

볼 프레스 압입장치의 생산성 향상을 위한 예열시스템 개발

채용웅*

Development of Heat System for Productivity Improvement of Ball Press Pushing up Equipment

Yong-Yoong Chai*

요 약

본 논문은 기존의 오토 트랜스미션에 볼 삽입 시 나타나는 불량문제를 해소하기 위한 볼 프레스 압입 장치를 개발에 대한 내용이다. 볼 프레스 압입장치는 가열장치, 이 가열장치를 제어하기 위한 온도조절장치, 그리고 양산성을 향상하기 위한 자동화된 볼 삽입장치 등으로 구성되어 있다. 이 장치의 개발을 통해 국내 자동차 생산 오토 트랜스미션 부품의 품질 향상 및 생산성 향상에 기여할 수 있었으며 기업의 원가 절감 및 매출 증대에 기여할 수 있었다.

ABSTRACT

In this thesis, I developed a ball press pushing up equipment to solve the defect that occurs when the ball is inserted to the auto transmission. The ball press pushing up equipment is composed of heating device, thermostat which controls the heating device and the automated insertion device which helps to enhance mass production. This development contributes to quality improvement of domestic automobile production auto transmission part, and also contribute to cost reduction and sales increase for corporations.

키워드

Ball Press Pushing Up Equipment, Control, Temperature, Vehicle, Auto M/T
볼 압입기, 제어, 온도, 자동차, 자동변속기

1. 서 론

최근 국내 완성차 생산 업체의 신차 출시 등의 영향으로 국내 자동차 부품 업계의 성장세는 타 산업에 비해 지속적인 성장세를 유지 하고 있다. 특히 auto M/T(Automatic Transmission) 부품의 생산과 관련한 생산 증가세는 매우 가파른 성장세를 보이고 있다[1].

auto M/T 관련 부품을 생산하는 공정 중 하나인 볼 프레스 압입공정은 auto T/M에 사용되는 핵심 부품을 생산 하는 공정이다. 따라서 본 장비는 높은 신뢰도와 가동성이 요구되는 장치이다. 그러나 최근 들어 생산성 향상을 위한 다양한 자동화 기능이 추가되고 신차 출시에 따라 부품의 형상이 다양화됨에 따라 기존의 볼 압입과 관련한 설비의 불량(찍힘, 크랙, 기

* 교신저자: 계명대학교 전자공학전공

• 접수 일 : 2016. 10. 19
• 수정완료일 : 2016. 11. 13
• 게재확정일 : 2016. 11. 24

• Received : Oct. 19, 2016, Revised : Nov. 13, 2016, Accepted : Nov. 24, 2016

• Corresponding Author: Yong Yoong Chai
Dept. of Electronic Engineering, Keimyung University
Email : yychai@kmu.ac.kr

타)(그림 1) 발생 빈도가 높아지고 있으며 이로 인해 완성차 업체의 지속적인 기술 개발 요구가 이어지고 있는 상황이다.



그림 1. 볼 압입과 관련된 불량 자동변속기
Fig. 1 Bad auto M/T related to ball pushing

본 연구에서는 기존 설비의 이와 같은 문제점을 개선하고 공정을 개선하기 위한 예열 시스템을 개발하여 생산성을 향상시킬 수 있는 볼 프레스 압입 자동화 장치를 개발하고자 한다.

기존에 사용되고 있는 볼 조립 공정은 압입 위치에서 수평 및 수직 이동을 하여 상부 압입 지그를 하강시켜 볼(베어링)을 압입하는 단순 공정 기술로 반자동 설비가 주로 생산되어 사용되어져 왔다. 그러나 이와 같은 장치는 볼 압입의 불량(찌킴, 크랙 등)으로 인해 그 생산성 증가가 한계에 도달한 상황이다. 이와 같은 볼 압입장치의 상황은 현재 국내외에서 기술 격차가 크지 않고 보편화 되어 있는 실정이다. 그러나 국내 자동차 부품 산업의 가파른 성장세에 따라, 사용자의 편의성 맞춤형을 기반으로 하는 고품질 관리 성능 및 높은 생산 효율을 갖는 장비의 수요는 지속적으로 증가 하고 있다.

