

# 전기 자동차 부스바 인서트 사출 자동화 시스템 개발

김종수<sup>1,†</sup>

한국생산기술연구원 지능화뿌리기술연구소 디지털생산부문<sup>1,†</sup>

## Development of a injection molding automation system of busbar insert for the electric vehicle

Jong-Su Kim<sup>1,†</sup>

Korea Institute of Industrial Technology, Research Institute of Advanced manufacturing & materials Technology,  
Digital Manufacturing Division<sup>1,†</sup>

(Received June 12, 2024 / Revised June 25, 2024 / Accepted June 30, 2024)

**Abstract:** Injection molding is a process widely used across various industries for molding plastics, and it is the most commonly applied process in root industries utilizing molds. Among the different types of injection molding, insert injection molding, where busbars are used as inserts, is increasingly being applied in the electric vehicle industry. However, currently, the insert injection molding process is manually performed, with workers placing insert components by hand before injection molding. This results in issues related to productivity, safety, and quality. Additionally, there is a growing demand for automation of such production lines due to hazardous working conditions, economic difficulties in the manufacturing industry, and the decline in the labor force caused by an aging population. This study focuses on the application of an automated system for the insert injection molding process used in electric vehicles. The development of an automated system for the transport and insertion of insert components, as well as the inspection and stacking processes after injection, has resulted in over a 25% improvement in productivity and more than a 27% reduction in defect rates.

**Key Words:** Automation, Busbar, Electric vehicle, Injection molding, Robot

### 1. 서론

금형을 활용한 사출성형 공정은 플라스틱 제품을 성형하는 공정으로 제조업에서 가장 많은 부품과 제품을 생산하고 있는 산업군 중 하나이다. 또한 이러한 사출성형 공정 중에서도 부스바를 인서트 부품으로 사출성형 하는 공정은 전기자동차의 산업 발달에 따라 많은 수요를 보이고 있다.[1,2,3,4]

하지만 현재는 이러한 부스바 부품을 인서트 사출성형 진행 할 때 수작업으로 인서트 부품을 삽입하고 사출성형 공정이 진행된 이후 사출품의 취출과 이송, 검사 및 적재 등의 공정을 수작업으로 진행하는 현상이 많이 존재하고 있다. 이렇게 수작업

으로 진행을 하는 경우에는 금형의 개폐에 의한 작업자의 안전문제와 생산성이 저하되는 이슈, 그리고 인서트 부품의 삽입 위치 반복정밀도의 흔들림으로 인한 품질의 균일성이 떨어지는 문제 등이 존재한다. 이러한 이슈들로 인하여 최근 수작업으로 진행되고 있는 일련의 사출성형 공정에 수작업 공정의 분석을 통해 표준모델을 개발하여 로봇을 활용한 자동화 공정을 적용하여 생산성과, 품질, 안전 이슈를 극복하고자 하는 방법이 많이 적용되고 있다. 또한 이러한 트렌드는 제조업의 노동인구 감소와 고임금화, 외국인 근로자의 한계 등을 포함하는 인력 문제점을 극복하기 위해 사출성형을 포함한 많은 뿌리산업에 확장되고 있다.[5,6,7,8,9]

본 연구에서는 수작업으로 진행되고 있는 전기 자동차 부스바 인서트 사출성형 공정의 로봇 활용 자동화 공정의 설계와 시스템 개발을 통해 생산성과 불량률 개선의 효과를 확인하고자 하였다.

† 교신저자: jskimgloria@kitech.re.kr

\* 본 논문에 대한 저작권은 저자들에게 있으며 CC BY-NC-SA를 만족하는 조건으로 이용할 수 있습니다.

부스바 조립 부품의 정렬과 삽입을 동시에 수행할 수 있는 공정 요소의 분석과 사출 성형 이후 사출품의 취출과 이송 공정을 분석하고 통전 검사를 자동화 할 수 있는 요소를 도출하여 수작업 공정에서 자동화로 전환할 수 있는 표준요소들을 뽑아내어 자동화 적용이 가능한 부분의 시스템 설계를 통해 실제 양산에 적용하여 수작업 대체효과를 확인하고자 한다.

