한국기계가공학회지, 제18권, 제12호, pp.67～72(2019.12) ISSN 1598-6721(Print)
Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 18, No. 12, pp.67~72(2019.12) ISSN 2288-0771(Online)

https://doi.org/10.14775/ksmpe.2019.18.12.067

복잡한 형상의 소재를 이송하기 위한 갠트리 로더 시스템과 지그 개발에 대한 연구

공정리*,#

*한국폴리텍대학 로봇캠퍼스설립추진단

A Study on the Development of Gantry Loader Systems and Jigs for Transferring Complexy Shaped Materials

Jeong-Ri Kong*,#

*Robot Campus T/F Team, Korea Polytechnics

(Received 14 October 2019; received in revised form October 2019; accepted 5 November 2019)

ABSTRACT

In manufacturing sites that process and produce parts in large quantities for the automotive and electronics industries, users require the reducing of costs and shortened delivery times. To meet these demands, an increase in the number of processes and an decrease in assembly times need to be addressed. Gantry loaders currently on the market in Korea are mostly used for processing lightweight and simple shapes and are not suitable for conveying and processing complex shapes such as automobile engines and aircraft parts. This makes it difficult to mount the material in place. This study aims to smoothen the transportation of complex shapes through the development of jigs and various approaches in the installation of the feed shaft by researching the gantry loader system for transporting multiple materials with complex shapes.

Key Words : Factory Automation(공장자동화), Gantry Loader(갠트리 로더), Jig(치공구), Jaw(조우), Pneumatic System(공압시스템)

1. 서 론

전자기기부품, 자동차부품과 같이 대량으로 부품을 가공, 생산 제조하는 현장에서는 유저의 비용절감과 납기단축 요구가 늘어나고 있으며, 요구에 대응하기 위해서는 구조의 복합화에 따른 가공공정 증가와 조립시간 증가가 문제 되고 있다. 이에 무인화 기계장치인 갠트리 로더 도입이 증가하고 있는 추세이다. 생산기계의 무인 자동화에 의해서 제품코스트 및 생산능력을 향상시킬 수 있으며 제품의 품질을 균일화하고 코스트를 대폭적으로 감소시켜 수출경쟁력을 획득함에 있어서 산업체에서는 무인자동화하려는 경향이 강해지고 있다[1]. 이에 갠트리 로더의 다양한 변화가 필요한 상황이다. 갠트리 로더는 소재를 적재한 랙에서 가공물을 집어 올려 CNC선반, 머시닝센터 등의 공작기계에 장착하고, 가공 완료된 부품을 척에서 탈착시켜 가공품을 적재한다. 가공정밀도를 위해 소재를 장착하기 전에 공기분사 공정을 거쳐 척에 남아 있는 칩을 제거해

Corresponding Author : balllee@kopo.ac.kr
Tel: +82-54-706-8017, Fax: +82-54-706-8011

Copyright Ⓒ The Korean Society of Manufacturing Process Engineers. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 License (CC BY-NC 3.0 http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

야하며 칩을 제거한 소재가 장착되면 공작기계는 자동으로 가공을 시작한다[2]. 이러한 자동화 과정을 반복함으로써 부품 제조공정을 무인화 할 수 있다. 현재 국내에서 시판되고 있는 갠트리 로더는 경량의 소재와 단순한 형상의 소재가공을 위한 것이 대부분으로 자동차엔진, 항공기부품과 같은 복잡한 형상의 소재를 가공 조립하기 위한 이송에는 부적합하며 이송 중의 흔들림과 진동으로 소재를 정 위치에 장착하기 어렵다.

본 연구는 복잡한 형상을 가진 다수의 소재를 이송하기 위한 갠트리 로더 시스템을 연구함으로써 지그 개발과 이송축에 대한 다양한 접근으로 복잡한 형상물의 원활한 이송을 목적으로 하고 있다.

