
**[선박] 선박 제조공정 개선을 위한 제조로봇
활용모델 개발
중형 부재 RC 가공 작업 로봇 공정 모델 개발
[표준공정모델 매뉴얼]**

2022. 12

한국로봇융합연구원

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	7
2-3. 표준공정모델 실증기준	15
3. 기대효과 및 고려사항	
3-1. 기대효과	16
3-2. 고려사항	19

1 개요

1-1. 목적

- 살 수요 업체의 요구사항을 기반으로 한 선박제조 공정 개선을 위한 제조로봇 활용 공정모델 및 제조공정 기술개발을 위한 매뉴얼

1-2. 공정소개

□ 공정 정의

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



□ 공정 선정

- 선박제조 공정 분야 생산성 향상 및 작업 환경 개선을 최종 목표로 수요조사 및 기존 공정 분석, 공정모델 개발, 테스트 베드 구축, 실증/보급사업 연계 4단계의 세부 목표로 수행
- 수요조사 및 기존 공정 분석에서는 실제 수요기업들을 대상으로 필요기술조사 및 환경 분석을 통하여 공정모델을 선정하고 수요처 환경에 적합한 공정모델의 로봇 시스템 사양을 정의
- 전국 100여 개 선박제조업체를 대상으로 수요조사를 하였으며, 조선/해양플랜트 산업이 밀집해 있는 부산/경남권 업체를 방문하여 제조공정 현황을 조사하고 수요가 높은 9개 분야를 선정

〈선박제조 기업 수요조사서〉

[illegible]

표) 로봇 자동화 대상 공정

연차	번호	업종 - 공정	작업 현장 사진	공정 설명 및 현재 현황(문제점)
1차년	1	철의장품 가공 분야 - Set-up 공정		<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정 1 : Set-up 공정 (다품종 소량 생산) <ul style="list-style-type: none"> - 소형/중형 브라켓 가공 전 정리 고위험 업무 - 고 중량물을 사람이 직접 다루는 부분의 솔루션 필요 - 중형 부재의 경우 후면 가공을 위해 부재의 자세를 조정하는 기술 필요
	2	철의장품 가공 분야 - 소형부재 R/C		<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정 2 : 소형부재 R/C 가공 공정 <ul style="list-style-type: none"> - 소형 부재는 작업자가 직접 부재를 옮기고 정리하면서 부재의 R/C가공을 수행 - 하루 평균 8시간 가공작업으로 근골격계 질환 예방을 위한 가공 대체공정 필요

2차년		가공 공정		
	3	용접 분야 - 이동형 용접 공정		<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정 3 : 이동형 용접 공정 - 작업자가 부재를 정리 및 배치하고 수용접을 수행 - 작업자가 이송이 가능하고 다양한 형태와 자세에서 용접이 가능한 용접모듈 시스템 필요
	4	철의장 품 가공 분야 - 중형부 재 R/C 가공 및 턴-오버 공정		<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정 3 : 중형부재 R/C 가공 및 턴-오버 공정 - 중형 부재는 크고 무거워 인력으로 움직일 수 없음. 마그넷 크레인 이용해 옮기고 정리 - 후면 가공을 위해 중형 부재를 뒤집을 경우 고중량이므로 중형부재 턴-오버 기술 필요
	5	용접 분야 - 용접선 자동인 식 공정		<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정 5 : 용접선 자동인식 공정 - 작업자가 직접 도면을 참고하여 용접부위 육안으로 확인 - 용접작업을 수행할 부위를 자동인식하고 OLP데이터 추출이 가능한 기술 필요
	6	의장 분야 - PIPE 절단 공정		<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정 6 : PIPE 절단 공정 - 제공된 도면을 기반으로 작업자가 PIPE 가공 장치에 치수 입력하여 가공 - 다양한 경우의 형상을 DB화하여 비전문가도 배관절단 가공이 가능한 시스템 필요
	7	의장 분야 - PIPE 형상 인식 공정		<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정 7 : PIPE 형상 인식 공정 - 제공된 도면과 실측을 통해 파이프 크기 및 형상 인지 - 이동, 자중 등 다양한 외력에 의해 형상 변화 유무 판단을 위한 PIPE 인식 및 측정시스템 필요
3차년	8	의장 분야 - 단관취 부를 위한 PIPE 정렬 공정		<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정 7 : 단관취부를 위한 PIPE 정렬 공정 - 파이프 용접을 위해 파이프 간 정렬 필요. - 장치 및 로봇을 이용한 단관취부 정렬 시스템 필요
	9	용접 분야 - 배관 초층 용접 공정		<ul style="list-style-type: none"> ○ 공정 6 : 배관 초층 용접 공정 - 배관과 배관, 배관과 플렌지의 초층용접을 작업자가 수행 - 용접부 단이 맞지 않을 경우 숙련자의 판단에 의해 PIPE의 자세/위치를 바꾸어 단을 맞춰 용접 수행 - 6축로봇을 이용하여 용접대상물 간 단을 자동으로 최소화 하여 용접을 수행할 수 있는 초층용접 시스템 필요

