
[선박] 선박 제조공정 개선을 위한 제조로봇 활용모델
- 수용접 대체를 위한 이동형 용접 공정 -

[표준공정모델 매뉴얼]

2022. 2

한국로봇융합연구원

1 개요

1-1. 목적

- 실 수요 업체의 요구사항을 기반으로 한 선박 제조공정 개선을 위한 제로로봇 활용 공정 모델 및 제조 공정 기술 개발을 위한 매뉴얼 작성

1-2. 공정소개

□ 공정 정의

- 수용접 작업은 선박 제조공정에서 단순 용접 작업을 수행하여 균일한 용접 품질 및 생산성 확보를 위한 공정이며, 선박 제조업체에서 사용되는 기본적인 용접 관련 기능(위빙, 터치센싱, 아크센싱 등)을 포함하여 고품질의 용접 공정

1-3. 적용대상

□ 해당공정 적용 업종, 관련 제품군 및 활용 가능 업종

- 선박제조 분야의 수용접 공정은 용접작업이 이루어지는(특히 CO₂용접) 분야는 사용 가능함
- 선박 제조분야에는 수작업으로 용접을 수행하는 모든 공정에 포함할 수 있으며 위 표와 같이 기계 제작시 수작업 용접이 이루어지는 모든 분야가 가능할 뿐만 아니라 추후 건설 현장 및 소규모 제작품 현장에도 활용이 가능함.

2 로봇활용 표준공정모델

2-1. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

구분	이동	직접교시	용접	육안검사
As-Is	없음	없음	수동	수동
To-Be	수동	수동	로봇	수동



그림 1 수용접 공정 도입 솔루션

- 작업자가 시스템을 이동시킨 후 작업 공간에 용접 로봇을 배치
- 부재를 고정하고 협동로봇을 사용하여 직접교시 수행
- 용접 조건 설정 완료 후 용접 작업 수행
- 육안검사 후 작업 완료

□ 시스템 구성

표) 표준공정모델 시스템 구성안

H/W	사 양	필요 기능
로봇	<ul style="list-style-type: none"> - 타입: 수직 다관절 - 축 자유도: 6-axis - 가반하중: 10kg 이하 - 반복정밀도: $\pm 0.1\text{mm}$ 이하 - 작업 반경: 1,000mm 이상 	<ul style="list-style-type: none"> - 협동 로봇 안전 기능 - 작업 반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템과의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경(온/습도 등)에서의 내구성
용접기	<ul style="list-style-type: none"> - 송급장치: 로봇사용 가능 - 용접 기법: FCAW - 용접 출력: 600A, 50V (100%) 	<ul style="list-style-type: none"> - 케이블 쇼트, 과전류, 이상 동작에 대한 보호회로 등의 내구성 - 아크세기 조절 기능
와이어 커터	<ul style="list-style-type: none"> - 작동 방식: 공압식 - 절단 가능 와이어경: 1.4mm 이상 	<ul style="list-style-type: none"> - 와이어 커터 절단시, 와이어 고정 후 절단
에어 발란스	<ul style="list-style-type: none"> - 허용하중: 150Kg 이하 - 가동범위: 2m 이상 	<ul style="list-style-type: none"> - 무게 자동감지 기능 - 낙하방지 회로, 튀어오름 방지회로 등의 작업자 안전성
제어 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 전원: 220VAC to 24VAC - 통신: 이더넷, CAN - 산업용 PC - Power Control - DAQ 모듈 	<ul style="list-style-type: none"> - 네트워크 구성을 위한 이더넷 허브 내장 - CAN 통신 모듈 설치 - 구동 안정성이 있는 산업용 PC
터치 펜던트	<ul style="list-style-type: none"> - LCD: TFT 10.1inch 1280x800, 16.7M Color - O/S: Windows 10 IoT Enterprise OS Separate - Touch: 4-wire Analog-resistive USB Touch Controller - Communication: Ethernet 10/100 1Port - Power: Max. DC24V / 1A 	<ul style="list-style-type: none"> - Winform 기반 프로그램이 실행될 수 있는 OS - 제어 시스템과 이더넷 통신 연결 - 화면 크기 1280x800 이상 - 기계적 안정성 테스트 통과

□ 시스템 상세 구성 및 스펙

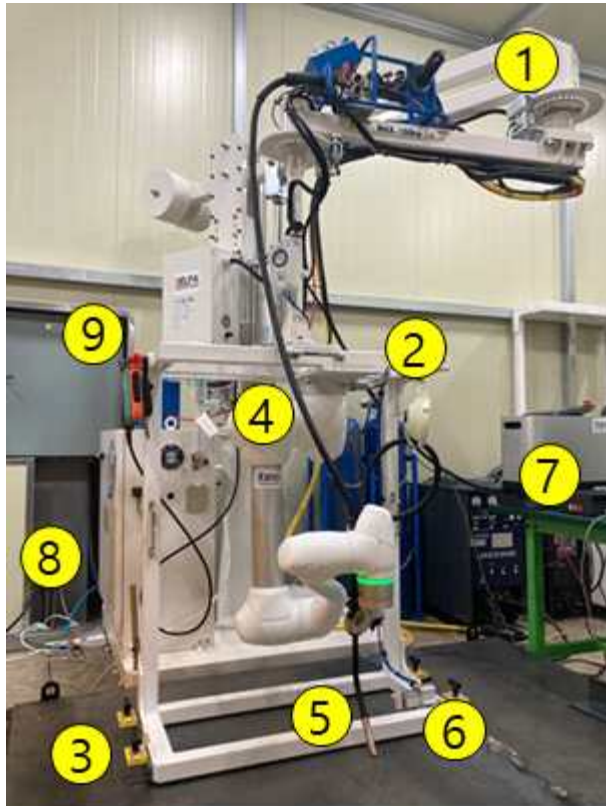
표) 시스템 상세 구성 및 스펙

1. 로봇(Collaborative Robot)	사양 정보	
	범주	Collaborative Robot
	가반중량	10kg
	반복정밀도	± 0.05mm
	로봇반경	1,300mm
	통신방법	Ethernet / Serial
	운영방식	Handling
	수량	1대
2. 용접기(Welding Machine)	사양 정보	
	범주	인버터 용접기
	입력 전압	380V/440V, 3상, 60Hz
	용접 출력	12 ~ 50 Vdc
	용접 기법	FCAW
	무게	90Kg
	수량	1대
3. 에어발란스(Air Balance)	사양 정보	
	범주	에어발란스(Air Balance)
	가반하중	150kg
	표준반경	2580mm
	표준 스트로크	1500mm
	수량	1대

4. 와이어커터	사양 정보	
	범주	용접 주변 장치
	구동타입	공압식
	와이어 직경	1.4Φ
	수량	1 EA
	용도	용접 와이어 절단
5. 제어 시스템	사양 정보	
 	범주	제어 시스템
	전원	220VAC to 24V
	통신	Ethernet hub 설치
	제어	OS: Windows 10
		CPU: Intel® 10th Gen Xeon®/Core™
		메모리: Dual-channel DDR4 8GB
		통신: Ethernet
	수량	CAN 통신 모듈 설치
		1대
6. 터치펜던트	사양 정보	
	범주	TP(Teach Pendant)
	전원	24V
	통신	이더넷
	OS	Windows IoT
	메모리	4GB
	LCD	1280 x 800
	수량	1대

□ 공정 설계도

○ 공정 설계안(수용접 대체를 위한 이동형 용접 공정)



<시스템 구성품>

- ① 에어발란스
- ② 프레임
- ③ 마그넷 스위치
- ④ 협동로봇
- ⑤ 용접 토치
- ⑥ 와이어커터
- ⑦ 용접기
- ⑧ 전장박스
- ⑨ 터치 펜던트

그림 6 공정 설계안

- ① 에어발란스를 이용하여 용접 로봇 시스템 작업장 위치 이동
- ② 작업자가 프레임 이동 후 에어발란스 브레이크 활성화, 마그넷 스위치로 프레임 고정
- ③ 작업 부재 베드 위 배치 및 마그넷 스위치 고정
- ④ 용접 시작, 종료 위치 직접교시
- ⑤ 용접 작업 시작

□ 운영 시나리오

- 표준모델 공정 설계에 따른 운영 시나리오 시뮬레이션을 위해 Delphi S/W를 이용하여 검증

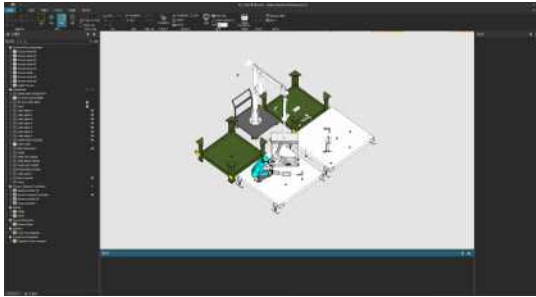


그림 7 Delphi 소프트웨어 활용

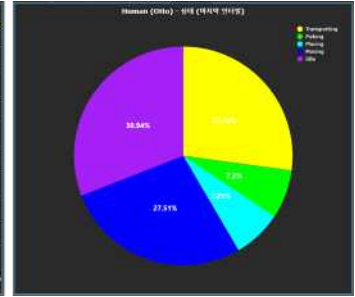
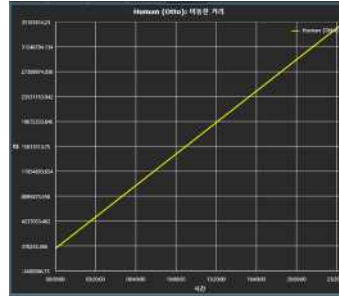


