

실험계획법을 이용한 글래스 렌즈용 멀티헤드 초정밀 복합 공정 로봇의 처짐 해석 GlassLens Multithread Ultra Precion Robot Deflection Analysis Using DOE

*안진수1, #정원지2

*J. S. An1, #W. J. Chung2

¹ 창원대학교 기계설계공학과, ² 창원대학교 기계설계공학과

Key words : DOE, Ultra Precion Robot, Deflection, Analysis

1. 서론

현재 전 세계적으로 디지털 카메라나 휴대폰 카메라와 같은 광학 장비들이 개발에 따라 핵심 부품 중의 하나인 렌즈의 수요가 증가하고 있다. 물론 비싼 가격 탓에 상당수가 글래스 렌즈(Glass Lens)에서 플라스틱 렌즈(Plastic lens)로 대체 되고는 있지만 아직 까지 플라스틱 렌즈가 글래스 렌즈보다 품질이 떨어지는 것이 현실이며 주로 렌즈에 플라스틱 렌즈와 글래스 렌즈를 혼용하여 광학 장비들을 개발하고 있다. 국내 각 제조회사들은 글래스 렌즈의 수급을 수입에 의존 하거나 해외 도입 장비로 글래스 렌즈를 생산하는 것이 현실이다.

우리는 한번 공정 시 12 Cavity까지 동시에 생산 할 수 있는 글래스 렌즈용 멀티헤드 초정밀 복합 공정 로봇을 개발하므로써 고화소용 글래스 렌즈의 대량생산과 그에 따른 가격적 경쟁력을 갖출 수 있다. 하지만 초정밀 복합공정 로봇의 렌즈 핸들링시 로봇 암부의 처짐으로 발생하였고 이로 인해 작업 중 불량률이 높아지게 된다.

실제 API사의Tracker3™ Laser Tracking System를 이용하여 초정밀 복합공정 로봇의 처짐을 측정하면 정적 처짐은 중력방향으로 0.6mm이고 동적 처짐은 1.4mm이다.

본 연구에서는 현재 개발 중인 초정밀 복합공정 로봇의 처짐 문제를 해결하여서 로봇의 정밀도를 향상시키고 생산 공정에서의 불량률을 줄이기 위하여 실험계획법(design of Experiments, DOE)을 이용하여 문제를 해결하고자 한다. Minitab 15를 이용하여 로봇 암의 지지부 설계변수들을 직교 배열표(Prthogonal array)를 만들어 처짐 해석을 수행하며 최적인자를 찾아 최초로 설계된 로봇 암부위의 처짐량을 비교 검증 하였다.



Fig. 1 3-D spatial measuring performance

2. 실험계획법

실험계획법이란 해결하고자 하는 문제에 대해 실험을 어떻게 행하고, 데이터를 어떻게 취하며, 어떠한 통계적 방법으로 데이터를 분석하여 최소의 실험 횟수로 최대의 정보를 얻을 있는가를 계획하는 방법이다. 실험계획법을 통하여 각 인자의 결과에 대한 영향을 정량적으로 파악할 수 있으며 최적값의 조건을 찾을 수 있다. 본 실험에서는 실험계획법 중 다구찌법(Taguchi Method)을 이용하여 실험하였으며 다구찌법은 잡음인자와 제어인자를 구분하여 잡음인자에 강한 제어 인자를 찾을 수 있다.

