의 시뮬레이션

건전지 외장 라벨링 시스템은 크게 두 개의 프로세스로 나누어진다. 첫 번째 공정은 라벨공급롤러에서 셀에 라벨이 부착되는 라벨링 공정부까지 라벨을 공급해주는 역할을 한다. 두 번째 공정은 셀이 셀가이드를 통해 영구자석이 부착된 셀브래킷에 의해 메인디스크로 전달되고 메인디스크를 통하여 라벨링 공정부까지 전달된 후 셀배출부를 통해 셀이 배출시키는 공정이다.

본 연구에서는 라벨링 머시인에 셀이 공급되는 공정과 라벨링 페이퍼가 라벨링 공정부까지 전달되는 메커니즘을 시뮬레이션 하였다. 가장 큰 부하가 걸리는 와인딩 터릿부와 터릿부에 동력을 전달하는 기어부 및 실질적인 작업이 수행되는 라벨링부를 각 구성요소별로 구조해석을 하여 최적설계를 적용하였다. 다음 Fig. 4는 전지 외장 라벨링 머시인의 시뮬레이션을 수행하기위한 건전지 자동화 조립라인의 라벨링 시스템의 모델링 결과이다. Fig. 5은 시뮬레이션을 수행하였던, 라벨링부의 평면도와 조감도를 나타낸다.

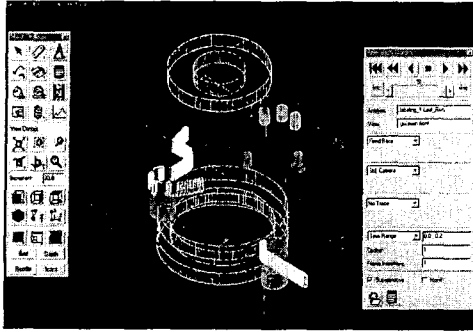


Fig. 4 ADAMS Simulation Window

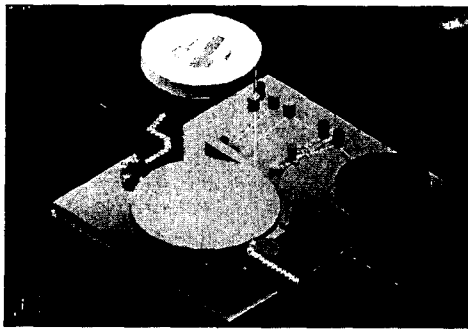


Fig. 5 Isometric View of Labeling Machine

전공정이 마쳐진 셀은 셀 이송 롤러를 통하여 셀가이드를 통하여 순차적으로 밀려들어가는 방식으로 공급되며 셀 브래킷의 영구자석에 부착되어 메인 디스크부에 부착되는 구조이다. Fig. 6은 시뮬레이션 결과 조건에 의한 셀 공급 브래킷과 메인 디스크와의 각속도 관계를 나타낸다. Fig. 7은 출력 브래킷과 메인 디스크와의 각속도 결과이다. 동력 전달 방식은 동력공급부에서 전달된 동력은 메인 디스크에 전달되고 셀 공급 브래킷과 셀 배출 브래킷으로 스퍼기어를 통해 전달된다.

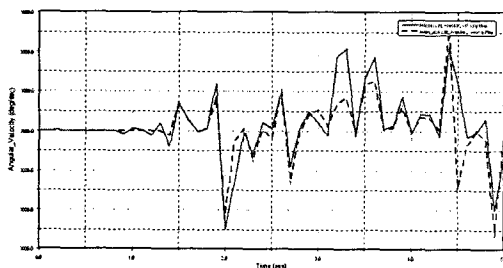


Fig. 6 Comparison of Angular Velocity of between Cell Inlet Bracket and Main Disk