그림 8 작업자의 이동거리 및 행동 상태율

- 수용접 대체를 위한 이동형 용접 공정을 위한 운영 시나리오를 정의했고, 이를 기반으로 표준모델 공정에 대한 시뮬레이션을 진행
 - ① 작업자에 의한 용접 시스템 이송
 - ② 작업자에 의한 시스템 부근 부재 배치
 - ③ 작업자에 의한 에어발란스 이동
 - ④ 작업자에 의한 협동로봇 직접교시
 - ⑤ 협동로봇에 의한 용접
 - ⑥ 공정 ③~ 공정 ⑤ 반복 수행
 - ⑦ 작업자에 의한 부재 배출

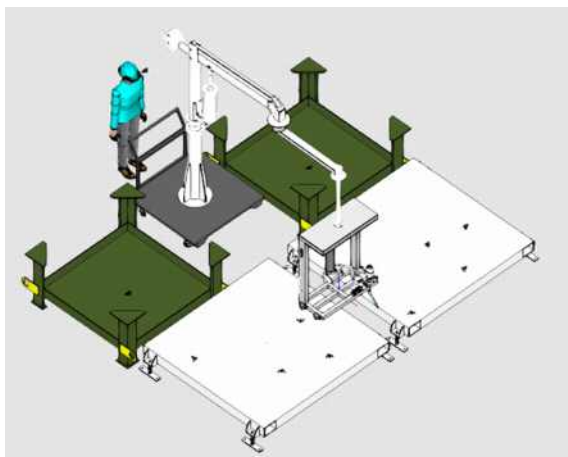


그림 9 작업자에 의한 용접 시스템 이송

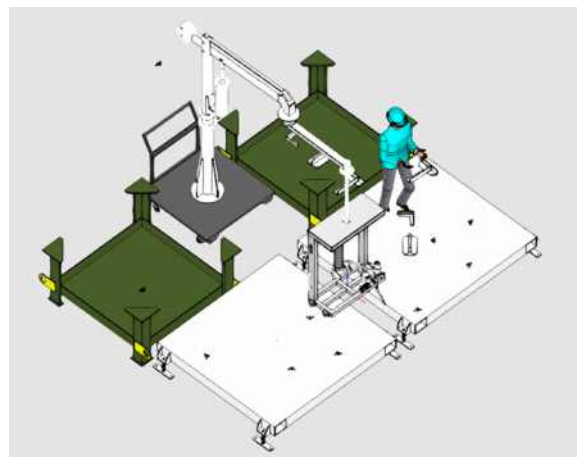


그림 10 작업자에 의한 시스템 부근 부재 배치

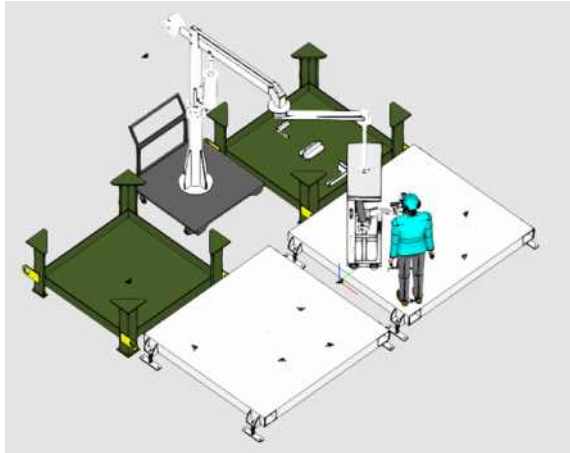


그림 11 작업자에 의한 에어발란스 이동 (좌측)

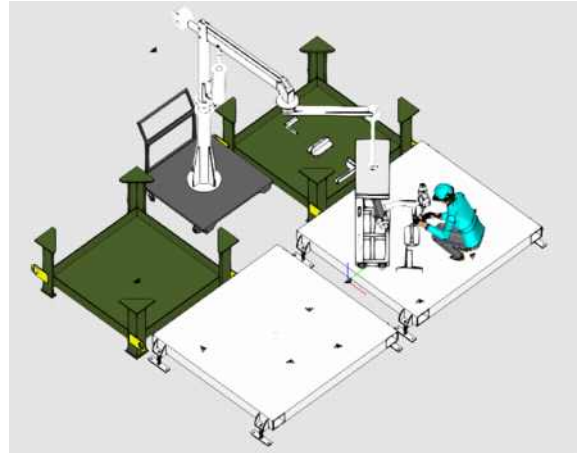


그림 12 작업자에 의한 협동로봇 직접교시 (좌측)

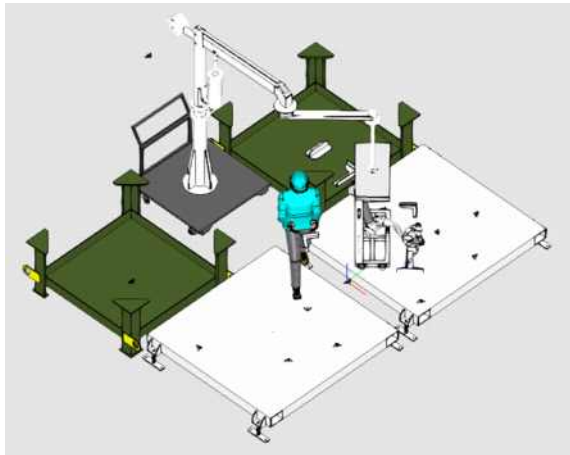


그림 13 협동로봇에 의한 용접 (좌측)

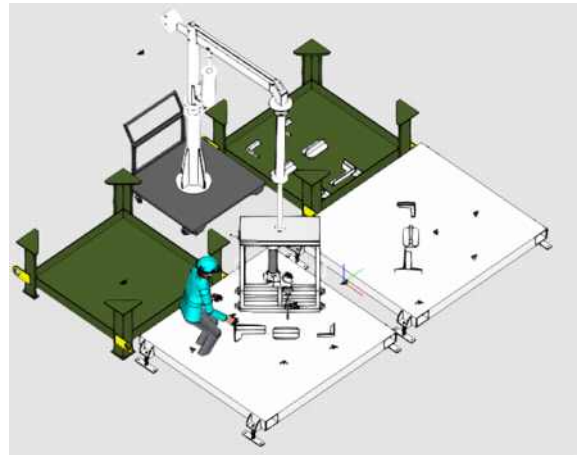


그림 14 작업자에 의한 에어발란스 이동 (우측)

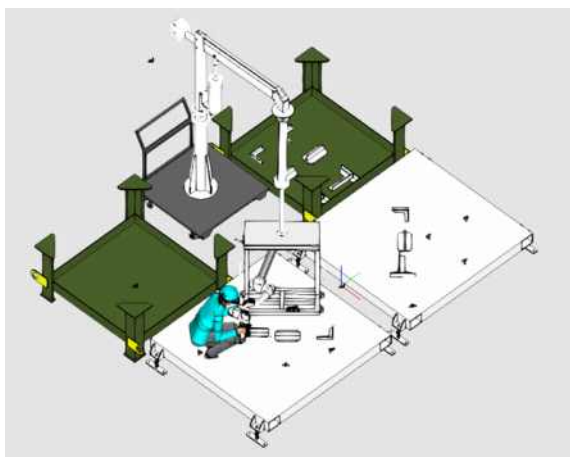


그림 15 작업자에 의한 협동로봇 직접교시 (우측)

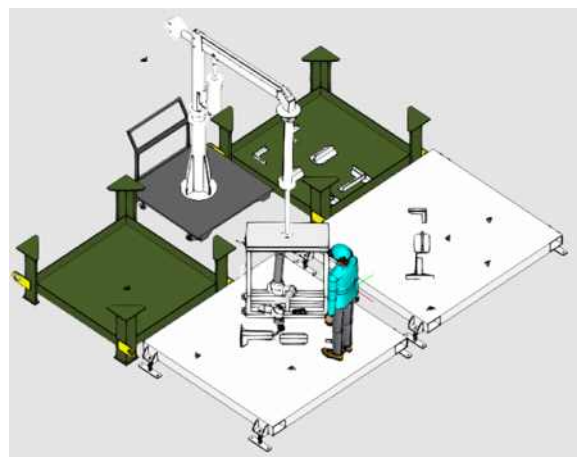


그림 16 협동로봇에 의한 용접 (우측)

