

特輯 : 용접용 로봇 및 응용

철도차량 루프 판넬 스폿 용접용 로봇 시스템 개발 및 적용사례

Development and Application of a Spot Welding Robot System for Roof Panel of Railway Carriage

은 종 옥

Jong-Uk Eun



은종옥/현대중공업/1957년
생/로봇시스템 및 엔지니어
링 분야에 관심

1. 개 요

철도 차량의 루프 판넬(Roof Panel)은 폭이 약 3M, 길이가 약 20M의 초대형 외판과 하부 골조간에 2000~3000개의 스폿 용접으로 된 구조물로서 150~250KG의 대형 용접건을 조작해서 작업을 해야 하는 대표적인 작업기피 공정의 하나이다.



사진 1 수동조작 매니퓰레이터를 이용한 작업진경

이제까지 철도차량 제조업체에서는 대부분 스폿 용접을 사진 1에서 본 바와 같이 수동조작 매니퓰레이터등의 전용장비를 사용하여 제품 생산을 하고 있었으나 이러한 장비는 고가일뿐 아니라 수동 조작으로 위치 이동하여 모든 스폿 용접을 하여야 하므로 작업 시간이 크게 소요되어 생산성이 매우 낮았다.

본고에서는 300KG 중량물 취급용 5축 구조의 대형 로봇을 개발하여 철도차량 루프판넬 스폿용접 작업을 자동화 함으로서 생산성및 품질을 크게 향상시킨 사례에 대하여 소개하고자 한다.

2. 시스템 구성 및 계획

본 시스템은 그림 1에 나타낸 바와 같이 5축 다관절 로봇 및 제어기, 작업물 고정장치, 스폿용접 실비 및 제어장치 등으로 구성하였으며 천정 크레인으로 루프 판넬 외판과 골조가 가용접되어 있는 상태의 작업물을 집어서 작업물 고정장치에 고정하고 로봇에 2개의 용접건을 장착하여 그림2와 같이 대형건으로는 판넬폭 방향으로 내측 용접을 하

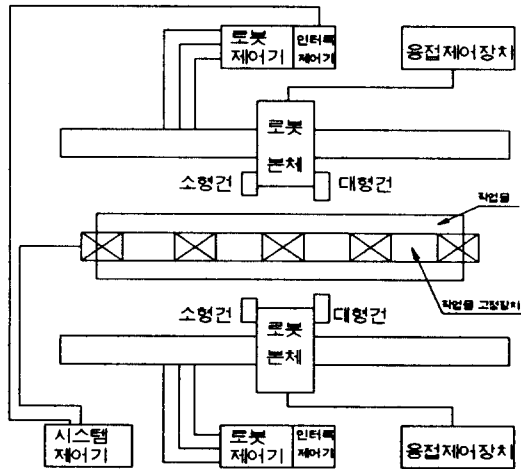


그림 1. 시스템 구성도

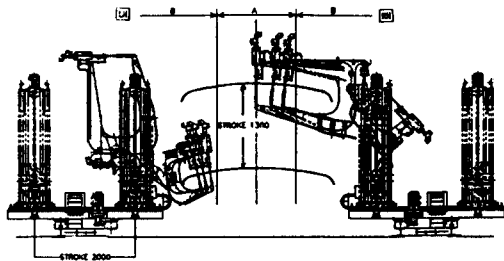


그림 2. 로봇에 의한 패널 스폿용접 방법

며 소형건으로는 패널 외측 굴곡부위 용접을 수행토록 하였다.

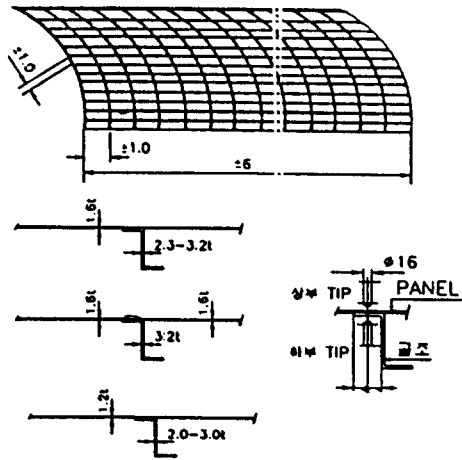
본 시스템 계획시 고려되어야 할 시스템 요구사항 및 이를 토대로 한 설계 항목별 목표는 표 1과 같다.

