

FORK LIFT 부품 용접자동화 시스템

김 재 웅  
 대우중공업(주) 기술연구소

AN AUTOMATIC WELDING SYSTEM FOR A PART OF FORK LIFT

JAE WOONG KIM  
 TECHNICAL CENTER/DAEWOO HEAVY INDUSTRIES LTD.

Abstract

An automatic welding system is designed for a part of fork lift. The system is composed of articulated type welding robot, welding positioners, shuttle for robot, system controller and welding equipment.

From the application of the system, stable weld quality and production cost saving are achieved.

In this paper, the hardware features and control structure of the system are presented.

I. 서 론

용접 작업은 그 종류에 따라 다소 차이는 있으나 대체로 유해광선, 유해가스 또는 지루한 반복작업 등에 의해 작업 환경이 좋지 못하다. 이것은 근래 용접공의 젊은 연령층이 줄어드는 현상으로 나타나고 있으며, 이의 대책으로 용접 공정의 자동화가 추진되어야 할 상황으로 바뀌고 있다.

용접 공정의 자동화는 작업의 연속성에 의한 생산성 향상 효과, 균일한 용접 품질에 의한 제품 품질의 향상 효과를 얻을 수 있어 자동화 시스템 도입의 타당성을 더해 주고 있다. 특히 로봇의 출현 이후 자동화는 가속화 되어 제품의 다양화, 다변화에 대처하게 되었다.

대우중공업(주)에서는 1984년 철도차량 부품인 BOG-IE의 용접을 위하여 직교 좌표형 로봇 적용 용접자동화 시스템을 개발하였으며, 그 후에도 굴삭기 부품인 SIDE FRAME, CENTER FRAME의 SENSOR부착 전용자동 용접 장치를 적용하는 등 용접 자동화 범위가 확대되고 있다.

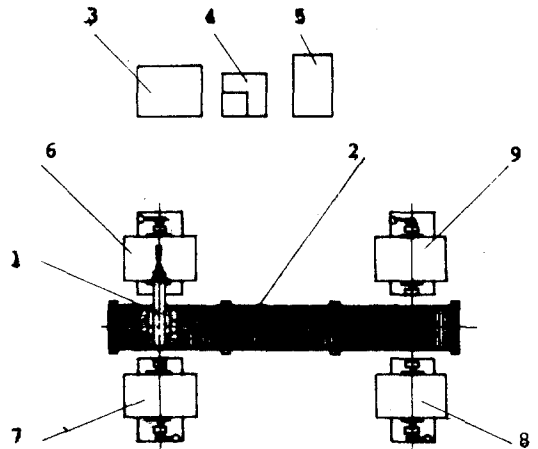
또한 금년에 FORK LIFT의 부품으로서 적재 하중을 직접적으로 받는 CARRIAGE의 용접 공정에 대우 표준 관절형 로봇(NOVA-10W)를 이용한 자동화 시스템을 적용하여 가동중에 있다. 이 시스템에 적용되는 용접

대상물로서 CARRIAGE의 종류는 12기종이며, 년 생산 10,700대(일 가용시간 11시간, 출근율 96%, 가동율 85%, 작업일수 300일 기준)의 능력을 가지고 있다.

II. FORK LIFT 부품 용접자동화 시스템

1. 시스템 개요

FORK LIFT 부품인 CARRIAGE는 두께 10-30mm의 단품을 6-8개와 직경 55mm의 핀 4-6개가 용접된 구조물이며 본 용접자동화 시스템에서는 핀 용접을 제외한 용접 길이 약 1500mm를 용접한다.



- |                  |            |
|------------------|------------|
| 1. 관절형로봇         | 6. #1 포지셔너 |
| 2. 로봇셔틀(Shuttle) | 7. #2 포지셔너 |
| 3. 시스템 컨트롤러      | 8. #3 포지셔너 |
| 4. 로봇 컨트롤러       | 9. #4 포지셔너 |
| 5. 자동 CO2 용접기    |            |

그림1. 시스템 배치도  
 (Fig.1. System Layout)

이 용접 자동화 시스템은 그림 1과 같이 용접로봇 1대, 용접물 지그가 장착된 포지셔너 4대, 로봇셔틀 2점 위치로 전환시킬 수 있는 셔틀(Shuttle) 1대, 전체의 기계를 제어하는 시스템 컨트롤러 1대 그리고 용접기로 구성되어 있다.

용접 포지셔너는 지그를 공용할 수 있는 방법으로 12종의 CARRIAGE를 GROUPING하여 4대의 포지셔너로 하였다.