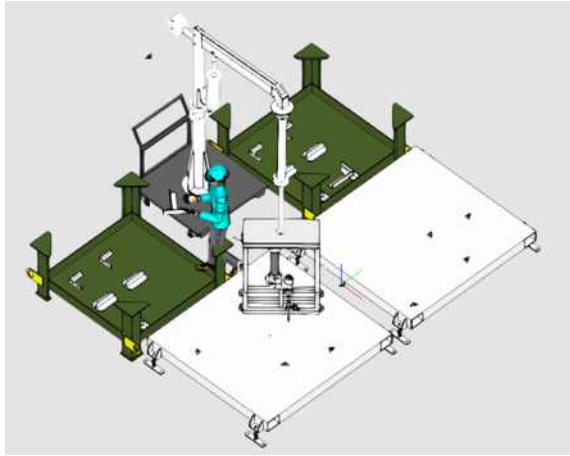


그림 17 작업자에 의한 부재 배출

2-2. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [수용접 대체를 위한 이동형 용접 공정]					
산업 분야	제조/선박	대상업종 (산업분류코드)	선박 구성 부분품 제조업 (C31114)	적용공정	수용접 대체를 위한 이동형 용접 공정
공정 소개	공정 정의	<ul style="list-style-type: none"> 수용접 작업은 선박 제조공정상 분리된 부재의 결합이나 내구성 보완을 위해 선박 구성 부품을 숙련된 작업자가 용접 조건을 설정하고 위빙 모션으로 부재를 연결하는 공정 			
	핵심(부) 기능	<ul style="list-style-type: none"> 협동로봇의 작업자 안전 보호 실시간 위빙 경로 변경 아크센싱을 이용한 용접전 추적 			
	핵심 구성	<ul style="list-style-type: none"> 작업자 안전성을 보장하는 다관절 협동 로봇 보호 기능을 내장하고 아크세기 조절이 가능한 용접기 무게를 자동 인식하여 발란스를 유지해주는 에어발란스 			
	핵심 성능	<ul style="list-style-type: none"> 작업자의 안전을 보장할 수 있는 협동 로봇의 작업공간 설정 시스템 이송시 케이블의 간섭이 없는 전장함 설계 에어발란스 조작성 위한 무게중심 및 경량화 설계 로봇과 용접기의 전기적/기계적 인터페이스 통일 용접 품질을 위한 용접 조건 설정 실시간 용접선 변경을 위한 위빙 경로 변경 기능 설계 용접선 추적을 위한 아크센싱 기능 설계 작업자의 편의를 위한 조작장치 설계(터치펜던트 프로그램) 			
	필요성/효과	[필요성] <ul style="list-style-type: none"> 비숙련 작업자에 의한 용접 품질문제 반복 용접 작업에 기인한 작업자 피로도 누적 		[도입효과] <ul style="list-style-type: none"> 용접 품질 향상 용접 불량률 감소 작업자 근골격계 질환 예방 	
	구분	Before		After	
	레이아웃	 <p>그림 18 수용접 공정(Before)</p>		 <p>그림 19 수용접 공정(After)</p>	
	작업순서	작업장 이동 → 작업 부재 배열 → 용접 작업 → 부재 배출 및 적재		작업장 이동 → 작업 부재 배열 → 용접 작업(로봇) → 부재 배출 및 적재	

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [수용접 대체를 위한 이동형 용접 공정]		
적용로봇 사양	로봇 종류	협동로봇
	가반 하중	10kg
	작업 반경	1,300mm
	투입 대수	1대
	기타	30,000천원
주변 설비 사양	용접기	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자동화, 로봇 인터페이스 기능 ■ 과열, 과전류, 케이블 쇼트 보호기능
	용접토치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 토치 케이블 길이 4m 이상 ■ 곡선형 토치
	에어발란스	<ul style="list-style-type: none"> ■ 무게 자동감지 기능 ■ 허용하중 150kg 이상
	와이어커터	<ul style="list-style-type: none"> ■ 직경 1.4mm 와이어를 자를 수 있는 와이어커터 ■ 공압식 구동방식
	마그넷 스위치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 흡착능력 최대 50kg
	공압 레귤레이터	<ul style="list-style-type: none"> ■ 입력범위 : 0.9Mpa ■ 전원 : 24VDC, INPUT(0VDC ~ 10VDC), OUTPUT(1VDC~5VDC)
	산업용 컴퓨터	<ul style="list-style-type: none"> ■ 10th Intel Core i7 based Compact Fanless System ■ Windows 10 OS
	산업용 모니터	<ul style="list-style-type: none"> ■ 산업용 등급 모니터
	터치펜던트	<ul style="list-style-type: none"> ■ Intel Atom series, Single Core ■ Windows 10 IoT OS
	이더넷 허브	<ul style="list-style-type: none"> ■ 8포트 10/100Mbps 지원
	조작장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 직접교시 기능을 위한 푸시 버튼
로봇도입 핵심 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> ■ 다관절 협동로봇 안전 보호 기능 ■ 실시간 위빙 경로 변경 기능 개발 ■ 현장 사용 용접 방식 및 조건, 작업 대상물 형상 	
소요예산	<ul style="list-style-type: none"> ■ 총사업비 190백만원 내외(정부출연금 95백만원 이내) 	
작성처	<ul style="list-style-type: none"> ■ 한국로봇융합연구원 권용섭 선임연구원(☎ 054-240-2522) 	

[선박] 선박 제조공정 개선을 위한 제조로봇 활용모델
- RC 가공 부재 자동 인식 및
가공 데이터 자동 추출 공정 -
[표준공정모델 매뉴얼]

2022. 2

한국로봇융합연구원

1 개요

1-1. 목적

- 실 수요 업체의 요구사항을 기반으로 한 선박 제조 공정 개선을 위한 제조로봇 활용 공정 모델 및 제조 공정 기술 개발을 위한 매뉴얼 작성

1-2. 공정소개

□ 공정 정의

- RC(Round Cutting) 가공 작업은 선박 제조 공정상 도장작업이 이루어지는 판재를 대상으로 이루어지는 작업으로 강재 절단 후 발생하는 모서리 부분의 도장 정착성 및 내구성 향상을 위해 그라인더 및 밀링 툴 등을 이용하여 모서리를 둥글게 깎아내는 공정
- Vision 영상 처리 로봇 시스템을 통하여 RC 가공 작업대상물, 나아가 선박 제조 분야 사용하는 평판 부재를 대상으로 하여 외곽선 검출 및 내부 홀 자동 검출을 통하여 로봇 자동화 공정이 가능할 수 있는 공정 모델

1-3. 적용대상

□ 해당공정 적용 업종, 관련 제품군 및 활용 가능 업종

- 선박제조 분야의 Vision 인식 및 외곽선 검출 관련 공정은 해당 RC 가공 공정에서 사용할 수 있을 뿐만 아니라 소조립, 중조립, 대조립까지 발생하는 용접 작업에 용접선 자동 인식부분에도 로봇 자동화를 위해 해당 공정 모델이 활용될 수 있으며, 절단, 도장 분야에도 적용 가능함
- 일반 Vision 로봇 시스템과 해당 공정모델의 차이점은 대형부재에 대해 별도의 입력 데이터 없이 비정형 대상물의 외곽선 및 내부 형상을 검출해낸다는 것으로 Vision 적용이 어려운 다품종 소량 생산이 주로 이루어지는 중소기업 환경에서 작업 대상물 인식이 필요하다면 해당 공정모델을 활용하여 수정, 보완을 통하여 적용 가능함

2 로봇활용 표준공정모델

2-1. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

표) 표준공정모델 개선

구분	부재 확인	도면 확인	치수측정	마킹 작업
As-Is	수동	수동	수동	수동
To-Be	로봇 (비전시스템)	생략	로봇 (비전시스템)	생략

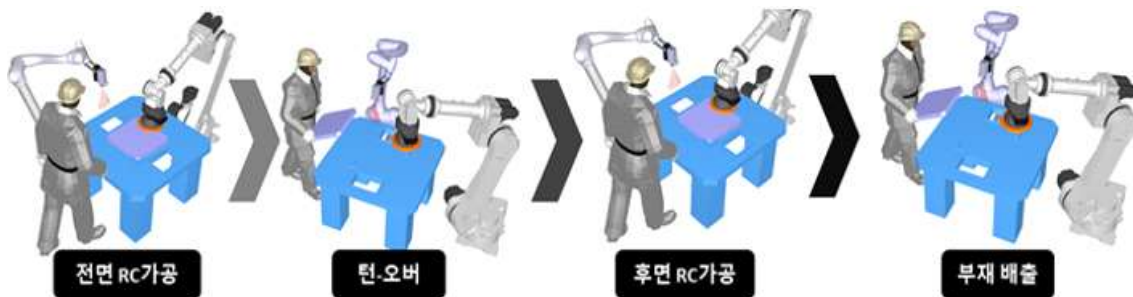


그림) RC 가공 공정 도입 솔루션

- 기존 공정은 실 가공 작업이 이루어지기까지 사전에 크게 (부재 확인) → (도면확인) → (치수측정) → (마킹작업) 4단계로 이루어지는 과정이 필요했으나 제안하는 공정모델을 활용할 경우 Vision 로봇 시스템을 활용하여 (부재확인) → (치수측정) 2단계로 이루어질 수 있음.
- 제안하는 표준공정모델에서는 비정형 부재를 지정된 작업영역(마그네트 베드) 상에 임의의 위치에 놓아두면 Vision 로봇 시스템을 활용하여 자동 인식을 통하여 부재 확인 및 치수측정 가능하도록 함.
- 측정된 데이터를 활용하여 로봇의 작업 궤적 자동 생성
- 작업툴 진입 불가 영역 자동 판단으로 작업 능률 향상


□ 시스템 구성

표) 표준공정모델 시스템 구성안

H/W	사 양	필요 기능
로봇	<ul style="list-style-type: none"> - 타입: 6축 다관절로봇 협동로봇 - 축 자유도: 6-axis - 가반하중: 10kg 이상 - 반복정밀도: $\pm 0.05\text{mm}$ - 작업반경: 1,300mm 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템과의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성
카메라	<ul style="list-style-type: none"> - 영상입력 : 모노 - 해상도 : 4000X3000 이상 - 인터페이스 : GIGE 	<ul style="list-style-type: none"> - 정밀 측정이 가능한 고해상도 카메라 필요 - 실시간 데이터 획득을 위한 Mono 카메라 추천
조명	<ul style="list-style-type: none"> - 전체길이 : 624mm - 발광부 길이 : 600mm - 정격전압 : 24VDC - 색상 : 주광색 - 중심조도 : 650 (lx/50cm) 	<ul style="list-style-type: none"> - 자력 조절 가능(수동조작) - 역자기능을 포함
제어 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 전원 : 440VAC/380VAC to 220VAC - 통신 : ETHERNET - 입출력 : NPN 입출력(24VDC) 	<ul style="list-style-type: none"> - 설치 공장의 전원을 고려하여 T/R을 포함 - ETHERNET 스위칭 기능 포함 - 입출력제어를 위한 인터페이스 포함

