

---

**[뿌리] 자동차용 신품 부품 제조\_**  
**용접 공정[아크/저항 용접]\_이송/적재**  
**[표준공정모델 매뉴얼]**

---

2022. 12

**한국생산기술연구원**

---

# 목 차

1. 개요 .....	1
1-1. 목적 .....	1
1-2. 공정소개 .....	1
1-3. 적용대상 .....	3
2. 로봇 활용 표준공정모델 .....	5
2-1. 공정 분석 .....	5
2-2. 로봇 활용 표준공정모델 .....	8
2-3. 표준공정모델 실증기준 .....	17
3. 기대효과 및 고려사항	
3-1. 기대효과 .....	19
3-2. 고려사항 .....	20

# 1 개요

## 1-1. 목적

- 용접 전의 피용접물과 용접이 완료된 용접품을 이송 및 적재하는 공정은 전체 용접 생산 라인의 자동화를 위해 필수적으로 자동화가 되어야 할 부분임. 용접 공정의 자동화에 비해 용접물의 이송 및 적재 공정의 자동화 비율이 낮은 이유는 복잡한 형상의 용접물을 정해진 위치와 자세로 정확하게 이송 및 적재를 하는 것이 매우 어려운 공정이기 때문임. 이러한 용접물의 이송 및 적재의 자동화를 위한 수요조사, 공정분석, 표준공정개발, 매뉴얼 제작 등의 일련의 연구개발이 필요함.
- 본 과제에서 로봇 기반 용접물 이송 및 적재 공정의 매뉴얼은 로봇 자동화가 어렵고 자동화 비율이 상대적으로 낮은 용접물 이송 및 적재 공정의 로봇 자동화를 위한 표준공정 모델에 대한 매뉴얼이며, 해당 공정의 로봇 자동화 축진이 그 목적임.
- 본 과제에서 개발하는 용접물 이송 및 적재 공정 매뉴얼은 아크 용접과 저항 용접을 대상으로 하며, 대상업종은 기타 금속 가공업, 기타 특수 목적용 기계, 유압실린더 제조, 자동차 차체용 신품 부품 제조업, 자동차용 신품 부품 제조 등임.

## 1-2. 공정소개

### □ 용접물 이송 및 적재 공정의 개요

- 용접물 이송 및 적재 공정은 용접 전의 대상물인 용접물의 용접 장비 또는 포지셔너(JIG)로의 로딩과 언로딩, 용접 후의 용접품의 로딩, 언로딩, 그리고 적재하는 공정을 의미함. 해당 공정은 용접 생산이 이루어지는 모든 라인에서 수동이나 자동으로 수행되는 필수공정임.
- 용접물 이적 및 적재 공정은 용접물의 흐름을 담당하는 공정으로 용접 생산성과 밀접한 관계가 있음. 하지만 용접의 경우, 용접물의 로딩/언로딩 시에 용접물의 위치와 자세, 그리고 취부(용접이 수행되기 전에 용접이 될 물체를 적합한 형태로 고정하는 것)에 대한 정밀한 제어가 필요하기 때문에, 용접을 수행하는 용접 공정의 자동화보다 이송 및 적재 공정의 자동화가 다소 낮은 상황임.

- 또한 고중량의 용접물은 로봇을 통한 이송 및 적재가 거의 불가능하며, 이러한 경우에는 용접물을 고정한 상태에서 용접로봇이 갠트리나 레일 등을 타고 이동해 용접을 수행하는 것이 일반적임. 반면에 로봇의 가반하중 허용 범위 중량의 용접물의 경우에는 로봇을 통한 이송 및 적재 공정 자동화가 효율적이며, 기존 수작업 공정을 대체할 필요가 있음.
- 용접은 통상적인 제조 절차에서 완료 단계가 아닌 중간 단계에 배치되며, 일반적으로 용접 후에 후처리 공정이 존재함. 따라서, 용접 공정 직후의 용접물에 대한 포장 공정의 자동화에 대한 수요는 상대적으로 적음.

## □ 공정 정의

- 금속 및 자동차 산업 분야의 용접(저항용접, 아크용접)에서 용접 전의 피용접물의 로딩/세팅/언로딩, 용접, 그리고 용접이 완료된 용접품의 다음 공정으로의 로딩/세팅/언로딩 등의 과정에 다관절 로봇을 투입하여 용접품의 이적재/포장의 자동화, 전체 용접 라인의 자동화율 증가, 용접 제조의 생산성 향상 및 생산비 절감 등을 실현하는 공정.



[ 용접물 로딩/언로딩용 로봇 및 그리퍼 ]

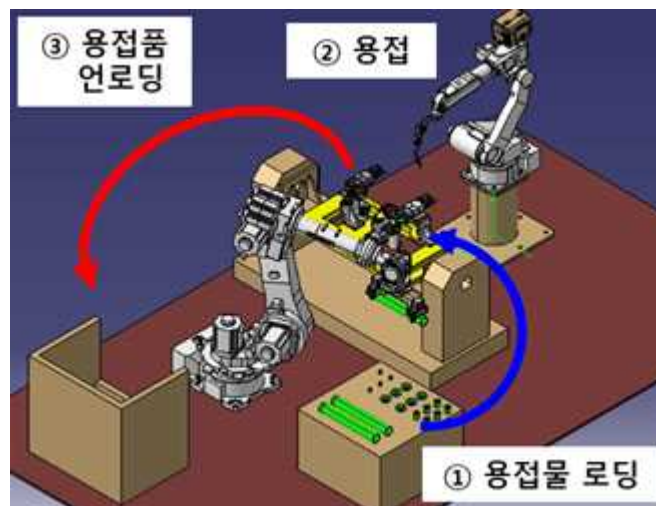
## □ 공정 선정

- 용접물의 이송 및 적재 공정 자동화를 희망하는 기업을 자체 네트워크 및 SI 기업의 추천을 통해 총 6개의 기업에 대해 수요조사를 실시하였음.
- 총 6개의 수요조사에서 아크 용접과 저항 용접의 용접물 이송 및 적재 공정 자동화 수요가 있었으며, 대상 제품은 유압 실린더, 자동차 차체/샤시 부품, 특수목적 기계 등이었음.
- 총 6개의 수요조사에서 아크 용접의 이적재 모델 그리고 저항 용접의 이적재 모델을 각 1개씩 선정하여 시뮬레이션을 통한 모델 검증을 하였음. 최종적으로 대표모델로는 아크 용접의 이적재 모델을 선정하였음.

