

리튬전지 자동 블리스터 포장기 가상시제품 개발

정상화*, 이경형+

Development of the Automatic Blister Packaging Virtual Prototype for Lithium Battery

Sang Hwa Jeong*, Kyoung Hyoung Lee+

Abstract

The blister packaging is applied to many fields in recent years for its merit that it enable consumer to see the products. The most of battery packaging are blister type. However, the lithium battery is dealt with very carefully in packaging because of its explosion. The existing packaging machines for lithium battery are mostly adapted alkaline packaging machine and their capacity is very inferior to other process, either. In this paper, the virtual prototype of the automatic blister packaging system for lithium battery which has new mechanism and 240EA/min capacity is developed and its performance is evaluated.

Key Words : Automatic Blister Packaging Machine(자동 블리스터포장기), First Blanking Second Inserting(선타공 후삽입), Automatic Shell Inserting(자동전지 삽입), 가상시제품(Virtual Prototype), Dynamic Analysis(동특성해석), Stress Analysis(응력해석)

1. 서론

최근 들어 블리스터 포장방식은 제품을 뜯어보지 않고 제품을 확인할 수 있는 장점을 가지고 있어 여러 가지 상품 포장에 이용되고 있다. 대부분의 건전지의 포장 역시 블리스터방식을 이용하여 포장을 하고 있다. 그런데 카메라 및 각종 휴대용 전자장치에서 널리 사용되고 있는 리튬전지의 경우에는 전지 자체가 가지고 있는 폭발위험성 때문에 블리스터 포장을 할 때 각별한 주의가 필요하다. 그러나 국내를 비롯한 국외에서도 일반 알카라인 전지 포장기계를 구조변경하여 사용하고 있고 리튬전지 특성을 고려한 리튬전지 전용 블리스터 포장기는 개발되지 않고 있다. 또한 블리스터 포장공정은 포장공정을 제외한 리튬전지 생산공정 및 라벨링공정의 분당 생산량에 못 미쳐 생산성이 높은 고속 블리스터 포장시스템의 개발이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 기존의 범용 건전지 블리스터 포장 메커

니즘이 안고 있는 폭발위험성 및 저생산성을 극복할 수 있는 새로운 메커니즘의 리튬전지 전용 고속 자동 블리스터 포장 시스템의 가상시제품을 개발하고 가상공학 기법을 도입하여 성능평가를 위한 가상실험을 수행하였다. 개발된 시스템의 메커니즘적 특징은 첫째 리튬전지 폭발위험성을 제거하기 위해 선타공 후전지삽입(First Blanking Second Inserting)시스템을 도입하였다. 둘째 자재손실을 최소화하기 위해 팔레트이송과 필름이송의 동력을 분리하였다. 셋째 전지자동공급시스템을 개발하여 무인화를 실현하였다. 향상된 메커니즘의 개발 결과로 분당 생산량을 기존 90EA에서 240EA까지 증가시킬 수 있었다.

본 연구에서는 개발된 메커니즘 및 블리스터 포장 시스템의 성능을 평가하기 위해 실제 구동조건과 동일하게 전체 시스템의 운전특성 및 공정간의 타이밍을 가상 실험하였으며, 새롭게 개발된 중요 공정의 메커니즘 특성을 그래프와

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

+ 조선대 대학원 기계공학과

++ 조선대 대학원 기계공학과

애니메이션을 통해 확인하고 가상실험을 통해 그 성능을 평가하였다. 이러한 가상실험을 통해서 각 공정별 구성부품에 대한 위치, 속도 및 가속도 그리고 힘과 모멘트 성분 등과 같은 동특성을 파악할 수 있었고 또한 이 결과를 토대로 중요 부품들의 응력해석을 수행하였다. 본 연구에서 수행된 가상공학 기법은 개발기간 단축 및 개발비 절감에 큰 효과가 있을 것으로 기대되며 본 연구에서 얻어진 데이터를 기반으로 실제 시스템이 개발되고 있다.

