

용융아연욕 부유물 제거용 로봇시스템 개발

Development of a Robot System for Removing Top Dross on a Zinc Pot

°임 태 균*, 박 상 덕*, 이 왕 하*, 이 옥 산**

*포항산업과학연구원 공정자동화연구팀 (Tel: 0562-279-6741; Fax: 0562-279-6599; E-mail: Tglim@RISnet.rist.re.kr)

**포항제철(주) 광양제철소 냉연부 용융도금공장

Abstracts Throughout CGL (Continuous Galvanizing Line) in steel works, zinc-coated steel sheets are produced which are used where long-running corrosion resistivity is required. During the galvanizing process, top dross is created and floated on the zinc pot. Because the dross leaves ill patterns on the coated sheets, it is removed manually with shovel-like tools in about twenty minutes. Because, however, the working environment is very noisy, hot and harmful to human workers, a robot system is developed and implemented on a real plant to automatically remove the top dross. It consists of a robot and its carriage system, a pot level sensor, a system controller, and special tools to collect, pick up, and put the top dross into a dross waste basket. A system software is developed to monitor the system status. A series of tests were performed to verify the robot motion and adaptation to working conditions, and proved successful work.

Keywords Steel Making Plant, Zinc Pot, Top Dross Removal, Robot System, Field Implementation

1. 서론

제철소의 연속용융 도금설비 (CGL: Continuous Galvanizing Line)는 자동차나 가전제품 등에 주로 쓰이는 내식성 (耐蝕性) 아연도금 강판을 생산하는 설비이다. 도금 공정은 가열로에서 예열된 강판(steel sheet)이 용융아연욕 (zinc pot)을 거치면서 이루어 지는데, 이때 air knife 에 의해 도금 두께가 조절된다. 이러한 과정에서 고온 상태 (450 °C 가량)의 용융 아연은 화학 반응이 쉬워져 철과 산소와 반응하게 되어, 용융아연욕 상부에는 이러한 화합물로 이루어진 부유물(top dross)이 생기는데, [1] 이들이 강판에 붙을 경우 도금 품질에 영향을 준다.

따라서, 이 부유물들은 용융아연욕 상부로부터 정기적으로 제거되어야 하는데, 현재까지 부유물 제거는 거의 대부분 수작업에 의해 이루어지고 있으며 대략 20~30 분마다 한번씩 작업자가 삽과 같은 기구를 이용하여 긁어 모으고 떠서 회수통에 버린다. (그림 1) 버려진 부유물은 아연 생산 공장에 보내어져 가열(heating), 증류(distillation), 응축(condensation)의 과정을 거쳐 다시 아연 잉곳(zinc ingot)으로 환원되어 재사용된다.

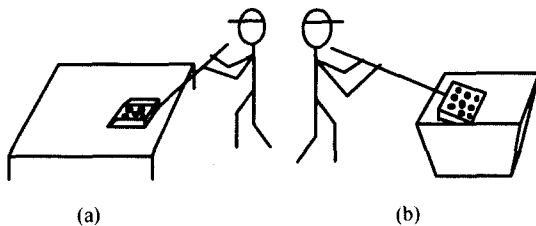


그림 1. 작업자에 의한 부유물 제거 작업.
Fig. 1. Manual operation for top dross removal.

그런데, 용융아연욕 주변은 작업 환경이 열악하여 부유물 제

거 작업은 작업자들이 기피하는 작업 중의 하나가 되고 있다. 450 °C 가량의 용융아연욕에서 발산하는 고열과 아연가루 및 도금 공정중에 발생하는 제트기 소음과 같은 고소음은 작업자에게 해로우며, 10 kg 가량의 부유물 제거 기구도 다루기에 힘들다. 또한, 작업자는 난청과 실족 사고에 노출되어 있어 위험 작업 요소가 되고 있다.