□ 시스템 상세 구성 및 스펙

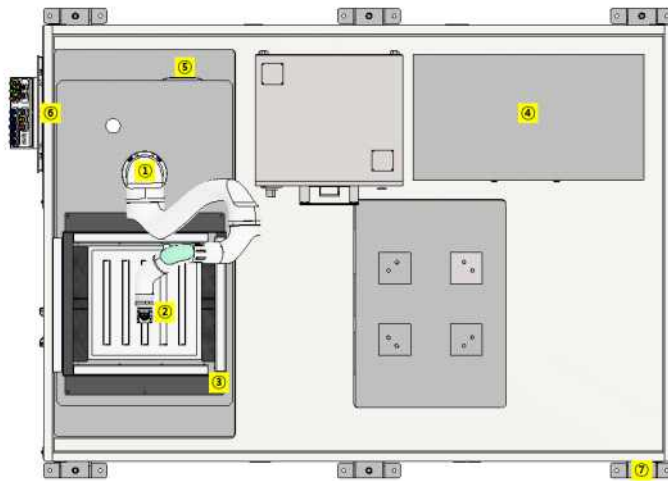
표) 시스템 상세 구성 및 사양

1. 로봇(Cooperative Robot)	사양 정보	
	범주	Cooperative Robot
	가반중량	10kg
	로봇반경	1,300mm
	통신방법	TCP/GPIO
	운영방식	Handling
	수량	1대

2. 카메라	사양 정보	
	범주	Vision 인식용 카메라
	해상도	4000X3000
	영상입력	MONO
	특징	PoE 타입 통신, 전원 입력 방식 GIGE 인터페이스
	수량	1대
3. 조명	사양 정보	
	범주	Vision 인식용 조명
	중심조도	650 lx/50cm
	발광부길이	600mm
	색상	주광색
4. 제어 시스템	사양 정보	
	범주	제어 시스템
	전원	440VAC/380VAC to 220VAC
	통신	ETHERNET
	입출력	NPN 입출력

□ 공정 설계도

○ 공정설계안(RC 가공 공정)



< 공정 구성품 >

- ① 협동 로봇
- ② Vision 영상 카메라
- ③ 조명 시스템
- ④ 제어 시스템
- ⑤ 협동 로봇 제어기
- ⑥ 작업자 조작장치
- ⑦ 안전펜스

그림) 공정 설계도(RC 가공 공정)

※ 작업 시작 전 영상 인식 범위 Background 이미지 획득 (작업일 기준 1번 수행)

- ① 작업자가 가공 부재를 마그네틱 베드에 위치 후 공정 시작 S/W 누름
- ② 마그네틱 베드 평면 기준 상, 좌, 우 배치되어 있는 LED 시스템 ON
- ③ 협동 로봇 시스템 대기 위치에서 영상 획득 위치로 이동
- ④ Vision 영상 카메라 시스템을 통하여 이미지 획득
(조명 영향 최소화를 위하여 HDR 이미지 획득)
- ⑤ 작업 대상물 중심위치에서 크게 벗어 났을 때 (250mm 이상) 로봇 시스템
대상물 중심 위치로 재 이동 후 추가 이미지 획득 (상세 보정)
- ⑥ 획득 이미지 상 영상처리를 통하여 외곽선 검출 및 Coner Point 검출
- ⑦ RC 가공 톨 크기 반영된 외곽선 Offset 반영 모션 궤적 생성
- ⑧ 획득 Point 기반 로봇 OLP 프로그램 생성
- ⑨ 가공 로봇 시스템 동작(RC 가공 로봇 공정 모델)

□ 운영 시나리오

- 표준모델 공정 설계에 따른 운영시나리오 시뮬레이션을 위해 Delfoi S/W를 이용하여 검증

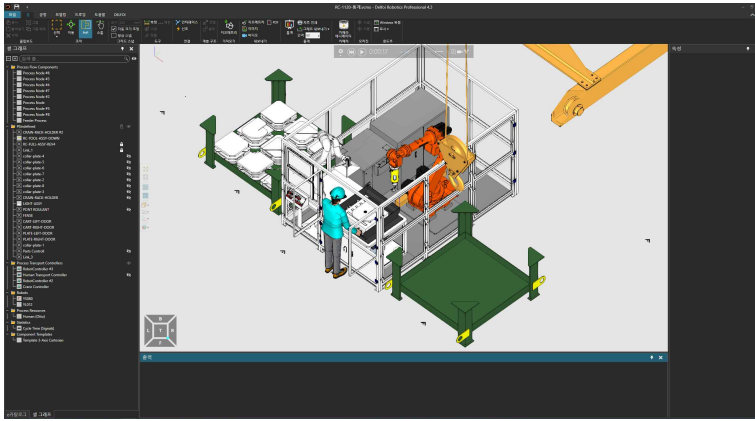


그림) Delfoi 소프트웨어 활용

그림) 24시간동안 가공되는 부재의 수

- RC 가공 공정을 위한 운영 시나리오를 정의하였고, 이를 기반으로 표준모델 공정에 대한 시뮬레이션을 진행
 - ① 크레인에 의한 부재 Rack 이송
 - ② 작업자에 의한 부재 투입(작업자 “공정시작 S/W ON”)
 - ③ 협동 로봇에 의한 전면 비전 인식(마그네틱 시스템 ON, 비전 프로세싱 시작)
 - ④ 산업용 로봇에 의한 전면 터치 센싱(부재 높이를 측정하여 가공 R값을 지정)
 - ⑤ 산업용 로봇에 의한 전면 RC 가공(최적 모션 JOB 생성, 스핀들 모터 ON)
 - ⑥ 전면 가공 종료 후 작업자에 의한 부재 턴-오버(마그네틱 시스템 OFF)
 - ⑦ 공정②~ 공정⑥ 반복 수행
 - ⑧ 작업자에 의한 부재 배출 및 적재