작업자는 CARRIAGE 단품들을 조립, 가집한 후 해당 PROGRAM을 선택하여 로봇 용접을 지령하며, 이 때 로봇이 다른 포지셔너에서 작업하고 있으면 예약하는 것이 된다. 따라서 로봇은 자신의 보조 기억 장치인 카세트 기억 장치로부터 해당 PROGRAM 입력 수행이 자동으로 이루어진다.

## 2. 시스템 구성 및 제어구조

### (1) 시스템 구성

CARRIAGE 용접자동화 시스템의 각 기기별 기능 및 특징은 다음과 같다.

#### 1) 용접 로봇 : NOVA-10W, 대우중공업(주)

- 제어축수 - 5축
- 기억용량 - 1280 STEPS
- 위치제어 방법 - PTP, CP
- 보조기억 장치 - CASSETTE DECK
- 용접 제어기능
- 입출력 단자를 통한 포지셔너 TILTING지령/위치 도달 확인

#### 2) 시스템 콘트롤러

- PROGRAMMABLE CONTROLLER :
  - MELSEK-KOJ 미쯔비시
  - 입출력수-168개
- 로봇 PROGRAM 선택, 수행 지령
- 포지셔너 CLAMPING, TILTING 제어
- 셔틀 제어
- 시스템 가동 상태 표시 기능

#### 3) 포지셔너

- TILTING, CLAMPING 구동 방식 - 유압식
- TILTING 위치 수 - 3위치 ( $0^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ )
- 반복 위치 정밀도 - 회전 반경 500mm위치에서  $\pm 0.1\text{mm}$ 이내

#### 4) 셔틀 (SHUTTLE)

- 위치제어 - 2점 왕복장치
- 구동방식 - DC모타, 랙과 피니언
- 공압 LOCKING 기능

#### 5) 용접기 : NOVAVEL-500, 조흥전기(주)

- 자동 CO<sub>2</sub> 용접기
- 정격전류 - 500A
- 정격사용율 - 100%
- 용접 토치 - 직경 1.6mm 용접 Wire용, 공냉식

### (2) 제어 구조

본 시스템의 제어 구조는 그림 2와 같이 나타낼 수 있으며, 시스템 구성기기들 간의 연동 제어를 위한 것이다.

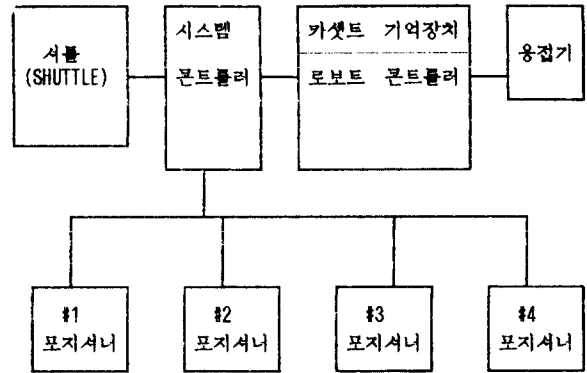


그림 2 시스템 제어 구조

(Fig.2. System Control Structure)

이 시스템에 적용할 용접대상물의 종류는 총 12종으로 그 PROGRAM의 크기는 약 1500 STEPS이며 로봇의 기본 기억장치(CMOS RAM)크기인 1280 STEPS보다 크게 된다. 따라서 보조 기억장치인 카세트 기억장치를 이용하였으며 카세트 기억장치는 9채널(1280 STEPS/CHANNEL)의 기억 용량을 가지고 있다.

시스템 콘트롤러는 로봇 콘트롤러의 외부 입력단자(CHANNEL 단자)를 통해 9채널중 해당 채널의 PROGRAM들을 기본 기억장치로 읽어들이며 그중 해당 용접물의 PROGRAM을 역시 로봇 콘트롤러의 외부 입력단자(PROGRAM 단자)를 통해 선택하여 수행토록 한다. 여기서 채널 단자와 PROGRAM단자는 각각 4비트(BIT)로 되어 있어 바이너리(BINARY)수로 처리되어 1-15까지 가능하며 채널의 경우 9를 넘지 못한다.

그림 1에서 #1 포지셔너와 #2 포지셔너의 해당 PROGRAM들이 한 채널을 사용하며 #3 포지셔너와 #4 포지셔너의 해당 PROGRAM들이 다른 한 채널을 사용한다. 또한 #1 포지셔너 또는 #2 포지셔너에서 로봇 작업을 지령하면 로봇 셔틀(SHUTTLE)은 로봇을 해당 위치로 옮기며, #3 포지셔너 또는 #4 포지셔너에서 로봇 작업을 지령하면 다른 해당위치로 로봇은 자동 이송된다.