따라서, 신일본제철을 비롯한 일본의 여러 제철소에서는 이 작업의 자동화를 1980 년도부터 꾸준히 연구해 왔다. [4] 용융아연욕의 상부 및 하부 찌꺼기 (top and bottom dross)의 제거와 회수에 관련된 이러한 연구는 부유물의 발생 억제장치, 모음장치, 제거장치 및 회수장치 등을 중심으로 연구되어 특허 기술자료로 발표되고 있으나, 이제까지 현장에 적용이 용이한 작업 모델을 개발하지 못했으며 실용화된 실적도 별로 알려지지 않고 있다. 그 주된 이유는 이러한 연구들이 대부분 환원제 첨가에 의한 금속화학적인 환원 회수 방법에 의존하고 있으나 부유물의 금속속의 강한 고착성으로 인해 설비 관리면에서 문제가 되고 있기 때문이다.

POSCO에서는 현재 부유물 제거 작업을 전적으로 수작업에 의존하고 있으며, 도금 설비와 함께 들어 온 일부 부유물 회수 장치가 있었으나 설비 운용상 문제가 있어 현재 사용되지 않고 있다.

본 논문에서는 이 작업의 자동화를 위한 용융아연욕 부유물 제거용 로봇 시스템 개발 연구에 대해 소개한다. 여기서는 사람의 부유물 제거 작업 방법에 착안하여 로봇 시스템으로 하여금 직접 부유물을 모으고 떠서 버리는 작업 방안을 연구하였다. 이 방법은 삽과 같은 기구에 의한 물리적인 제거 방법이므로 위에 소개된 방법에 비해 설비 구성면에서의 문제점을 최소화할 수 있다.

이 시스템 개발을 위해 현장 설비 및 수작업 분석, 개념 설계, 요소 시스템 개발, 부유물 제거를 위한 기구 설계, 적합한 로봇 선정 및 주행 시스템 개발, 통합시스템 구성 및 작업 테

스트 과정을 거쳐 용융아연욕의 부유물을 자동으로 제거하는 로봇시스템의 현장 적용 모델을 개발하였다.(그림 2) [5]

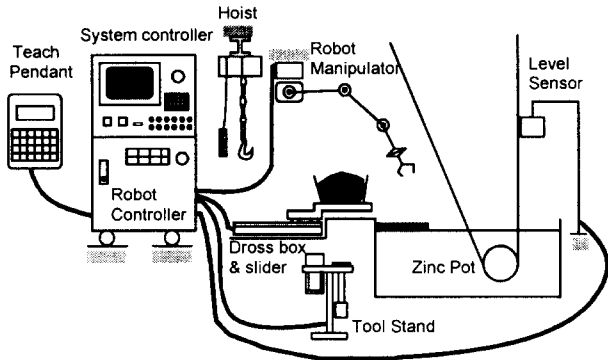


그림 2. 전체 시스템 구성 개략도.

Fig. 2. Schematic diagram for the integrated system.

또한, 현장 적용성을 향상시키기 위해서 내열성, 내구성, 보수성을 고려하여 요소 시스템을 설계함으로써 안정된 조업으로 유도하며 장치를 단순화시켜 현장 작업자의 사용 편의를 도모하고, 작업자의 시스템 감시를 위해 작업 상황 모니터링 S/W를 개발하였다.

2. 부유물 제거용 로봇 시스템

2.1 기계부 시스템 구성

개발된 부유물 제거용 로봇 시스템은 용융아연욕의 탕면 높이 변화를 감지하는 레이저 거리센서 시스템, 부유물을 긁어 모으는 긁개, 부유물을 떠서 버리는 삽, 이 로봇 기구들을 자동으로 번갈아 잡고 작업하는 로봇 손목 기구부 및 부유물 제거 작업을 수행하는 로봇과 주행시스템, 그리고 전체 시스템을 제어하는 통합 시스템 제어기 등으로 구성된다. 이 로봇 시스템은 미리 입력된 작업 주기에 따라 용융아연욕 레벨 센서로부터 탕면 높이를 알아내어 부유물을 긁어 모으는 기구와 부유물을 떠서 버리는 기구를 자동으로 번갈아 잡고 작업 높이를 조절하여 부유물 제거 작업을 자동으로 수행하게 된다.