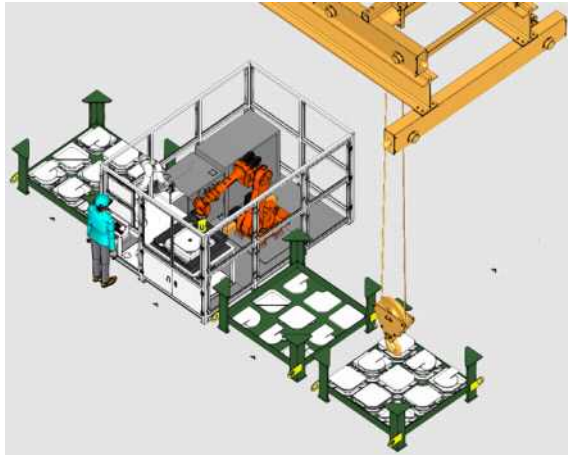


그림) 크레인에 의한 부재 Rack 이송

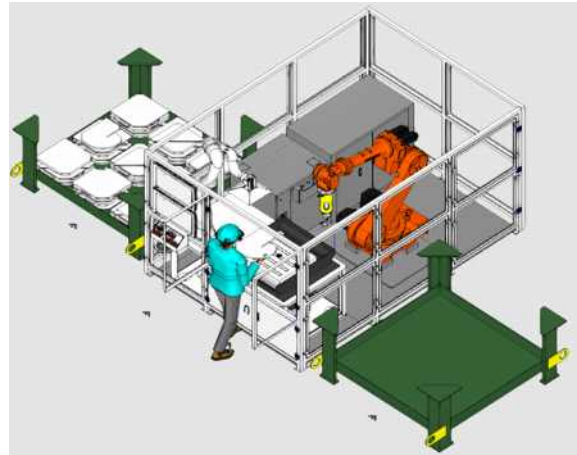


그림) 작업자에 의한 부재 투입

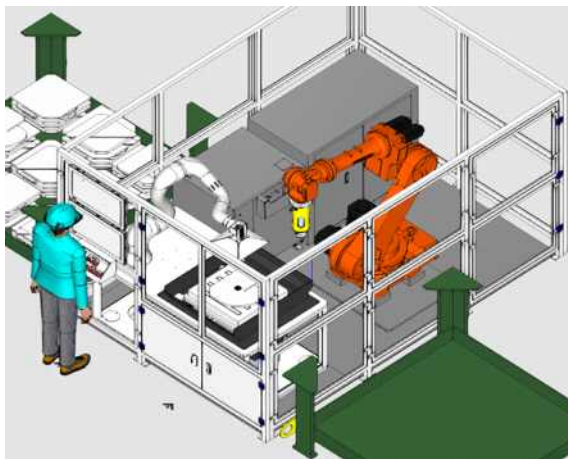


그림) 협동 로봇에 의한 전면 비전 인식

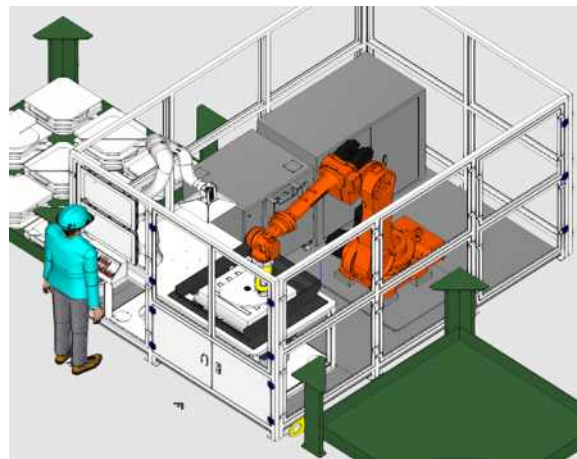


그림) 산업용 로봇에 의한 전면 터치 센싱

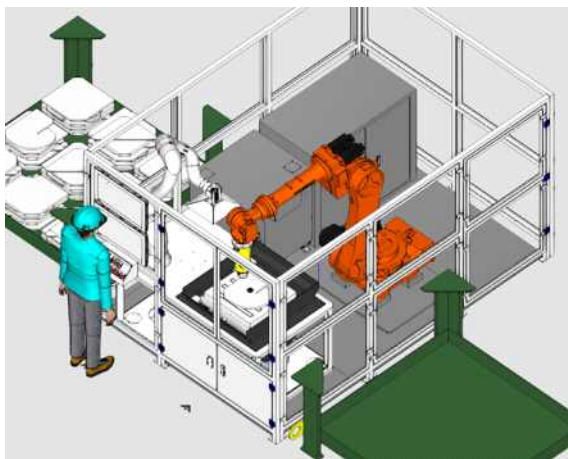


그림) 산업용 로봇에 의한 전면 RC 가공

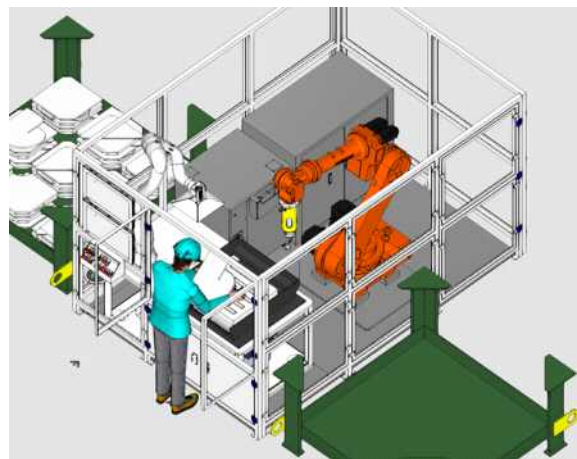


그림) 작업자에 의한 부재 턴-오버

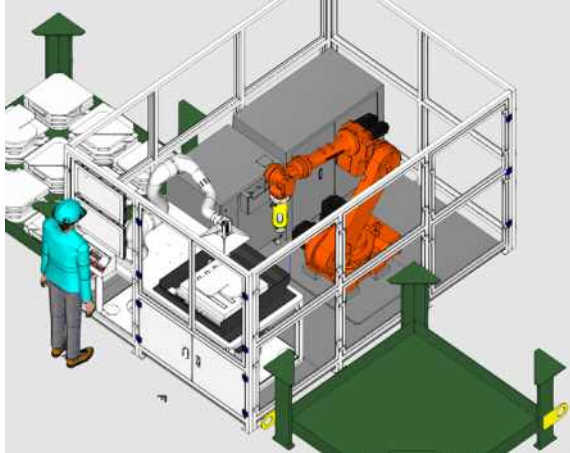


그림) 협동 로봇에 의한 후면 비전 인식

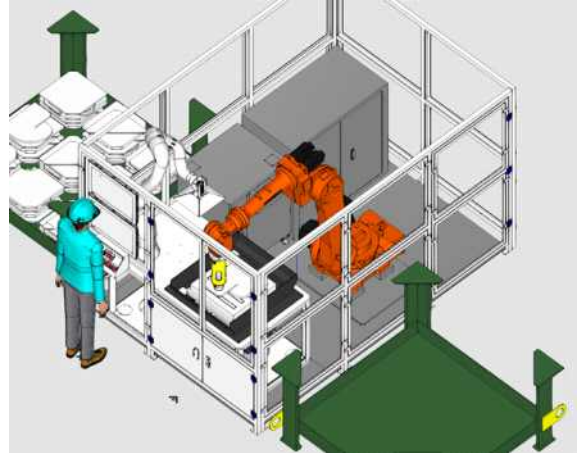


그림) 산업용 로봇에 의한 후면 터치 센싱

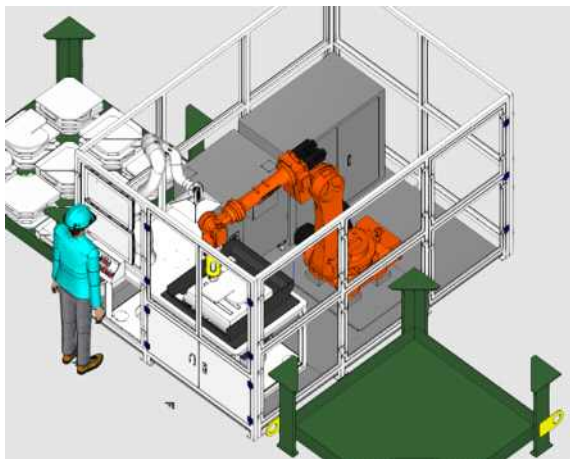


그림) 산업용 로봇에 의한 후면 RC 가공

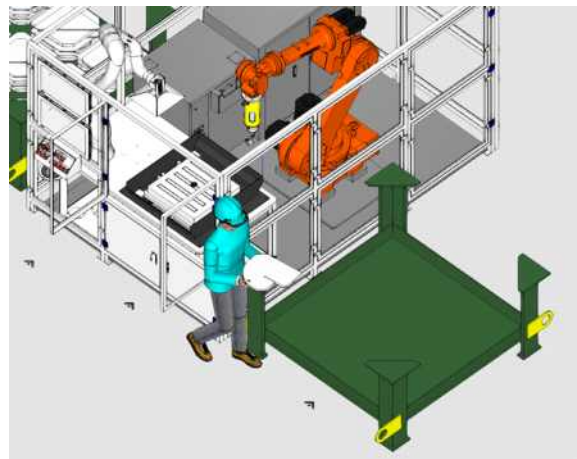

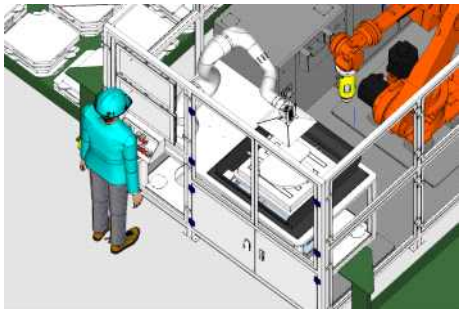


그림) 작업자에 의한 부재 배출

2-2. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [RC 가공 부재 자동 인식 및 가공 데이터 자동 추출 공정 모델]					
산업 분야	선박	대상업종 (산업분류코드)	기타 선박 건조업 (C31113)	적용공정	RC 가공 부재 자동 인식 및 가공 데이터 자동 추출 공정
공정 소개	공정 정의	<ul style="list-style-type: none"> RC(Round Cutting) 가공 작업은 선박 제조 공정상 도장작업이 이루어지는 판재를 대상으로 이루어지는 작업으로 강재 절단 후 발생하는 모서리 부분의 도장 정착성 및 내구성 향상을 위해 그라인더 및 밀링 툴 등을 이용하여 모서리를 둥글게 깎아내는 공정 Vision 영상 처리 로봇 시스템을 통하여 RC 가공 작업 대상물, 나아가 선박 제조 분야 사용하는 평판 부재를 대상으로 하여 외곽선 검출 및 내부 홀 자동 검출을 통하여 로봇 자동화 공정이 가능할 수 있는 공정 모델 			
	핵심(부) 기능	<ul style="list-style-type: none"> 비정형 부재의 외곽선 및 내부 홀 자동 인식 인식 데이터 기반 RC 가공 툴 진입 불가 영역 자동 판단 카메라 영상 입력, 조명 시스템 제어를 통한 안정적 영상 획득 			
	핵심 구성	<ul style="list-style-type: none"> 비전 인식 데이터 추출을 위한 카메라 및 렌즈 외부 조명의 간섭을 줄이고, 비전 인식 조도 확보를 위한 조명 시스템 비전 카메라의 핸들링을 위한 협동 로봇 			
	핵심 성능	<ul style="list-style-type: none"> 협동 로봇을 통한 비전 인식을 위하여 카메라 및 렌즈 결합부의 TCP 설정 마그네틱 베드의 기준좌표와 협동 로봇의 베이스 좌표의 캘리브레이션 비전 인식 기반의 비정형 부재의 X,Y 좌표 추출 및 외곽선, 내부 홀, 진입 불가 영역 판단 작업자 편의를 위한 공정 시퀀스 및 조작 장치 설계 (공정 시작 후 별도 조작 없음) 			
	필요성/효과	[필요성] <ul style="list-style-type: none"> 도면을 보고 작업하기에 잘못 수행할 우려가 있음 도면을 보고 작업을 수행할 수 있는 작업자를 구하기 힘들 		[도입효과] <ul style="list-style-type: none"> 비전 인식 기반으로 작업을 수행함에 따라 오차가 존재할 뿐, 잘못 수행할 우려가 없음 인건비 절감 	
	구분	Before		After	
	레이아웃	 <p>그림) 개선 요구사항 (RC Vision 인식 공정)</p>		 <p>그림) 개선 후 (RC Vision 인식 공정)</p>	
	작업순서	부재 Rack 이송->작업 부위 마킹-> 부재 투입-> RC가공(작업자)-> 부재 배출 및 적재		부재 Rack 이송->부재 투입->부재인식(로봇)->부재가공(로봇)->부재 배출 및 적재	

