

LED 융합조명의 자동화 조립 시스템에서 전자동 매거진 피더에 관한 구조해석과 동특성 분석

추세웅*, 정상화*:#

*조선대학교 기계공학과

Structural and Dynamic Characteristic Analysis for Automatic Magazine Feeder in Automation Assembly System for LED Convergency Lighting

Se-Woong Choo*, Sang-Hwa Jeong*:#

*Department of Mechanical Engineering, Chosun UNIV.

(Received 3 January 2017; received in revised form 23 January 2017; accepted 24 January 2017)

ABSTRACT

In the general manual feeder of an LED lighting assembly system, many workers are needed to supply parts to the main conveyor. The automatic feeder for modern automation lighting assembly systems consists of a completely automated feeding system and a magazine system that supplies the parts automatically. A standardized LED panel and diffusion cover is stacked in the cartridge of the magazine system. The structural safety of the automatic feeding system with regard to handling the load from the panels and covers stored in the cartridge should be guaranteed. LED convergency lighting modules are assembled using two LED panels and one diffusion cover in an automatic feeder. In this study, the structural safety and fatigue life of the automatic feeder and magazine were analyzed by considering the load generated in the automatically assembled LED convergency lighting system. In addition, the dynamic behavior of each auto-feeding system and magazine delivery system was visualized, and the working process was evaluated via dynamic simulation using a virtual engineering method. A tack time table for automatic feeding systems was derived by developing a virtual prototype.

Key Words : Automatic Assembly System(자동화 조립 시스템), LED Convergency Lighting(LED 융합 조명), Panel Feeder(패널 피더), Diffusion Cover Feeder(확산판 커버 피더), Tack Time Table(공정 시간표)

1. 서 론

초기 LED 조명 조립 시스템에서는 컨베이어 벨

트를 따라 이송되는 조명 부품들은 9명 정도의 작업자들에 의하여 조립되고 검사 장비로 이동되어 완성품으로 검사된다. 반자동 LED 조명 조립 시스템은 초기 LED 조립 시스템에서 수동으로 진행되던 검사공정을 자동화하여 작업자 6명에 의해 공정이 완료될 수 있도록 개발되었다. 현재 국내에서는

Corresponding Author : shjeong@chosun.ac.kr

Tel: +82-62-230-7178, Fax: +82-62-230-7178

LED 조명 조립의 전 공정을 자동화 조립을 할 수 있는 시스템 개발에 대한 연구가 진행되고 있다. 또한, LED 조명의 부품 및 모듈들은 LED 조명을 자동화 시스템에서 조립될 수 있도록 시스템에 맞추어 개발되고 있다. LED 조명 조립 시스템은 조립 부품을 이송하는 LED 패널 피더와 확산판 커버 피더 그리고 작업자가 자재들을 조립하는 메인 컨베이어로 구성되어 있다. 초기 조립 시스템의 피더는 단순히 조명 조립 부품들을 메인 컨베이어로 이송하고 조명 부품들은 작업자들에 의해 직접 조립되는 시스템이다. 반면에, 개발되고 있는 완전 자동화 조립 시스템은 피더에 부품을 투입하는 과정 및 검사공정 그리고 메인 컨베이어로 이송되어 조립되는 전 공정을 자동화하는 것이 목적이다. 연속적으로 LED 조명의 부품 및 모듈을 조립하기 위해서는 자동화 피더 시스템은 충분한 구조적인 안전성을 가져야 한다.

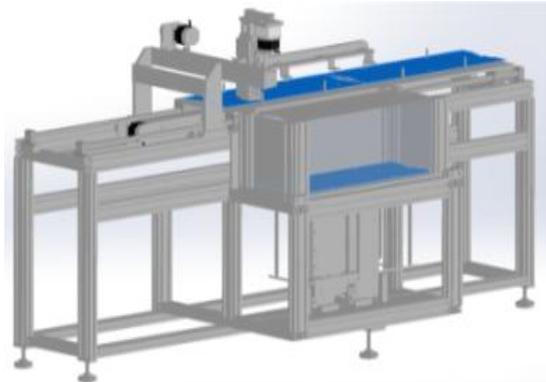
ADAMS는 하드웨어적으로 제품을 제작하기 전에 가상 공학 기법을 이용하여 기계적 요소들을 컴퓨터상에서 구현하고 실제와 같은 해석 조건에서 동역학 시뮬레이션을 수행하여 가상 시제품(virtual prototype)을 개발하는 해석 프로그램이다. 가상 시제품을 통해 시뮬레이션 함으로써 기계적 요소들의 3차원적인 동특성을 컴퓨터상에서 가시화하고 시스템의 설계 데이터를 구축하여 개발 과정에 발생할 수 있는 시스템의 결함과 문제점들을 최소화하고 설계 및 제작시간을 단축할 수 있다. 또한, 가상 시제품상에서 설계 데이터들을 간단하게 변경할 수 있어 시스템의 성능을 빠르게 테스트할 수 있다 [1][2].

본 연구에서는 LED 용합 조명을 조립하는 자동화 조립 시스템에서 발생하는 하중을 고려하여 전자동 피더 시스템과 매거진의 구조적 안전성과 피로수명을 분석하였다. 또한, 가상 공학 기법을 이용하여 이송 시스템과 부품 공급 공정 과정을 시뮬레이션 함으로써 각 피더와 매거진 이송부의 동적 거동을 가시화하고 작업 과정을 분석하였다.