## 1-3. 적용대상

### □ 유압 기기 제조업에서의 아크 용접물 이송 및 적재 공정 모델

- 대상 제품 : 건설, 농업, 채광용 유압장비의 유압 실린더
- 모델 요약
  - 용접물의 이송 및 적재용 로봇 1기와 용접용 로봇 1기, 총 2기의 로봇으로 용접물의 이적재와 용접을 수행하는 모델임. 이적재용 로봇은 용접을 할 물체를 적치대에서 용접용 포지셔너로 순차적으로 이송하여 취부하는 역할과 용접이 완료된 제품을 포지셔너에서 적치대로 이송 및 적재를 하는 역할을 수행함. 그리고 용접용 로봇은 포지셔너에 이송된 물체를 용접하는 역할을 포지셔너와의 연계를 통해 용접을 수행함.



[ 아크 용접의 이송 및 적재 공정 모델의 개요도 ]

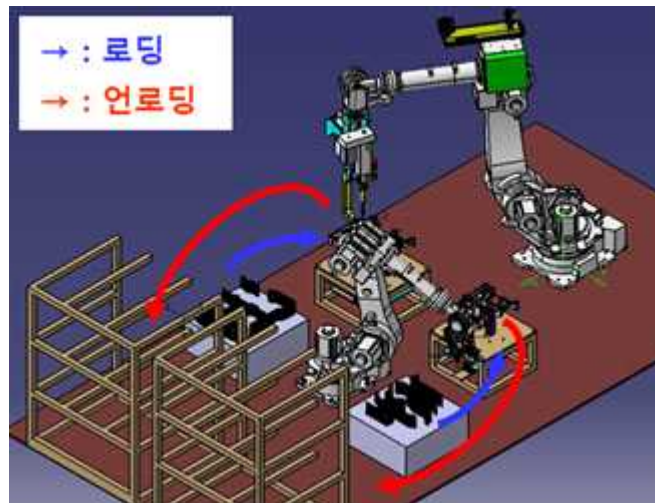


## □ 자동차 신품 부품 제조업의 저항 용접물 이송 및 적재 공정 모델

○ 대상 제품 : 자동차 시트 프레임(시트 쿠션 와이어 프레임)

○ 모델 요약

- 아크 용접의 이송 및 적재 모델과 거의 동일한 역할을 하는 로봇 2기로 이루어진 모델임. 즉, 용접물의 이송 및 적재용 로봇 1기와 용접용 로봇 1기, 총 2기의 로봇으로 용접물의 이적재와 용접을 수행하는 모델임. 이적재용 로봇이 한쪽의 고정구(jig)에서 용접 완료품을 언로딩하여 완료품 적치대에 이송하고, 용접을 수행할 물체를 적치대에서 고정구로 로딩하는 순차적인 작업을 하고 있는 동안, 용접용 로봇은 또 다른 쪽의 고정구 상의 용접물을 용접하는 방식으로 구성된 모델임. 이러한 작업이 좌우를 바꿔가며 반복적으로 수행됨.



[ 저항 용접의 이송 및 적재 공정 모델의 개요도 ]

## 2 로봇활용 표준공정모델

### 2-1. 공정 분석

#### □ 용접물 이송/적재 공정 분석

##### (1) 유압 실린더의 아크 용접물 이송/적재 공정

###### ○ 공정 흐름도



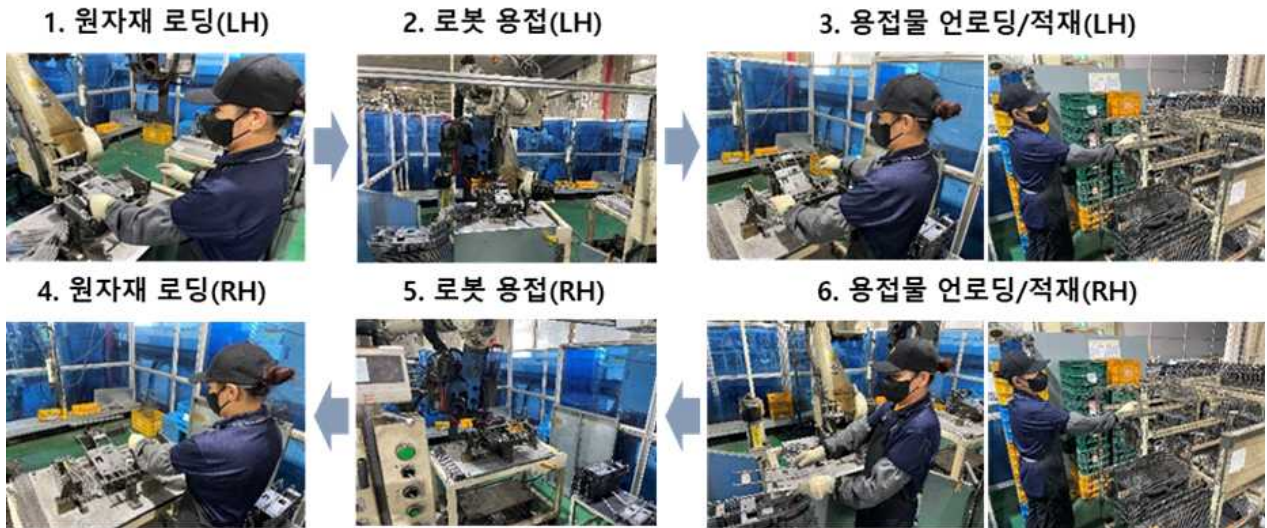
[ 유압 실린더의 아크 용접 생산 전체 공정 흐름도 ]

###### ○ 유압 실린더 용접 및 이송/적재 공정 요약

- ① 원자재 입고(작업자) : 용접 대상물인 실린더 배럴, 엔드 캡 등을 용접을 수행할 반자동 용접기인 전용기 주변의 적치대에 입고 및 적재하는 작업.
- ② 용접물 로딩(작업자) : 용접 대상물인 실린더 배럴과 엔드 캡 등을 용접을 하기 위한 형태로 취부하고, 취부된 상태로 용접 전용기에 로딩하고 고정하는 작업.
- ③ 반자동 용접(전용기) : 맞춤형으로 제작된 용접 전용기를 통해 용접 대상물의 용접부에 대해 아크 용접을 수행하는 작업.
- ④ 용접품 언로딩(작업자) : 용접이 완료된 용접품을 전용기에서 언로딩하여 용접 완료품의 적치대로 이송하는 작업.
- ⑤ 용접품 적재(작업자) : 용접 완료품을 적치대에 적재하는 작업.
- ⑥ 품질검사/취출(작업자) : 적치대에 적재된 용접품을 작업자가 육안으로 용접부 외관품질 검사를 수행하고 다음 공정으로 용접품을 취출하는 작업.