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [RC 가공 부재 자동 인식 및 가공 데이터 자동 추출 공정 모델]		
적용로봇 사양	로봇 종류	협동로봇
	가반 하중	10kg
	작업 반경	1,300mm
	투입 대수	1대
	기타	30,000천원
주변 설비 사양	비전용 카메라	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pixels : 4000pixels x 3000pixels ■ Pixel Size : 1.85μm ■ Frame rate : 8.7fps ■ Working distance : 650mm
	카메라용 렌즈	<ul style="list-style-type: none"> ■ Angle of view (2/3") : 56.8° x 71.5° (Diagonal: 83.8°) ■ Focal Length : 6mm ■ 배율 : 1.4~16배
	카메라 고정용 브라켓	<ul style="list-style-type: none"> ■ 협동로봇 TCP 결정을 위한 카메라 고정 브라켓 설계 (인덱스)
	조명 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ■ 외부 조명의 간섭 최소화 및 비전 인식 조도 확보를 위한 틸팅 가능한 조명 시스템 브라켓 설계 ■ 빛의 일정한 조도를 위해 조명 확산판 부착 ■ 조도 : 810lx/50cm
	산업용 컴퓨터	<ul style="list-style-type: none"> ■ 10th Intel Core i7 based Compact Fanless System ■ 비전 데이터 기반 부재 외곽선 및 홀 검출 ■ 진입 불가 영역 자동 판단 등
	전원 트랜스포머	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3상/단권(10kVA) ■ 440VAC/380VAC(현장전원) to 220VAC(제어시스템 사용 전원)
	조작 장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 작업자 공정 조작을 위한 조광형 버튼 구성
	안전 설비	<ul style="list-style-type: none"> ■ 안전 펜스(도어 스위치 포함)
로봇도입 핵심 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비정형 부재에 대한 인식 및 데이터화 ■ 부재의 좌표 추출 및 툴 진입 불가 영역 판단 	
소요예산	<ul style="list-style-type: none"> ■ 총사업비 150백만원 내외(정부출연금 75백만원 이내) 	
작성처	<ul style="list-style-type: none"> ■ 한국로봇융합연구원 박창형 주임연구원(☎ 054-240-2522) 	

[선박] 선박 제조공정 개선을 위한 제조로봇 활용모델
- 소형 부재 RC 가공 작업 공정 -
[표준공정모델 매뉴얼]

2022. 2

한국로봇융합연구원

1 개요

1-1. 목적

- 실 수요 업체의 요구사항을 기반으로 한 선박 제조 공정 개선을 위한 제조로봇 활용 공정 모델 및 제조 공정 기술 개발을 위한 매뉴얼 작성

1-2. 공정소개

□ 공정 정의

- RC(Round Cutting) 가공 작업은 선박 제조 공정상 도장작업이 이루어지는 판재를 대상으로 이루어지는 작업으로 강제 절단 후 발생하는 모서리 부분의 도장 정착성 및 내구성 향상을 위해 그라인더 및 밀링 툴 등을 이용하여 모서리를 둥글게 깎아내는 공정

1-3. 적용대상

□ 해당공정 적용 업종, 관련 제품군 및 활용 가능 업종

- 선박제조 분야의 RC 가공 공정은 선박 도장 공정에서 도장품질을 높이기 위한 전처리 과정으로 다양한 금속 제조업 분야에서 적용 가능함
- 해당 기술의 핵심은 RC 가공 전용 기술이기 보다는 로봇시스템을 활용한 균일 품질을 만들어 낼 수 있는 그라인딩, 연마 기술로 볼 수 있음. 이에 로봇 시스템을 활용하여 면취, 가공, 연마 작업이 필요한 산업군에는 개발 기술을 활용하여 적용 가능함
- 활용 가능 업종 예) 1. 선박 제조 분야 면취 작업 및 비드 그라인딩 등 2. 자동차 부품 디버링 작업 3. 기계 가공분야에서 연삭, 연마 관련 작업 등

2 로봇활용 표준공정모델

2-1. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

표) 표준공정모델 개선

구분	부재 인식	부재 고정	부재 가공	턴-오버
As-Is	없음	수동	수동	수동
To-Be	로봇 (비전시스템)	마그네틱 시스템	로봇	수동

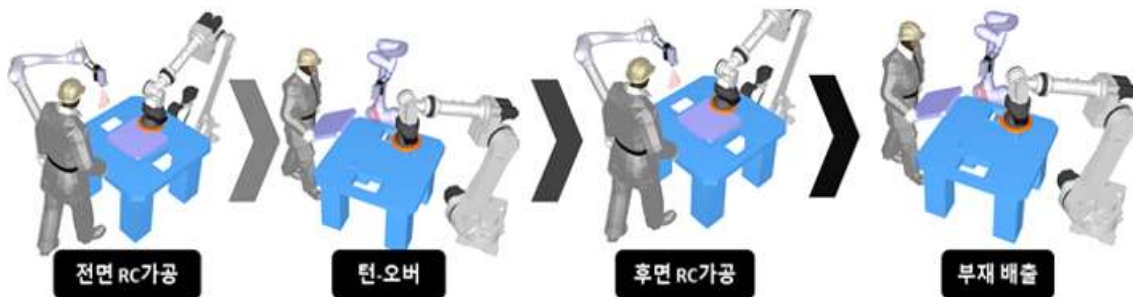


그림) RC 가공 공정 도입 솔루션

- 마그네틱 시스템에 가공 부재를 고정 후 RC 인식 로봇을 통하여 부재를 인식
- 인식된 부재에 대해 가공 톨이 부착된 로봇을 통해 RC 가공 수행
- 작업자가 턴-오버 이후 후면 RC 가공을 수행하고 부재를 배출


□ 시스템 구성

표) 표준공정모델 시스템 구성안

H/W	사 양	필요 기능
로봇	<ul style="list-style-type: none"> - 타입: 6축 다관절로봇 - 축 자유도: 6-axis - 가반하중: 80kg 이상 - 반복정밀도: $\pm 0.06\text{mm}$ - 작업반경: 2,239mm 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템과의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성
가공 툴 (스핀들 모터)	<ul style="list-style-type: none"> - 회전속도 : 24000rpm(400Hz) - 용량 : 2.2kw - 면취능력 : R1.5~R4.0 	<ul style="list-style-type: none"> - 제어기를 통한 조작가능(속도조절, ON/OFF) - 부재 높이 측정을 위한 터치 센싱 기능을 포함
마그네틱 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 흡착능력 : 900kg 	<ul style="list-style-type: none"> - 자력 조절 가능(수동조작) - 역자기능을 포함
제어 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 전원 : 440VAC/380VAC to 220VAC - 통신 : ETHERNET - 입출력 : NPN 입출력(24VDC) 	<ul style="list-style-type: none"> - 설치 공장의 전원을 고려하여 T/R을 포함 - ETHERNET 스위칭 기능 포함 - 입출력제어를 위한 인터페이스 포함

□ 시스템 상세 구성 및 스펙

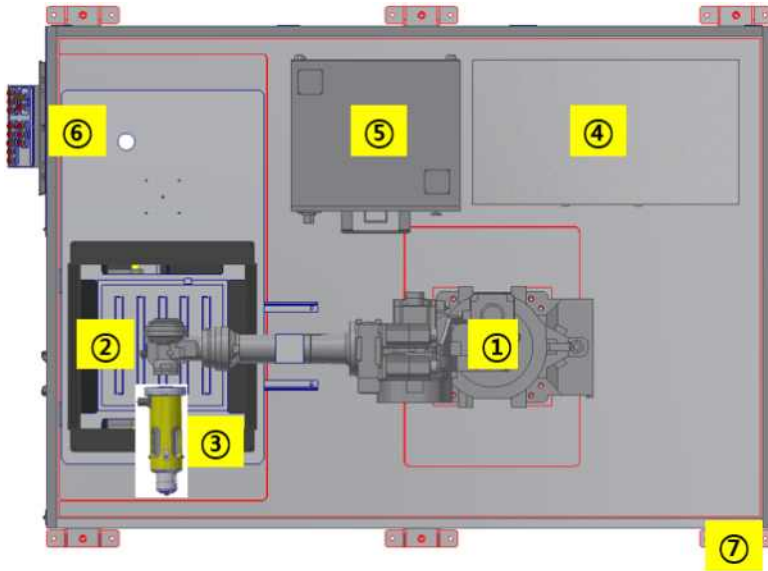
표) 시스템 상세 구성 및 사양

1. 로봇(Industrial Robot)	사양 정보	
	범주	Industrial Robot
	가반중량	80kg
	로봇반경	2,239mm
	설치방식	Floor / Wall / Ceiling
	무게	645kg
	반복정도	$\pm 0.06\text{mm}$
	통신방법	UDP/GPIO
	운영방식	Handling
	수량	1대