3. 작업사양 및 특성

루프 패널은 그림 3에 나타난 바와 같이 외판과 다수의 골조간 스폿 용접 구조물로 이루어져 있다.

패널의 크기는 폭 2.4~3.1M, 길이 19.5~23.6M, 중량 1~3.2TON 으로서 종류가 다양하며 스폿용접 접수는 2000~3000점이다. 패널 형상 및 정도를 고려시 자동화 시스템 구상시 검토되어야 할 사항은 아래와 같다.

- 1) 작업 형상이 전체적으로 완경사이나 양끝 가



형상			
폭	3120	2526	2460
길이	19500	23600	19500
골조두께 질	1.0t, SUS301L-ST	3.0t, SUS304	3.2t, SS41
외판두께 재 질	0.8t, SUS301L-DLT 1.5t, SUS301L-ST	1.0t, SUS304	1.6t, SPCC

그림 3. 루프 패널 형상 및 사양

장자리 부근에서 급경사 굴곡부가 있어서 스폿 용접 자세가 급하게 변하므로 이를 고려한 용접건 형상의 설계 및 용접작업 방법의 검토가 요구된다.

2) 제품의 길이 방향의 누적오차가 최고±6mm 정도로 스폿용접허용 작업정도 ±4mm를 벗어나며 대형 중량물의 처짐오차등을 고려하여 길이 방향 골조위치 감지를 통한 위치보정 센서 기능이 요구된다.

3) 스폿 용접시 작업 안전을 고려하여 골조와 용접건과의 충돌 감지를 통한 충돌 방지 기능이 요구된다.

4. 로봇설계

시스템 구성 및 작업특성을 고려하여 그림 4와 같이 로봇 본체를 구성하였으며 300KG급 중량물 취급이 가능하여 5축 관절구조로서 본체 및 제어

표 1. 시스템 요구사항 및 설계목표

요 구 사 항	설 계 목 표	
	설 계 항 목	목 표
1. 작업시간 : 3시간 1500점 × 2대 1) W/P LOAD G시간 : 10분 2) W/P UNLOAD G시간 : 10분 3) 로봇작업시간 : 1 POINT에 6초 (TOTAL 9000초) 4) 작업여유 : 10분 2. 작업영역 : W/P크기 (24000×2100×500) 3. 위치정도 : ±1.0mm 4. 1일 10시간 작업기준 가동율 80% 5. 용접기 및 주변기기의 로봇 탑재 6. 철차 ROOF 용접 POINT 3000점 이상 MEMORY기능 7. 로봇 가반중량은 SPOT GUN에 10%UP사용 8. 보수 및 부품관리 용이 (양산모델 부품 공용화) 9. TEACHING 용이	-동작STROKE	$24000^X \times 2000^Y \times 1300^Z$ $\theta_1 : 130^\circ - 5^\circ \theta_2 : 90^\circ - 5^\circ$
	-MAX SPEED	MAX SPEED 가속시간 X 250mm/S X 0.6 SEC Y 300mm/S Y 0.5 SEC Z 300mm/S Z 0.5 SEC
	-가속시간	$\theta_1 110^\circ / S$ $\theta_1 0.7 SEC$ $\theta_2 110^\circ / S$ $\theta_2 0.7 SEC$
	-감속비	감속비 MOTOR회전수 X 1/29 X 2000rpm Y 1/29 Y 2000rpm Z LEAD 10mm Z 2000rpm
	-MOTOR회전수	$\theta_1 1/2X1/119$ $\theta_1 2000rpm$ $\theta_2 1/2X1/119$ $\theta_2 2000rpm$
	-MOTOR	AC SERVO+ABSOLUTE ENCODER
	-감속기	CYCLO DRIVE FA, FR TYPE
	-BALANCE	Z축 BALANCE WEIGHT 구조
	-GUN 사양 중량 TORQUE	소 형 대 형 171Kg 285Kg 136Kg · Cm 176Kg · Cm
	-분해능	0.8mm/BIT (X축 기준)
	-MTBF	BEARING, LM-GUIDE : 4000시간 CABLE 20000
	-용접기	Z축 하단 뒷편에 T/R부착
	-공압SET 및 보조탱크	T/R 상부 및 측면 부착
	-CABLE	CABLE DUCT 분리 내장
	-AIR WATER용 HOSE	CABLE DUCT 분리 내장
	-KICKLESS CABLE	Z축 상부에 SPRING BALANCE에 부착사용