본 연구에서 개발된 로봇 시스템의 구성 요소와 각 요소의 기능은 다음과 같다. (그림 2) 부유물 제거용 로봇은 부유물 모음용 기구와 부유물 제거용 삽을 교대로 파지하여 부유물 모음 작업과 부유물을 떠서 회수통에 버리는 작업을 수행하는 것으로, NACHI MA30A 로봇을 일부 수정하여 사용하였다.[6] 로봇 주행축은 부유물 제거용 로봇이 좌우로 이동하도록 하는 레일로서 구동방법은 rack-pinion 구동방식으로 로봇의 하중은 LM-guide에 의해 지지된다.

부유물 모음용 긁개는 아연 탕면에 부유하는 부유물을 한곳으로 모으기 위한 것으로, ATC(automatic tool changer)에 의해 로봇 손목부에 착탈되며 아연 탕면과 직접 접촉하는 부위에는 순수 아연이 빠져 나갈 수 있도록 작은 구멍을 뚫었다. 부유물 제거용 삽은 긁개에 의해 모아진 부유물을 떠서 회수통에 버리는 것으로 부유물을 떠내는 삽과 삽을 개폐하는 실린더, 삽이 부유물을 떠낼 때 받쳐주는 보조판 및 보조판 구동용 실린더로

구성되어 있다. 삽에는 특별히 고안된 기구를 이용하여 부유물의 기구에 강한 고착성을 상당히 완화하였다. 이 두 기구는 tool stand에 놓여 있으며 여기에는 기구 유무 감지용 센서가 달려 있다. 또한, ATC는 로봇 손목부와 부유물 긁개 및 부유물 제거용 삽 사이에 설치되어서 로봇이 주어진 작업에 따라 적합한 기구를 잡을 수 있도록 해준다. 본 연구에서는 NITTA사 제품의 XC-30 모델을 사용하였으며 가반중량이 30 kg이다.

부유물 회수통 투입기(dross box slider)는 부유물 회수통을 전후로 이동시키기 위한 장치로서 로봇이 부유물 모음 작업 중일 때는 뒤에 후퇴해 있다가 부유물 제거용 삽이 부유물을 떠낼 때는 용융아연욕 쪽으로 전진하여 부유물을 담는다. 또한, 부유물 회수통 이동용 호이스트(hoist)는 부유물 제거작업에 의해 가득 채워진 회수통을 후속작업이 가능하도록 지게차가 들어올 수 있는 위치까지 수동작업에 의해 운반할 수 있는 장치이다. 호이스트의 용량은 2 ton이며 상하이동 및 좌우이동의 2축 운동이 가능하다.

2.2 제어부 시스템 구성

제어 시스템은 크게 소프트웨어 운용을 위한 제어기 부분과 주변 센서들로부터 값을 읽어 오는 입출력부로 나뉘어 진다. (그림 3) CPU 보드는 통합제어기의 중심부로서 시스템 S/W를 운영하는 핵심부분이다. 본 시스템에서는 열악한 환경에 보다 잘 적응하며 시스템의 확장성이 우수한 VME형을 사용하였다. 여기에 VME형의 보드를 구동하기 위한 backplane, 전원부 및 데이터의 관리를 위한 FDD, HDD도 함께 구성되어 있다.[3]