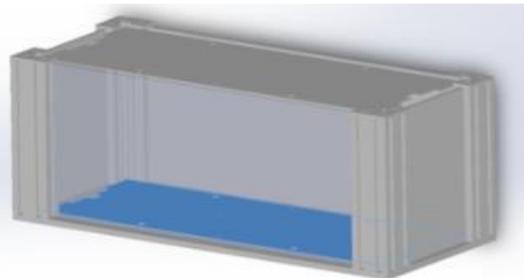
2. 피더의 구조해석

2.1 피더의 구조해석 조건

전자동 피더 시스템은 각 부품들이 피더에 자동으로 공급되도록 매거진 시스템을 설계한다. 이 시스템에서 피더 시스템은 패널 피더(panel feeder)와 확산판 커버 피더(diffusion cover feeder)로 이루어져 있다. 매거진(magazine) 시스템은 카트리지에 패널과 확산판이 저장되어 있고 피더 시스템에 자동으



(a) Automatic LED panel feeder

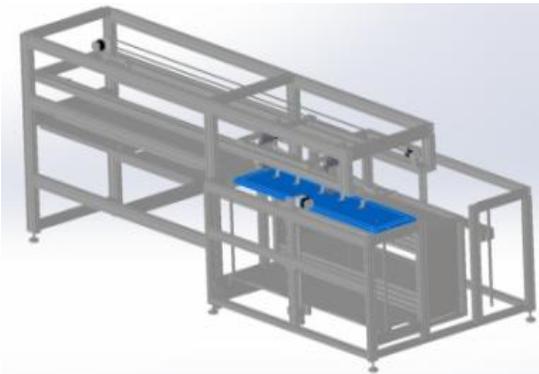


(b) Cartridge of magazine

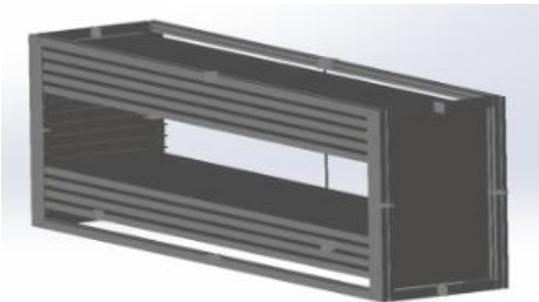
Fig. 1 Structure of LED panel feeder

Table 1 Material properties of feeder

Properties of Aluminum				
Density	Young's module	Poisson's ratio	Tensile yield strength	Tensile ultimate strength
2770kg/m ³	71GPa	0.33	280MPa	310MPa
Properties of Structural Steel				
Density	Young's module	Poisson's ratio	Tensile yield strength	Tensile ultimate strength
7850kg/m ³	200GPa	0.3	250MPa	460MPa



(a) Automatic diffusion cover feeder

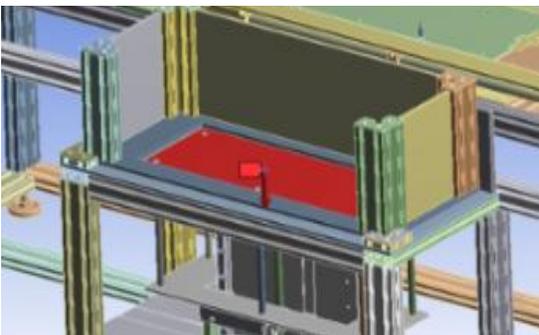


(b) Cartridge of magazine

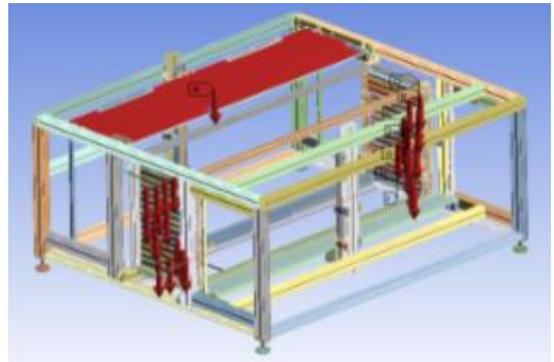
Fig. 2 Structure of diffusion cover feeder

로 공급한다. Fig.1과 Fig. 2에 각 피더 구조와 매거진 시스템에서의 카트리지 구조를 나타내었다.

각 피더의 카트리지에는 개당 5 kg인 LED 패널 60개와 개당 7 kg인 확산판 커버 15개가 탑재되므로, 하중 조건은 카트리지에 실제 탑재되는 자재의 무게를 균일 분포하중으로 가정하여 시뮬레이션을



(a) LED panel feeder



(b) Diffusion cover feeder

Fig. 3 Force condition of structural analysis

수행하였다. 각 피더의 하중 조건은 Fig. 3에 나타내었다. 각 피더의 프레임 재질은 알루미늄 합금으로 가정하였으며 나머지 부분은 일반 구조강으로 가정하였다. 구조해석에 이용된 피더의 재료 물성치는 Table 1에 나타내었다.

2.2 패널 및 확산판 커버 피더의 구조해석

전자동 LED 패널 피더 시스템에서 시험 하중 300 kg(패널 60개 무게 해당)을 적용하여 구조해석 시뮬레이션을 수행하였다, Fig. 4에 나타낸 바와 같이 패널 피더 시스템의 최대 총변형량은 0.47351 mm이고 매거진 프레임에서 발생한다. Fig. 5에 나타낸 바와 같이 패널 피더 시스템의 최대 응력은 157.44 MPa이고 카트리지에 저장된 LED 패널을 들어 올리는 매거진 플레이트를 받치고 있는 매거진의 봉에서 발생됨을 알 수 있다. Fig. 6에 패널 피더 시스템의 최소 안전계수를 나타내었으며, 최소 안전계수는 1.5879로 시스템의 최대 응력이 발생하는 매거진 봉의 연결부 쪽에서 발생하였다. 정상 범위 안전계수 1.5~2 값을 만족함을 알 수 있다. 시험 하중 300 kg에 대한 전자동 LED 패널 피더 시스템의 구조해석 결과는 Table 2에 정리하여 나타내었다.