2. 갠트리 로더의 지그 개발

2.1 지그설계

복잡한 형상을 정확한 위치에서 장착 및 상향 이송하는 갠트리 로더 시스템을 개발하기 위하여 필요한 가공소재를 임의로 선택하고 가공소재에 맞는 지그의 개념설계를 하였다. 정확한 위치결정을 위해서 Jaw를 설계하고 Table 1과 같이 상용화 되어 있는 볼 부시, 가이드 샤프트, 록킹 핀, 서포트브라켓의 사양을 분석한 내용을 바탕으로 설계한 Jaw와 결합하여 지그의 개념설계를 하였다. 지그 설계 시 공압 시스템을 기반으로 활용하였다. 초기의 공압 제품들은 신뢰성확보가 최우선 과제였기 때문에 견고한 구조를 지녔고 제품의 종류도 다양하지 못하였으나 현재는 소비자들이 각자의 응용분야에 맞는 최적의 제품을 요구함에 따라 다양한 제품이 개발되고 있다[3]. 시스템의 전달함수는 주파수영역에서 제어시스템을 해석하고 계산할 수 있는 기본식이 되며, 시간영역에서는 역 Laplace 변환을 이용하여 주어진 전달함수로부터 시스템의 시간응답을 구할 수 있다[4]. 본 연구에서는 지그 제어시스템의 설계 방법으로 시간영역 접근법으로 해석하여 시간응답을 구하였으며 갠트리 로더 시스템의 공압 시스템을 연구에 활용하면서 Laplace 변환식(1), 역 Laplace 변환식(2)를 대입하여 시간응답을 구하여 Fig. 1과 같은 지그 컨셉 설계를 수행하였다.

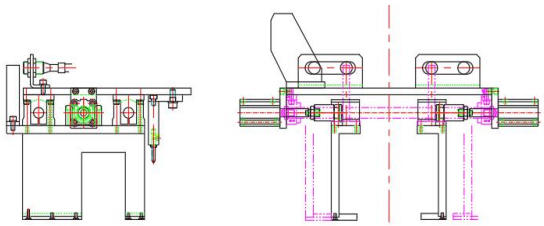

Fig. 1 2D concept design of jig

Table 1 Condition of jig design concept

Items	Type
Air cylinder	SMC CQ2B25-40DM
Ball bush	THK SC16UU
Support bracket	THK SK16
Guide shaft	THK SF16-320L
Locking pin	MISUMI ELATA6-P5.0-B20

$$L\{f(t)\} = F(s) = \int_0^\infty f(t)e^{-st}dt \quad (1)$$

$$f(t) = L^{-1}\{F(s)\} = \frac{1}{2\pi j}\int_{\sigma_c - j^\infty}^{\sigma_c + j^\infty} F(s)e^{st}ds \quad (2)$$

2.2 슬라이드 설계

지그의 이송을 위해 에어실린더와 로터리실린더를 각각 이용하여 이송거리를 산출하였다. 갠트리 로더 축 이송의 견고함과 진동의 최소화를 위해 가이드 바와 슬라이드 프레임을 설계하였으며 유저의 요구에 맞는 이송속도는 Table 2의 사이클론 모터와 에어실린더의 사양별 접근으로 산출하였다. 동적시스템의 응답은 전달함수와 입력신호, 그리고 초기상태가 어떠한가에 따라 달라진다. 실제 시스템에 있어서, 제어시스템에 입력되는 신호는 시간에 따라 불규칙하게 변하므로 예측할 수 없다[5]. 본 연구에서는 수학적으로 수식화가 힘든 동적 제어시스템개발로 시험용 기준입력장치를 활용하여 가능한 동적구동에 있어서 정상상태응답과 과도응답을 산출하여 연구에 적용하여 슬라이드 설계를 Fig. 2