2. 블리스터 포장기 가상시제품 개발

기존의 범용 건전지 블리스터 포장 메커니즘이 안고 있는 폭발위험성 및 저생산성을 극복할 수 있는 새로운 메커니즘의 리튬전지 전용 고속 자동 블리스터 포장 시스템 개발하였다. 개발된 메커니즘의 신뢰성을 파악하고 기본적인 설계인자들을 결정하기 위하여 가상공간에서 시스템을 개발하고 가상실험을 통하여 전체 공정의 순서 및 속도와 각 공정별 구동 메커니즘을 해석하였다.

2.1 전체공정을 위한 가상실험

리튬전지 전용 블리스터 포장기의 전체공정은 크게 히팅 공정, 포밍공정, 블랭킹 공정, 전지공급공정, Card 공급공정, 열접착공정, 그리고 배출공정으로 이루어진다. 본 연구에서는 위의 공정으로 구성된 블리스터 포장기의 전체 공정을 모델링하였고 20 SPM의 생산능력을 갖도록 가상실험을 수행하였다. 가상실험을 통하여 각 공정의 요구되는 속도와 구동기의 조건 그리고 작업 팔레트의 이송 속도를 결정할 수 있었다. 또한 필름을 이송하는 이송 롤러의 구동 특성 및 구동 속도를 결정하였다.

Fig. 2는 시스템의 동적 상태량을 파악하기 위한 가상실험을 하기 위해 블리스터 포장기 전체를 모델링한 것이다.



Fig. 1 Modeling of Blister Packaging System

2.1.1 가상실험결과

Fig. 2는 각 공정별 지그의 상, 하사점의 위치를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 분당 20개의 팔레트를 배출하기 위한 한 공정의 Cycle은 3초이다. 0-1초까지 각 공정의 지그가 하강하고 1-1.5초 구간에서 각각의 공정들을 수행하고 1.5-2.5초 구간에서 다시 상사점으로 상승하는 운동을 볼 수 있다.

Fig. 3은 각 공정별 지그의 상승속도와 하강속도를 나타

낸 것이다. 전지공급공정과 카드공급공정의 속도는 이송거리가 짧기 때문에 다른공정과 상승, 하강속도가 상대적으로 작고, 배출 공정은 상대적 이송거리가 길기 때문에 이송속도가 높게 나타난다. Table 1은 각 공정별 지그의 상, 하사점의 위치를 나타낸 것이다.

Table 1 Jig Position of Each Process(Y-Axis)

Process	Upper End(mm)	Lower End(mm)	Stroke(mm)
Forming	225	125	100
Blanking	225	125	100
Cell Inserting	625	575	50
Card Inserting	625	575	50
Heating	225	125	100
Ejecting	225	125	100

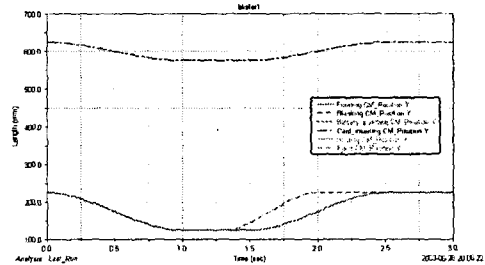


Fig. 2. Jig Position of Each Process

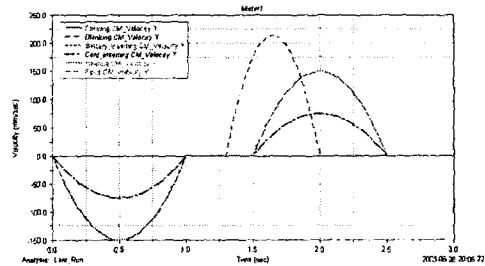


Fig. 3 Jig Velocity of Each Process

2.2 블리스터 포장기 주요공정별 동특성 해석

1) 포밍공정의 동적 모델링

포밍공정은 히팅공정에서 가열된 필름을 공기압을 이용하여 리튬전지가 담길 수 있는 블리스터 형상을 만드는 중요한 공정이다. 블리스터 포밍을 수행하는 포밍지그는 다른 공정과 같이 유압실린더와 연결되어 상하 운동을 한다. 이때 포밍지그와 팔레트 사이의 거리는 100 mm 정도이고 팔레트가 포밍 위치에 왔을 때 포밍지그가 정확한 시간을 맞춰 하강하여야만 포밍의 불량률을 줄일 수 있다. 이러한 이유

로 포밍공정을 모델링하여 가상 실험을 통하여 구성요소별로 동특성을 파악하였다.