##### (2) 자동차 시트 쿠션 와이어 프레임의 저항 용접물 이송/적재 공정

## ○ 공정 흐름도



[ 자동차 시트 쿠션 와이어 프레임의 저항 용접 생산 전체 공정 흐름도 ]

## ○ 시트 쿠션 와이어 프레임 저항 용접 및 이송/적재 공정 요약

- ① LH(left hand) 원자재 로딩(작업자) : 용접 대상물인 시트 쿠션 와이어 프레임(LH)을 적치대에서 용접용 고정구(jig)로 작업자가 수동으로 로딩하는 작업.
- ② LH 저항 용접(로봇) : 고정구에 로딩된 시트 쿠션 와이어 프레임(LH)의 용접 부위에 대해서 로봇으로 자동으로 저항 용접(저항 점 용접)을 실시하는 작업.
- ③ LH 용접물 언로딩/적재(작업자) : 용접이 완료된 시트 쿠션 와이어 프레임(LH)을 용접용 고정구에서 용접 완료품용 적치대로 작업자가 수동으로 언로딩하여 적재하는 작업.
- ④ RH(right hand) 원자재 로딩(작업자) : 용접 대상물인 시트 쿠션 와이어 프레임(RH)을 적치대에서 용접용 고정구로 작업자가 수동으로 로딩하는 작업.
- ⑤ RH 저항 용접(로봇) : 고정구에 로딩된 시트 쿠션 와이어 프레임(RH)의 용접 부위에 대해서 로봇으로 자동으로 저항 점 용접을 실시하는 작업.
- ⑥ RH 용접물 언로딩/적재(작업자) : 용접이 완료된 시트 쿠션 와이어 프레임(RH)을 용접용 고정구에서 용접 완료품용 적치대로 작업자가 수동으로 언로딩하여 적재하는 작업.



## □ 공정 문제점 및 개선 필요성

### ○ 현재 공정 문제점

#### (1) 용접품 이적/적재 공정의 낮은 자동화 비율

- 이적재 및 포장 공정의 자동화 비율은 용접 공정 대비 낮은 상태임. 이는 용접품 이적/적재 공정을 적절하게 수행하기 위해서는 체계적으로 갖추어진 생산 환경이 요구될 뿐만 아니라, 적절한 용접품 이송/적재를 위해서는 다양한 센싱 기술이 요구되기 때문임. 이러한 이송/적재 공정의 낮은 자동화 비율은 용접 생산성의 병목으로 작용할 가능성이 높음.

#### (2) 이송 및 적재의 수동 작업에 따른 품질편차 발생

- 용접물을 용접용 고정구에 로딩하여 취부하는 것은 용접 공정과 더불어 용접품질을 결정하는 주된 요인이기 때문에, 용접물 이송/로딩에서 수작으로 인한 용접품 취부 편차는 용접품질의 편차로 연결됨. 따라서, 이송/적재를 담당하는 작업자의 피로도 누적 및 집중도 저하는 용접품질의 저하, 용접결함 불량률의 증가, 품질편차 발생의 주된 원인임.

#### (3) 용접물의 이송/적재 담당 작업자의 피로 및 질환 유발

- 원자재 공급부터 용접 완료품의 취출까지 다수의 작업자가 직접 모든 공정을 진행하고 있어 상당한 피로 누적과 단순 반복적인 작업 수행으로 인한 근골격계 질환을 유발할 가능성이 있음.
- 용접용 원자재와 용접 완료품을 작업자가 수동으로 이송 및 적재를 수행하는 공정은 작업자의 근골격계 질환 이외에도 협착, 화상, 자상 등의 안전 사고를 유발할 가능성을 높이는 원인임.

#### (4) 품질 편차 및 용접 불량으로 인한 비용 손실

- 작업자에 의한 용접물의 이송 및 적재는 용접품질 편차 및 용접불량의 원인이며, 이러한 품질 저하와 불량 증가는 생산 비용 증가로 연결되어 비용 손실 발생의 원인임.

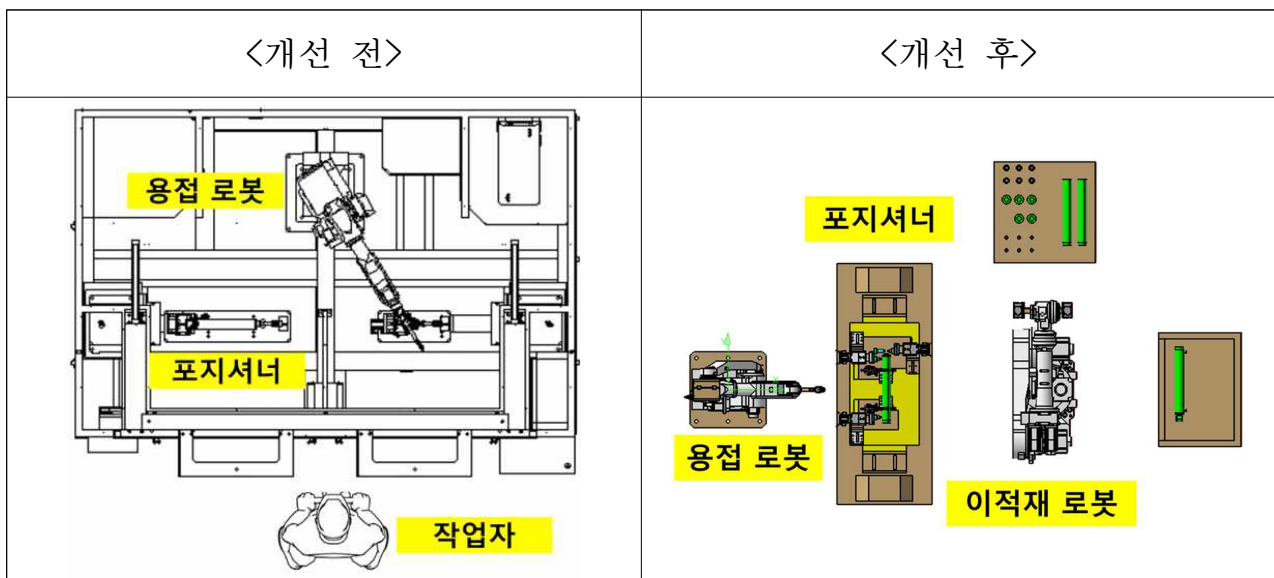
#### (5) 용접 생산 라인의 작업 인력 부족 문제

- 용접 생산 현장의 열악한 환경, 급여, 근무 조건 등으로 인해 생산 라인에서 근무할 인력 확보가 어려운 상황임. 이는 용접 생산을 하는 거의 대부분의 기업에서 겪고 있는 문제임. 이 문제의 원인은 열악한 작업 환경, 용접 기능공으로의 높은 진입 장벽, 용접이 3D 업종이라는 사회적 인식 등

