

시리얼 통신을 이용한 저속의 멀티 서보 프레스 시스템 개발에 관한 연구 A Study on the Multi Servo Press System Development of Low Velocity Using Serial Communication

유 환 신¹ · 박 형 배²

¹호원대학교 자동차기계공학과

²경기과학기술대학교 자동차과

Hwan-Shin Yu¹ · Hyung-Bae Park²

¹Department of Automobile Mechanical Engineering, Jeollabuk-do, 573-718, Korea

²Department of Automobile Engineering, Gyeonggi College of Science and Technology, Gyeonggi-do, 429-792, Korea

[요 약]

본 논문에서는 자동차 부품업체의 조립 공정에서 압입이나 볼트, 너트 체결에 주로 사용되는 프레스와 너트러너는 정밀도와 생산성 향상이 지속적으로 요구한다. 여러 대의 압입 시스템을 복합적으로 구성한 후 동기화를 통하여 일괄적인 제어를 수행하는 생산 시스템으로 시리얼 통신을 이용한 저속의 멀티 서보 프레스 시스템을 개발하였다. 그 결과로 정밀도와 생산성이 향상되었고 제품에 대한 품질향상을 이룰 수 있었다.

[Abstract]

In this paper, press and nut runner used in press-fit or tightening the bolts and nuts at assembling process of automobile parts companies continually demand accuracy and improved productivity. Simultaneous control of production systems through synchronization configuring of the combination multi press-fit system developed multi servo press system using the low-speed serial communication. As a result, the accuracy and the productivity is improved and product quality improvement could be achieved.

Key word : Press and nut runner, Multi servo press system, Low-speed serial communication.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2014.18.3.248>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<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.

Received 23 May 2014; Revised 27 June 2014
Accepted (Publication) 20 June 2014(30 June 2014)

*Corresponding Author; Hyung-Bae Park

Tel: +82-31-496-4733

E-mail: hbpark@gtec.ac.kr

1. 서 론

자동차 조립 공정에서 압입이나 볼트, 너트 체결에 주로 사용되는 프레스와 너트 러너는 정밀도와 생산성 향상이 지속적으로 요구되고 있다. 초기 단계에는 높은 토크를 위해 유압 시스템을 이용한 장비들이 사용되지만, 시스템을 구성하는 부품의 크기가 크고 고가일 뿐만 아니라, 현장에서 누유 및 비산 작동유로 인한 환경오염과 작업자 건강에 위협이 되고, 소음 발생, 필터와 유압 작동유의 주기적인 교환으로 인한 폐기물 발생 등의 문제점으로 인해 점차 서보 모터 시스템으로 교체되고 있다.

유압 시스템에 비해 에너지 효율이 좋고 유압유를 사용하지 않는다는 장점이 있으며 디지털 제어를 통해 정밀도를 향상시킬 수 있기 때문에, 청정한 작업환경과 품질 향상을 목표로 하고 있는 생산 현장에서 각광을 받고 있다.

국내의 연구 동향으로는 최근에 초정밀화, 고속호화, 복잡화 되어가고 있으며, 마이크로 단위 이하의 정밀도를 요구한다[1]. 기존의 압입 정도법을 수정하여 시험 중 압입하중과 변위를 연속적으로 측정하는 깊이제어압입(depth-sensing indentation)은 박막의 기계적 특성을 평가하는 보편적인 방법으로 활용 폭이 넓어지고 있는 추세이다[2]-[3].

이 방법은 압입 정도법이 갖는 경제적이고 간단한 시편 준비, 시험 과정과 비파괴적 특성과 같은 장점을 고루 갖추고 있을 뿐만 아니라 시험결과로 얻어지는 압입 하중-변위곡선의 이론적인 분석을 통해 경도와 탄성계수를 평가하기 때문에 기존 압입정도법의 주요한 문제점 중에 하나인 광학 현미경을 이용한 압흔 크기 측정에서 오는 인적 오류(human error)를 없앨 수 있는 장점이 있다.

또한 변속기의 제작이나 단품의 조립공정에 관한 연구는 거의 없는 실정이며, 압입공정에 관한 연구 역시 대부분 금형 설계에 제한되어 있다[4].

