선재 압연 롤 교체 로봇 시스템

Roll Replacing Robot Systems for Wire-rod Press Roll

김 무 림*, 유 기 성, 유 황 열, 최 진 태

(Maolin Jin¹, Ki-sung You¹, Hwang-ryol Ryu¹, and Chintae Choi¹)

¹Research Institute of Industrial Science & Technology

Abstract: This paper presents the development of roll replacement robot system for wire-rod press rolls. The roll replacement robot system consist of a palletized railway truck, a 6-DOF industrial robot manipulator, a roll changing tool and a hydraulic power system. Results of simulation and pilot experiment show the roll changing task can be successfully automated using proposed robot system.

Keywords: wire-rod, press roll, robot systems, roll changing tool

I. 서론

로봇기술의 발전과 더불어 더럽고 힘들고 위험한 3D 작업들이 점차적으로 기계화 및 자동화 되어가고 있다[1-5]. 철강 산업도 대표적인 3D 산업중의 하나로서 고온, 분진, 악취, 소음 등 문제와 더불어 근골격계의 부상위험과 안전 문제는 작업자의 생산성 향상의 걸림돌이 되고 있다. 본 논문에서는 철강공정에서 선재압연공정에서의 롤 교체작업을 위한 로봇 시스템을 다룬다.

선재압연공정이란 120~160mm의 사각형 빌렛 소재를 고온으로 가열하여 조압연, 중간사상압연, 사상압연 등의공정을 거쳐 5.5~34mm의 선재제품을 생산하는 공정이다. 중간사상 압연기는 롤 샤프트 외경과 롤 내경사이에 롤 슬리브가 억지끼움 형태로 조립되어 롤 샤프트와 롤간의 슬립을 방지하고 생산과정에서 롤을 견고히 유지시켜 주도록 구성되어 있다(그림 1). 이러한 선재 압연 공정에서는 선재를 일정 시간 생산 후 마모된 압연 롤을 새로운 롤로 교체 해주어야 양질의 선재 제품을 계속 생산할 수 있게 된다.

롤 교체작업은 일정한 양의 선재를 생산한 후 롤이 마모되면 선재 압연기의 샤프트에 조립된 롤을 분해하고 미리 정비를 끝낸 새 롤을 압연기의 샤프트에 조립하는 작업이다. 롤을 압연기의 샤프트에 조립하기 위해 슬리브를 사용하는데 롤 분해 작업은 억지 끼워 맞춤 된 슬리브를 샤프트에서 분리하는 작업을 포함하고, 롤 조립 작업은 롤과 슬리브를 샤프트에 억지 끼워맞춤하여 견고히 하는 작업을 포함하게 된다.

기존의 선재 롤 교체 작업은 그림 2 롤 교체 작업시 롤을 호이스트와 크레인에 걸어 압연기의 샤프트로 이동하므로 크레인이 항시 대기해야 한다. 또 크레인 운전자와 신호

가 안맞을 경우 롤이 주변 시설물에 충돌하게 되는 등 안전사고 위험이 잠재되어 있다.

또한 기존의 방식은 매니플레이터를 인력으로 롤에 접근시키고 롤의 조립을 위해 샤프트의 중심과 롤 해체조립기의 중심을 작업자의 감에 의존하여 맞추게 된다. 이때 롤

그림 1. 롤 조립/해체 개념도: (1) 선재 압연기 샤프트, (2) 슬리브, (3) 선재 롤 압연롤.

Fig. 1. Schematic drawing of roll assemble/disassemble: (1) rolling mill shaft, (2) sleeve, (3) press roll.

그림 2. 선재 롤 교체 작업.

Fig. 2. Wire-rod roll replacement work.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2010. 11. 30., 수정: 2010. 12. 10., 채택확정: 2010. 12. 23.
 김무림, 유기성, 유황열, 최진태: 포항산업과학연구원 시스템솔루션
 본부(mulim@rist.re.kr/yks@rist.re.kr/ldryu@rist.re.kr/chintae@rist.re.kr)

※ 본 논문은 POSCO에서 지원하여 연구하였으며, 2010년도 대전
 충청지부 학술대회에서 초안이 발표되었음.