이 그 원인임. 이러한 용접 생산 인력 부족 문제를 해결하기 위해 로봇 기반의 용접 자동화가 필수적으로 요구됨.

### ○ 개선 요구사항

- 아크 용접과 저항 용접 생산 라인의 용접품의 이송/로딩/언로딩/적재 공정에서 공정 시간을 감소시키고, 생산성을 향상시키며, 용접품질 불량을 감소시키기 위한 로봇 기반 용접품 이송 및 적재 공정 자동화 시스템 및 관련 기술 개발 필요.







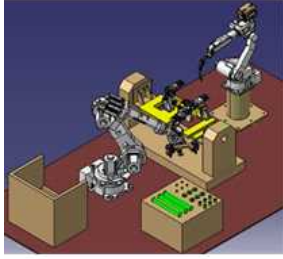
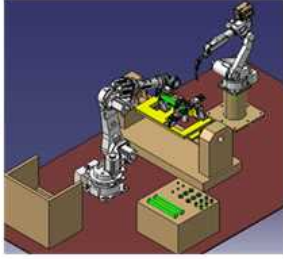
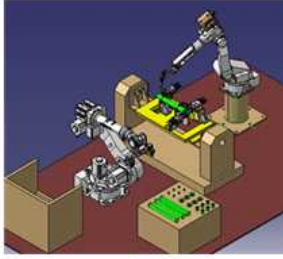
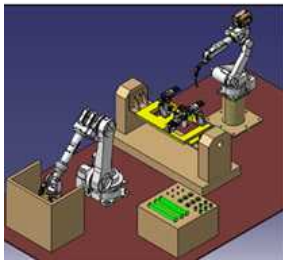
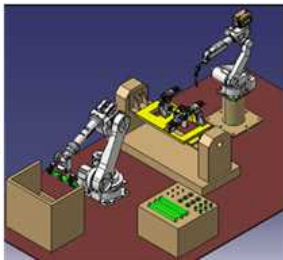
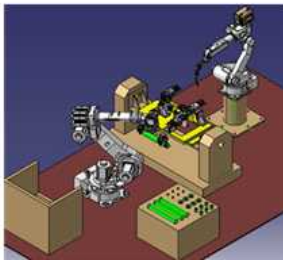


## 2-2. 로봇 활용 표준공정모델

### 2-2-1. 아크 용접물 이송/적재 표준공정 모델

#### □ 표준공정모델 개요

구분	원자재 입고	용접물 로딩	용접	용접품 언로딩	용접품 적재	검사/취출
As-Is	작업자 (수동)	작업자 (수동)	전용기 (반자동 용접)	작업자 (수동)	작업자 (수동)	작업자 (수동)
To-Be	작업자 (수동)	로봇 (자동)	용접 로봇 (자동)	로봇 (자동)	로봇 (자동)	작업자 (수동)

개 선  전	<p>1. 원자재 입고(작업자) → 2. 용접물 로딩(작업자) → 3. 용접(전용기) → 4. 용접품 언로딩(작업자) → 5. 용접품 적재(작업자) → 6. 검사/취출(작업자)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>1. 원자재 입고</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>2. 용접물 로딩</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>3. 용접(전용기)</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>6. 검사/취출</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>5. 용접품 적재</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>4. 용접품 언로딩</p>  </div> </div>
개 선  후	<p>1. 원자재 입고(작업자) → 2. 용접물 로딩(로봇) → 3. 용접(로봇) → 4. 용접품 언로딩(로봇) → 5. 용접품 적재(로봇) → 6. 검사/취출(작업자)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>1. 원자재 입고</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>2. 용접물 로딩</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>3. 용접</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>6. 취출</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>5. 용접품 적재</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>4. 용접품 언로딩</p>  </div> </div>

## □ 운영 시나리오

- ① 원자재 입고(작업자) : 대상물인 실린더 배럴, 엔드 캡 등을 이적재용 로봇의 작업 반경 내에 위치하는 적치대에 입고 및 적재하는 작업.
- ② 용접물 로딩(이적재용 로봇) : 용접물인 실린더 배럴과 엔드 캡 등을 로봇이 순차적으로 용접용 포지셔너에 로딩하고 취부를 하는 작업.
- ③ 용접(용접용 로봇) : 포지셔너에 취부 및 고정된 용접물을 용접로봇이 아크용접을 수행하는 작업.
- ④ 용접품 언로딩(이적재용 로봇) : 용접로봇이 용접을 완료한 후, 완성

된 용접품을 다시 이적재용 로봇이 포지셔너에서 언로딩하여 용접 완료품의 적치대로 이송하는 작업.

- ⑤ 용접품 적재(이적재용 로봇) : 용접 완료품을 적치대에 적재하는 작업.  
 ⑥ 품질검사/취출(작업자) : 적치대에 적재된 용접품을 작업자가 육안으로 용접부 외관품질 검사를 수행하고 다음 공정으로 용접품을 취출하는 작업.