Fig. 4는 블리스터 포장기의 포밍공정을 동적 모델링한 것이다. Fig. 5는 포밍지그의 상, 하사점의 위치를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 0-1초까지 포밍 지그가 하강하고 1-1.5초 구간에서 작업을 수행하고 1.5-2.5초 구간에서 다시 상사점으로 상승하는 운동을 볼 수 있다. 이 때의 운동거리는 실린더의 행정과 일치하는 100 mm이다.

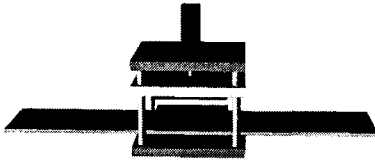


Fig. 4 Modeling of Forming Process

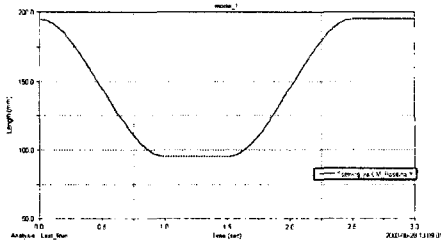


Fig. 5 Position of Forming Jig

2) 전지공급공정의 동적 모델링

전지공급공정은 포밍공정과 블랭킹 공정후에 블리스터 형상의 필름에 전지를 삽입하는 공정으로 본 연구에서는 2행 3열의 팔레트를 기준으로 각각 2개의 전지가 삽입되도록 설계하였다.

Fig. 6는 전지공급공정을 동적 모델링한 것을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 전지를 공급하는 웨이브 슈트, 전지를 팔레트에 공급하는 매그네틱 척으로 장치가 구성된다. 전지공급장치의 동적 모델링을 하여 웨이브 슈트를 따라 운동하는 전지의 운동특성, 매그네틱 척의 운동특성, 그리고 팔레트의 이송특성 등을 살펴봄으로써 구동기의 사양을 결정할 수 있었다. Fig. 7는 매그네틱 척의 상, 하사점의 위치를 나타낸 것이다. Fig. 8은 전지의 위치를 나타낸 그래프이다.