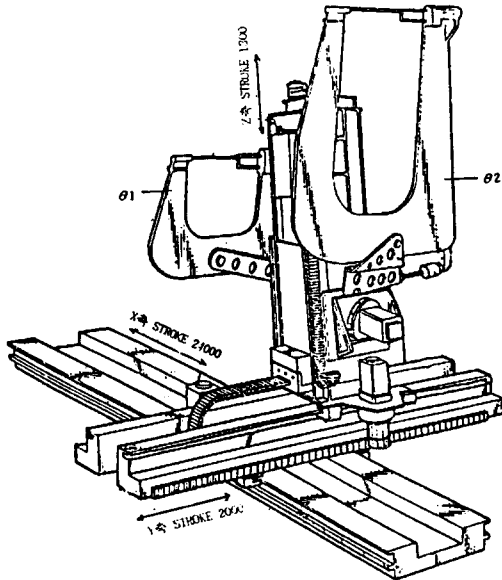


그림 4. 로봇 본체 구조

표 2. 로봇 본체 기본사양

항 목	사 양		
구 조	직각좌표형		
자 유 도	5관절		
구 동 방 식	AC SERVO MOTOR		
동 작 범 위	ARM	X축 (LATERAL)	2400mm
		Y축 (HORIZONTAL)	2000mm
		Z축 (VERTICAL)	1300mm
WRIST	θ_1 (BENDING)	+130°, -5°	
	θ_2 (BENDING)	+90°, -5°	
최 대 속 도	ARM	X축 (LATERAL)	230mm/sec
		Y축 (HORIZONTAL)	300mm/sec
		Z축 (VERTICAL)	250mm/sec
	WRIST	θ_1 (BENDING)	+110°/sec
θ_2 (BENDING)		+110°/sec	
가 반 중 량	θ_1	300kg	
	θ_2	300kg	
반복위치정도		±1.0mm	
주 변 온 도		0°C - 45°C	
설 치 조 건		FLOOR	
본 체 중 량		7100Kg	

표 3. 로봇 제어기 기본사양

항 목	사 양	
경로제어장치	PTP방식	
위치기억장치	IC MEMORY (BATTERY BACKUP방식)	
순서기억장치	IC MEMORY (BATTERY BACKUP방식)	
위치검출방식	ABSOLUTE ENCODER	
교시방식	조작PANEL	9 INCH CRT 표준장비 20행×40행
	TEACHING CONTROLLER	LCD 4행×40행
기억용량	2600-3600점	
제어축소	표준 동시 4축 (최대 동시 6축)	
외부동기신호	입 력	22점 I(외부동기입력) 22점
	출 력	27점 GUN(가압) 2점 MX (GUN STROKE선택) 1점 M(외부동기 출력) 24점
직선보간기능	수동기록시	TOOL 선단에서 직교 좌표 동작
	재 생 시	TOOL 선단 일정속도, 직선동작
각 종	DIGITAL CASSETTE (DIGITAL CASSETTE 장치 본체에 OPTION)	
	FLOPY DISK (3.5 INCH FLOPY DISK와 대응)	
INTERFACE	IC CARD	
	범용 RS232C INTERFACE 1 PORT (상위 컴퓨터와의 접속)	
입력전원	AC 220V 10%, 3φ, 50/60Hz, 7KVA	
소비전원	동작시 1.2-2.0KVA	
	정지시 1.0-2.0KVA	
외 형	제어반 730(W)×1350(H)×675(D)	
	T/C 195(W)×230(H)×45(D)	
중 량	280Kg	

기 사양은 표 2, 표 3와 같다.

4.1 X, Y축

수평 직선운동하는 구동장치로서 고하중의 구동에 대응한 3.7kw급 AC SERVO MOTOR, 고정밀도 FA65 1/29 CYCLO 감속기 RACK PINION 구조를 채용하였다.