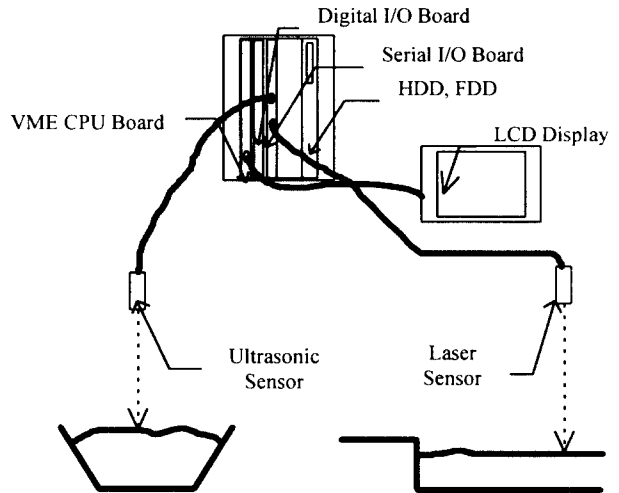


그림 3. 시스템 제어기의 구성.

Fig. 3. System controller setup.

본 시스템에서는 두 가지의 센서가 사용되었는데, 초음파 센서는 부유물 회수통 내의 부유물 분포를 측정하여 다음에 삽으로 부유물을 버릴 때 가장 낮은 곳부터 버리도록 하여 골고루 쌓기 위한 것이다. 그리고 레이저 센서는 로봇이 아연 탕면에서 작업할 때 작업 높이를 조절할 수 있도록 아연 탕면의 높이 변화를 측정하기 위한 것이다. 이 센서들은 RS232 전송 방식으로 데이터가 전달된다. 확장 serial 보드로는

VCPH4a 모델이 사용되었다.[2] LCD 화면은 시스템의 작업 상황을 작업자에게 알려 주기 위한 것으로 LCD 형을 채택하여 공간을 적게 차지하도록 하였으며 시스템 제어기의 앞면에 부착 하였다.(그림 2)

3. 시스템 S/W

3.1 시스템 S/W의 구성 및 각 기능

부유물 제거용 로봇 시스템을 운용함에 있어서 로봇작업 전·후를 포함한 전체 공정에서 주변 설비 및 시스템의 작업 상황을 작업자에게 도식적으로(graphically) 알려주고, 탕면 높이 변화 등 조업 관리에 필요한 데이터를 포함한 작업이력을 기록하며, 로봇 및 시스템의 정지시 그 처리 방법을 제시해 줌으로써 현장 작업자에게 보다 편리하고, 효율적인 작업을 제공하기 위한 것이다.

시스템 S/W는 한글 WINDOWS Version 3.1 기반하에서 동작한다. COMPILER로는 BORLAND C++ Version 4.5가 사용되었다. 그림 4는 시스템 S/W의 주 메뉴 구성을 보여 준다.

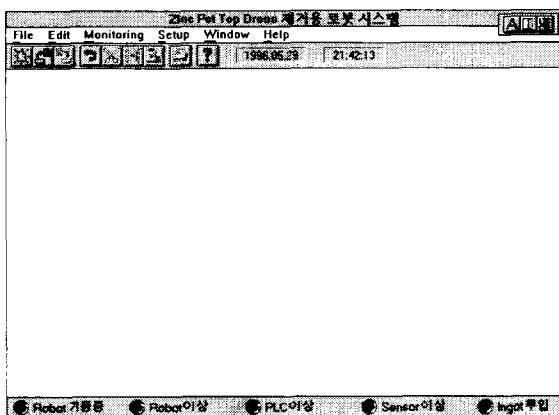


그림 4. 시스템 S/W의 주 메뉴 구성.
Fig. 4. Configuration of main menu for system S/W.

여기서, File 메뉴부는 파일(file) 관리를 담당하는 부분으로 주로 파일의 open, close, save, print 등의 작업을 수행하며 작업이력 파일도 관리하도록 하였다. 작업이력 정보에는 로봇의 작업마다 사건(event)의 변화를 기록함으로써 조업 관리에 도움이 되도록 하였다.