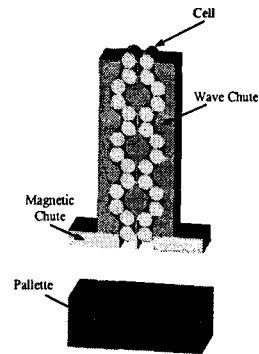


Fig. 6 Modeling of Battery Supplying process

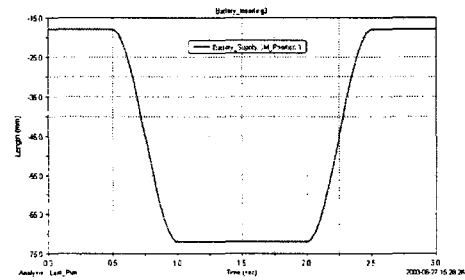


Fig. 7 Position of Magnetic Chuck

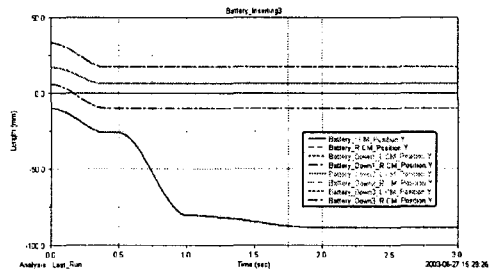


Fig. 8 Position of Cell

3) 카드공급공정의 가상실험 결과

카드공급공정은 건전지가 삽입된 후 블리스터 형상으로 성형된 필름 위에 한 장씩 투입된다. 팔레트에 2행 3열로 총 6개의 성형물이 있으므로 카드도 총 6장이 삽입된다. 이 공정은 가이드로드, 카드 피더, 카드 트레이 그리고 커넥팅 로드로 구성되며 운동형태도 타 공정보다 복잡하여 동작의 타이밍이 중요한 부분이다. 카드공급공정의 동적 모델링은 각 구성요소의 운동특성과 작업 동작의 타이밍을 파악하기 위하여 수행되었다. Fig. 9는 카드공급공정을 동적 모델링한 것이다. Fig. 10은 카드공급공정의 가상실험과정을 나타낸 것으로 초기 상태, 카드를 트레이에 배열하는 상태, 카

드배열 종료 상태, 카드 삽입후 지그 하강상태, 카드 삽입상태를 순서대로 나타낸 것이다. Fig. 11은 X-Y평면에서의 카드공급 트레이 위치 변화를 나타낸 그래프이다. Fig. 12는 카드공급 트레이 연결부 및 구동부의 각도 변화를 나타낸 것이다. 카드공급 지그가 하강하는 2.1-2.4초 구간에서는 구동부와 연결부의 각도는 각각 -100° 와 -80° 변화하고, 2.4-2.5초 구간에서 정지하였다가, 카드공급 지그가 상승하는 2.5-3초 구간에 원래 상태로 돌아오는 것을 볼수 있다.

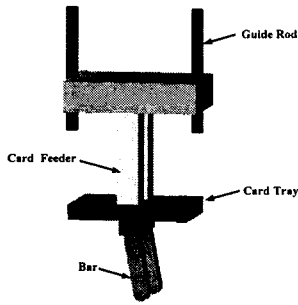


Fig. 9 Modeling of Card Supply Process

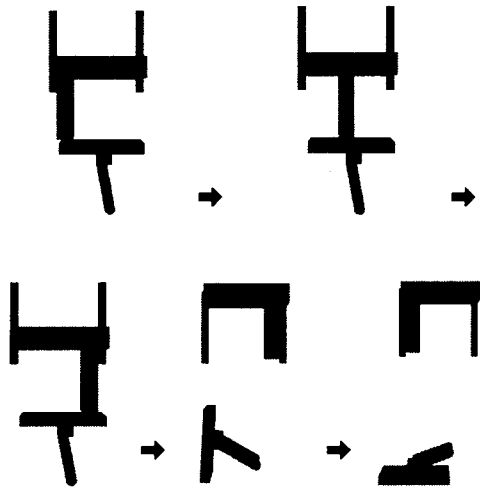


Fig. 10 카드공급공정의 가상실험

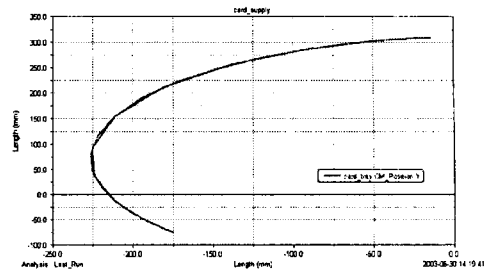


Fig. 11 Position of Card Jig

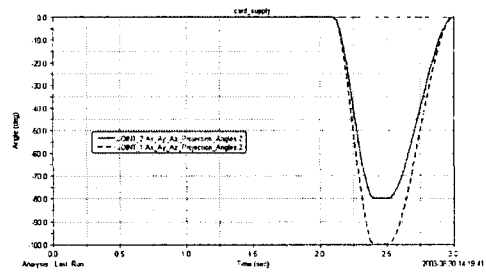


Fig. 12 Angular Velocity Card Jig Joint

4) 카드배열 장치의 가상실험 결과

카드공급공정에서 카드배열 장치는 카드트레이가 상사점에 위치하였을 때 카드를 좌우방향으로 이동하면서 카드를 한 장씩 투입하는 장치로서 정확한 동작 타이밍 뿐만 아니라 위치정밀도를 요구하는 부분이다.