프레임은 H빔을 조합한 고강성 구조로 주위 온도 영향에 따른 열팽창 및 변형에 따른 위치편차등을 감안하여 설계를 하였으며 기초공사와 연관하

여 24M 평형도 0.1mm이내, 직진도 0.5mm이내의 LEVELING 작업이 용이 하도록 설계를 하였다.

4.2 Z 축

상하 직선운동을 하는 Z축은 그림 5와 같이 볼 스크루 방식의 동력전달장치 및 두개의 스폿용접 건중 사용치 않는 용접건은 볼 스크루 동력 전달 계로부터 분리 정해진 위치에 고정시킨 후 필요한 용접건만 상하 이동 작업토록하는 동력계 자동 변환장치 하중 밸런스 장치등으로 구성되어있다.

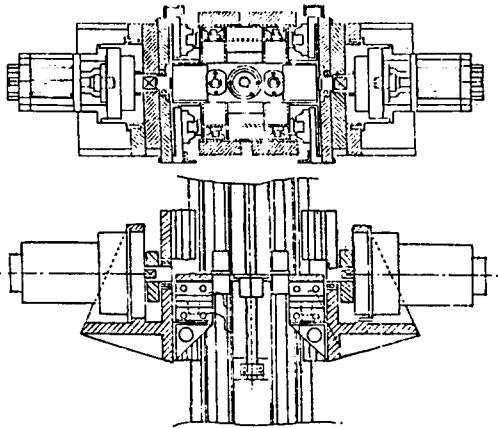


그림 5. Z축 구조

Z축 상하로 걸리는 약 500KG의 큰 하중을 구동 계에 적게 걸리게 하기 위하여 그림 6과 같은 원리로 밸런스 장치를 갖추도록 하였으며 구동 모터는 X-Y축과 동일한 3.7KG모터를 설정하였다.

두개의 용접건을 교환 사용키위한 동력계 자동 변환 장치는 그림 7에 나타난 바와 같다.

4.3 회전축 (1, 2축)

고중량 285KG의 용접건에 의하여 회전축에 걸리는 300kg·m의 정하중 토오르크를 고려하여 저속의 높은 토오르크에 의해 동작토록 사이크로 감속기 및 2단 기어를 부착 구동계를 구성하였다.

5. 용접건 설계

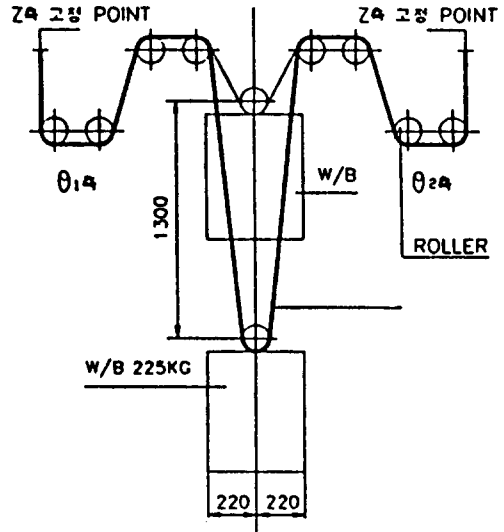


그림 6. 밸런스 장치

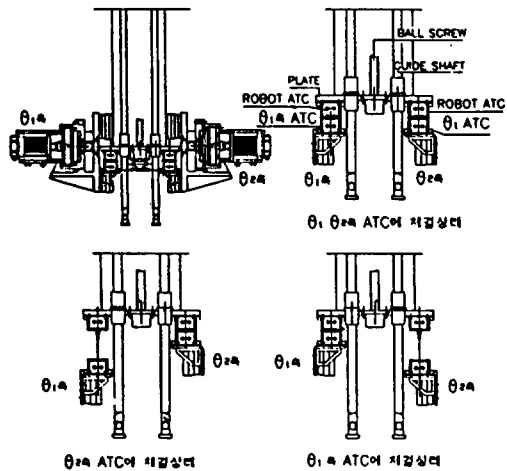


그림 7. 동력계 자동 변환장치

루프 패널의 형상 및 작업특성을 고려하여 선정 한 스폿 용접건의 외형사양은 그림 8과 같다. 스폿 용접시 상하부 건 TIP이 작업물 단면기준으로 상하로 다소 위치편차가 있더라도 패널 변형없이 동시에 상하부 900KG의 큰 가압력으로 용접하기 위하여 실린더 구동방식의 이퀄라이징 기능을 갖추도