전자동 확산판 커버 피더에서 시험 하중 105 kg(커버 15개 무게 해당)을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 7에 나타낸 바와 같이 커버 피더의 최대 총변형량은 0.078482 mm이고 커버 플레이트에

서 발생한다. Fig. 8에 나타난 바와 같이 최대 응력은 20.877 MPa로 커버 플레이트를 받치고 있는 플레이트의 슬라이드에서 발생한다. Fig. 9에 나타난 바와 같이 최소 안전계수는 13.412로 최대 응력이 발생하는 플레이트의 슬라이드에 나타남을 알 수 있으며, 정상 범위 안전계수 1.5~2를 충분히 만족시킨다. 시험 하중 105 kg에 대한 전자동 확산판 커버 피더의 구조해석 결과를 Table 3에 정리하였다.

Table 2 Analysis results of automatic LED panel feeder

Test force	Total deformation	Equivalent stress	Safety factor
2940 N (300 kg)	0.47351 mm	157.44 MPa	1.5879

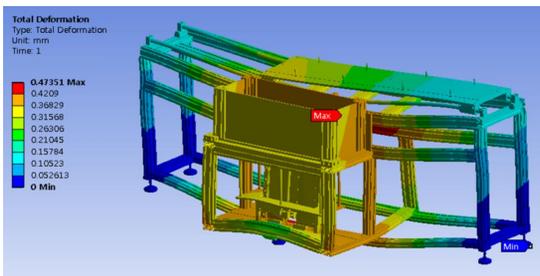


Fig. 4 Total deformation of automatic LED panel feeder

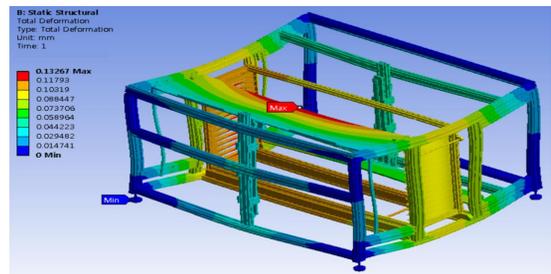


Fig. 7 Total deformation of automatic diffusion cover feeder

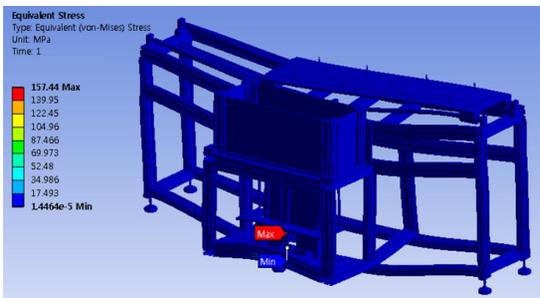


Fig. 5 Equivalent stress of automatic LED panel feeder

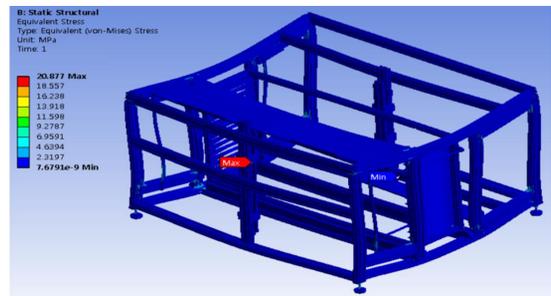


Fig. 8 Equivalent stress of automatic diffusion cover feeder

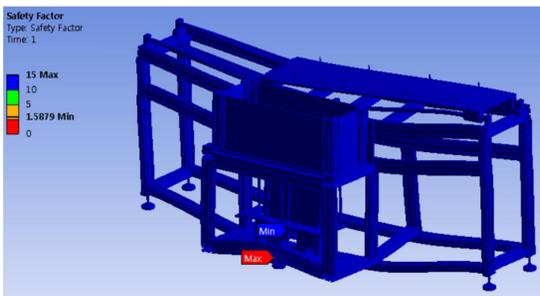


Fig. 6 Safety factor of automatic LED panel feeder

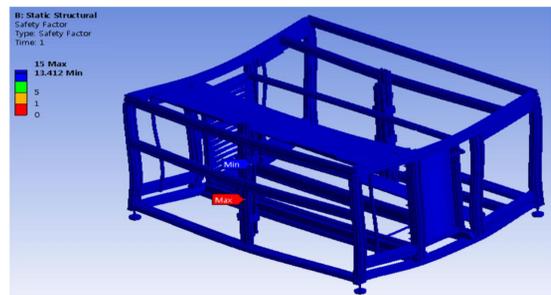


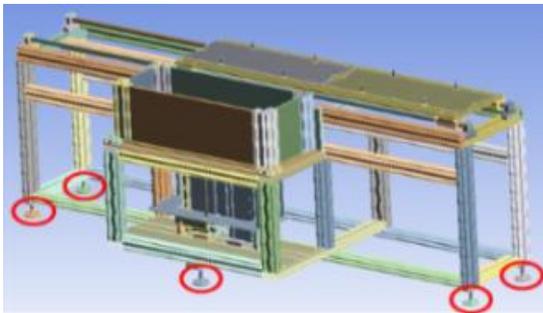
Fig. 9 Safety factor of automatic diffusion cover feeder