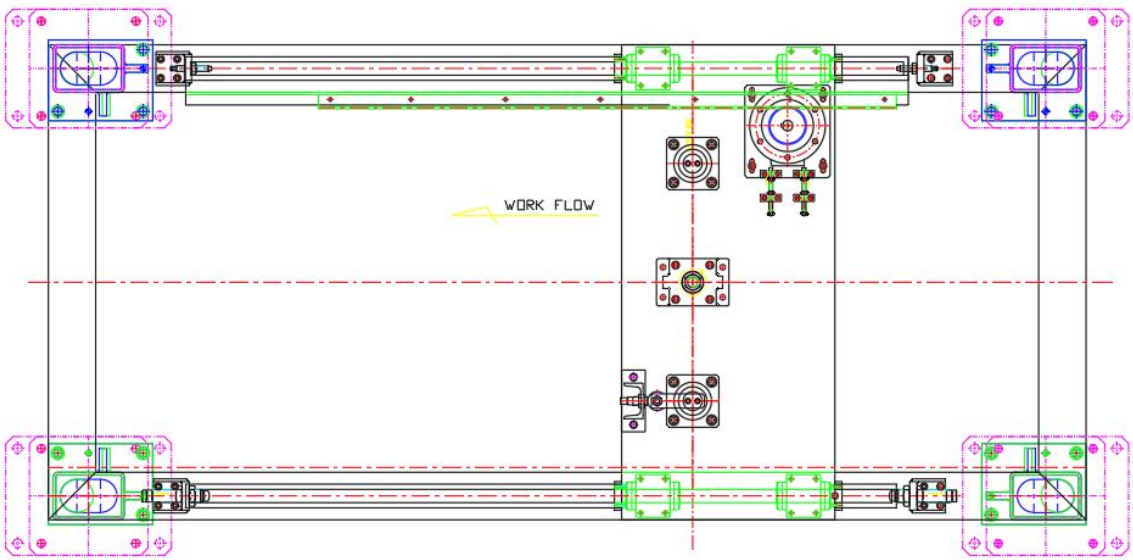

Fig. 2 2D concept design of slide

Table 2 Condition of slide concept design

Items	Type
Rotary cylinder	SMC CRA1LS80-90C
Air cylinder	SMC MBB2F 80-170-HN
L/M rail	THK HSR30A 2QZZZ-1480L
Shock absorber	JPI SA2701
Proximity switch	P&F
Cyclo motor	SUMITOMO CNVM05-6085-B-29
Limits switch	YAMATAKI 1LS19-JSE5-PD
Ball bush	THK LM40UU
Pinion gear	ESSB-2529
Rack gear	ESPR 2.5-1500

와 같이 진행하였다. 사이클론 모터에 피니언 기어와 웜기어를 결합함으로써 긴 거리를 이송 시에도 계속적인 운동이 전달되고 방향성을 유지할 수 있는 갠트리 로더 시스템을 개발하였다.

3. 설계 검증 및 고찰

3.1 설계의 검증

설계는 제품 생산의 첫 업무이면서 모든 부서에 영향을 미치게 되므로 설계의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 즉 설계 불량이 발생하게 되면 재료비와 가공비 등의 비용이 추가될 뿐더러 납기가 연장되어 결국 고객과의 신뢰에 영향을 미치기 때문일 것이다. 이러한 이유로 많은 업체들이 원가절감을 위하여 불량을 줄이기 위한 노력을 해왔고, 지금도 하고 있다. 이에 본 연구는 2D 설계에서 범할 수 있는 설계의 불량인 부품 누락, 치수 누락 등의 오류를 줄이기 위하여 3D 설계로 조립도 및 부품 설계 작업을 하였으며 자동화 기기인 갠트리 로더 시스템의 특성상, 각종 브라켓과 같은 비표준 부품이 많은 관계로 비표준 부품들을 모델링하는데 많은 시간을 투자하였다. 각 부품을 조립하고 누락된 부품과 잘못 기입된 치수, 치수누락 등의 설계의 불량을 찾아 재설계와 검증의 절차를 반복하였다. Jaw는 Fig.5와 같이 좌, 우로 구분하고