본 연구에서는 소재의 성형 특성과 스프링 백 현상 등을 지식 기반으로 하여 위치, 속도 제어가 자율적으로 최적화 피드백 제어될 수 있도록 멀티 서보모터 구동방식을 적용한 고토크·고동기화 초정밀 디지털 서보프레스 시스템을 개발하였다.

II. 본 론

2-1 지능형 서보 압입 시스템

지능형 압입 시스템은 서보 프레스는 자체 구동시스템이 장착된 서보모터를 사용해 슬라이드의 정확한 위치와 속도를 제어할 수 있으며, 가공이 어려운 소재 및 형상의 성형이 가능해 기존 기계식 및 유압식 프레스를 대체할 차세대 프레스 기술이다. 압입 체결 시스템의 메커니즘은 서보모터의 회전운동이 슬라이드의 직선운동으로 전환되어 제품을 가공하는 기계로서 그림 1과 같이 동력 전달 방식에 따라 크랭크 방식, 링크방식,

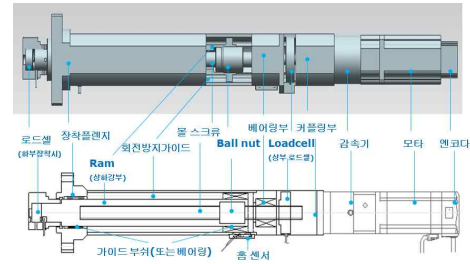


그림 1. 압입 체결 시스템의 메커니즘 설계
Fig. 1. The mechanism design of press-fit tightening system.

스크류 방식, 너클-조인트 방식 등을 나눈다.

본 연구에서는 볼 스크류 방식을 이용하여 압입하는 형태의 메커니즘으로 구성하였으며, BLAC motor 와 감속기로 작동기 부분을 구성하고, 센서를 위하여 엔코더와 로그셀을 이용하여 회전수와 압입력을 센싱하는 시스템으로 구성하였다.

2-2 일체형 서보 압입 제어기 드라이버 구성

로봇 산업 분야에서 신호처리를 위한 효율적인 데이터 처리 속도를 위하여 400 W 급 인버터를 설계하였고, 사다리꼴 속도 프로파일 발생기 등 소프트웨어 처리를 사용하였다.

그리고 그림 2와 같이 일체형 서보 드라이버 제어기는 저가 구성을 위하여 모션 속도 프로파일, 서보드라이버, 압입, 체결을 단가적인 측면에서 단일 칩으로 구현하고, 속도 및 position override 기능을 추가하고 저가 IGBT를 구성하며, LVDT 입력, load cell을 입력받아 피드백 제어한다.

실제 제어기는 master와 slave 기능을 동일 제어기에 구현하여 선택되도록 하여 Menu와 상태정보를 LCD 디스플레이에 표시한다. 그리고 실제 압입이나 체결 시 목표한 토크로 정확히 제어하여 오버슈트를 방지하고, 정상 상태 오차를 최소화 할 수 있는 알고리즘을 개발한다.

또한 그림 3과 같이 배선과 시퀀스 등을 효율적으로 설계하여 소형화 및 배선량 감소시키고, 1개 또는 2개의 프로세서를 구성하여 AC servo 모터 구동 및 속도 프로파일 생성, 로드셀 인터페이스, 시퀀스 동작, 상위 제어기와의 통신을 구현하였다. 그리고 ethernet interface 및 3 port hub를 통한 링 구조 네트워크 구성하였다.

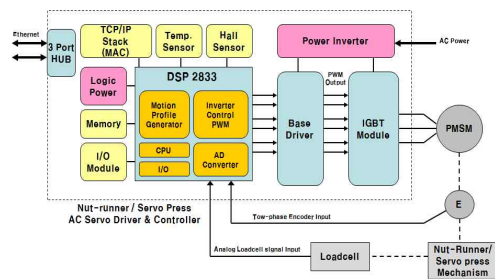


그림 2. 일체형 서보 압입 드라이버의 구성도
Fig. 2. Configuration of integrated servo driver.