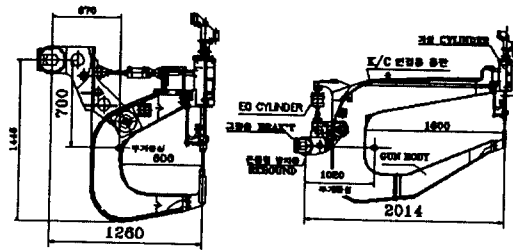


그림 8 스폿 용접건 외형 사양

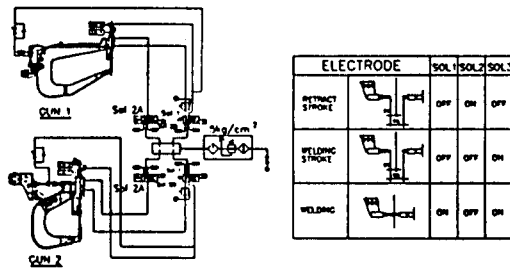


그림 9 아퀼라이징 기구의 원리

록 하였다.

그림 9에 도식화된 바와 같이 실린더에 가압 공기가 공급되면 건 취부단과 아암을 연결하는 링크를 중심으로 건 끝단 샵크가 상승 작업물 하부에 닿게되어 가압하는 방식이다.

6. 위치편차 보정 센서 장치

스폿용접건의 TIP에 비접촉 거리 센서를 부착하여 로봇프로그램으로 패널하부 골조의 직각 방향으로 로봇을 움직여 해당방향의 골조 부착위치 편차량을 검출하여 로봇이 위치보정하여 플라이백 동작으로 보정작업토록 한 방식으로서 원리는 그림 10에 보인 바와 같다.

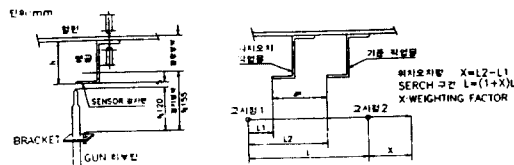


그림 10 위치보정 센서 작동원리

7. 맺음말

본 시스템을 개발 현장에 적용한 로봇 및 시스템 전경은 사진 2, 사진3과 같다.

본 시스템을 현장에 적용함으로써 초기 전용장비 사용시 19시간 소요되었던 작업을 5시간내 작업이 가능토록 함으로서 약 400%의 획기적 생산성 향상을 가져왔다.

또한 품질향상 및 작업환경 개선에도 큰 효과를 얻을 수 있었다.

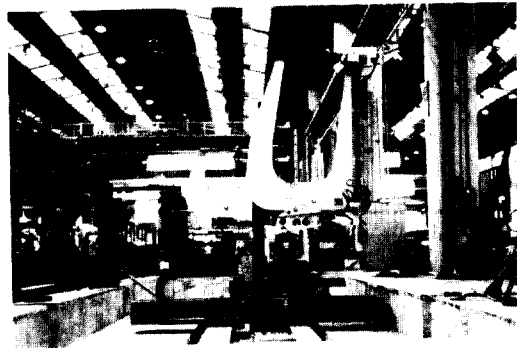


사진 2 로봇 전경

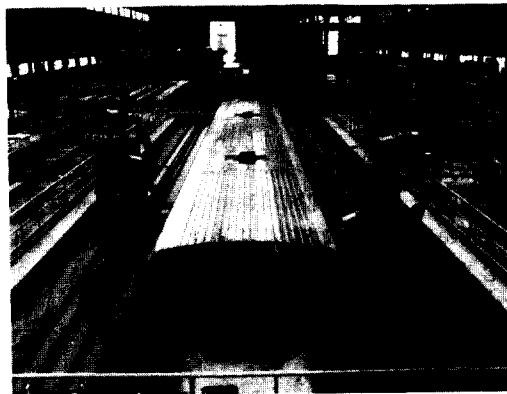


사진 3 로봇 시스템 가동 전경