Fig. 13은 카드배열 장치를 동적 모델링한 것이다. Fig. 14는 카드 정렬장치의 X-Y평면에서의 위치 변화를 나타낸 그래프이다. 그 때의 전지공급부의 X, Y방향으로의 속도 변화는 그림 35에 나타내었다.전체 유닛이 0-0.5초까지 Y축 방향으로 하강한후 0.7-1.2초까지 X축으로 이동하고 다시 1.4-1.9초까지 X축 방향으로 이동한 후 Y축 방향으로 2.1-2.5초까지 상승하고, 2.5-3초 구간에서 다시 원상태로 복귀하는 동작을 수행한다.

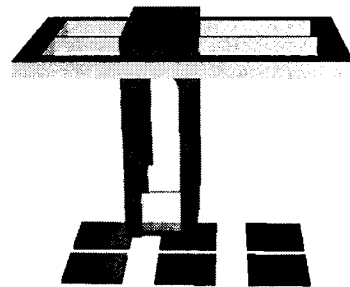


Fig. 13 Modeling of Card Supply Process

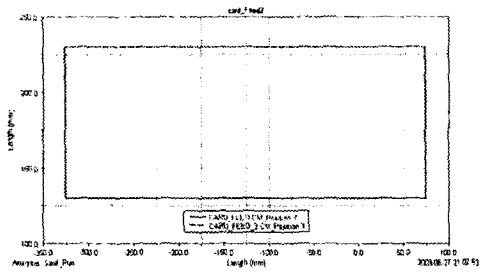


Fig. 14 Position of Card Supply Unit in X-Y Plane

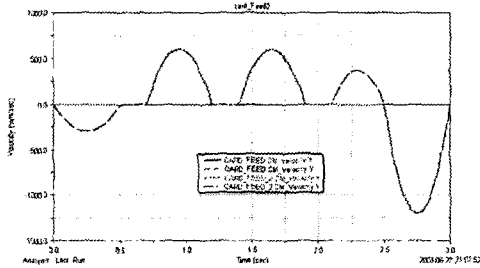


Fig. 15 Velocity of Card Supply Unit

2-3 블리스터 포장기의 구조해석

(1) 블랭킹 지그, 팔레트의 유한요소해석

본 연구에서는 하중을 가장 많이 받는 요소인 블리스터 포장기의 블랭킹 지그, 팔레트를 Working Model 4D를 이용하여 응력해석을 수행하였다. 응력해석의 목적은 요소의 응력분포 및 응력집중을 파악하고 이 데이터를 토대로 최대의 설계 인자를 선택하고자 하는 것이다. 유한요소 해석을 위한 경계조건은 Table 2에 나타내었다. Table 3은 각 구성 요소의 최대응력을 나타낸 것이다

Table 2 Boundary Condition for Stress Analysis

Input Condition for FEM	
Material Property	- Material : ANSI C1020 - Elastic Modulus : $2E+11$ N/mm ² - Poisson's Ratio : 0.29 - Density : $7.85E-6$ Kg/mm ³ - Yield Stress : $3.31E+8$ Pa - Ultimate Stress : $4.48E+8$ Pa
Boundary Condition	- Fixed on the interface of up/down plate - 1000 N on the interface of film
Finite Element	- Mesh Factor : 3% - Mesh Size : 3.46mm - Node : 9281
Solution Type	- Stress and Strain Analysis : Stress, Strain, and Deformation

Table 3 Maximum Stress of Each Part

PART	Max. Stress (Pa)
Forming Jig	$1.43E+5$
Film Cutter	$2.15E+3$
Cutting Base	$2.15E+3$