## □ 시스템 구성

[적용 로봇 사양]

로봇 종류	산업용 로봇 2기
가반 하중	50kg 이하
작업 반경	2,239mm 이하
로봇 가격	약 35,000,000원

[품질검사 장비 및 주변 설비 사양 ]

항목	세부 사양
그리퍼	공압식, 내열용
로봇 베이스	바닥 고정형, 철구조물
로딩용 파렛트	고정 베이스 타입, 부품 로딩용, 4종 부품 적재
언로딩 장치	파렛트 랙
파렛트 랙 도킹장치	파렛트 고정용, 공압식
용접기	아크 용접기(전류 350A 이하), 저항 용접기(전류 40kA 이하)
용접 포지셔너	하중 1000kg 이하 포지셔너
계측 기기	제품 유무감지 센서
제어기	디지털 접점, 신호제어 PLC
안전 설비	안전펜스, 도어 감지 센서
부가 장치	노즐 클리너, 팁 드레서

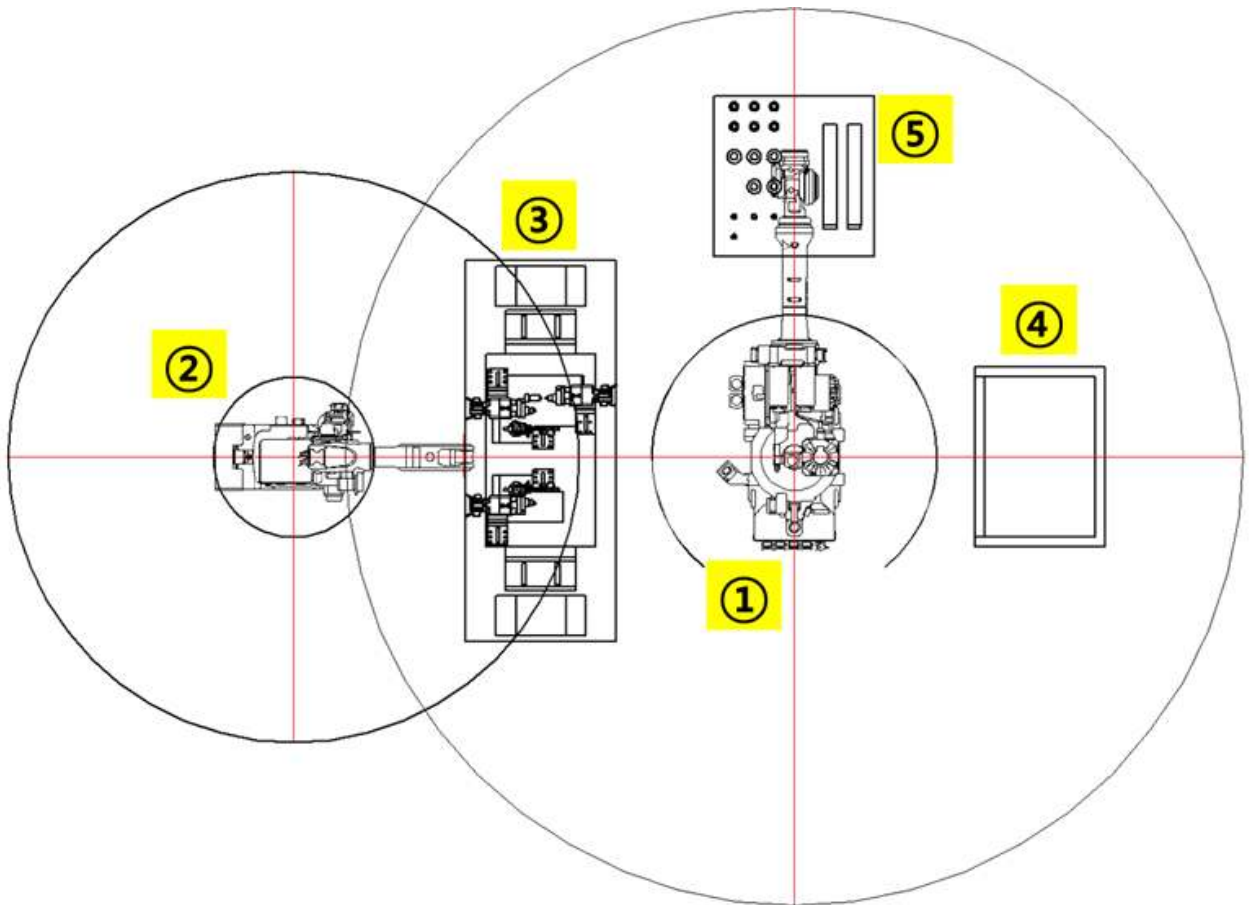


## □ 시스템 상세 구성 및 스펙

1. 아크 용접기	사양 정보	
	범주	gas metal arc welding machine
	출력	≥ 50 kVA
	적용가능 소재	스틸, 알루미늄
	수량	1대
2. 로봇(Industrial Robot)	사양 정보	
	범주	Industrial Robot
	가반중량	50kg
	로봇반경	2,239mm
	통신방법	CC-Link
	운영방식	Handling
	수량	동일 사양 로봇 2대 (용접용 1대, 이적재용 1대)
3. 그리퍼	사양 정보	
	범주	Industrial cylinder gripper
	구조	Air cylinder type 2 Jaw type
	파지력	15kg 이상
	특징	내열용
4. 용접용 포지셔너 및 고정구(jig)	사양 정보	
	범주	Welding positioner
	구조	회전형 포지셔너
	특징	유압 실린더에 특화된 설계 필요

## □ 공정 설계도

### ○ 아크 용접물 이송/적재 공정 설계안



#### <로봇 자동화 시스템 구성>

- ① 이송/적재용 로봇
- ② 용접용 로봇
- ③ 포지셔너
- ④ 용접 전의 피용접물 적치대
- ⑤ 용접 완료품 적치대

[ 유압 실린더의 아크 용접물 이송/적재 공정 설계도 ]

## 2-2-2. 저항 용접물 이송/적재 표준공정 모델

### □ 표준공정모델 개요

구분	원자재 로딩(LH)	용접 (LH)	용접품 언로딩 /적재(LH)	원자재 로딩(RH)	용접 (RH)	용접품 언로딩 /적재(RH)
As-Is	작업자 (수동)	로봇 (자동)	작업자 (수동)	작업자 (수동)	로봇 (자동)	작업자 (수동)
To-Be	로봇 (자동)	로봇 (자동)	로봇 (자동)	로봇 (자동)	로봇 (자동)	로봇 (자동)