Table 3 Analysis results of automatic diffusion cover feeder

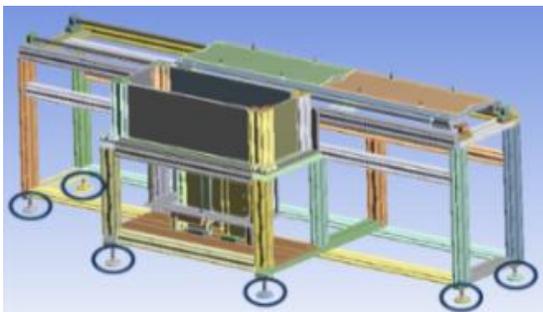
Test force	Total deformation	Equivalent stress	Safety factor
1029 N (105 kg)	0.078482 mm	20.877 MPa	13.412

2.3 LED 패널 피더 매거진 시스템의 지지점 추가

LED 패널 60개에 해당하는 시험 하중 300 kg에 대하여 패널 피더 시스템에 충분한 안전성을 보장하기 위해 패널 매거진 시스템의 지지점을 5개에서 6개로 설계하여 최대 응력 및 응력의 분포 그리고 안전계수들을 비교하였다. Fig. 10에 지지점 5개인 시스템 model_A와 지지점 6개인 model_B의 구조를 Fig. 10에 각각 나타내었다. 안전성을 비교하기 위해 각 시스템에 대하여 정상 범위 안전계수 1.5~2를 만족하는 시험 하중을 구조해석을 통해 도출하



(a) model_A



(b) model_B

Fig. 10 Model structure for fixed support

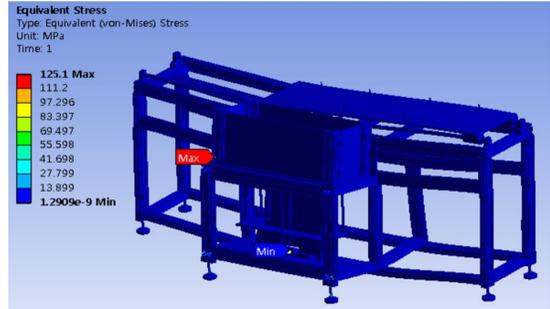


Fig. 11 Position for equivalent stress of model_B

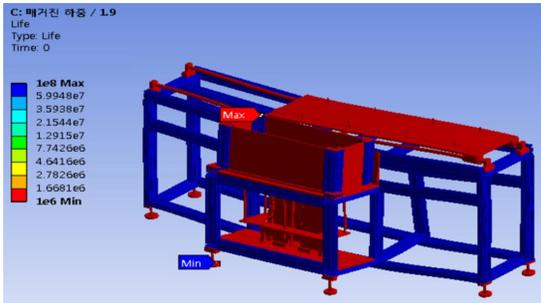
Table 4 Analysis results of comparison for LED feeder model

	Test force	Equivalent stress	Safety factor	Panel number
Model_A	2,450 N (250 kg)	131.2 MPa	1.9055	50 EA
Model_B	4,900 N (500 kg)	125.1 MPa	1.9985	100 EA

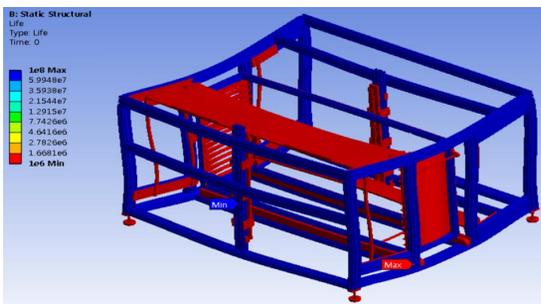
였다. Fig. 11에 나타난 바와 같이 매거진 플레이트의 봉에서 발생하던 최대 응력 지점은 매거진의 프레임 쪽으로 이동된다. Table 4에 LED 패널 피더의 모델 시뮬레이션 비교 분석 결과를 나타내었다. model_A의 시뮬레이션 결과인 Fig. 5와 Table 2에 나타난 결과와 비교해 볼 때, 지지점을 추가한 model_B가 model_A보다 2배 정도의 하중에도 안전함을 알 수 있다. 패널 피더의 매거진 시스템에 지지점을 추가하면 최대 100개의 LED 패널까지 탑재할 수 있음을 알 수 있다.

2.4 피더의 피로수명 해석

LED 융합 조명 자동화 조립 시스템에서 LED 조명모듈을 연속적으로 조립하기 위해서 각 피더의 카트리지와 매거진에 각각 LED 패널 60개와 확산판 커버 15개가 탑재되어 있을 때 시스템의 피로수명에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 시험 하중이 반복적으로 가해지는 상황에서 굿맨 이론을 통하여 각 피더의 피로수명을 분석하였다. 각 시험 하중에 대한 피더의 피로수명을 Fig. 12에 나타내었다.



(a) LED panel feeder



(b) Diffusion cover feeder

Fig. 12 Fatigue life of automatic feeder

LED 패널 피더는 지지점과 매거진 시스템에서 최소 피로수명이 발생하고 확산판 커버 피더는 커버가 탑재되어 있는 플레이트와 카트리지 그리고 슬라이드의 트랙에서 발생하였다. Fig. 12에 나타낸 바와 같이 각 피더의 최소 피로수명은 1,000,000 cycle로 일반 강재의 피로수명 1,000,000 cycle를 만족함을 알 수 있다.

3. 피더 시스템의 가상시제품

LED 용합 조립 자동화 조립 시스템의 조립 공정은 LED 패널 피딩, 오토 스크류 드라이버, 솔더링, 확산판 커버 피딩 순으로 진행된다. 여기에서는 전자동 LED 패널 피더와 확산판 커버 피더의 이송 공정과 매거진의 공급 공정에 대하여 가상 공학 기법을 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 각 피더의 이송부 및 매거진 이송부의 동적 거동을 공정 시간에 따라 시뮬레이션을 수행하였다. 각 이송부는 모터에 볼스크류가 연결되어 이동된다. 각 피더와 매

거진 시스템에서 작업 공정을 완료하는 시간 동안 이송부의 동적 특성량인 변위, 속도, 가속도를 도출하였다.