따라서 각 포지셔너의 작업대에서는 채널 선택, PROGRAM선택, 로봇 작업 지령, 로봇 작동 중지등의 스위치들이 마련되어 있다. 또한 포지셔너들과 셔틀(SHUTTLE)은 각각 수동 작동을 가능하게 하여 유지 보수 편리를 도모하였다.

시스템의 작동 제어는 그림 3과 같은 FLOW-CHART로 표시할 수 있다.

### 3. 용접 공정

본 자동화 시스템의 목표 기능인 용접 공정에 적용할 각 용접 안자의 결정이 시스템 설계시 고려되어야 한다. 즉 용접 토오치의 작업 각도(WORK ANGLE), 이송 각도(TRAVEL ANGLE)에 따라 로봇의 작업가능 영역이 제한되며 용접속도는 로봇의 능력에 부합되어야 한다.

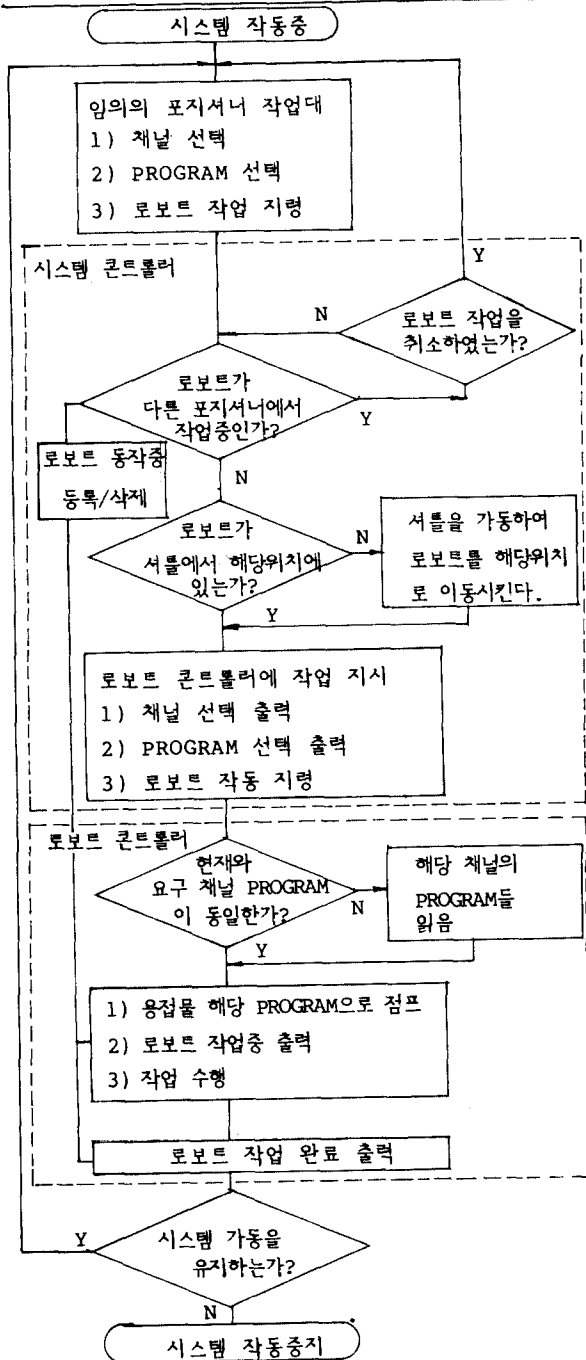


그림 3 시스템 작동 FLOW-CHART  
(Fig.3. System Operation flow-Chart)

자동화 시스템 적용시 고생산성을 위해 용접속도를 가  
중한 한 증가시키는 것이 현 추세이며 (1) 또한 본 시스  
템 적용 용접품질 규정에서 뿌리부 용입 (ROOT PENET-  
RATION)을 크게 하여 FILLER METAL을 줄여도 높은  
강도를 유지하는 경제적인 설계방식에 의해 용입의 크기  
가 전류크기와 비례 관계가 있는 것을 감안하여 (2), (3)  
실험 후 용접인자의 결정을 표 1과 같이 하였다.