1-3. 적용대상

□ 해당공정 적용 업종, 관련 제품군 및 활용 가능 업종

표) 한국표준산업분류표

코드	중분류	코드	소분류	코드	세분류
24	1차 금속 제조업	241	1차 철강 제조업	2411	제철, 제강 및 합금철 제조업
				2412	철강 압연, 압출 및 연신제품 제조업
				2413	철강관 제조업
				2419	기타 1차 철강 제조업
		242	1차 비철금속 제조업	2421	비철금속 제련, 정련 및 합금 제조업
				2422	비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조업
				2429	기타 1차 비철금속 제조업
		243	금속 주조업	2431	철강 주조업
				2432	비철금속 주조업
25	금속 가공제품 제조업: 기계 및 가구 제외	251	구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	2511	구조용 금속제품 제조업
				2512	산업용 난방 보일러, 금속탱크 및 유사 요기 제조업
				2513	핵반응기 및 증기보일러 제조업
		252	무기 및 총포탄 제조업	2520	무기 및 총포탄 제조업
		259	기타 금속 가공제품 제조업	2591	금속 단조, 압형 및 분말 야금제품 제조업
				2592	금속 열처리, 도금 및 기타 금속 가공업
				2593	날붙이, 수공구 및 일반 철문 제조업
				2594	금속 파스너, 스프링 및 금속선 가공제품 제조업
				2599	그 외 기타 금속 가공제품 제조업