Level Factor: 1.1

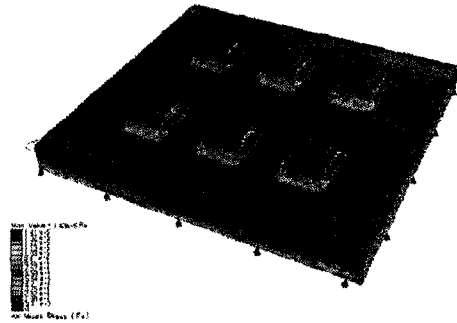


Fig. 16 Stress Analysis of Forming Jig

Level Factor: 1.1

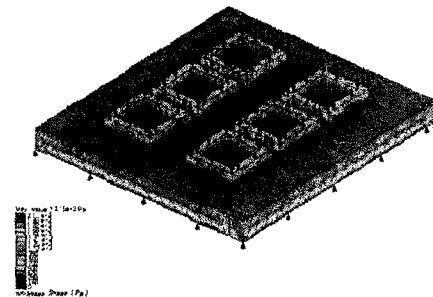


Fig. 17 Stress Analysis of Blanking Jig

Level Factor: 1.1

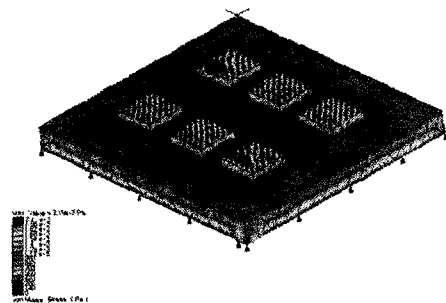


Fig. 18 Stress Analysis of Cutting Base

3. 결론

본 연구에서는 기존의 범용 건전지 블리스터 포장 메커니즘이 안고 있는 폭발위험성 및 저생산성을 극복할 수 있는 새로운 메커니즘의 리튬전지 전용 고속 자동 블리스터 포장 시스템의 가상시제품을 개발하고 가상공학 기법을 도입하여 성능평가를 위한 가상실험을 수행하였다.

개발된 시스템의 특징은 첫째 기존 시스템에서의 전지 정열 불량으로 열 폭발위험성을 제거하기 위해 선탄공 후전지 삽입시스템을 도입하였다. 둘째 기존의 시스템의 필름이송 장치가 연속 일체형 구동방식이어서 필름 및 카드 손실이 많았으나 본 시스템은 자재손실을 최소화하기 위해 팔레트 이송 방식을 채택하고 팔레트 이송과 필름이송의 동력을 분리하여 필름 및 카드 손실을 최소화하였다. 셋째 기존 시스템에서는 수동으로 전지 공급공정을 전지자동공급시스템을 개발하여 무인화를 실현하였다. 향상된 메커니즘의 개발 결과로 분당 생산량을 기존 90EA에서 240EA까지 증가시킬 수 있었다.

또한 개발된 메커니즘 및 블리스터 포장 시스템의 성능을 평가하기 위해 실제 구동조건과 동일하게 전체 시스템의 운전특성 및 공정간의 타이밍을 가상 실험하였으며, 새롭게

개발된 중요 공정의 메커니즘 특성을 그래프와 애니메이션을 통해 데이터로 정량화 하였으며, 가상실험을 통해 그 성능을 평가하였다. 이러한 가상실험을 통해서 각 공정별 구성부품에 대한 위치, 속도 및 가속도 그리고 힘과 모멘트 성분 등과 같은 동특성을 파악할 수 있었고 또한 이 결과를 토대로 중요 부품들의 응력해석을 수행하였다.

참고문헌

1. MSC Inst. of Tech. "Introduction of MSC/PATRAN PAT301" Release 7.5, 1997
2. A. Arenz, et al "Simulation of a goliath transfer robot combining the software tools ADAMS and MATLAB", 11th European ADAMS USER Conf., 1996
3. A. S. Eliot, M. H. Richardson, "Virtual Experimental Modal Analysis", ADAMS User Conf., 1998
4. (주)아태엔지니어링, "건전지 자동화 세퍼레이터 와인딩 및 삽입시스템 개발" 기술혁신 보고서, 중소기업청, 2001