교체 롤의 중심과 샤프트 중심이 맞지 않거나, 롤 교체 롤의 밀면과 샤프트의 윗면이 평행되지 않으면 가압을 진행할 때 힘이 한쪽으로 쏠리면서 롤빼기와 롤 박기가 잘 되지 않게 된다. 그리고 작업자의 수동조작에 의존하므로 롤 분해와 롤 조립품질이 균일하지 않게 된다.

기존의 방식으로 롤 조립시에는 작업자가 무거운 인서트핀을 들어 롤에 장착하고 압연기의 샤프트에 진입시켜야 하는데 이는 근골격계의 피로와 안전사고를 유발할 위험이 있다. 따라서 중간사상 압연기의 12개의 롤을 교체해야 하는 반복작업으로 작업자의 피로가 누적되어 작업능률이 저하되고 롤 교체 작업시간이 지연되어 생산성이 저하되는 문제가 있다.

본 논문은 선재 롤 교체 자동화 로봇 시스템을 소개한다. 롤 교체 작업을 완전 자동화 하여 롤 교체시 발생하는 작업자의 안전사고를 예방하고 신속한 롤 교체 작업을 지원함으로써 선재라인의 생산시간의 증대를 꾀한다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저, II 장에서는 기계화 및 자동화를 위해 고안된 선재 롤 교체 로봇 시스템을 소개하고 III 장에서 시뮬레이션 및 예비실험 결과를 보인다. 마지막으로, IV 장에서는 결과를 요약정리하고, 향후 계획에 대해 논한다.

II. 선재 롤 교체 로봇 시스템

선재 롤 교체 로봇 시스템 그림 3에 선재 롤 교체 로봇 시스템을 나타내고 있다. 6자유도 산업용 로봇 매니플레이터; 산업용 로봇 매니플레이터의 6축에 취부되어 롤 교체 작업을 수행하는 롤 교체 롤; 해체 된 롤과 슬리브(혹은 조립 할 롤 과 슬리브)를 놓을 수 있도록 설계된 팔레트; 롤 교체 롤을 작동하기 위한 유압 동력시스템 및 제어기; 그리고 로봇 매니플레이터, 로봇 제어기, 유압 동력시스템 및 제어기, 팔레트 등을 고정된 위치에 설치할 수 있도록 고안된 전 후진 가능한 대차; 대차의 차륜을 지지하여 차륜의 주행저항을 줄이기 위해 사용한 레일; 상기 대차의 정밀한 수평도 및 직진도의 확보를 위해 채용한 헬리컬 기어/랙 조합을 사용한 구동부로 구성하였다. 또한 주변의 분진과 습기 등으로부터 보호하기 위해 에어컨과 출입문이 장착된 로봇하우스를 설치하였다(그림 4).

그림 3. 선재 롤 교체 로봇 시스템.

Fig. 3. The robot system for replacement of wire-rod press roll.

선재를 교체 로봇 시스템의 제어는 산업용 컴퓨터, 로봇 제어기, PLC 등으로 각각 이루어진다(그림 5). 산업용 컴퓨터에는 비전보드가 장착이 되어 있고 영상처리를 통하여 인서트핀과 롤의 러그너트의 진입각도를 계산해주게 된다. 로봇 제어기와 HMI와의 통신은 TCP/IP 통신으로 진행되고 산

그림 4. 로봇 및 로봇 하우스 배치도.

Fig. 4. An arrangement plan for robot and robot house.

그림 5. 롤 교체 로봇 시스템 구성도.

Fig. 5. Configuration of the roll replacing robot system.

선재부 롤교체 로봇

그림 6. 선재 롤 교체 로봇 시스템 HMI 화면.

Fig. 6. HMI for the roll replacing robot.