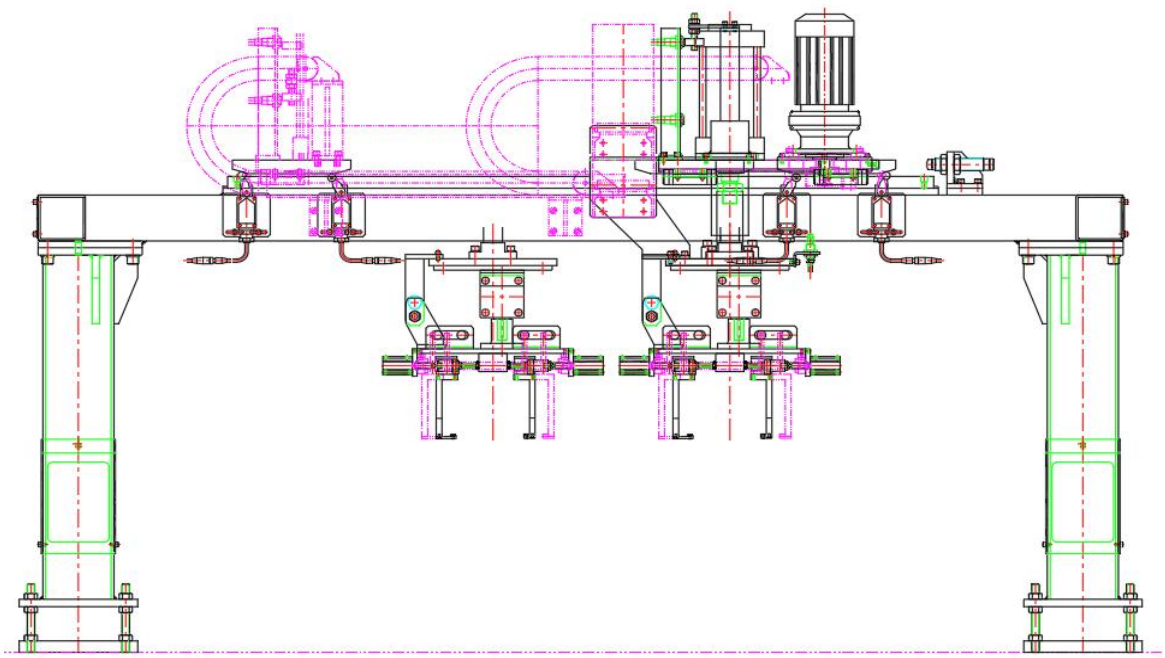

Fig. 3 2D assembly drawing of gantry loader system

좌, 우 각각 4개의 부품이 퍼즐형태로 조립되어 다양한 형상의 가공 소재에 적용할 수 있도록 설계하여 활용도를 높였다. 또한 구동 시뮬레이션 실험으로 정 위치에서 전진구동, 정지, 간섭충돌 등의 세부사항을 체크하고 원활히 구동됨을 확인하고 갠트리 로더 시스템을 구성할 제품도, 부품가공도, 조립도 등의 최종 설계안이 Fig. 7의 설계와 같이 확정되었다.

3.2 부품의 크기에 대한 검증

제품을 설계한다는 것은 설계하고자 하는 제품과 관련되어 있는 모든 공학적인 사항을 검토하여 최종 제품이 원하는 성능을 문제없이 발휘할 수 있도록 계획을 세우는 것이다. 실질적으로 접근이 불가능한 조건이나 복잡한 형상에 대한 대부분의 공학적인 문제를 풀기 위해서는 편미분 방정식을 차분화하여 수치해석적인 기법을 사용한다. 이러한 접근 방법 중 하나가 유한요소해석이다. 유한요소해석에서는 편미분방식으로 표현되는 연속적인 연속체에 대한 지배 방정식을 작은 요소에 대하여 차분화한 다음 전체 유한요소 모델에 대한 행렬식을 만들어 수치적으로 해를 구한다[6]. 본 연구에서는 상용 소프트웨어를 사용하여 슬라이드 프레임의 해석을 Fig. 8, Fig. 9의 순으로 순차적으로 진행하면서 슬라이드 프레임의 크기를 결정하였으며 갠트리 로더 시스템에 최종적으로 적용하였다.