## 2. 대상 분석

### 2.1. 대상 제품

공정 대상 제품은 하기 Fig. 1과 같이 전기자동차의 리튬이온 배터리의 전기에너지 전달을 하기 위한 전도체인 부스바와 사출 시 부스바가 사출압력에 의해 금형 내에서 이동하지 않도록 간격을 유지하게 하여 주는 클립으로 되어 있다. 부스바에 정해진 위치에 클립을 안착 후 금형 내에 동시 삽입하여 사출성형을 진행하는 공정이다.



(a) Busbar (b) Clip

Fig. 1 Target parts for automation process

### 2.2. 대상 공정

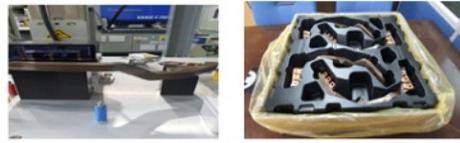
부스바 인서트 사출성형 공정은 Fig. 2와 같은 공정으로 진행된다.



(a) Clip assembly (b) Busbar loading



(c) Injection molding (d) Removing burr



(e) Inspection (f) Packaging and shipment

Fig. 2 Production process

부스바에 정해진 위치에 클립을 안착 후 부품을 동시에 금형 내에 로딩하고 사출성형을 진행 후 발생된 제품에 영향을 줄 수 있는 파팅 라인 버를 제거하고 최종 제품의 저항 성능을 확인하기 위해 전류 흐름 검사를 진행 후 포장, 출하 순으로 진행된다.

현재 공정의 문제점은 상이한 3개의 부스바를 작업자가 수작업으로 구분하여 1개씩 플라스틱 클립 안착 후 사출기에 투입/성형 진행 중으로 투입 및 정렬 작업 속도가 목표 생산량에 미치지 못하고 품질이 균일하지 않고 있다. 또한 성형 완료 된 소재를 작업자가 통전 검사기까지 운반하여 통전 검사 후 트레이에 적재 하는 과정에 물류 흐름 속도 저하 및 반복 작업으로 작업자 근골격계 질환을 유발하고 있다.

이러한 문제점으로 해결하면서 생산성을 확보할 수 있는 시스템의 설계를 진행하였다.

## 3. 시스템 설계

### 3.1. 전체 공정

전체 시스템은 Fig. 3와 같이 협동로봇 3대를 적용하여 구성하였으며 로봇1은 지그 팔렛 위에 부스바와 클립을 안착하는 역할을 하며, 로봇2는 사출성형기와 검사기에 로딩/언로딩을 담당하고, 로봇3은 통전 검사기 언로딩과 트레이 공급 및 적재를 담당하도록 설계하였으며, 추가로 이송 컨베이어와 트레이 공급기로 설계를 진행하였다.

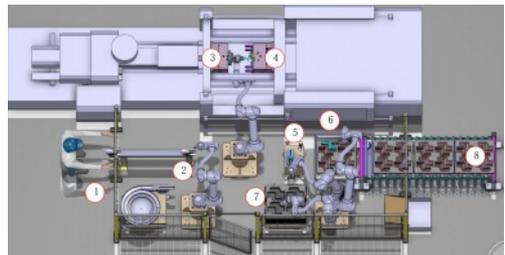


Fig. 3 Process layout

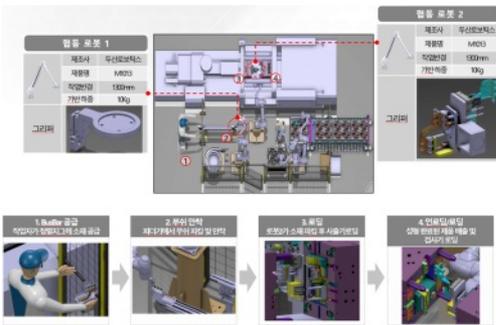
협동로봇은 인서트와 사출제품의 중량, 그리고 작업반경을 고려하여 두산로보틱스의 가반하중 10 kg, 작업 반경: 1,300mm, 반복정밀도: ±0.05mm의 성능을 가지는 6축 다관절 로봇 (모델 : M1013)으로 선정하였으며 그리퍼는 인서트 부품과 사출품을 핸들링 할 수 있는 타입을 2개, 그리고 버퍼에 적용되는 진공형태의 그리퍼 1개를 적용하였으며, 주변장치로는 소재를 공급하는 피더기와 해당 자동화 시스템에 적합한 통전 검사기를 설계하였다.