업용 컴퓨터가 서버로 로봇제어기가 클라이언트로 구성되어 있다. PLC는 선재를 교체 롤의 제어를 담당하고 있다. 선재를 교체롤의 클램프, 언클램프, 롤 리그너트 회전, 인서트 핀 회전, 가압실린더 전진 후진 등을 제어해 주며 이는 DIO 32채널을 통하여 로봇 제어기의 명령을 받아서 수행하게 된다. HMI용 산업용 컴퓨터와 PLC는 RS232C통신으로 연결되어 HMI에서 PLC의 상태를 파악할 수 있게 하였다.

롤 분해 작업과 롤 조립 작업은 각각 12개의 롤에 대해 이루어진다. 현재 롤 교체 로봇 시스템이 어떤 상태에 있는지 일목요연하게 보여주기 위해 그림 6과 같은 화면을 구축하였다.

III. 시뮬레이션 및 예비실험

시중에 판매되고 있는 가와사키 로봇을 이용하여 롤 분해/조립 작업을 수행을 위한 프로그램 개발을 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이터는 PC-ROSET (PC-ROSET Ver3.26a for Handling D-con)을 사용하였고 시뮬레이터를 사용하였고, 프로그래밍 언어는 AS 언어이다. (아즈라고 읽는다.) 컴퓨터 시뮬레이션으로 로봇의 작업반경 및 작업자세를 체크하고 로봇과 대차의 설치위치를 파악하였다. 팔레트는 로봇 매니플레이터에서 12개의 롤 (수평 6개, 수직 6개) 모두 접근할 수 있도록 배치하였다(그림 7, 8).

실제 압연기 스탠드에서 롤 분해/조립 작업을 시험하였다. 롤 분해작업은 동작별로 스탠드 압연기 접근→로봇하강→롤 45도 회전→가압실린더 전진/후진→롤 복귀각도 회전→롤 클램프→로봇상승→팔레트 접근→롤 언클램프→로봇

그림 7. 롤 분해 작업 시뮬레이션(수직 롤).

Fig. 7. Simulation of roll disassembling work (vertical roll).

그림 8. 롤 분해 작업 시뮬레이션(수평 롤).

Fig. 8. Simulation of roll disassembling work (horizontal roll).

1. 스탠드 접근(3초)
2. 로봇 하강(5초)
3. 롤 45도 회전(5초)
4. 가압/가압해제(24초)
5. 롤 복귀
6. 롤 클램프(5초)
7. 로봇 상승
8. 팔레트 접근
9. 롤 언클램프(5초)
10. 로봇만 빠져 나오기

그림 9. 롤 분해 작업 테스트.

Fig. 9. Pilot test of roll disassembling work.

1. 팔레트 접근
2. 롤 클램프(5초)
3. 스탠드 접근
4. 로봇 하강
5. 롤 언클램프(5초)
6. 인서트 핀 회전(5초)
7. 가압/가압해제(24초)
8. 인서트핀 복귀(5초)
9. 로봇만 빠져 나오기

그림 10. 롤 조립 작업 테스트.

Fig. 10. Pilot test of roll assembling work.

복귀 동작이 있고 총 1분 29초 소요된다(그림 9). 롤 조립 작업은 팔레트 접근→롤 클램프→스탠드접근→로봇하강→롤 언클램프→인서트핀 90도 회전→가압실린더 전진/후진→인서트핀 복귀각도 회전→로봇복귀 동작이 있고 총 1분 30초 소요된다(그림 10). 총 12개의 롤을 교체(분해/조립)시 36분정도 필요하다는 것을 알 수 있다. 이는 현재 수작업 교체시 1시간 44분 소요되는 롤 교체시간을 크게 단축할 수 있음을 보여준다. 물론 롤 교체에는 로봇이 하는 작업 외에 약간의 준비/마무리 작업이 필요하므로 1시간 44분을 36분으로의 단축은 불가능하지만 롤 교체시간을 1시간 이내로 단축하는 것은 가능하다고 보여진다.