3.1 LED 패널 피더의 가상시제품

전자동 LED 패널 피더에서 이송부들의 공정 과정을 Fig. 13에 나타내었다. Fig. 13에서 A는 매거진에서 LED 패널을 밀어 올리는 공정이며, B는 진공척 슬라이드 I에서 진공척이 LED 패널을 집기 위해 상·하로 움직이는 공정이다. C는 진공척 슬라이드 II에서 LED 패널을 집은 진공척이 좌우로 이동하여 피더의 지그로 이송하는 공정이다. D는 피더의 지그 슬라이드로 지그에 패널이 안착될 수 있도록 지그가 전·후로 움직이는 공정이다.

전자동 LED 패널 피더에서는 20.5초 동안 한 공정이 이루어지도록 설계하였다. 매거진 플레이트가 카트리지에 탑재된 LED 패널을 밀어 올리고, LED 패널은 대기하고 있는 진공척에 의해 들어 올려진다. 첫 번째 패널은 피더의 지그로 이송된 후 진공척이 지그로 하강하여 패널은 안착된다. 첫 번째 패널이 안착되면 피더의 지그는 두 번째 패널을 위치하도록 전진하고 진공척은 앞선 패널 이송 공정을 반복한다. 두 번째 패널까지 피더의 지그로 이송된 후 패널 피더의 한 공정이 완료된다. 전자동 LED 패널 피더의 공정 시간 동안 이송부 움직임인 공정 시간표(tack time table)를 Table 5에 나타내었다.

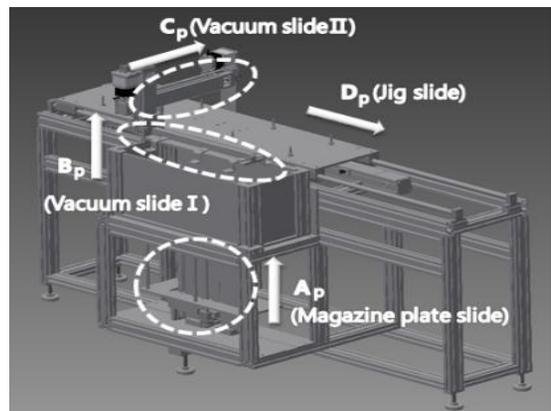


Fig. 13 Conveying unit of automatic LED panel feeder

Table 5 Tack time table for conveying unit during duration time of LED panel feeder

process time	A_p	B_p	C_p	D_p
0~2.0s	Up			
2.5~4.0s		Up		
3.0~3.5s	Up			
4.0~6.0s			Right	
6.0~7.0s		Down		
7.5~8.5s		Up		
8.5~10.5s			Left	
9.0~10.5s				Front
10.5~11.5s		Down		
12.0~13.0s		Up		
12.0~14.5s	Down			
13.0~15.0s			Right	
15.0~16.0s		Down		
16.5~17.5s		Up		
17.5~19.5s			Left	
19.5~20.5s		Down		

위의 실행 공정 조건에서 가상 공학 기법을 이용하여 동역학 시뮬레이션을 수행하였다. 이 시뮬레이션을 통하여 패널 피더의 움직임을 실제로 컴퓨터 화면에서 각 공정이 잘 작동되는지 동영상으로 구현하여 확인하였다. 공정이 시작되기 전 LED 패널 피더의 초기 상태는 Fig. 14에 나타내었으며, Fig. 15에 공정을 마친 LED 패널 피더의 상태를 나타내었다. 공정과정에서 발생하는 시간에 따른 이송부들의 변위량은 Fig. 16에 나타내었다. 각 공정에서의 변위량은 시간에 따라 잘 작동함을 알 수 있다. 각 공정의 움직인 변위에 따른 각각의 이송부의 속도는 Fig. 17에 나타내었다. 이 데이터로부터 패널 피딩 공정에서 각 이송부의 구동 모터의 속도를 결정할 수 있다. 각 구동 모터의 속도를 결정함으로써 패널 피딩 공정의 전 듀레이션 시간(total duration time)을 설계할 수 있다. LED 패널 피더의 가상 시제품을 개발함으로써 패널 피딩 공정에서 임의의 시간에 대한 공정 시간표를 용이하게 도출할 수 있다.