Edit 메뉴 부분은 파일의 편집 기능을 담당하는 부분으로 삭제, 붙이기, 복사 등의 기능을 수행한다.

Monitoring 메뉴 부분은 시스템 S/W에서 가장 중요한 메뉴 부로서 로봇의 동작 변화를 감시하는 것은 물론이고, 주변 설비와 센서 값의 변동 및 PLC 접점의 상태도 감시할 수 있다.(그림 5) 화면의 PlanView는 로봇을 위에서 보았을 때의 형태로 로봇이 용융아연욕의 어느 위치에서 작업하고 있는가를 쉽게 확인할 수 있으며, SideView를 통해서도 로봇이 부유물 모음 또는 제거 작업하는 것을 확인할 수 있고, 부유물 회수통의 위치를 알려 주는 역할도 한다.

Setup 메뉴 안에서는 통신 관련 설정과 현재시간 설정이 가능하다.

Help 메뉴 부분은 시스템 S/W에 관련하여 작업자에게 필요 정보를 제공하는 부분으로 작업이력 파일에 관한 정보와 시스템 이상 관련 정보를 제시함으로써 로봇 정상화에 도움을 주도록 했다. 원인 불명의 시스템 이상 발생시 이상의 상황을 기록하고 그 처리 방법을 알려준다.

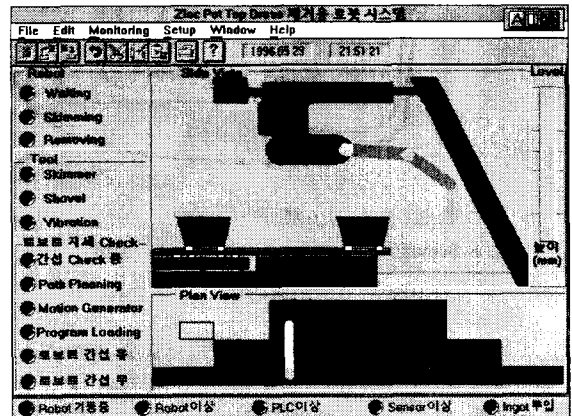


그림 5. Monitoring 메뉴 화면.
Fig. 5. Display of monitoring menu.

3.2 시스템 S/W의 실행

시스템 S/W가 실행되면 전원의 정상 여부, 공압의 정상 여부 등을 센서를 통해 확인하고 정상인 경우 시스템 S/W의 기본 메뉴로 전환되도록 되어 있다.

그 다음 탕면 높이 측정용 센서가 탕면의 높이 변화를 PC에 전달하면 기준 값과 비교해서 그 변화량을 로봇 제어기에 알려 로봇이 부유물 모음용 기구를 잡고 작업 높이를 변경하여 부유물 모음 작업이 이루어지도록 한다. 이 작업이 끝나면 초음파 센서를 이용하여 부유물 회수통을 스캐닝(scanning)하여 가장 낮은 곳을 찾고, 그 위치와 높이 값을 로봇에 전달한다. 그러면, 로봇은 부유물 제거용 삽으로 바꾸어 잡고 부유물을 퍼서 회수통의 가장 낮은 곳부터 버려 회수통이 고루 쌓이도록 한다. 이러한 작업들이 모두 끝나면 각 사건의 변화를 기록한다. 이렇게 한 순서가 정상적으로 끝나면 다음 기동 신호까지 대기상태에 머물러 있다. 기동은 수동 버튼이나 타이머에 의해 이루어진다.

그림 6은 로봇이 실제로 부유물 모음 작업을 하는 것을 보여 준다. 그림 6의 부유물 모음 작업시 부유물 회수통은 용융아연욕 바깥쪽에 놓여 있다.(그림의 오른쪽 주황색 아래) 그림 7은 로봇이 부유물을 용융아연욕으로부터 퍼 와서 회수통에 버리는 모습을 보여 준다. 이때 부유물 회수통은 회수통 투입기(box slider)에 의해 용융아연욕 가까이 놓이게 된다.