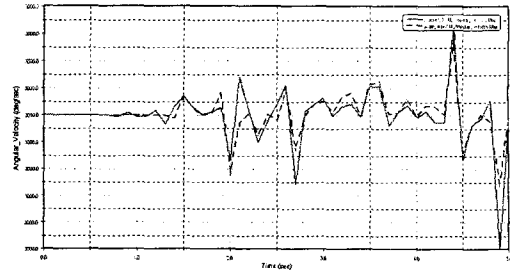


Fig. 7 Comparison of Angular Velocity of between Outlet Bracket and Main Disk

4. 건전지 자동화 조립라인의 유한요소 해석

본 연구에서는 건전지 자동화 조립라인의 세퍼레이터 와인딩 및 삼입시스템과 라벨링부를 설계 프로그램을 이용하여 유한요소해석을 위해 모델링 하였다. CAD를 이용하여 설계하고, MSC/PATRAN 해석하고자하는 시스템 요소들을 모델링을 하였다. 건전지 자동화 조립라인 라벨링 시스템의 셀공급 브래킷(Shell Inlet Bracket)과 메인디스크(Main Disk)에 대하여 MSC/NASTRAN을 이용하여 주파수 해석을 통한 진동특성 해석, 최대응력, 최대변형량 해석을 수행하였다. Fig. 8은 유한요소해석에 있어서 설계, 전처리 공정인 모델링, NASTRAN 해석, 해석을 가시화 하는 후처리 공정, 해석후의 분석을 통한 모델의 수정을 통하여 다시 위의 공정을 하는 유한요소해석의 공정의 전체 개략도 이다.

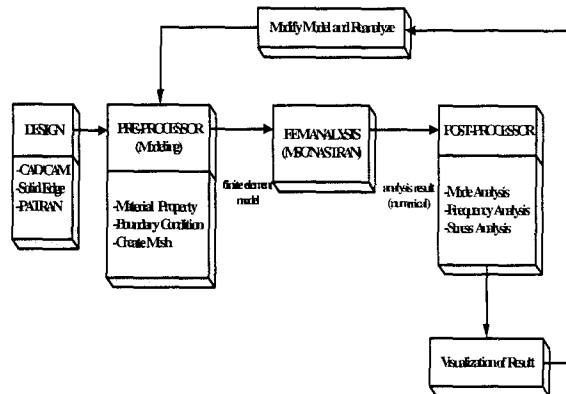


Fig. 8 Process of Finite Element Analysis

4.1 셀공급 브래킷의 모드 및 주파수 해석

셀공급 브래킷은 건전지 투입구로부터 공급되는 건전지를 메인디스크로 공급하기 위한 부분으로 이중 원판구조로 되어있다. 원판의 외부에는 건전지가 부착될 수 있는 6개의 홀더가 있다. 각각의 홀더 내에는 건전지를 고정하기 위한 영구자석이 부착되어있다. 모드해석을 하기 위한 재료의 특성과 경계조건은 Table 1과 같다. Fig. 10은 셀공급브래킷의 모드해석 결과를 나타낸다. Fig. 10은 1차 모드에서 응력분포를 나타낸 것이다. 1차 모드에서 최대응력값은 볼트 고정부 근처에서 486.1Kg/mm²로 노드점 1204에서 응력이 집중되고 있음을 보여준다. Fig. 11은 주파수 해석은 모드해석 결과 가장 큰 변형이 일어나는 절점(노드점 2184)에서 Z축 방향으로 동적하중 500kg를 가진하는 조건으로 수행되었다

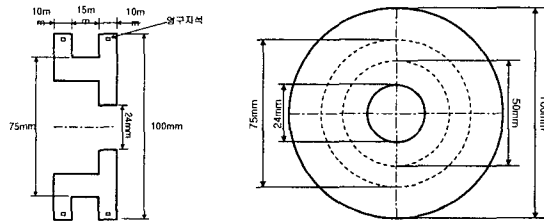


Fig. 9. Drawing of Cell Inlet Bracket

Table 1 Boundary Conditions and Material Property of Cell Inlet Bracket

Input Conditions of Cell Inlet Bracket Part	
- Finite Element	
Node ID :	2269
Element ID :	8411
- Load/BCs	
Displacement Fixed(볼트 조임부) :	
Front 8개(node), Back 8개(node)	
500N at node 2184 : Load on the Max. deformation of the Cell Inlet Bracket Part	
10~1000Hz at node 55 at interval 20Hz	
Damping Ratio : 3%	
- Material Property	
Elastic Modules :	21000 N/mm ²
Poisson's Ratio :	0.3
Density :	7.85e-6 Kg/mm ³
- Solution Type	
Normal Modes Analysis	
- Number of Desired Roots : 10 EA	
Frequency Response Analysis	