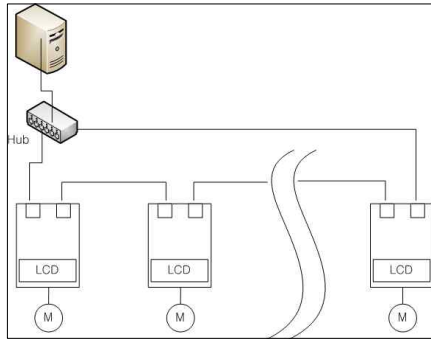


그림 3. 고속 모니터링을 위한 단선 방지 링형 네트워크의 구성도
 Fig. 3. Configuration of ring type network with prevent disconnection for high-speed monitoring.

2-3 일체형 서보 시스템의 네트워크 구성

최근의 자동화 산업 분야에서는 방대한 양의 데이터를 빠르게 전송하기 위한 고속 통신이 요구되고 있다. 고속 통신 방법 중 다축 네트워크를 이용한 제어기 연결이 널리 이용되고 있으며 빠른 속도로 발전되고 있다[5]. 이러한 네트워크 연결 방법의 발전으로 지능형 압입 시스템에도 기존의 저속통신인 RS232C RS422(485) 등을 대체하여 적용되고 있다.

다축 네트워크 구성은 host인 PC와 slave인 제어기가 링구조의 ethernet으로 연결된다. 링 구조로 연결하는 이유는 시스템 통신 망 고장으로 인한 단선이 발생한 경우에도 반대 방향으로 데이터를 전송할 수 있도록 하기 위해서이다. 각각의 제어기에는 3포트 허브가 내장되어 있고 이를 통해 인근 제어기와 연결되므로, 허브를 중심으로 별구조로 연결하는 것에 비해 배선을 훨씬 간단하게 구성할 수 있다.

III. 압입 자동생산 알고리즘

3-1 고정도 토크 제어 알고리즘

볼트 체결 작업에서 예압입과 본압입 단계에서 볼트에 인가되는 토크를 로드셀을 이용하여 모니터링 하면 그림 4와 그림 5와 같다.

위치1에서 위치3까지는 위치제어 모드로서 토크제어보다는 압입되는 위치를 제어하는 알고리즘을 사용하였고[6], 위치4에서 위치5까지는 실제 원하는 압입 토크가 발생해야 함으로 전류제어에 의한 토크제어 알고리즘이 사용하는 MIMO(multi input multi output) 형태의 고정도 토크 제어 알고리즘을 사용하였다.

일반적인 서보 모터 제어기는 위치, 제어, 전류를 PID 방식으로 제어한다. 그러나 본 연구에서는 그림6과 같이 서보프레스나 너트러너의 경우에는 압입 토크를 검출하는 로드셀과 토크를 제어하기 위한 토크 제어기가 추가하여 구성하였다.

이 경우 기존의 제어 방법으로는 압입 체결 시 시스템의 응답특성과 외부 반발력으로 인하여 오차가 생길 수밖에 없으며, 이러한 오차로 인해 목표 토크에 도달하여 모터를 정지하여도 오차 보상 루틴에 의하여 오버슈트가 발생해 목표 토크를 초과하게 된다. 본 연구에서는 목표 토크에 도달하였을 때 검출된 위치를 되먹임하여 위치제어기에 인가시킴으로써 목표한 토크를 계속 유지하는 방법을 제시하였다.

그림 7과 같이 압입시스템 제어 시 위치제어기는 외란과 기구의 부하 등으로 인해 오차를 수반하게 된다. 이러한 오차로 인해 원하는 토크에 도달하여 압입시스템 시퀀스 제어를 멈추고자 하여도 계속 전진하도록 제어 되므로 목표 토크 값을 초과하는 문제가 발생된다.

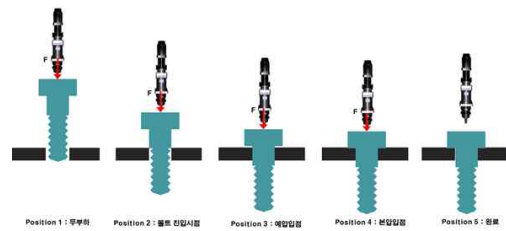


그림 4. 압입과정 흐름도
 Fig. 4. The flowchart of the indentation process.