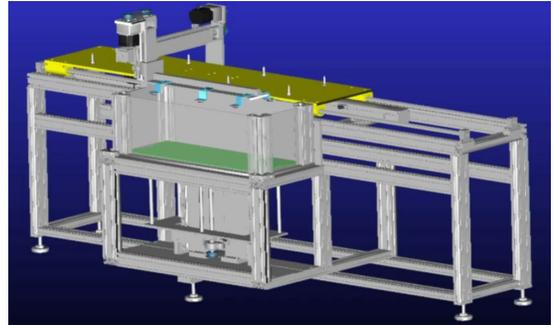


Fig. 14 Process initial state of automatic LED panel feeder

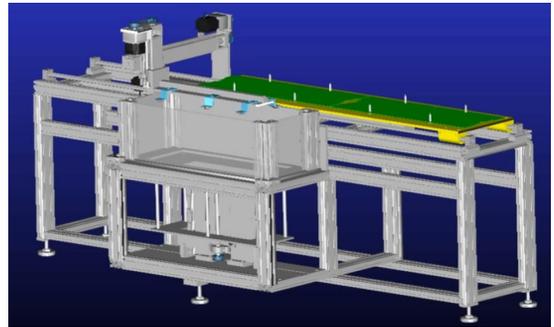


Fig. 15 Process finish state of automatic LED panel feeder

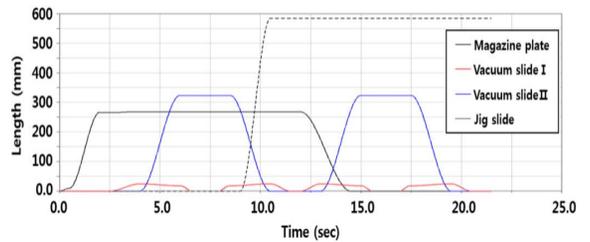


Fig. 16 Displacement for conveying unit of LED panel feeder

이후의 공정은 다음과 같다. 피더의 지그에 안착된 두 개의 패널은 메인 컨베이어의 진공척에 의해 이송되어 메인 컨베이어의 지그에 안착되고 오토 스크류 작업에 의해 고정된다. 고정된 패널은 솔더링 작업을 통해 전극이 연결되고 하나의 조립된 모듈로 완성된다. 조립된 모듈은 확산판 커버 피더 쪽으로 이송된다.

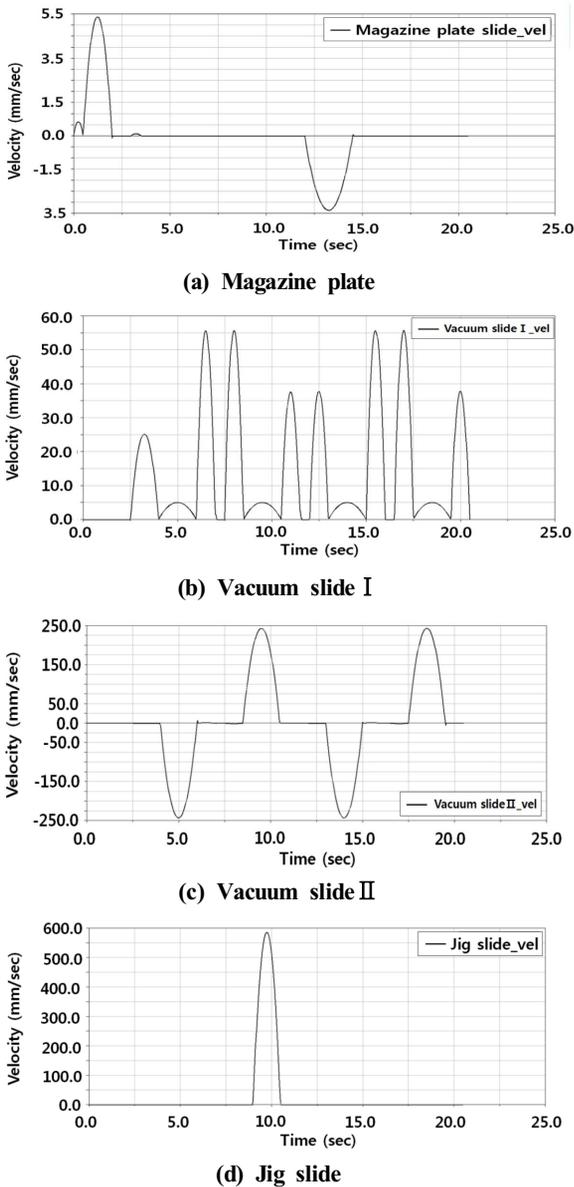


Fig. 17 Velocity for conveying unit of LED panel feeder

3.2 확산판 커버 피더의 가상시제품

전자동 확산판 커버 피더에서 이송부들의 공정과정을 Fig. 18에 나타내었다. A는 카트리지에 저장된 커버와 푸셔 플레이트의 높이를 맞추기 위한 공정

이다. B는 커버가 플레이트에 위치할 수 있도록 푸셔가 커버를 밀기 전에 상승하여 커버와 높이를 맞추는 공정이다. C는 커버와 높이를 맞춘 푸셔가 플레이트로 커버를 밀어 넣는 공정이다. D는 상승된 커버를 집어 올리기 위해 진공척이 상·하로 움직이는 공정이다. E는 커버를 메인 컨베이어로 이송하기 위해 진공척이 전·후로 움직이는 공정이다.

전자동 LED 확산판 커버 피더에서는 22.5초 동안 한 공정이 이루어지도록 설계하였다. 카트리지 내에 저장된 커버를 이송하기 위해 푸셔가 탑재된 푸셔 플레이트가 상승되어 커버와 높이를 맞춘다. 반대편의 커버 플레이트는 커버가 올려질 수 있도록 상승된다. 플레이트로 이송된 커버는 진공척 쪽으로 들어 올려진 후 진공척에 의해 메인 컨베이어로