국내 자동차 부품 제조사인 만도사에서는 반자동 설비 개념을 볼 압입에 도입하여 시공 하고 있으나 완전 자동화와는 거리가 있으며 앞서 언급한 불량을 감소에 대한 대응책은 없는 것이 사실이다.

일부에서는 볼 압입 시에 제품의 압입 입구부의 찌그러짐, 스틸 캡의 찌그러짐 개선을 위한 저주파 가열 방식을 개발하여 오류 발생 가능성을 낮추기 위한 기술 개발이 일부 진행 되고 있다. 여기에서는 저주파 가열 장치를 이용한 1, 2단계 예열을 거친 후 압입 공정을 시행 하는 장치를 구성하여 일부 시험 생

산을 시도 하고 있으나 본격적인 양산 라인에는 적용 되지 않고 있다.

현재 일본 Mitsubishi와 Kyocera 등의 자동차 부품 생산 업체에 설치된 장치 대부분은 반자동 형태의 설비만 도입 되어 있고 압입 위치 결정을 모터 구동을 통해 진행 하고 나면 사용자의 판단에 따라 압입을 진행하는 구조로 사용되고 있다. 그러나 이러한 시스템에서는 압입기 위치 오류, 부품 위치 설정오류 등에 대한 판정을 사람이 하는 불안정한 상태로 인해 볼 압입 시에 제품의 압입부의 입구가 찌그러지는 불량이 다수 발생 하고 있으며 이로 인해 완성차 출하를 위한 트랜스미션 조립 후에 오일이 새는 등의 불량이 발생하고 있다. 또한 캡의 압입위치를 결정하는 기구 구조가 불안정하여 스틸 캡이 찌그러진 상태로 제품에 압입되는 조립 불량률이 빈번히 발생하고 있다.

이와 같이 기존의 설비에서는 생산 기종 변경을 위한 치·공구류 교체 시 미세 조정 기능이 어렵고 기준위치설정 기능이 없어 치구 교체 시간이 오래 걸리고 정확한 교체가 담보되지 않아 치구 교체 시 여러 문제가 발생하고 있다.

II. 예열시스템을 위한 온도조절장치 설계

본 연구에서는 예열시스템[2-3]을 도입하여 불과 auto M/T를 가열한 후에 삽입과정을 진행함으로써 상기의 불량문제를 제거하고자 하였다. 삽입 전 볼을 가열하면 스틸의 강도가 무더지면서 볼 삽입시의 충격을 흡수하고 이로 인해 크랙과 같은 불량이 감소하는 것을 예비조사를 통해 이미 확인한 바 있다. 이를 위해 auto M/T를 가열하는 가열장치, 이 가열장치를 제어하기 위한 온도조절장치, 그리고 양산성 향상을 위한 자동화된 볼 삽입장치 등으로 구성되어 있다.

2.1 온도조절장치

시제품의 발열 온도제어를 위해 LM3S8962의 마이크로 컨트롤러를 이용한 PID 제어가 가능한 온도제어보드를 개발하였다[4-5]. PID 제어는 자동화 시스템의 반응을 측정할 뿐 아니라 반응을 제어할 때도 사용되는 제어 방법이며, 온도, 압력, 유량, 회전 속도 등을 제어하기 위해 사용되며, 과도 상태의 특성 등 PI나 PD 제어에

서의 문제점들도 개선할 수 있는 장점이 있다[6-7].

그림 2는 PID제어를 위한 비례, 적분, 미분 기능을 수행하는 회로로서 OPAMP를 이용하여 하드웨어로 구현하였다. 그림 3은 온도데이터로부터 노이즈 제거를 위한 필터이며, 그림 4는 출력전류구동회로를 나타낸다. 표 1은 온도제어 보드의 전기적 사양을 나타내며, 그림 5는 제작된 온도제어보드를 나타낸다.