3.3 고찰

본 연구에서 개발, 연구된 지그를 장착한 갠트리 로더 시스템과 기존 상용되는 갠트리 로더 시스템의 작업공정순서를 작성하고 공정시간을 측정하여 Table 3, Table 4를 작성하였다. 단, 대기 및 보관시간과 가공시간은 측정시간에서 제외 하였다. 기존 장비는 단순한 형상 소재의 로딩, 언 로딩 시 빠른 속도를 보인 것과 달리 복잡한 형상의 소재를 이송하기 위해서는 로딩에 필요한 고정구를 장착하고 가공 전 고정구를 탈착하는 시간이 소요되어 공정 중 3분3초(183초)가 소요되었고 기존 장

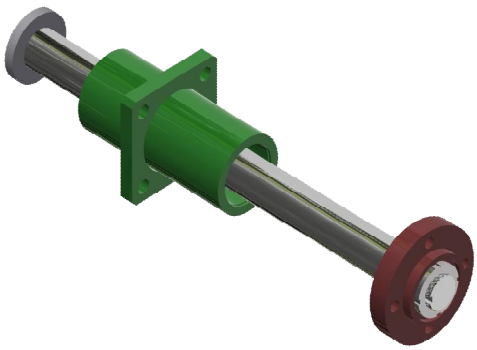

Fig. 4 3D assembly design of guide bar

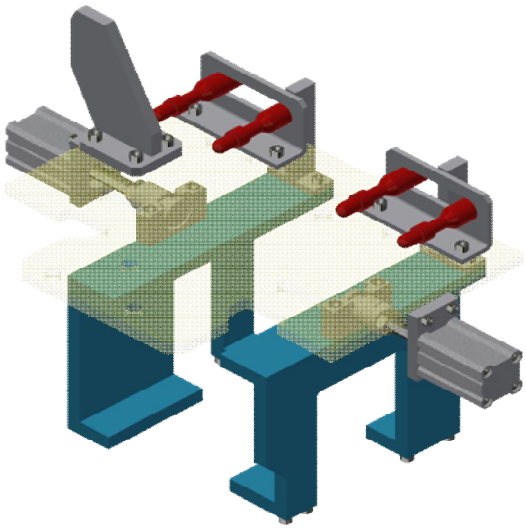

Fig. 5 3D assembly design of jig

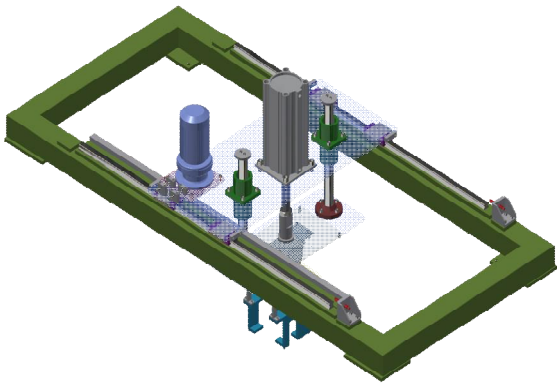

Fig. 6 3D assembly design of slide

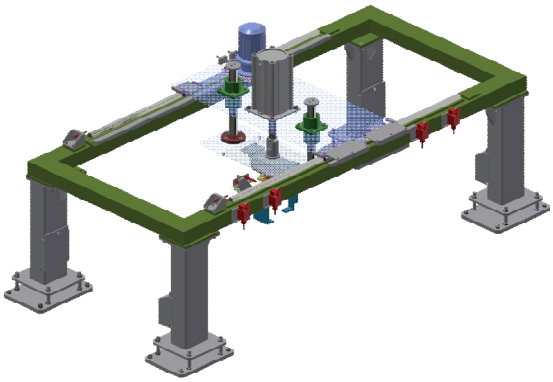

Fig. 7 3D assembly design of gantry loader

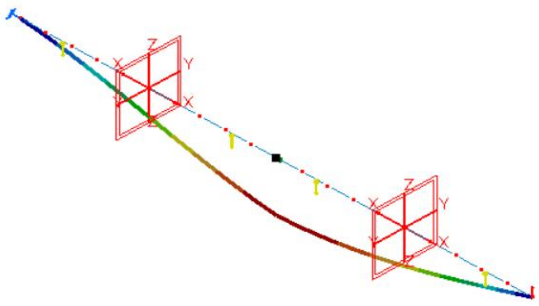

Fig. 8 Primary design of slide frame

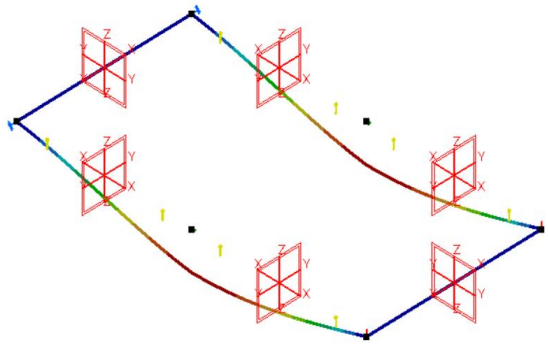

Fig. 9 Structural analysis of frames

비와 달리 지그를 장착한 갠트리 로더 시스템은 42초가 소요되었다. 이 결과 기존 갠트리로더 시스템이 지그를 장착한 갠트리로더 시스템보다 대기 장소에서 보관 장소까지의 이송 시간이 4배 이상의 시간이 소요되었음을 알 수 있었다.

Table 3 Work process sequence of existing gantry loader system

Work Process Contents	Process Time
Waiting	-
Fixture to Material	36sec
Loading	3sec
Transfer	15sec
Unloading	3sec
Fixture Removal on Material	31sec
Machining	-
Fixture to Material	43sec
Loading	3sec
Transfer	15sec
Unloading	3sec
Fixture Removal on Material	31sec