개 선 전	<p>1. LH 원자재 로딩(작업자) → 2. LH 용접(로봇) → 3. LH 용접품 언로딩 및 적재(로봇) → 4. RH 원자재 로딩(작업자) → 5. RH 용접(로봇) → 6. RH 용접품 언로딩 및 적재(로봇)</p>
	<p>1. 원자재 로딩(LH)      2. 로봇 용접(LH)      3. 용접물 언로딩/적재(LH)</p> <p>4. 원자재 로딩(RH)      5. 로봇 용접(RH)      6. 용접물 언로딩/적재(RH)</p>
개 선 후	<p>1. LH 용접 완료품 언로딩/적재(로봇) &amp; RH 용접(로봇) → 2. LH 피용접물 로딩(로봇) &amp; RH 용접(로봇) → 3. LH 용접(로봇) &amp; RH 용접 완료품 언로딩/적재(로봇) → 4. LH 용접(로봇) &amp; RH 피용접물 로딩(로봇)</p>
	<p>1. LH 용접 완료품 언로딩/적재 &amp; RH 용접      2. LH 피용접물 로딩 &amp; RH 용접</p> <p>3. LH 용접 &amp; RH 용접 완료품 언로딩/적재      4. LH 용접 &amp; RH 피용접물 로딩</p>

## □ 운영 시나리오

: 용접물의 이송 및 적재용 로봇 1기와 용접용 로봇 1기, 총 2기의 로봇으로 용접물의 이적재와 용접을 수행하는 모델이며, 이적재용 로봇이 한쪽의 고정구(jig)에서 용접 완료품을 언로딩하여 완료품 적치대에 이송하고, 용접을 수행할 물체를 적치대에서 고정구로 로딩하는 순차적인 작업을 하고 있는 동안, 용접용 로봇은 또 다른 쪽의 고정구 상의 용접물을 용접하는 방식으로 구성된 모델임. 이러한 작업이 좌우를 바꿔가며 반복적으로 수행됨.

## □ 시스템 구성

[적용 로봇 사양]

로봇 종류	산업용 로봇 2기
가반 하중	50kg(이적재용), 80kg(용접용)
작업 반경	2,239mm 이하 / 2,635mm 이하
로봇 가격	약 35,000,000 / 약 47,000,000원

[품질검사 장비 및 주변 설비 사양 ]

항목	세부 사양
그리퍼	공압식, 내열용
로봇 베이스	바닥 고정형, 철구조물
로딩용 파렛트	고정 베이스 타입, 부품 로딩용
언로딩 장치	파렛트 랙
파렛트 랙 도킹장치	파렛트 고정용, 공압식
용접기	저항 점 용접기(전류 범위 ~40 kA)
용접 고정구	고정식 지그
계측 기기	제품 유무감지 센서
제어기	디지털 점접, 신호제어 PLC
안전 설비	안전펜스, 도어 감지 센서
부가 장치	팁 드레서

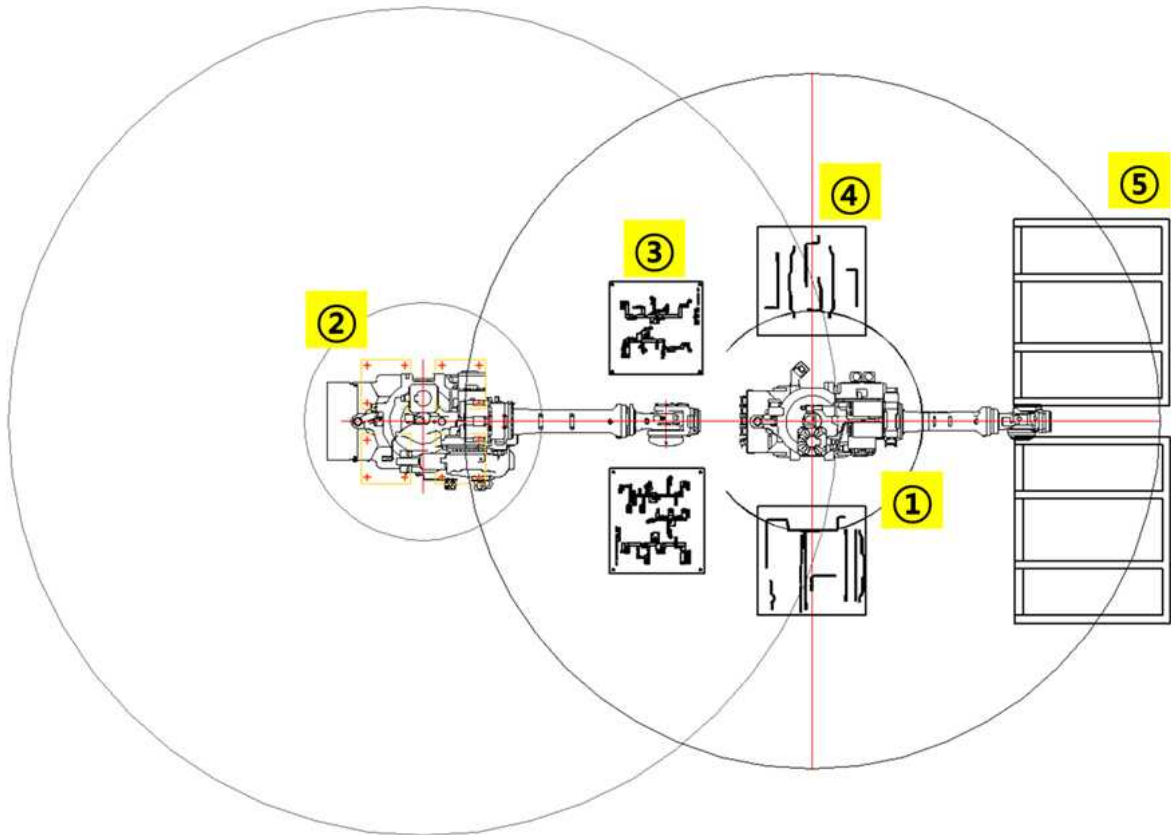


## □ 시스템 상세 구성 및 스펙

1. 아크 용접기	사양 정보	
	범주	Spot Welding Machine
	출력	≤ 40 kA (전류)
	적용가능 소재	스틸
	수량	1대
2. 로봇(Industrial Robot)	사양 정보	
	범주	Industrial Robot
	가반중량	50kg / 80kg
	로봇반경	2,239mm / 2,635mm
	통신방법	CC-Link
	운영방식	Handling / spot welding
	수량	총 2대 (용접용 1대, 이적재용 1대)
3. 그리퍼	사양 정보	
	범주	Industrial cylinder gripper
	구조	Air cylinder type
	파지력	5kg 이상
	특징	내열용
4. 용접용 포지셔너 및 고정구(jig)	사양 정보	
	범주	Welding positioner
	구조	고정형 용접 지그
	특징	유압식 구동