표 1. 용접 조건  
(Table 1. Welding Condition)

항 목	적 용 조 건	비 고
용접 WIRE	직경 1.6mm, Flux Cored Wire	DW 100, KOBE STEEL
보호 가스	CO <sub>2</sub> 100%, 20ℓ/min	
용접 극성	직류 역극성	
용접 자세	○ 하향 Fillet : 약 1300mm(용접선 길이) ○ 하향 Butt : 약 160mm(용접선 길이)	
용접 전류, 전압, 속도	○ 하향 Fillet : 400A, 30V, 240mm/min ○ 하향 Butt : 230A, 24V, 150mm/min	
토치 각도	○ WORKING ANGLE : 40° ○ TRAVEL ANGLE : 5° (후진각)	ROOT면에서 반시계 방향
팁- 모계간 거리	○ 22~24mm	
모계 재질	ASTH A572, SM 58	

#### 4. 자동화 효과

자동화 시스템 적용의 목적으로서 일반적으로 성력확와  
품질 향상을 들 수 있으며, 품질의 향상이라함은 기존  
작업에 대한 상대적인 효과로서 제품의 고정도(High Ac-  
curacy), 고난이도 해결뿐 만 아니라 제품의 균일성  
을 포함한다.

본 시스템의 적용으로 표 2에 나타난 바와 같이 원가  
절감을 위한 유효효과는 크지 못한 반면, 목표 용접 품  
질에 대한 균일성을 얻을 수 있어 본 시스템 적용 목적  
에 상응한 결과를 보여 주었다.

표 2. 자동화 시스템 적용, 전후 비교  
(Table 2. Effect of Automatic Welding System)

(년 10,000대 생산기준)

항 목	적용전	적용후	효 과	비 고
인력 소요	3 명	1명	2 명 절감	
자동화율	0	94%		
소요 면적	110m <sup>2</sup>	43m <sup>2</sup>	67m <sup>2</sup> 절감	
유저 비용	1846만원	1411만원	435 만원 절감	1986년 기준

### III. 용접자동화 시스템에 관한 고찰

용접 공정은 다른 작업과 달리 그 자체의 복잡한 현상  
과 많은 품질 결정인자로 인해 시스템 설계시부터 제품의  
목표 품질에 대해 깊이 고려되어야 한다. 즉 전문적인  
용접 기술없이 시스템을 만드는 데는 많은 어려움이 따르  
게 된다. (4)

아울러 로봇트를 이용한 용접자동화 시스템 구성시의  
일반적으로 고려해야 할 사항을 살펴보면 다음과 같다.

- 자동화 목표 범위 확정
- 용접자동화율을 높일 수 있는 포지셔너의 설계
- 셔틀(SHUTTLE), TRAVEL UNIT를 이용한 로봇트  
동작범위, 가동율 증가
- CLAMP UNIT에 의한 용접 토치의 간섭

- . FMS화를 대비한 시스템 구성(콘트롤러, 용접물 이송 관계)
- . 포지셔너를 포함한 로봇트 주변기기들의 정밀도 관리
- . 자동화 시스템 적용시 공정 변경 가능성 검토(단품의 오차 관리)

또한 시스템 운영시에 관련한 사항으로는 작업자의 자동화 시스템 운영에 있어서의 적극적인 태도와 시스템의 충분한 이해없이 목표한 효과를 얻을 수 없음을 고려하여 시스템 수준에 적합한 작업자의 선정, 교육이 필요하다.

IV. 결 론

1. 용접 품질의 안정과 용접부 외관 규제가 까다로운 FORK LIFT의 CARRIAGE용접 공정을 관절형 로봇트(NOVA-10W)를 이용하여 자동화 시스템을 구성, 적용하였다.
2. 시스템 구성시 로봇트의 작업 영역 확대를 위해 셔틀(SHUTTLE)을 이용하였으며, 다기종 용접 대상물에 적용키 위해 로봇트의 카세트 기억장치내의 PROGRAM을 임의로 선택, 수행 가능토록 하였다.
3. 용접부 외관을 미려하게 하기 위해 FLUX CORED WIRE를 사용하였으며, 용접 자동화율이 94%(용접선 길이 기준)이다.
4. 본 시스템의 적용으로 안정된 용접 품질을 얻을 수 있으며 소요 인력을 줄여 생산성 향상을 꾀할 수 있다.
5. 앞으로 아크 용접용 SENSOR의 실제 적용, 용접기의 성능 개선이 이루어지면 용접 공정에서의 로봇트 적용이 급속히 증가할 수 있을 것으로 기대된다.

1. J.R.Birchfield "High-rate Welds need more current, a different gas, and gun cooling" WELDING DESIGN & FABRICATION PP32-37 JUNE 85
2. Hiroshi Miyake etal. "Program for flat fillet welding parameters by CO<sub>2</sub> arc welding", J.of the Japan welding society. Vol.4 No.1 PP26-30, 1986
3. 최병길외 "최적 용접조건 산출 PROGRAM 개발" 한국기계 연구소, MAY 1985
4. V.MALIN "Designer's Guide to Effective Welding Automation-Part 1" WELDING JOURNAL, PP17-27, NOV. 1985