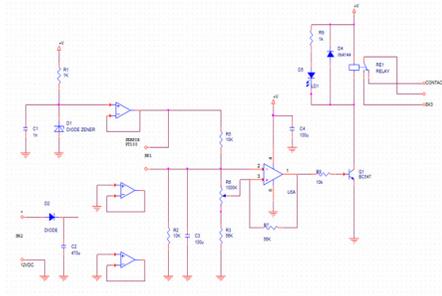


그림 2. 제안한 PID제어기 회로
Fig. 2 Processed PID control circuit

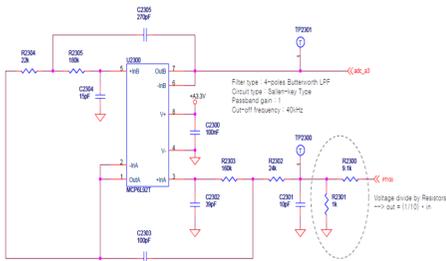


그림 3. 제안한 필터설계
Fig. 3 Processed filter design

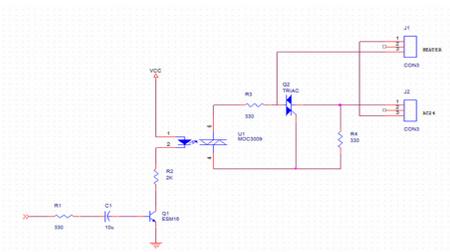


그림 4. 제안된 출력전류구동회로
Fig. 4 Processed output current drive circuit

표 1. 온도제어 보드의 전기적 사양
Table 1. Electrical spec. of temp. control board

Item	Spec.
Input voltage	100-240V AC / 50-60 Hz
Output current	4-20mA DC
Controller	LM3S8962
Control ability	ON/OFF, PID
Input sensor	laser sensor
Communication	RS485



그림 5. 온도제어 보드
Fig. 5 Temp. control board

온도제어보드의 소프트웨어는 그림 6에서처럼 실시간 온도에 대하여 AMP를 통해 증폭된 신호를 피드백 받아 디지털로 구현한 PID제어기에 입력시켜 온도를 제어하는 방식으로 동작하며, 그림 7은 사용자 UI환경을 나타낸다. 본 연구에서는 시스템에서 온도 데이터의 디지털 필터링을 통한 데이터 가공기능을 추가하여 시제품의 데이터 수집을 용이하게 하였다[8-10]. 이상에서 설계한 PID 제어기의 동작여부를 확인하기 위해 미분 상수 K_d 에 따른 온도 변화를 그림 8 이 보이고 있다.

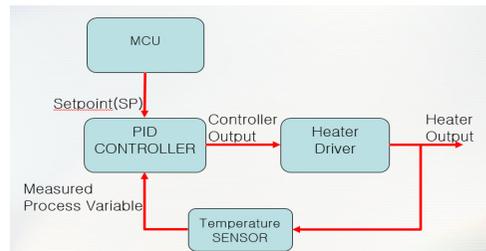


그림 6. 온도제어 흐름도
Fig. 6 Flowchart of temp. control

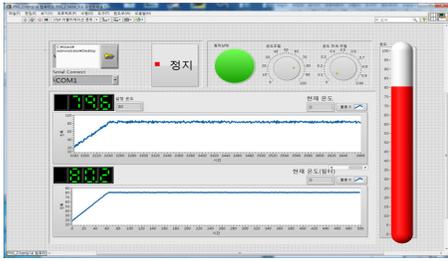


그림 7. 온도제어 UI 프로그램
Fig. 7 Temp. control UI program

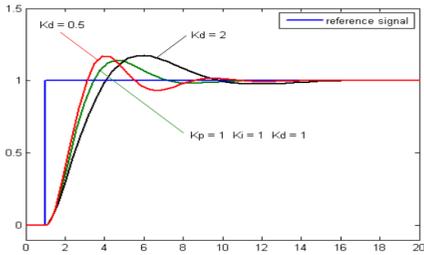


그림 8. K_d 에 따른 출력의 변화
Fig. 8 Output change according to K_d

본 연구에서는 제품의 표면 온도 변화 측정 및 데이터 송신을 위한 장치로 Keyence Korea의 레이저 센서를 사용하였다. Keyence Korea의 레이저 센서는 설치가 용이하고 레이저 포인터를 사용한 간단한 검출 범위 확인이 가능하며, 소형의 AMP unit 및 센서 헤드를 가지며, 응답 속도가 빠르다는 장점이 있다.