**Table 1** Work procedure and detailed process

Sequence	Detailed process	
	Work detail	Main procedure
1	Parts supply	The worker picks up the material and supplies it to the sorting jig pallet(①)
2	Loading/Arrangement	Robot 1 aligns the clips on the jig where the material is supplied (①) (②)
3	Insert to mold	Robot 2 grasps the material loaded on the jig pallet (②) and then loads it into the injection molding machine (③).
4	Injection molding	Injection molding(④) process
5	Inspection	Unloading the parts and move to inspection(⑤) site
6	Unloading	Robot 3 unloads the inspection completed material(⑤)
7	Loading to tray	During unloading/loading (⑥), when the tray is full, collaborative robot_Robot 3 loads the tray using gripper B.
8	Shipment	After the unloading/loading (⑥) work is completed, the fully loaded tray is shipped through the conveyor.

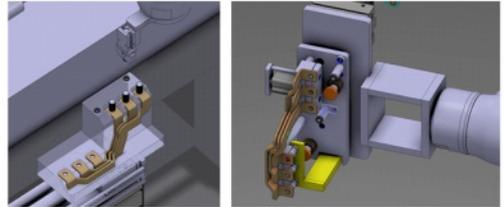
**3.2. 세부 공정 (인서트 공급, 정렬, 사출로딩)**

사출기에 부스바와 클립을 로딩하기 위한 앞단의 설계는 하기와 같이 설계하였다.



**Fig. 4** Busbar supply and injection molding loading

Fig. 4와 같이 정렬지그에 작업자가 부스바를 공급하여 주변 클립을 안착 후 해당 제품을 사출성형기 내의 금형에 동시에 삽입하여 주고 사출 성형 후 언로딩 까지 수행할 수 있는 레이아웃을 설계하였다. 이때 인서트 공정의 전용지그 및 부스바의 안착과 이송 시 정렬은 Fig. 5와 같다.



(a) Busbar loading (b) Assembly moving status  
**Fig. 5** Insert jig loading and busbar moving status

나란히 공급 된 3개의 부스바는 서틀을 통해 안착 스테이션으로 이동되고 로봇1의 그리퍼를 이용하여 부스바를 금형 안착 위치와 동일한 위치의 지그에 안착을 수행 후 로봇2의 그리퍼가 정렬 된 부스바와 안착 된 클립을 동시에 그림이 가능하도록 설계하여 부스바와 클립을 개별 금형에 삽입하는 것이 아닌, 전체 파트를 한번에 금형에 로딩 할 수 있도록 설계 하였다.

**3.3. 세부 공정 (사출 후 언로딩, 검사, 배출)**

사출성형기에서 사출 완료 후 언로딩과 품질의 통전검사 및 배출 공정은 하기와 같이 설계하였다.



**Fig. 6** Unloading, inspection and shipment

Fig. 6과 같이 사출이 완료된 제품을 검사기에 로딩하여 통전검사를 자동 진행 후 적재함에 적재하

고 적재함이 다 차게 되면 컨베이어를 통해 배출될 수 있도록 설계하였다.