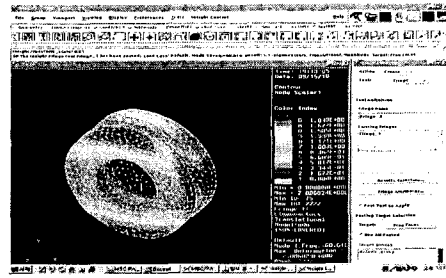


Fig. 10 Stress of Magnitude at the 1st Mode of Inlet Bracket Part

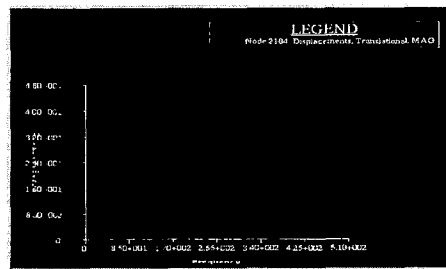


Fig. 11 Displacement of Magnitude versus Frequency at Node 2184 of Input-Disk

4.2 메인 디스크의 모드 및 주파수 해석

메인 디스크는 셀공급 브래킷으로부터 공급되어지는 건전지를 셀배출 브래킷으로 공급해주는 부분으로 직경이 큰 원판구조로 되어있다. 원판의 외부에는 셀공급 브래킷으로부터 공급되어지는 건전지에 라벨 슈트가 감겨지는 24개의 회전하는 부분으로 되어있고 메인 디스크의 도면은 Fig. 12과 같다. Table 2는 경계조건을 나타내고, Fig. 13과 Fig. 14은 메인 디스크부의 모드해석과 주파수해석 결과를 나타낸다.

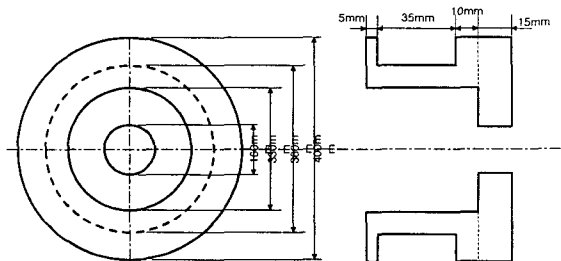


Fig. 12 Drawing of Main Disk

Table 2 Boundary Conditions and Material Property of Main Disk

Input Conditions of Cell Inlet Bracket Part
· Finite Element
Node ID : 1905
Element ID : 5536
· Load/BCs
Displacement Fixed : Front 5개 (node), Back(Surface), Inner(Surface)
500kgf at node 749 : Load on the Max. deformation of the Main Disk Part
10~1000Hz at node 55 at interval 20Hz
Damping Ratio : 3%
· Material Property
Elastic Modules : 21000 N/mm ²
Poisson's Ratio : 0.3
Density : 7.85e-6 Kg/mm ³
· Solution Type
Normal Modes Analysis
- Number of Desired Roots : 10 EA
Frequency Response Analysis

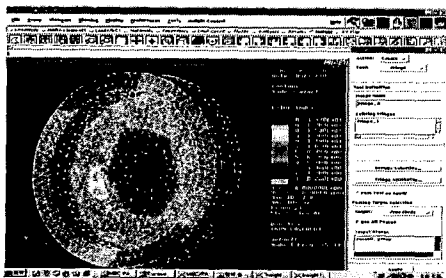


Fig. 13 Stress of Magnitude the 1st Mode of Main Disk

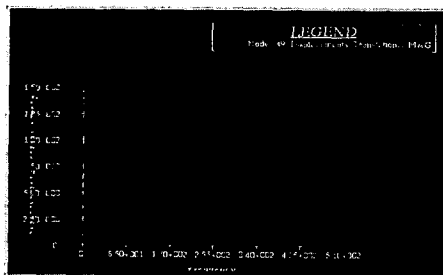


Fig. 14 Displacement of Magnitude versus Frequency at Node 749 of Input-Disk

5. 결론

본 연구에서는 가상공학 기법을 이용한 건전지 자동화 조립라인을 동역학적 특성을 알아보기 위해서 동력학 해석 프로그램인 ADAMS를 이용하여 시뮬레이션 하였으며, 건전지 자동화 조립라인의 라벨링부에 대한 안정성 평가 및 최적모델의 사양을 결정하기 위해 MSC/PATRAN과 NASTRAN을 이용한 유한요소해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 유한요소해석을 각 파트별로 수행한 결과, 라벨링부 유한요소 해석을 통해서 셀공급 브래킷부는 고유진동수 0.83Hz에 대해 1차에서 60.616Hz, 메인디스크부는 고유진동수 0.21Hz에 대해 1차 모드가 15.445Hz로 시스템이 전체적으로 외부 진동에 의한 영향을 전혀 받지 않음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 가상공학 기법을 이용하여 시스템 설계 이전에 시스템의 안정성 평가, 성능테스트를 통한 시스템 모델 사양을 최적화 시킴으로써 경제적 시간적인 효율을 극대화시킬 수 있다고 사료된다.

참고 문헌

1. 정상화 "건전지 자동화 세퍼레이터 와인딩 및 삽입시스템 개발기술혁신 최종보고서", 중소기업청, 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.