Storage	-

Table 4 Work process sequence of gantry loader system with jig

Work Process Contents	Process Time
Waiting	-
Loading	3sec
Transfer	15sec
Unloading	3sec
Machining	-
Loading	3sec
Transfer	15sec
Unloading	3sec
Storage	-

공정시간을 측정한 결과 복잡한 형상의 소재에는 소재에 맞는 지그를 장착한 갠트리 로더가 적합하다는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 복잡한 형상 소재의 이송을 위한 갠트리 로더 시스템에 관한 연구를 수행하였다. 에어실린더와 모터, L/M Guide를 이용하여 적합한 지그를 개발 하면서 Jaw를 퍼즐형태로 세분화하여 복잡한 형상의 소재와 다양한 형상에 맞추어 활용이 가능한 지그를 개발하였다. 2D 설계의 오류는 3D 설계로 보완하였으며 3D 설계를 통하여 조립과 시뮬레이션을 수행하면서 설계의 불량을 최소화할 수 있었다. 본 연구로 자동화기기의 특성상 비표준 부품들의 데이터베이스를 구축하여 자동화기기 연구에 활용할 예정이며 갠트리 로더 시스템의 가공 정밀도를 높이고 조립 공정시간을 단축할 것으로 기대된다.

REFERENCES

1. Sam, J. I., Design and Manufacture of Automation Equipment, Gijeon-yeongusa, pp. 22, 2000.
2. Park, I. H., “Robot Gantry Loader-Three-axis gantry loaders are easy to install and maintain.”, MFG, Vol. 453, pp. 23, 2012.
3. Shin, H. Y., Pneumatics Control, Bogduchulpansa, pp. 200, 2018.
4. Park, J. S., Control System Simulation and Design, Gijeon-yeongusa, pp. 41~42, 2018.
5. Park, J. S., Control System Simulation and Design, Gijeon-yeongusa, pp. 70, 2018.
6. Go, J. C., Finite Element Method, Onsia-Publisher, pp. 96, 2018.