2. 마그네틱 시스템		사양 정보	
	범주	마그네틱 베드	
	흡착능력	900kg	
	사이즈	500mm x 500mm x 200mm	
	특징	역자기능 포함, 점점 동작 제어	
3. 가공 툴(스핀들 모터)		사양 정보	
	범주	가공 툴	
	용량	2.2kw	
	회전속도	24000rpm(400Hz)	
	면취능력	R1.5~R4.0	
	특징	스핀들 모터 구동으로 바이트 회전, 공압 실린더 압력조절을 통한 터치센싱 및 높이제어	
4. 제어 시스템		사양 정보	
	범주	제어 시스템	
	전원	440VAC/380VAC to 220VAC	
	통신	ETHERNET	
	입출력	NPN 입출력	

□ 공정 설계도

○ 공정설계안(RC 가공 공정)



< 공정 구성품 >

- ① 산업용 로봇
- ② 마그네틱 베드
- ③ 가공 툴
- ④ 제어 시스템
- ⑤ 산업용 로봇 제어기
- ⑥ 작업자 조작장치
- ⑦ 안전펜스

그림) 공정 설계도(RC 가공 공정)

- ① 작업자가 가공 부재를 마그네틱 베드에 위치 후 공정 시작 S/W 누름
- ② 부재 인식을 통한 가공 모션을 생성(RC 가공 부재 자동 인식 및 가공 데이터 자동 추출 로봇 공정 모델)
- ③ 산업용 로봇에 부착된 가공 툴을 이용하여 부재의 높이를 측정(터치 센싱)
- ④ 측정된 높이를 기준으로 RC 가공 수행(R2.5 기준)
- ⑤ 작업이 종료되면 턴-오버 또는 다음 부재 가공 수행(②~④ 작업 반복)

□ 운영 시나리오

- 표준모델 공정 설계에 따른 운영시나리오 시뮬레이션을 위해 Delfoi S/W를 이용하여 검증

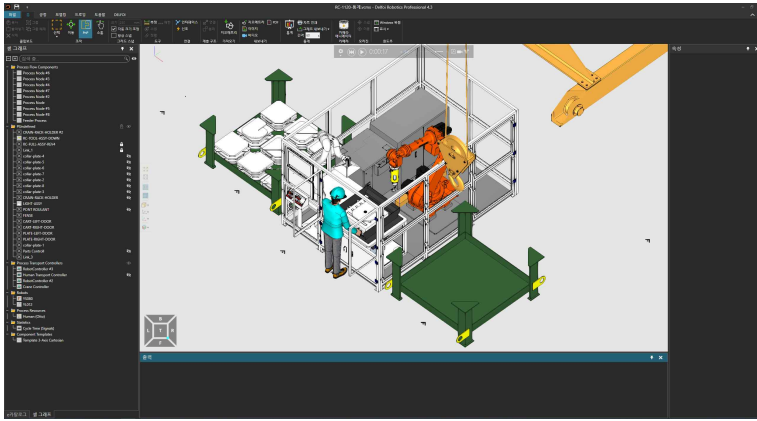


그림) Delfoi 소프트웨어 활용

그림) 24시간동안 가공되는 부재의 수

- RC 가공 공정을 위한 운영 시나리오를 정의하였고, 이를 기반으로 표준모델 공정에 대한 시뮬레이션을 진행
 - ① 크레인에 의한 부재 Rack 이송
 - ② 작업자에 의한 부재 투입(작업자 “공정시작 S/W ON”)
 - ③ 협동 로봇에 의한 전면 비전 인식(마그네틱 시스템 ON, 비전 프로세싱 시작)
 - ④ 산업용 로봇에 의한 전면 터치 센싱(부재 높이를 측정하여 가공 R값을 지정)
 - ⑤ 산업용 로봇에 의한 전면 RC 가공(최적 모션 JOB 생성, 스핀들 모터 ON)
 - ⑥ 전면 가공 종료 후 작업자에 의한 부재 턴-오버(마그네틱 시스템 OFF)
 - ⑦ 공정②~ 공정⑥ 반복 수행
 - ⑧ 작업자에 의한 부재 배출 및 적재