IV. 결론

본 논문에서는 선재 압연 롤 교체 로봇 시스템을 소개하였다. 선재 압연을 자동 교체시스템은 기존 작업방식에서 사람의 개입을 꼭 필요로 했던 작업들에 존재했던 문제들을 해결함으로써 종래의 수동으로 압연 롤을 교체하는 방식을 무인화 및 자동화를 할 수 있다. 즉 작업자가 수동으로 롤 교체 장치를 움직여 이송하는 작업과, 롤 교체 롤의 롤과 압연기의 샤프트의 센터를 맞추어야 하는 문제와, 크레인과 호이스트를 이용한 롤과 슬리브의 운반작업, 크레인과 호이스트를 이용한 팔레트의 이송작업을 선재 롤 교체

로봇 시스템을 통하여 완전 자동화하게 되므로 크레인 조작 횟수를 감소시키고, 호이스트는 필요하지 않게 되며, 작업자의 수를 현저하게 감소시킬 수 있을 뿐 아니라 작업자의 안전을 보장하고, 물 교체작업 시간을 단축하고 선재 생산시간을 늘려 선재 생산량이 증가할 수 있게 된다.

추후 현장에 투입하기 위해 (1) 대차 및 레일의 현장 설치 (2) 가압시간 및 가압압력 튜닝 (3) 각종 현장 센서 신호를 제어하는 PLC와의 개발된 시스템 통합 (4) 로봇 동작 최적화 등 작업을 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] Y. Seo, S. Jung, and S. Kim, "The domestic state of the art of the robot development for nuclear industry," *The 2004 Spring Symposium of The Korean Institute of Electrical Engineers (in Korean)*, pp. 162-165, May 2004.
- [2] S. Lee, S. You, J. Choe, C. Han, K. Lee, and S. Lee, "Development of the construction robot for installation of curtain-wall in a skyscraper," *The 2005 Symposium of Architectural Institute of Korea (in Korean)*, vol. 25, no. 1, pp. 233-236, Oct. 2005.
- [3] Z. Kim, M. Kim, M. Jin, J. Lee, and P. H. Chang, "Development of fire-fighting and rescue robot for outdoor environment using target oriented design methodology," *Journal of Control, Automation, and Systems Engineering (in Korean)*, vol. 13, no. 2, pp. 86-92, Feb. 2007.
- [4] J. Yoon, M. Auralius, and J. Yoon, "A maneuver interface scheme of a hydraulic backhoe manipulator," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 16, no. 4, pp. 346-352, Apr. 2010.
- [5] B. You and K. Kim, "Development of agriculture robot for unmanned management in controlled agriculture," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 17, no. 5, pp. 444-450, May 2011.
- [6] M. Jin, K. You, H. Ryu, and C. Choi, "Development of robot systems for replacement of wire-rod press roll," *The 2010 ICROS Daejeon Chungcheong Chapter Annual Conference*, pp. 37-39, Dec. 2010.

김 무 림

1999년 연변과학기술대학 재료기계공학과 (공학사). 2004년 KAIST 기계공학과(공학석사). 2008년 KAIST 기계공학과(공학박사). 2008년 KAIST 기계기술연구소(박사후 연구원). 2008년~현재 포항산업과학연구원 시스템솔루션연구

본부 선임연구원. 관심분야는 로봇 메커니즘 설계 및 해석, 차량동역학, 필드로봇, 철강 로봇 및 자동화.

유 기 성

1998년 부산대학교 기계공학과 졸업. 2000년 부산대학교 지능기계공학과 대학원 석사. 2004년 동대학원 박사. 2004년 이후 포항산업과학연구원에 책임연구원으로 재직 중. 주 관심분야는 로봇센서, 로봇틱스 등.

유 황 열

2004년 Brigham Young University, Computer Science (공학사). 2006년 The University of Texas at Arlington, Computer Science & Engineering (공학석사). 2009년~현재 포항공과대학 Computer Science (박사과정). 2006년~

현재 포항산업과학연구원 선임연구원. 관심분야는 패턴인식, 머신비전, 로봇비전, 자율주행, 계측 자동화.

최 진 태

1982년 부산대학교 기계공학과 졸업. 1984년 부산대학교 기계공학과 대학원 석사. 1997년 동 대학원 박사. 1986년 포항산업과학연구원 입소. 현재 시스템솔루션 연구 본부장. 관심분야는 제어시스템, 로봇틱스, 전기자동차 파워트레인.