2.2 불 가열기

불 압입 시 압입부의 크랙 발생 방지를 위해 구성된 장치로 그림 9는 시제품에 적용된 가열 장치이며, 표 2는 이 가열장치의 스펙을 나타낸다.



그림 9. 가열장치
Fig. 9 Heater

표 2. 가열장치의 스펙
Table 2. Spec. of heater

Item	Spec.
Voltage	230V
Power	770W
Max. output temp.	650℃
Max. input air temp.	65℃
Max. circumstance temp.	65℃

2.3 자동압입장치

자동 압입장치란 예열과정을 거친 후의 공정으로 스틸 볼과 캡을 압입하는 장치이다. 이 공정은 불 전달기에서 스틸볼 2개를 동시에 공급을 한 후, 결정된 워크의 압입 위치로 각 압입 헤드가 이동하여 압입 공정을 수행 후 복귀한다. 그 후 캡 전달기 레일로 이동하여 캡을 고정시킨 후 캡 압입 헤드 자석부에 캡을 부착하여 수행한다. 그림 10은 자동 압입 공정을 보여주고 있다.

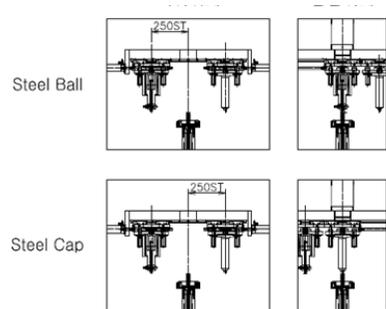


그림 10. 볼과 캡 압입 위치
Fig. 10 Position of ball and cap

본 자동압입장치에서는 기존의 수평 타입의 유압 프레스 방식에서 수직 타입의 서보 프레스 방식으로 압입방식을 개선하였다. 수평 타입 유압 프레스의 경우 압입 위치 불안정으로 인하여 압입위치 편심현상이 발생하며 압입세기의 미세조절 불량으로 볼과 캡의 압입 불량 발생하였으나 이를 수직 타입의 서보 프레스로 교체하여 압입불량을 개선하였다.

III. 시제품개발

개선된 볼 압입 장치는 기존 수평 상태에서의 압입 형태가 수직 형태로 변경된 점과 압입 공정 전에 히터를 이용한 예열, 인텍스테이블을 이용하여 생산 사이클의 감소, 유압 방식이 아닌 서보 프레스 방식으로 장비의 크기 축소 등 양산형 자동 조립 생산라인 구성 설계에 따라 제작되었다. 그림 11은 실제 제작된 볼 압입장치 사진이다.

기존 설비 대비 작업 방식에서의 가장 큰 차이는 작업자에 의한 In/Out 작업 방식에서 로더를 통한 In/Out 자동 로딩 방식으로의 설비 변경이다. 즉 수작업에 의한 워크 반입 및 반출을 자동화 방식으로 변환함으로써 작업 시간 및 환경을 개선할 수 있었다.

표 3. 기존 및 신규 장비의 불량률과 생산량 비교
Table 3. Comparison of before and after of new system

구분	기존 장비	신규 장비
defective proportion (%)	1.25	0.1
productivity volume (EA)	2,000	5,000



그림 11. 개선된 볼 압입 장치
Fig. 11 Proposed ball pushing up system

이와 같은 예열시스템을 갖춘 볼 압입 시스템의 개발을 통해 표 3과 같은 성과를 거둘 수 있었다. 표에서 보는 바와 같이, 예열 시스템이 탑재된 장비 적용 전과 후의 불량률은 1.25%에서 0.1% 수준으로 상당히 감소하였으며, 일일 생산량은 2,000개에서 5000개로

2.5배로 크게 증가하였다.