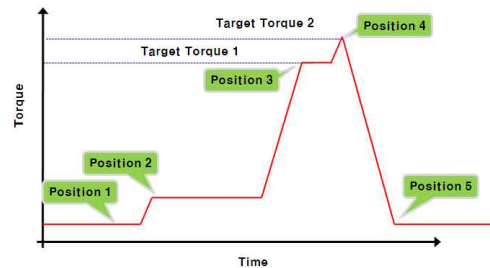


그림 5. 압입 위치에 따른 토크 변화도
 Fig. 5. The Torque change chart with the depressed position.

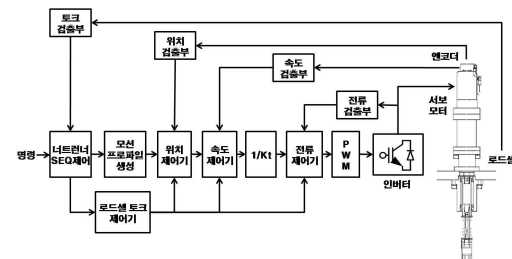


그림 6. 고정도 토크 제어 시스템의 블록 다이어그램
 Fig. 6. The Block Diagram of the accuracy torque control system.

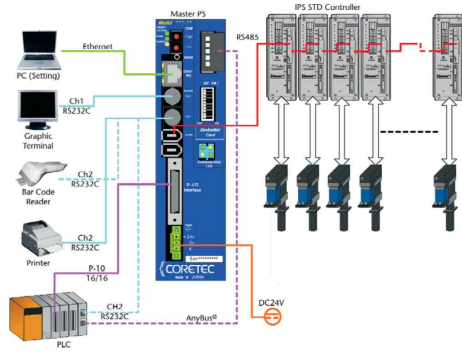


그림 9. 시리얼 통신을 이용한 저속의 멀티 서보프레스
 Fig. 9. Multi servo press of low velocity using the serial communication.

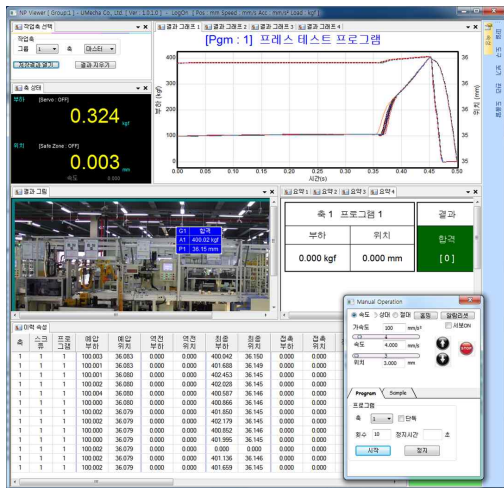


그림 10. 고속 모니터링 생산 시스템
 Fig. 10. High-speed monitoring manufacturing system.

IV. 실험 결과

본 실험은 고정도 토크 제어 알고리즘을 적용하여 위치제어 단계와 전류제어단계로 나누어 실험을 수행하였다. 실제 실험에 있어서 목표 토크에 도달될수록 힘 록은 토크 오차가 점점 작아지므로 속도도 점점 느려지는 효과가 자연스럽게 만들어진다.

목표 토크 위치에서 속도가 낮기 때문에 기계적 반응이 느리더라도 높은 토크 정밀도를 구현할 수 있었고, 기존 방법에서는 급정지로 인한 관성 등으로 인하여 오버슈트가 발생하였으며, 이러한 오버슈트를 최소화하기 위하여 임의로 속도를 낮추는 것을 가변 속도 제어로 최적화할 수 있게 되어 생산성 향상에도 도움이 될 수도 있다.