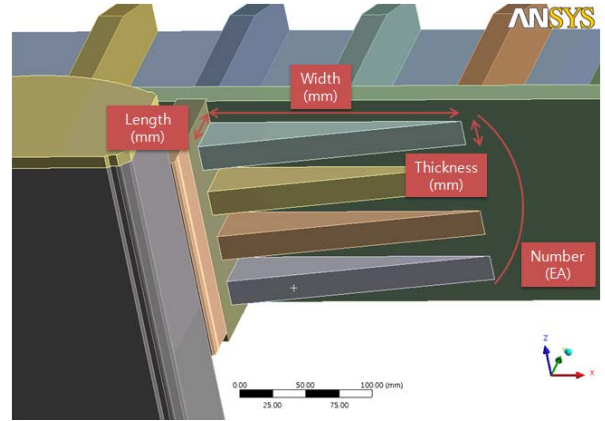


Fig. 2 Support of Robot-Arm

로봇 암의 처짐에 영향을 미치는 로봇 암 지지부의 제어인자는 Fig.2와 같이 지지부의 가로 길이, 세로 길이, 두께, 개수로 총 4가지로 선정 하였고 5수준이며 Table 1과 같다. Minitab 15의 실험 계획법 중에 다구찌 법을 이용하여 직교 배열 표를 만들었다. 직교 배열 표는 미니탭의 L25(5⁴) 직교 배열 표를 이용하였으며 Table 2와 같으며 총 25회의 실험으로 최적의 값을 얻을 수 있다.

Table 1 Level of design Variables

Level	1	2	3	4	5
Factor					
Width (mm)	100	200	300	400	500
Length (mm)	17	34	51	68	85
Thickness (mm)	7	14	21	28	35
Number (EA)	1	2	3	4	5

Table 2 L25 Orthogonal array

↓	C1	C2	C3	C4
	Width	Length	Thickness	Number
1	100	17	7	1
2	100	34	14	2
3	100	51	21	3
4	100	68	28	4
5	100	85	35	5
6	200	17	14	3
7	200	34	21	4
8	200	51	28	5
9	200	68	35	1
10	200	85	7	2
11	300	17	21	5
12	300	34	28	1
13	300	51	35	2
14	300	68	7	3
15	300	85	14	4
16	400	17	28	2
17	400	34	35	3
18	400	51	7	4
19	400	68	14	5
20	400	85	21	1
21	500	17	35	4
22	500	34	7	5
23	500	51	14	1
24	500	68	21	2
25	500	85	28	3

3. 유한요소해석 및 최적설계

로봇의 모델링을 위해 상용 프로그램인 CATIA V5R17을 사용하여 모델링 하였다. 실험계획법으로 만든 직교 배열 표를 바탕으로 초정밀 복합공정 로봇을 모델링을 하였다. 실험에 사용되는 초정밀 복합공정 로봇은 직교 로봇으로써 Z축에 걸리는 톨의 무게는 약 17Kg이 되며 로봇의 각 축의 위치를 처짐이 가장 많이 발생하는 각축의 끝단으로 이동하여 ANSYS Workbench의 Statics Structural를 이용하여 로봇 암부의 처짐 해석을 수행하였다.

최적화 기법을 위해 식(1)과 같이 여러 목적 함수들이 선형 결합한 하나의 목적 함수를 지정하고 목적 함수는 로봇 암부의 최대 처짐량과 무게를 선택한다. 최대 처짐량과 무게를 최소화 하는 인자를 찾기 위해 Scale factor와 Weight factor를 적절하게 설정하고 목적 함수가 최소가 되는 지점을 찾게 만들어야 한다.

$$Object = w_1 \times \frac{deflection}{sf_1} + w_2 \times \frac{mass}{sf_2} \quad (1)$$

목적 함수의 최대값을 1로 만들기 위해 w_1, w_2 의 값을 0.5두고 sf_1 을 0.37mm로 sf_2 를 47kg으로 지정하고 ANSYS Workbench의 해석을 결과인 최대 처짐량과 무게를 목표 함수를 이용해 계산하여 Minitab으로 데이터를 분석한 결과는 Fig.3과 같이 나온다.

Fig.3의 그래프는 망소 특성으로 분석하였다. 따라서 최적화된 값은 그래프의 S/N비가 가장 높은 값이며 각 값은 Width는 400mm, Length는 400mm, Thickness는 21mm, Number 4EA일 때 최적값이 나오는 것을 알 수 있다.

그래프에서 선정 된 최적화 된 값을 적용하여 Minitab으로 결과 예측시 Fig. 4와 같이 최적값에서 S/N비 0.888185, Object 값이 0.902682로 나온다.

Minitab의 결과 예측값을 비교하기 위하여 ANSYS Workbench를 이용하여 최적인자를 적용한 후 해석한 결과로 로봇 암의 최대 처짐량이 0.3195mm, 로봇 암의 무게는 44.57344kg이 나왔고 Object 값이 0.905942로 미니탭의 결과 예측과 상당히 비슷하게 나온 것을 알 수 있다.