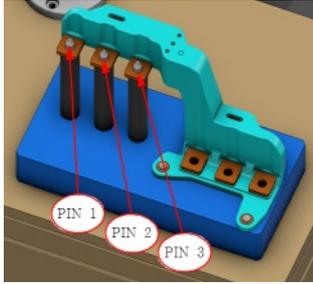


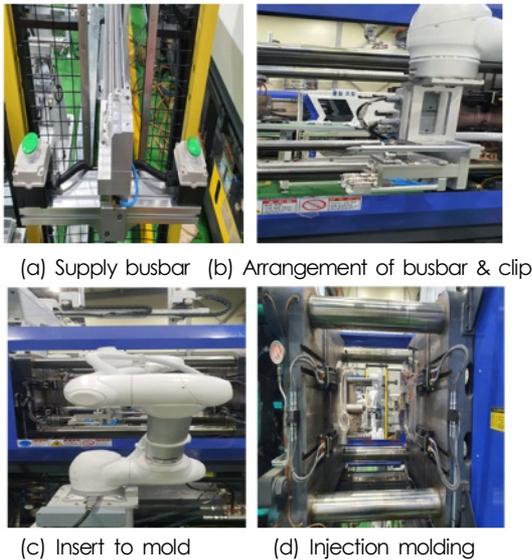
Fig. 7 Inspection process

Fig. 7은 검사 진행 방법에 대한 내용으로 사출 완료 된 제품을 통전 검사를 위해 로봇2 로 검사 지그에 안착 후 각각의 PIN은 12V 또는 그라운드가 연결 되어 전압을 인가 한다. (PIN 1=그라운드, PIN 2=12V/그라운드(변환), PIN 3=12V)

PIN 1(그라운드)과 PIN 2(12V)를 인가하여 통전 확인 후 PIN 1(그라운드)과 PIN 3(12V) 통전을 확인 하고 PIN 2를 스위칭 제어하여 그라운드로 변환 후 PIN 3(12V) 통전을 확인하는 방식으로 설계하였다.

#### 4. 자동화 시스템 제작

설계를 반영 Fig. 8과 같이 시스템을 제작하였다.



(a) Supply busbar (b) Arrangement of busbar & clip  
(c) Insert to mold (d) Injection molding



Fig. 8 Automation system

부스바를 정렬, 제공 후 로봇이 부스바와 클립을 정 위치에 정렬 후 금형에 동시에 삽입하여 사출성형을 진행한다. 진행이 완료된 제품을 취출하여 검사 시스템으로 이동하여 자동검사를 수행하고, 검사가 완료된 제품을 트레이로 이동 및 배출하는 시스템을 개발, 제작하였다.

적용된 요소 주변 설비는 하기와 같다. Fig. 9와 같이 정렬된 부스바에 조립되는 클립을 자동으로 제공하는 피더기와 검사시스템을 개발하여 공정 요소에 적용하였다.

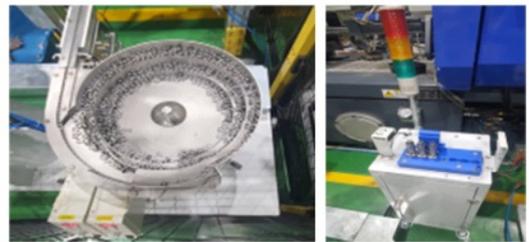


Fig. 9 Feeder and inspection system

설계를 토대로 실제 양산라인에 자동화 시스템의 개발 및 실적용을 통해 전기자동차 부스바 인서트 사출성형공정의 효과를 확인하였다.

## 5. 결론 및 토의

본 연구에서는 전기자동차 부스바 인서트 사출성형 공정에 있어 수작업으로 진행이 되고 있는 현재 공정을 로봇 기반의 자동화 시스템 개발 적용을 통해 생산성과 불량률 개선을 수행하였다.

전 공정의 분석을 통해 자동화 요소를 확인하고 작업 동선의 분석을 통해 최소한의 로봇의 적용과 선정을 통해 전체 공정을 자동화 할 수 있는 시스템을 설계 및 제작하고 실제 양산 공정에 적용하여 효과를 확인하였다.

부스바의 공급과 조립이 되어야 하는 클립의 정렬과 동시 그리퍼를 통해 한번에 사출금형에의 인서트 작업과 사출성형 진행 후 제품의 언로딩과 검사 공정, 그리고 배출 공정까지 자동으로 진행되는 시스템을 설계하고 개발하여 적용하였다.