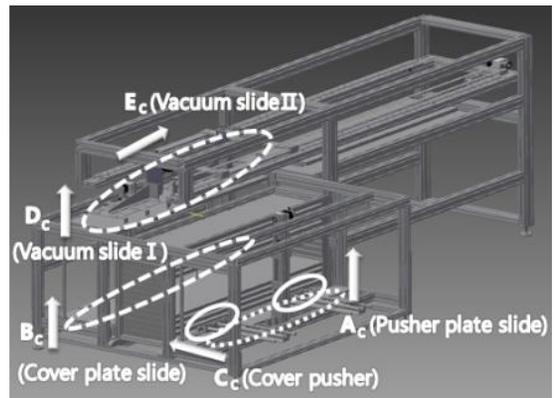


Fig. 18 Conveying unit of automatic diffusion cover feeder

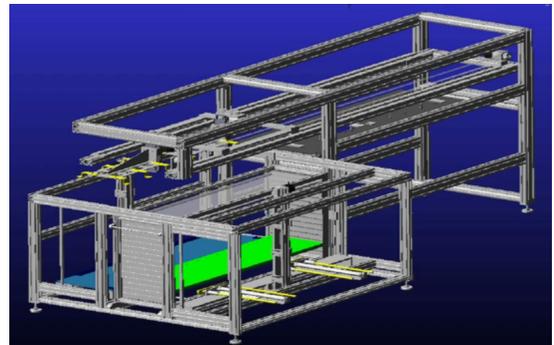


Fig. 19 Process initial state of automatic diffusion cover feeder

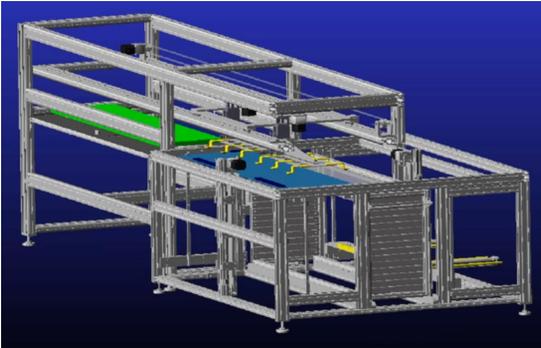


Fig. 20 Process finish state of automatic diffusion cover feeder

Table 6 Tack time table for conveying unit during duration time of diffusion cover feeder

process time	A_c	B_c	C_c	D_c	E_c
0~1.5s	Up				
1.5~2.5s		Up			
2.5~5.0s			Push		
5.0~7.5s		Up			
5.5~8.0s			Back		
7.5~9.0s				Down	
9.5~11.0s				Up	
11.0~15.0s					Front
15.0~16.5s				Down	
17.0~18.5s				Up	
18.5~22.5s					Back

이송된다. 이동된 커버는 프레싱 공정을 이용하여 메인 컨베이어에 대기 중인 조립 모듈에 안착된다. 공정을 마친 후 진공척은 확산판 커버 피더로 복귀된다.

위의 실행 공정 조건에서 가상 공학 기법을 이용하여 동역학 시뮬레이션을 수행하였다. 이 시뮬레이션을 통하여 패널 피더의 움직임을 실제로 컴퓨터 화면에서 각 공정이 잘 작동되는지 동영상으로 가시화하여 확인하였다. 공정이 시작되기 전 확산판 커버 피더의 초기 상태는 Fig. 19에 나타내었으며, Fig. 20에 공정을 완료한 후 확산판 커버 피더를

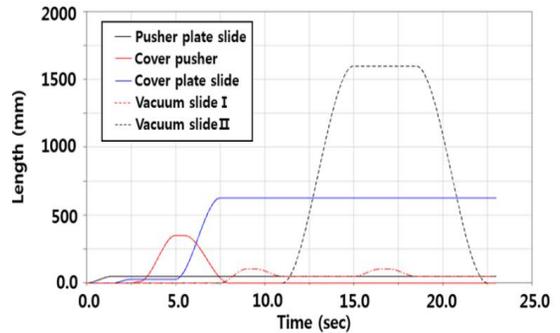
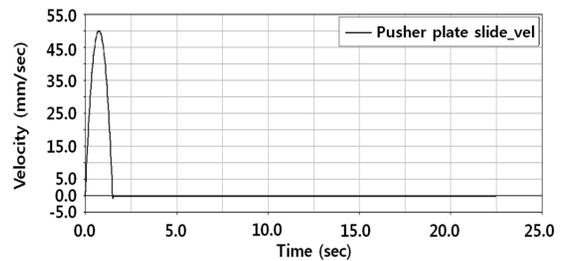
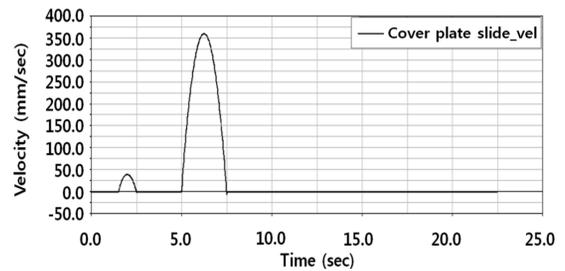


Fig. 21 Displacement for conveying unit of diffusion cover feeder

의 상태를 나타내었다. 확산판 커버 피딩 공정에서 시간에 따른 각 이송부들의 변위량은 Fig. 21에 나타내었다. 각 공정에서의 변위량은 시간에 따라 잘 작동함을 나타내고 있다. 각 공정의 움직인 변위에 따른 각각의 이송부의 속도는 Fig. 22에 나타내었다. 이 데이터로부터 확산판 커버 피딩 공정에서 각 이송부의 구동 모터의 속도를 결정할 수 있다. 각 구동 모터의 속도를 결정함으로써 확산판 커버 피딩 공정의 전 듀레이션 시간(total duration time)을 설계할 수 있다. 확산판 커버 피더의 가상 시제품