4. 결론

본 연구에서는 제철소 CGL 내의 용융아연욕 상부에 떠 있는 부유물을 자동으로 제거하는 로봇 시스템의 현장 적용 모델

을 개발하고 현장에 설치하였다. 다양한 실험을 통하여 다음과 같은 결론에 도달하였다.

- (1) 복잡한 현장 설비하에서 부유물 모음 및 제거 작업을 위한 로봇의 동작은 장애없이 원활하였다.
- (2) 용융아연욕으로부터 방사되는 열 에너지에 의한 고온의 작업 환경 아래서 로봇 및 주변 장치는 적응 가능하였다.
- (3) 로봇에 의한 부유물 모음 및 제거 작업 결과는 작업자에 의한 수작업 상태보다 깨끗하였다.
- (4) 부유물의 고착 방지 성능은 양호하였다.
- (5) 시스템 감시 S/W 를 개발하였다.

- [4] 임태균, 박상덕, 이왕하 외, *Zinc Pot Top Dross 제거용 Robot 개발*, 1 차년도 연구과제 보고서, 포항산업과학연구원, 1995년 8 월.
- [5] 임태균, 박상덕, 이왕하 외, *Zinc Pot Top Dross 제거용 Robot System 개발 (II)*, 2 차년도 연구과제 보고서, 포항산업과학연구원, 1996년 6 월.
- [6] *NACHI ROBOT MA-30A 로봇 본체 보수설명서*, (주)不二越.

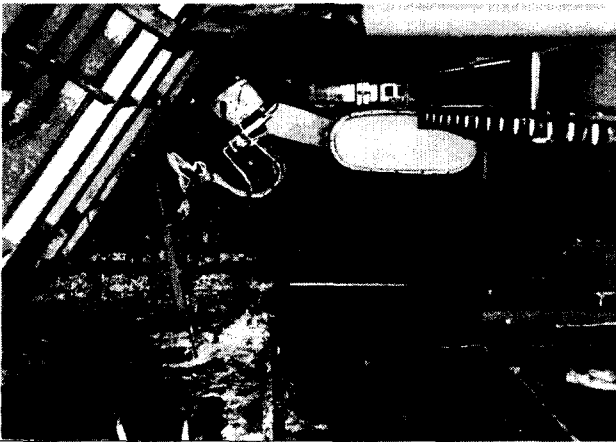


그림 6. 부유물을 긁어 모으는 작업 모습.
Fig. 6. Photograph of top dross skimming task.

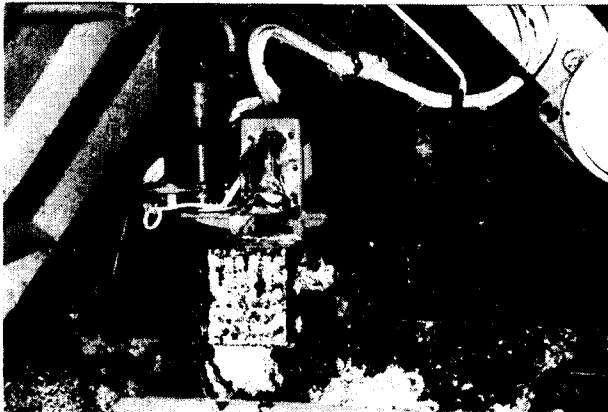


그림 7. 부유물을 회수통에 버리는 작업 모습.
Fig. 7. Photograph of top dross removing task.

참고문헌

- [1] Frank Porter, *Zinc Handbook*, Mechanical Engineering Series, No. 73, Marcel Dekker, Inc.
- [2] *VCPH4a board*, Asynchronous parallel and serial input/output controller, CETIA Inc.
- [3] *VME - 2486 User's Manual*, Logical Design Group, Inc.