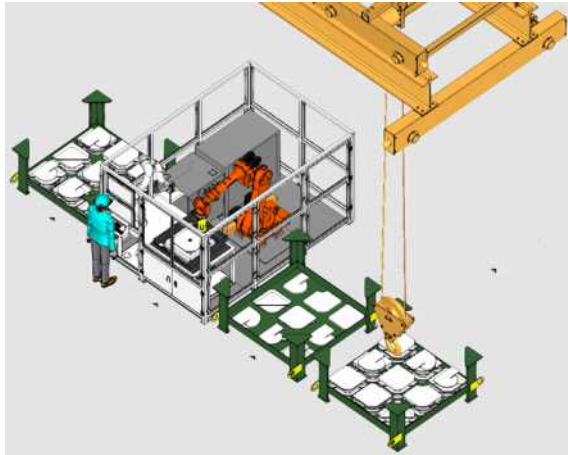


그림) 크레인에 의한 부재 Rack 이송

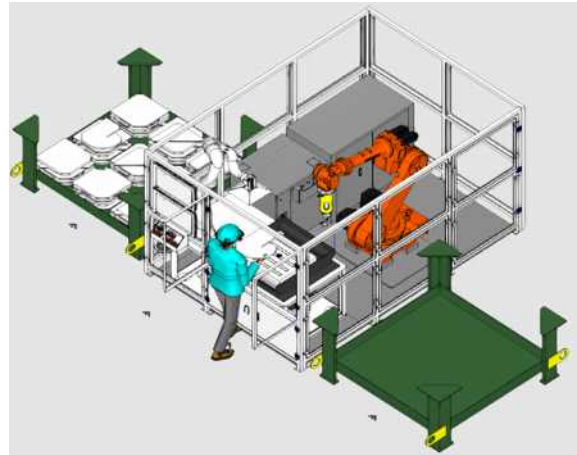


그림) 작업자에 의한 부재 투입

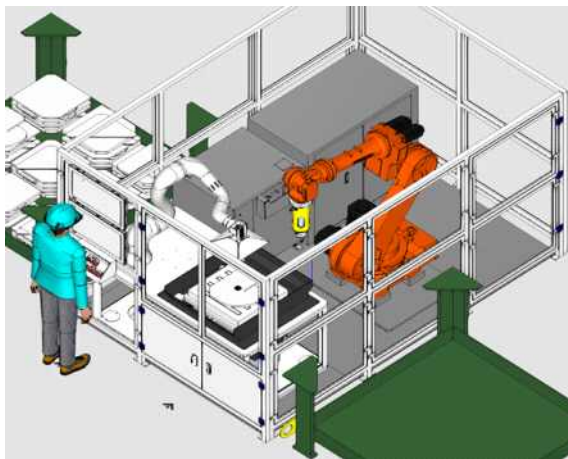


그림) 협동 로봇에 의한 전면 비전 인식

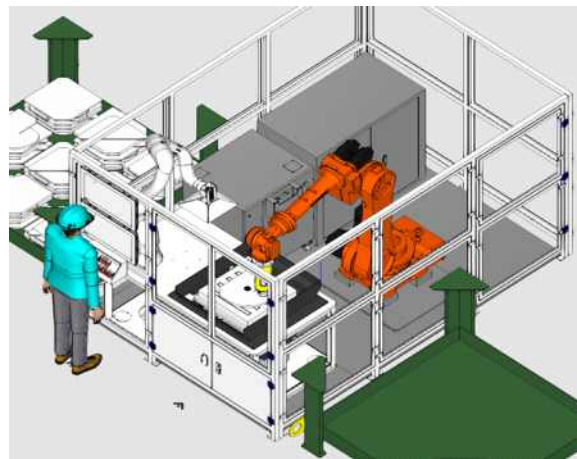


그림) 산업용 로봇에 의한 전면 터치 센싱

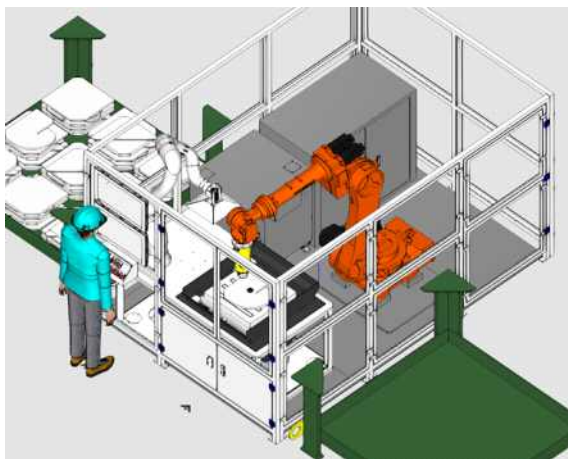


그림) 산업용 로봇에 의한 전면 RC 가공

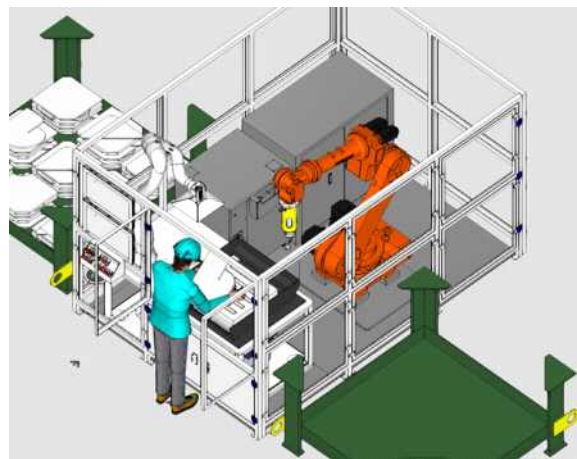


그림) 작업자에 의한 부재 턴-오버

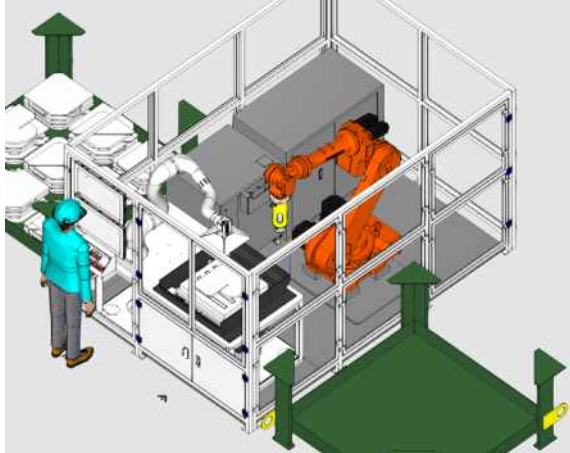


그림) 협동 로봇에 의한 후면 비전 인식

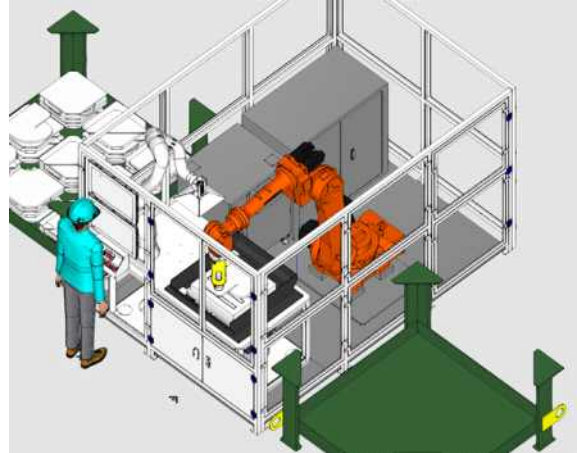


그림) 산업용 로봇에 의한 후면 터치 센싱

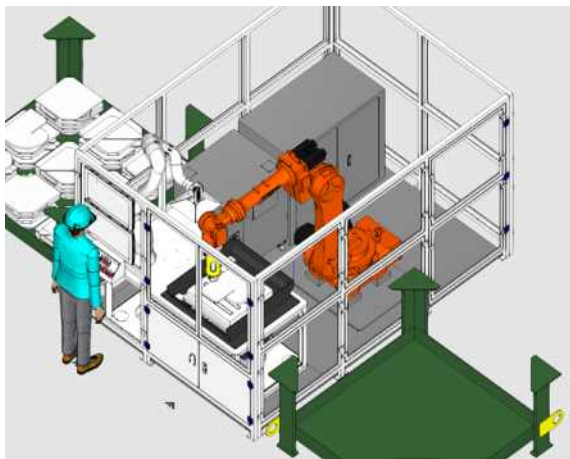


그림) 산업용 로봇에 의한 후면 RC 가공

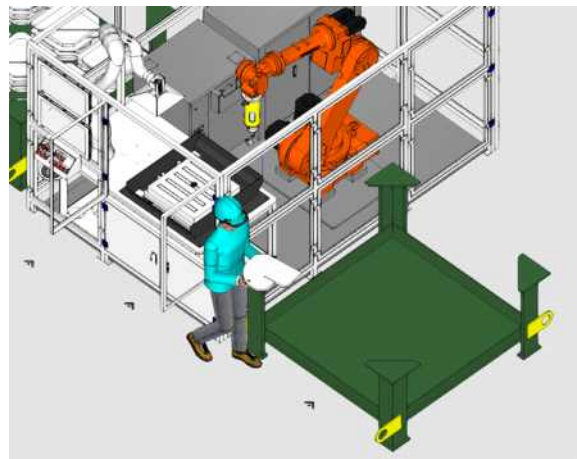

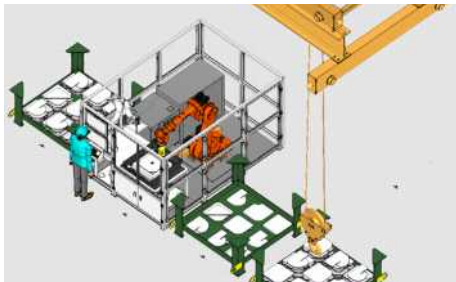


그림) 작업자에 의한 부재 배출

2-2. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [소형 부재 RC 가공 작업 공정 모델]					
산업 분야	선박	대상업종 (산업분류코드)	기타 선박 건조업 (C31113)	적용공정	소형 부재 RC 가공 작업 공정 모델
공정 소개	공정 정의	<ul style="list-style-type: none"> RC(Round Cutting) 가공 작업은 선박 제조 공정상 도장작업이 이루어지는 판재를 대상으로 이루어지는 작업으로 강재 절단 후 발생하는 모서리 부분의 도장 정착성 및 내구성 향상을 위해 그라인더 및 밀링 툴 등을 이용하여 모서리를 둥글게 깎아내는 공정 			
	핵심(부) 기능	<ul style="list-style-type: none"> 가공 부재의 마그네틱 시스템 흡착/탈착 공압실린더 자기센서를 통한 부재 높이 측정 스핀들 모터에 부착된 바이트를 이용한 RC 가공 			
	핵심 구성	<ul style="list-style-type: none"> 가공 부재 고정을 위한 마그네틱 시스템 부재의 높이 측정 및 면취를 위한 가공 툴 가공 툴의 핸들링을 위한 산업용 로봇 			
	핵심 성능	<ul style="list-style-type: none"> 산업용 로봇을 통한 정밀가공을 위하여 가공 툴의 TCP 설정 마그네틱 베드의 기준좌표와 산업용 로봇의 베이스 좌표의 캘리브레이션 가공부재의 특이점(높이 불량, 가공부산물 등) 회피 기능(Z축 공압실린더 제어) 작업자 편의를 위한 공정 시퀀스 및 조작장치 설계(공정 시작 후 별도 조작 없음) 			
	필요성/효과	<p>[필요성]</p> <ul style="list-style-type: none"> 비정형 부재에 대한 품질문제 장시간 작업으로 인한 근골격계 질환 발생 		<p>[도입효과]</p> <ul style="list-style-type: none"> 가공 품질 향상 가공 불량률 감소 작업자 근골격계 질환 예방 	
	구분	Before		After	
	레이아웃	 <p>그림) RC 가공 공정(Before)</p>		 <p>그림) RC 가공 공정(After)</p>	
	작업순서	부재 Rack 이송->부재 투입->RC가공(작업자)->부재 배출 및 적재		부재 Rack 이송->부재 투입->부재인식(로봇)->부재가공(로봇)->부재 배출 및 적재	

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [소형 부재 RC 가공 작업 공정 모델 개발]		
적용로봇 사양	로봇 종류	산업용로봇
	가반 하중	80kg
	작업 반경	2,239mm
	투입 대수	1대
	기타	30,000천원
주변 설비 사양	마그네틱 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ■ 흡착능력 최대 900kg ■ 역자기능을 포함(접점제어를 통한 ON/OFF 가능)
	스핀들 모터	<ul style="list-style-type: none"> ■ 용량 : 2.2kw(공냉식) ■ 회전속도 Max.24000rpm(400Hz)
	오토 스위치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공압실린더의 이동 위치를 측정하기 위한 오토스위치 ■ 부재의 면취량을 계산하기 위한 높이 측정 기능
	공압실린더	<ul style="list-style-type: none"> ■ Z축으로 발생하는 특이점을 제어하기 위한 단동/단로드 공압실린더
	공압레귤레이터	<ul style="list-style-type: none"> ■ 입력범위 : 0.9Mpa ■ 전원 : 24VDC, INPUT(0VDC ~ 10VDC), OUTPUT(1VDC~5VDC)
	바이트	<ul style="list-style-type: none"> ■ 면취능력 R1.5 ~ R4.0
	전원 트랜스포머	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3상/단권(10kVA) ■ 440VAC/380VAC(현장전원) to 220VAC(제어시스템 사용 전원)
	산업용컴퓨터	<ul style="list-style-type: none"> ■ 10th Intel Core i7 based Compact Fanless System ■ 모션 알고리즘 생성, 공정 시퀀스 제어 등
	산업용 모니터	<ul style="list-style-type: none"> ■ 터치 기능을 포함하는 산업용 등급 모니터
	릴레이보드	<ul style="list-style-type: none"> ■ 입·출력 : 32점 NPN, Common 8점
	DAQ제어기	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cortex-M4 기반 자체제작품 ■ Ethernet(UDP), GPIO, DAC, ADC, USART 등 기능포함
	이더넷 스위치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 8포트 10/100/1000Mbps 지원 ■ 4포트 PoE 기반 1000Mbps 지원
	조작장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 작업자 공정 조작을 위한 조광형 버튼 구성
	안전 설비	<ul style="list-style-type: none"> ■ 안전 펜스(도어 스위치 포함)
로봇도입 핵심 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비정형 부재에 대한 인식 및 데이터화 ■ 품질향상을 위한 가공 툴 개발(터치센싱, 스핀들모터 포함) ■ 생산성 향상을 위한 최적 모션 JOB 생성 	
소요예산	<ul style="list-style-type: none"> ■ 총사업비 200백만원 내외(정부출연금 100백만원 이내) 	
작성처	<ul style="list-style-type: none"> ■ 한국로봇융합연구원 정명수 선임 연구원☎ 054-240-2522) 	