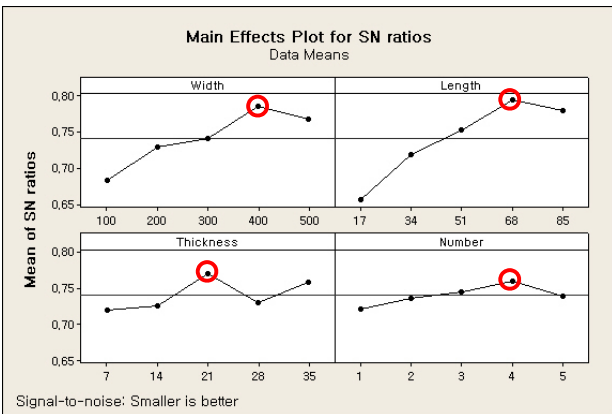


Fig. 3 S/N ratio value response for design variables

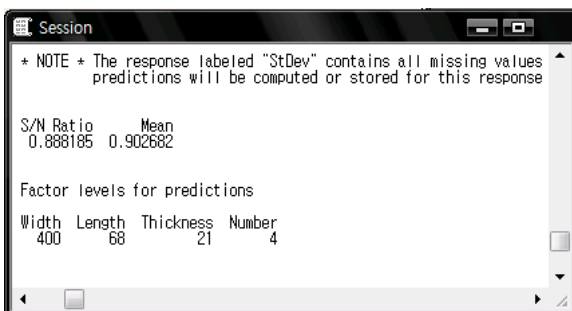


Fig. 4 Predict Results

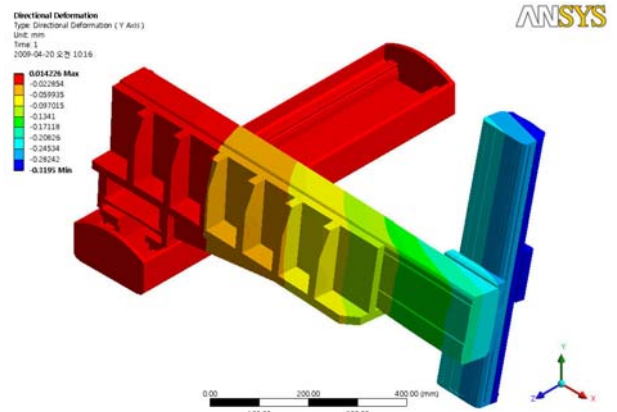


Fig. 5 Results of Optimal Value by DOE

앞에서 얻어진 최적인자를 적용한 결과 값을 기존설계와 비교 하면 기존설계에서 Object 값이 0.956534이므로 실험계획법으로 찾은 최적인자를 적용한 로봇 암의 처짐량과 Object 값이 기존 설계보다 크게 향상된 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 글래스 렌즈용 멀티헤드 초정밀 복합 공정 로봇의 로봇 암부분에서 발생하는 처짐 문제를 해결하기 위하여 Minitab 15의 실험계획법 중 다구찌법을 이용하여 각 제어 인자들을 분석했으며 그 결과를 ANSYS Workbench를 이용하여 해석하였다.

최적인자를 도출하기 위해 목적 함수를 선형화하였으며 실험으로 얻은 데이터를 망소 특성을 이용하여 S/N비가 가장 높은 인자로 최적인자를 도출하였다. 그 결과 초정밀 복합 공정 로봇 암의 처짐이 감소함을 확인 할 수 있었다.

후기

본 논문은 지역산업기술개발사업 중점기술개발사업의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Genichi Taguchi, yuin wu, "TAGUCHI's Quality Engineering Handbook," Wiley, 2001.
2. 남현욱, "LCD 유리 이송용 복합재료 로봇 핸드의 식스 시그마 강건 설계," 대한기계학회논문집 제29권 제 3호, pp. 455-461, 2005
3. 정원지, 김정현, "실험 계획법을 이용한 로봇 암부위 체적설계," 06 춘계학술대회 논문집, pp395-396, 2006
4. 박성현, "현대실험계획법," 민영사, 2003
5. 이상복, "Minitab을 이용한 다구찌 기법 활용," 이레터크, 2006.