개발된 시스템을 실제 양산에 적용하여 성능을 확인한 결과 생산성은 일일 기준 200개 생산에서 250개 생산으로 25%의 생산성 향상을 확인하였으며, 불량률의 경우 기존 8% 수준에서 5.84%으로 27% 개선됨을 확인 할 수 있었다.

이러한 효과는 기존 수작업 진행으로 인한 작업자의 예러와 생산성의 향상의 한계가 자동화 로봇과 검사 및 공급 시스템의 적용과 공정분석을 통한 최적 시스템 동선 설계로 인해 가능하였던 것으로 분석된다.

이러한 개발, 적용 로봇 자동화 시스템은 인서트 사출공정 분야에 기본적으로 확대 적용이 가능한 시스템으로 현재 겪고 있는 인력난으로 인한 생산성의 저하와 품질 저하 문제를 해결하고 무인화 공장 구축을 통한 제조 산업의 체질 변화에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

## 후기

본 연구는 산업통상자원부의 로봇산업기술개발사업 ‘자동차/기계/조선/항공 분야 로봇-장비 디지털 매뉴팩처링 패키지 표준모델 개발 (20018385)’ 과제의 지원을 받아 수행되었으며, 개발 로봇 자동화 시스템은 (주)브틸스의 지원으로 제작되었으며, 해당 시스템의 설치와 효과확인은 (주)엘피케이하이테크의 지원으로 수행되었습니다.

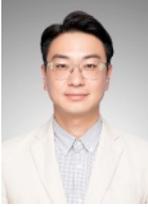
## 참고문헌

- 1) Park, C.Y., Seo, C.Y. and Kim, Y.D., “Development of  $\mu$ -PIM standard mold with exchangeable insert core in order to manufacture micro pattern”, Design & Manufacturing, Vol.11:3 pp. 29-34, 2017.
- 2) Jeong, E.C., Yoon, K.H., Hong, S.K., Lee, S.Y. and Lee, S.H., “A study on carbon composite fabrication using injection/compression molding and insert-over molding”, Design & Manufacturing, Vol.14:4 pp. 11-16, 2020.
- 3) Jeong, E.C., Kim, J.S., Son, J.E., Yoon, K.H. and Lee, S.H., “A Study of Mold Technology for Manufacturing of CFRTP Parts”, Design & Manufacturing, Vol.11:3 pp. 30-33, 2017.
- 4) Ha, S.J., Cha B.S. and Ko, Y.B., “A study on the manufacturing of metal/plastic multi-components using the DSI molding”, Design & Manufacturing, Vol.14:4 pp. 71-77, 2020.
- 5) Ha, S.J., Park, J.Y., Park, K.S. and Yoon, G.S., “Development of automatic assembly module for yoke parts in auto-focusing actuator”, Design & Manufacturing, Vol.13:1 pp. 55-60, 2019.
- 6) Kang, B.S. and Yoo, H.M., “A study on the development of an automated device for the transportation of roof tiles using electromagnetic grippers”, Design & Manufacturing, Vol.17:2 pp. 1-8, 2023.
- 7) Kim, G.S., “The information of Machining Integration Process Planning in Factory automation”, Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 8, pp. 1-8, 2006.
- 8) Kim, T.K., Yang, S.M., and Lee, H.Y. “Implementation of the Sequence Control and the Product Database for the Auto-packing Machine”, Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 2, pp. 65-70, 2001.
- 9) Lee, S.J., Yoo, K.B., Rho, B.S. and Park, S.H., “Automatic Design of Hot Air Process for Deburring of Blow Injection Molded Products”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 28, pp. 232-237, 2019.

## 저자 소개

**김 종 수 (Jong-Su Kim)**

**[정회원]**



- 2012년 2월: KAIST 기계공학과 (공학박사)
- 2012년 3월~2019년 1월: 삼성전자 반도체연구소, MASK 개발팀, 책임연구원
- 2019년 1월~현재: 한국생산기술연구원 디지털생산부문, 수석연구원

< 관심분야 >

금형, 절삭가공, 사출, 자동화, 반도체