(a) Pusher plate slide



(b) Cover plate slide

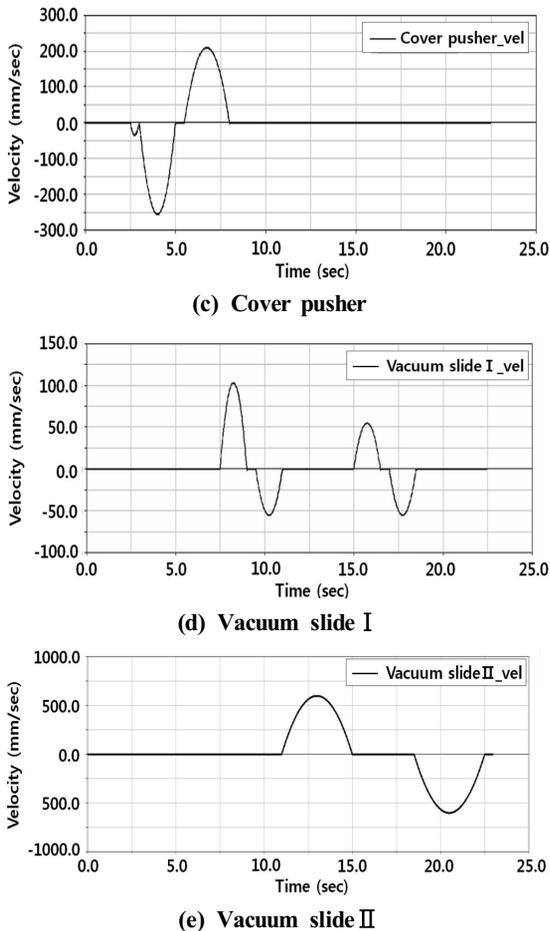


Fig. 22 Velocity for conveying unit of diffusion cover feeder

개발함으로써 커버 피딩 공정에서 임의의 시간에 대한 공정 시간표를 용이하게 도출할 수 있다. LED 융합조명 자동화 조립 시스템에서 확산판 커버까지 조립공정을 마친 후 LED 융합조명모듈이 완성된다. 완성된 조명모듈은 이후 에이징 시험과 내전압 검사 등을 거쳐 시험 공정이 완료된다.

4. 결론

본 연구에서는 LED 융합 조명 자동화 조립 시스템에서 메인 컨베이어로 LED 패널과 확산판 커버

를 공급하는 피더의 정적 구조 안전성 및 피로수명을 유한요소법을 이용하여 시뮬레이션하였다. 또한, 가상 공학 기법을 이용하여 피딩 시스템과 매거진에서 부품 공급 공정 과정을 시뮬레이션함으로써 각 피더와 매거진 이송부의 동적 거동을 가시화하고 작업 과정을 해석하였다.

1. 전자동 피더 시스템에서 매거진의 각 카트리지에 탑재되어 있는 패널 60개와 커버 15개의 시험 하중이 피더에 가해질 때 각 피더 시스템의 구조적 안전성과 피로수명 분석하였다. 분석 결과 전자동 LED 패널 피더는 300 kg 하중에 대하여 정상 안전계수 범위를 만족하지만 충분한 안전성과 피로수명을 갖추지 못하였고 확산판 커버는 충분한 안전성과 피로수명을 보였다.
2. 패널 피더 시스템에 충분한 안전성을 보장하기 위해 패널 매거진 시스템의 지지점을 5개에서 6개로 설계하여 최대 응력 및 응력의 분포 그리고 안전계수들을 비교하였다. 지지점을 추가한 모델이 2배 정도의 하중에도 안전함을 확인하였다.
3. 가상 공학기법을 이용하여 전자동 피더 시스템의 이송부 움직임과 공정 과정을 시뮬레이션하여 컴퓨터 모니터에 가시화하였다. 설정된 작업 공정시간 동안 각 피더 시스템의 이송부에 대한 공정 시간표를 구하였고, 동적 거동인 변위, 속도, 가속도를 도출할 수 있는 가상시제품을 개발하였다.

전자동 피더 시스템의 공정 과정을 시뮬레이션할 수 있는 이송부 동특성 분석 툴을 개발함으로써, 추후에 변경될 수 있는 설계 사양에 대하여 간단하게 구속조건과 모션조건을 수정하여 변경된 모델에 대하여 동적 거동을 도출할 수 있다.

후 기

“본 연구는 2016년 산업통상자원부 및 한국산업기술 평가원의 신성장 동력장비 경쟁력 강화사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음 (과제번호 : 10051007)”

REFERENCES

1. Jeong, S. H., Cha, K. R., Shin, B. S., Na, Y. C., "Development of Virtual Prototype for Separator Winding and Inserting Machine of Battery Assembly," KSPE Conference, 2002. 5. pp.727- 730, 2002.
2. Jeong, S. H., Cha, K. R., Kim, H. U., Na, Y. C., "Development of Virtual Prototype for Labeling Unit on the Automatic Battery Manufacturing Line," KSMTE Conference, 2002. 4. pp. 357-362, 2002.
3. Choi, S. G., Kim, S. H., Choi, W. K., Shin, H. J., Lee, E. S., Kim, K. D., "A Study on the Modal Analysis of Hybrid Vertical Grinding System Bed," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 12, No. 5, pp. 50-56, 2013.
4. Kang, H. J., Kim, B. H., Kim, D. K., Choi, H. S., Yoo, C. Y., "A Study on Structural Analysis of Bladder Press System," KSMPE Conference, 2013. 5. pp.107-107, 2013.
5. Cheong, S. H., Choi, S. D., Kweon, H. K., Shon, J. Y., "Dynamic Analysis for Performance Improvement of Line Center," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 2, No. 2, pp.75-83, 2003.
6. Choi, Y. S., Lee, W. S., Hwang, I. H., Park, H. K., Jo, H. T., Lee, Y. S., Kim, K. J., Song, S. T., Lee, J. C., "A Study on the Structural Analysis of Automotive Crankshaft Multi Grinding Machine," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 1, pp. 20~25, 2012.
7. Han, M. S., Jo, J. u., "A Study on Durability of Under Bar at car through Structural and Fatigue Analysis," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 2, pp. 38-44, 2015.
8. Cho, J. H., Moon, D. J., Lee, J. C., "A Study on the CAE Analysis of Bed of Multi-Tasking Machine for Automotive Power Train Shafts," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No.1, pp.9-14, 2015.
9. Jeong, J. U., Kwon, S. J., Chu, B. S., Park, J. Y., "Unified-type Design and Structural Analysis for Mecanum Wheel Performance Improvement," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 13, No. 2, pp. 117-123, 2014.