품질의 정도를 높이기 위하여 압입을 1회로 끝내지 않고 2회 이상으로, 예압과 본압으로 구성하여 실험을 실시하였다. 본 논문에서는 프레스를 연속적으로 계속 설정할 수 있도록 구성 하

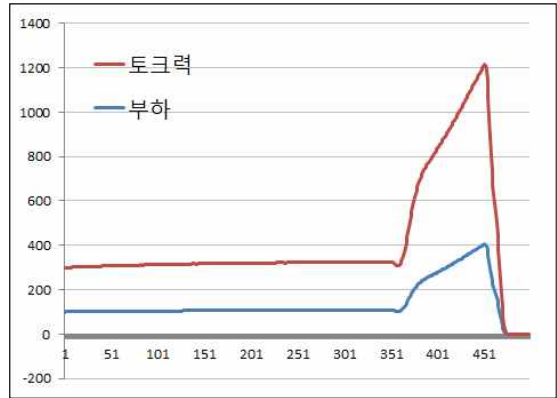


그림 11. 압입 위치에 따른 토크 변화 실험 결과
 Fig. 11. The Torque change experiment result with the depressed position.

였고, 예압, 본압, 역전 등의 일련의 과정을 사용자가 설정할 수 있도록 하였다.

그림 11은 예압과 본압으로 사용자 프로그램 설정(manager)을 보여 주고 있으며, 소형 압입시스템으로 압입한 결과(viewer)에서 보여준다. 결과 그래프에서 보는 바와 같이 위치제어인 예압과 전류제어인 본압으로 나누어 압입된 결과로서 목표에 도달하였음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 자동차 부품업체의 조립 공정에서 압입이나 볼트, 너트 체결에 주로 사용되는 프레스와 너트러너는 정밀도와 생산성 향상을 위하여 여러 대의 압입 시스템을 복합적으로 구성한 후 동기화를 통하여 일괄적인 제어를 수행하는 생산 시스템으로 시리얼 통신을 이용한 저속의 멀티 서보 프레스 시스템을 개발하였다. 지능형압입시스템은 이더넷 허브를 통해 링 방식의 다축 네트워크의 통합 서보 드라이버 제어기로 개발하였다. 그 결과로 정밀도와 생산성이 향상되었고 제품에 대한 품질향상을 이룰 수 있었다.

본 과제에서는 프레스를 연속적으로 계속 설정할 수 있도록 구성하였고, 예압, 본압, 역전 등의 일련의 과정을 사용자가 설정할 수 있도록 하였다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 호원대학교 교내 학술연구비에 의해 조성된 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] J. I. Jung and J. S. Yang, “Trend and prospect of thin film processing technology”, *Journal of the Korean Magnetics Society*, Vol. 21, No. 5, pp. 185-191, 2011.
- [2] W. C. Oliver and G.M. Pharr, “Improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments”, *International Journal of Materials Research*, Vol. 7, No. 6, pp. 1563-1583, 1992.
- [3] A. Bolshakov and G.M. Pharr, “Influence of pile-up on the measurement of mechanical properties by load and depth sensing indentation techniques”, *International Journal of Materials Research*, Vol. 13, No. 4, pp. 1049-1058, 1998.
- [4] E. F. Yoh and Y. S. Lee, “Integrated analysis for the shrink fitted die with multi stress-ring of dissimilar materials”, *Journal of Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 40-46, 2001.
- [5] H. Y. Kim, C. J. Choi, C. Kim, and W. B. Bae, "A study on the prediction of teeth deformation of the automobile transmission part in warm shrink fitting process”, *Journal of Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 23, No. 9, pp. 352-357, 2006.
- [6] S. H. Jeong, M. Y. Yook, H. B. Lee and S. S. Do “A development of flexible press-fit machine using robot with Servo Press”, *Journal of Korea Society of Automotive Engineers*, Vol. 9, No. 6, pp. 583-587, 2008.



유 환 신 (Hwan-Shin Yu)

2006년 2월 : 국민대학교 자동차전자제어 (공학박사)
2006년 3월 ~ 현재 : 호원대학교 자동차기계공학과 교수
※ 관심분야 : car electronic



박 형 배 (Hyung-Bae Park)

2003년 2월 : 홍익대학교 기계공학 (공학박사)
2005년 3월 ~ 현재 : 경기과학기술대학교 자동차공학과 교수
※ 관심분야 : 자동차 전기전자제어, 유압시스템 제어