신규 장비를 적용한 후에도 나타나는 불량률의 주요 원인은 신규 장비의 예열 동작 및 개발의 문제가 아닌 재료의 이상 및 전처리 과정에서의 작업 불량으로 조사되었으며, 목표 대비 생산량의 차이는 C/T 개선을 통하여 달성 가능할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구를 통하여 온도 제어 컨트롤러를 탑재한 예열 시스템 및 볼 프레스 압입장치의 자동화 설비 기술을 확보하였다. 특히, 마이컴 내장형 온도 제어 S/W 및 H/W, 온도 변화 측정 장치, 치구류 교체 후 자동 정렬 장치, 볼 가열 및 자동 압입 장치 개발 및 양산형 자동 조립 생산 라인 구성 개념 설계를 통하여 기존의 반자동 형태의 설비로 인한 높은 불량률과 낮은 생산성을 해결할 수 있었으며, 개선된 볼 프레스 압입 자동화 장비를 확보할 수 있었다. 이러한 시스템은 불량률을 기존의 1.25%에서 0.1%로 개선하는데 기여했을 뿐만 아니라 자동화를 통해 설비 당 생산량을 2.5배 증가시킬 수 있었다.

본 연구에서 개발된 예열 시스템을 이용하여 볼 프레스 압입 장치 이외의 자동차 부품 생산 자동화 설비로의 적용이 가능할 것으로 판단되며 베어링 조립 라인의 생산성 향상에도 기여할 것으로 기대된다.

References

- [1] S. Kwak, "A Design and Implementation of Oil Pump Control Systems Driven by a Brushless DC Electric Motor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 1, Jan. 2014, pp. 83-90.
- [2] Y. Kwak, "Automatic Control System of Vertical Agitation Heater for Controlling Temperature of Greenhouse," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 5, June 2015, pp. 623-628.
- [3] M. Kim and Y. Kim, "Temperature Characteristics Analysis of Major Heating Region According to Cooling Device

Location of Grid-Connected Photovoltaic Inverter," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 7, Aug. 2014, pp. 799-804.

- [4] B. Stuart, "A brief history of automatic control," *IEEE Control Systems Mag.*, vol. 16, no. 3, 1966, pp. 17-25.
- [5] M. Mao and U. M. O'Reilly, "A Self-Tuning Analog Proportional - Integral - Derivative (PID) Controller," *Proc. of the First NASA/ESA Conf. on Adaptive Hardware and Systems*, Washington, DC, USA, June 2006, pp. 12-19.
- [6] K. Bae and K. Son, "The implementation of the PC-based monitoring device for railway temperature environmental," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 7, Aug. 2014, pp. 819-825.
- [7] J. Lee, "A Controller Development of Water Heating in a Ceramic Pipe Using Electronics Control System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 5, Oct. 2011, pp. 717-722.
- [8] Y. Kwak, "Automatic Control System of Vertical Agitation Heater for Controlling Temperature of Greenhouse," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 5, June 2015, pp. 623-628.
- [9] M. Kim and Y. Kim, "Analysis of Cooling Characteristics according to Heating Reduction System Displacement of Major Heating Region on Power Inverter," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 2, Feb. 2015, pp. 261-266.
- [10] Y. Ko, "A Study about the Modelling of Thermoelectric Cooler and the Thermal Transfer Analysis," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 11, Dec. 2014, pp. 1291-1296.

저자 소개



채용웅(Yong-Yoong Chai)

1985년 8월 서강대학교 졸업 (공학사)

1991년 4월 Oklahoma State Univ. 졸업(공학석사)

1994년 12월 Oklahoma State Univ. 졸업(공학박사)

계명대학교 전자공학과 교수

※ 주 관심분야 : DC-DC컨버터