## □ 공정 설계도

### ○ 저항 용접물 이송/적재 공정 설계안

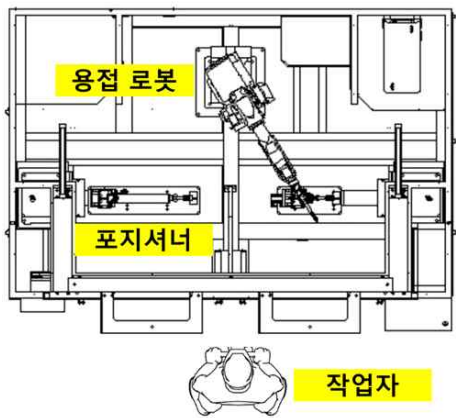
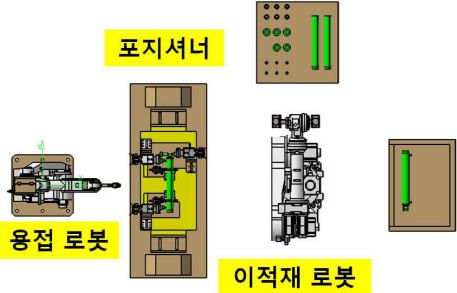


#### <로봇 자동화 시스템 구성>

- ① 이송/적재용 로봇
- ② 용접용 로봇
- ③ 고정구(jig)
- ④ 용접 전의 피용접물 적치대
- ⑤ 용접 완료품 적치대

[ 자동차 시트 쿠션 와이어 프레임의 저항 용접물 이송/적재 공정 설계도 ]

## 2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [금속/자동차 용접 공정 대상 이적재/포장 공정의 표준모델]					
산업 분야	금속/자동차	대상업종 (산업분류코드)	자동차 차체용 신품 부품 제조업 등 (C25929, C29299, C30320)	적용공정	용접 공정 (용접품 이적재 및 포장)
공정 소개	공정 정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>금속 및 자동차 산업 분야의 용접(저항용접, 아크용접)에서 용접 전의 피용접물의 로딩/세팅/언로딩, 용접, 그리고 용접이 완료된 용접품의 다음 공정으로의 로딩/세팅/언로딩 등의 과정에 다관절 로봇을 투입하여 용접품의 이적재/포장의 자동화, 전체 용접 라인의 자동화율 증가, 용접 제조의 생산성 향상 및 생산비 절감 등을 실현하는 공정</li> </ul>			
	핵심(부) 기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>피용접물 및 용접이 완료된 용접품을 포지셔너나 다음 공정으로 이송 및 적재를 하는 기능 또는 용접 완료품을 포장하는 기능</li> <li>용접용 포지셔너에 로딩된 피용접물을 용접하는 기능</li> <li>로딩/세팅/언로딩 등의 이적재 및 포장용 공정, 용접 공정, 그리고 후처리(품질검사 및 표면처리) 간의 인터페이스</li> </ul>			
	핵심 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>이적재/포장 공정용 로봇, 용접용 로봇, 기타 후처리용 로봇</li> <li>이적재용 그리퍼 및 포장용 부속장비, 용접기, 후처리용 부속장비</li> <li>이적재/포장 공정, 용접 공정, 후처리 공정 간의 인터페이스</li> <li>공정 운용을 위한 UI, 포지셔너(지그), 안전 펜스, 기타 센서 등</li> </ul>			
	핵심 성능	<ul style="list-style-type: none"> <li>이적재/포장, 용접 공정의 불량률 감소율 및 생산성 개선율</li> <li>대상업종에 특화된 그리퍼, 포지셔너, 로봇, 생산라인 레이아웃 설계</li> <li>이적재 및 용접용 6관절 로봇의 위치 정밀도(<math>\pm 0.1\text{mm}</math>이내) 제어가 가능</li> <li>로봇의 가반하중을 고려한 경량화 설계</li> <li>로봇, 그리퍼, 용접기, 후처리 장치 간의 전기적/기계적 인터페이스</li> </ul>			
	필요성/효과	[필요성] <ul style="list-style-type: none"> <li>용접 공정 대비 이적재 및 포장 공정의 낮은 자동화율</li> <li>이적재 및 포장의 수작업에 따른 생산성 한계, 품질불량 발생</li> <li>단순 반복작업에 기인한 작업자 피로도 누적</li> <li>생산라인 인력 부족</li> </ul>		[도입효과] <ul style="list-style-type: none"> <li>생산성 향상</li> <li>제품 불량률 감소</li> <li>용접제품 품질 향상</li> <li>생산비 및 인건비 절감</li> <li>작업자 근골격계 질환 및 산업재해 예방</li> <li>용접 제조라인의 자동화율 증가</li> </ul>	
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	피용접물 로딩(수동) → 용접(로봇) → 용접품 언로딩 및 적재(수동) → 제품 이송(수동) → 후처리 공정		피용접물 로딩(로봇) → 용접(로봇) → 용접품 언로딩 및 적재(로봇) → 제품 이송(수동) → 후처리 공정	

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [금속/자동차 용접 공정 대상 이적재/포장 공정의 표준모델]		
적용로봇 사양	로봇 종류	산업용 로봇
	가반 하중	50 kg 이하
	작업 반경	2,239mm 이하
	투입 대수	2
	기타	현장 조건에 따라 산업용 로봇 및 협동로봇 선택적 적용 가능
주변 설비 사양	그리퍼	공압식, 내열용
	로봇 베이스	바닥 고정형, 철구조물
	로딩용 파레트	고정 베이스 타입, 부품 로딩용, 4종 부품 적재
	언로딩 장치	파레트 랙
	파레트 랙 도킹장치	파레트 고정용, 공압식
	용접기	아크 용접기(전류 350A 이하), 저항 용접기(전류 40kA 이하)
	용접 포지셔너	하중 1000kg 이하 포지셔너
	계측 기기	제품 유무감지 센서
	제어기	디지털 접점, 신호제어 PLC
	안전 설비	안전펜스, 도어 감지 센서
로봇도입 핵심 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 이적재/포장 로봇 및 용접 로봇의 반복위치 결정 정도 <math>\pm 0.1\text{mm}</math> 이내</li> <li>■ 이적재/포장 로봇, 용접 로봇, 용접기, 기타 장비 간의 인터페이스 개발 필수</li> <li>■ 이적재/포장 로봇, 로딩/세팅/언로딩 장비, 용접 로봇, 용접 전원 시스템, 센서 등의 장비의 순차적 제어를 위한 PLC 기반의 고정밀 동기화 제어 필요</li> <li>■ 제조 환경에 적합한 로봇 선정 및 생산 라인의 레이아웃 최적화 필요</li> </ul>	
소요예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 총사업비 250백만원 내외(정부출연금 175백만원 이내)</li> </ul>	
작성처	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고등기술연구원 김용 책임연구원</li> </ul>	



### 3 기대효과 및 고려사항

#### 3-1. 기대효과

##### □ 표준공정모델 적용에 따른 기대효과

##### ○ 정량적 효과(경제성 분석)

구분	도입 전	도입 후
생산성	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도입 전 1일 생산량: 300ea/day</li> <li>· 작업자 1인 1개월 근무시간: 24day/month</li> <li>1일 근무시간: 8hr/day</li> <li>→ 시간당 생산량</li> <li>= 300ea/day X 1day/8hr</li> <li>= 37.5ea/hr ∴ 시간당 약 38ea 생산</li> <li>→ 작업자 1인이 시간당 약 38ea 생산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 로봇 도입 후 1일 생산량: 360ea/day (예상)</li> <li>· 로봇 1개월 가동시간: 24day/month</li> <li>1일 가동시간: 8hr/day</li> <li>→ 시간당 생산량</li> <li>= 360ea/day X 1day/8hr</li> <li>= 45ea/hr ∴ 시간당 약 45ea 생산</li> <li>→ <b>로봇 도입을 통해 시간당 약 45ea 생산</b></li> </ul>
불량률	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도입 전 공정불량률 0.75% (월 7200ea 기준)</li> <li>= 54ea/month ÷ 7200ea/month x 100 = 0.75%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도입 후 공정불량률 0.25% (월 8640ea 기준)(예상)</li> <li>= 22ea/month ÷ 8640ea/month x 100 = 0.25%</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>불량률 감소</b></li> <li>= <b>(0.75-0.25)/0.75 X 100 = 66%</b></li> </ul>	
인건비 절감	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도입 전 현장 전체 작업자 3명</li> <li>· 1인당 노무비: 시급(9,160원) + 4대보험(시급(9,160원) × 0.5) = 13,740원</li> <li>· 1일 근무 시간 : 8hr/day</li> <li>· 1인 1개월 근무 일: 24day/month</li> <li>→ 월 인건비</li> <li>= 13,740원/hr-명 × 8hr/day-명 × 24day/month × 3명</li> <li>= 7,914,240원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 도입 후 현장 전체 작업자 0.5명</li> <li>· 1인당 노무비: 시급(9,160원) + 4대보험(시급(9,160원) × 0.5) = 13,740원</li> <li>· 1일 근무 시간 : 8hr/day</li> <li>· 1인 1개월 근무 일: 24day/month</li> <li>→ 월 인건비</li> <li>= 13,740원/hr-명 × 8hr/day-명 × 24day/month × 0.5명</li> <li>= 1,319,040원</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>전체 인건비 절감</b></li> <li>1) <b>작업자 인원 감축: 도입 전 3명 → 도입 후 0.5명</b></li> <li>2) <b>작업자 인건비 절감</b></li> <li>= <b>7,914,240원 - 1,319,040원 = 6,595,200원</b></li> </ul>	
투자회수 기간(ROI)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 생산량 증가이익 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연간 생산량 증가액: 1,440ea/month × 3,000원/ea × 12month/year = 51,840,000원/year</li> <li>- 연간 인건비 절감분 = (도입 전 인건비 - 도입 후 인건비) X 12개월</li> <li>= (7,914,240원 - 1,319,040원) × 12개월 = 79,142,400원</li> </ul> </li> <li>2) 공장설비투자 총 비용: 250,000,000원</li> <li>3) 설비 투자 비용 감가상각비 : 1,865,672원/month × 12개월 = 22,388,060원</li> <li>4) 유지보수로 및 전력비 : 1,485,817원/month × 12개월 = 17,829,804원</li> </ol> <p><b>투자회수기간 = 250,000,000 ÷ (51,840,000 + 79,142,400 - 22,388,060 - 17,829,804 ) × 12 = 34 (개월)</b></p>	

## ○ 정성적 효과

- 로봇 도입을 통한 용접 및 용접물 이적재 공정 시간 단축, 불량률 감소 및 인건비 절감을 통한 생산성 향상 및 제품 품질 안정화 가능.
- 로봇에 의해 용접 생산이 진행됨에 따라 생산시간이 일정하게 유지되고 시간당 생산 수량 파악이 가능하게 됨으로 생산량 관리에 유리함.
- 로봇 기반의 생산과 이적재로 인해 생산효율 증대로 인건비 절감 기대.
- 로봇이 도입됨에 따라 공정 자동화를 실현하고 기존 수동작업으로 인해 발생 가능한 작업자의 재해를 방지함으로써 작업자에게 안전한 작업환경을 제공함.
- 반자동 용접 전용기의 로봇 용접으로의 대체를 통한 용접 생산의 유연성 확보.

## 3-2. 고려사항

### □ 표준공정모델 적용 및 공정 운영 시 유의사항 등

- PLC와 PC, 로봇, 센서들 간의 동기화와 원활한 제어 필수.
- 용접용 로봇, 이적재용 로봇, 센서 간의 좌표 통합 및 동기화 필수.
- 로봇좌표 경로와 기타 구조물 간의 복잡한 간섭은 회피하여 시스템 매칭.
- 제품의 용접 열변형 및 품질 산포 없도록 주요부위 지그 규제부 위치 선정 필요.
- 용접 및 검사 불가 구간이 없도록 지그, 로봇 OLP 시뮬레이션 검토 필요.
- 지그 및 로봇에 대한 견고한 고정과 구조물의 진동을 최소화 설계 필요.
- 이적재/포장 로봇 및 용접 로봇의 반복위치 결정 정도  $\pm 0.1\text{mm}$  이내
- Co2용접기와 Wire 공급피딩 장치간의 원활한 소재공급이 필수.
- 용접 검사에 방해가 되는 주변 불필요한 광원들 차단 필요.
- 센서를 통한 작업자 및 위험 감지 시 안전규정 준수한 시스템 매칭 필요.
- 본 공정의 원활한 운영을 위해 관련 전문인원 배치가 필요하고 배치가 어려울 경우 외주용역을 이용한 외주비용과 인력 대체해야 함.