- 선박제조 분야의 RC 가공 공정은 선박 도장 공정에서 도장품질을 높이기 위한 전처리 과정으로 다양한 금속 제조업 분야에서 적용 가능함

2 로봇활용 표준공정모델

2-1. 공정 분석

□ 중형 부재 RC 가공 공정 분석

(1) 중형 부재 RC 가공 공정

○ 공정 흐름도

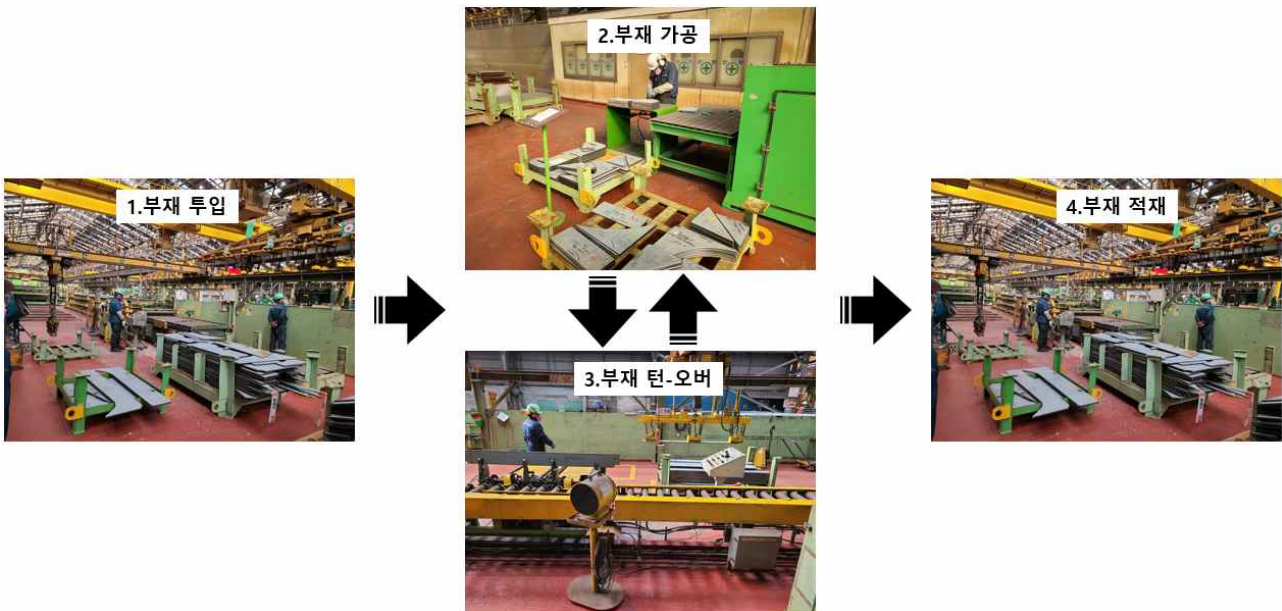


그림) 중형 부재 모서리 가공 공정 흐름도

○ 공정 구조



그림) RC 가공 공정(작업자 수동 작업)

- ① 적재된 부재에 대한 형태를 확인
- ② RC 가공을 위한 톨 가공 톨 선정(그라인더, 바이트)
- ③ 적합한 가공 톨을 사용하여 작업자가 수동 가공

□ 공정 문제점 및 개선 필요성

○ 현재 공정 문제점

(1) 비정형 부재의 품질 문제

- 직선형 부재의 모서리를 가공하는 자동 장비가 있으나 작업자가 수동 가공해야 하는 비정형 부재의 경우 숙련도에 따른 품질 불량이 발생하고 이는 다음 공정에서 악영향을 미치게 됨

(2) 진동 및 피로도 누적으로 인한 근골격계질환

- 반복된 부재의 가공 시 작업자의 힘에 의한 물체의 공정과 장시간 그라인딩(연삭) 작업으로 인한 진동과 피로도 누적으로 인한 작업자의 근골격계질환을 초래함

○ 개선 요구사항

- 비정형 중형 부재에 대한 부재 인식 공정, 부재 가공 공정, 부재 핸들링 공정을 통한 균일한 품질의 모서리 가공을 수행하는 시스템 개발 필요



그림) 중형 부재 모서리 가공 개선 사항

2-2. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

표) 표준공정모델 개선

구분	부재 투입	부재 인식	부재 가공	부재 턴-오버	부재 적재
As-Is	크레인 (작업자)	없음	수동 도구	크레인 (작업자)	크레인 (작업자)
To-Be	핸들링 로봇	레이저 스캐너	가공 로봇	핸들링 로봇 (턴-오버 베이스)	핸들링 로봇

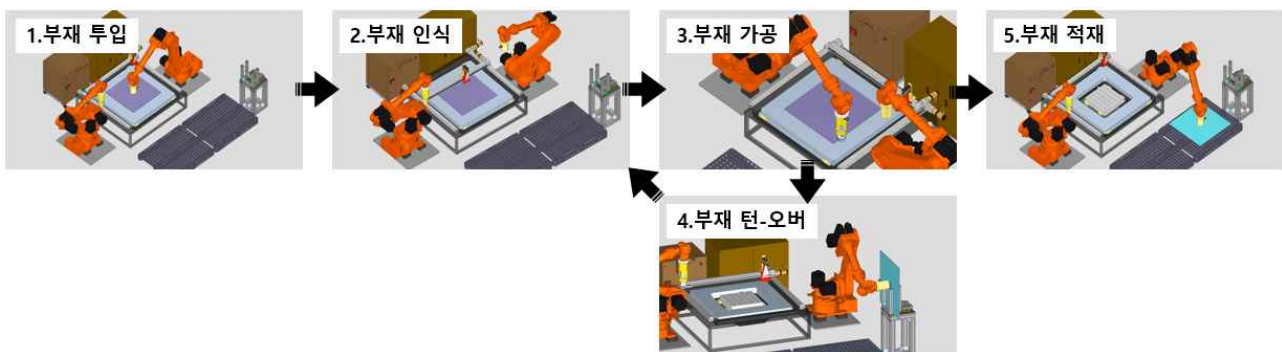


그림) 중형 부재 모서리 가공 공정모델

- (1) 부재 투입 : 마그네트 기반 핸들링 툴을 이용한 부재 투입
- (2) 부재 인식 : 레이저 스캐너를 이용한 부재 인식
- (3) 부재 가공 : 스피들 모터로 회전하는 가공 툴을 이용한 부재 가공
- (4) 부재 턴-오버 : 턴-오버 장치를 이용한 부재 턴-오버
- (5) 부재 적재 : 마그네트 기반 핸들링 툴을 이용한 부재 적재

□ 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 - 가만하중: 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/R 을 포함 - ETHERNET 스위칭 기능 포함 - 입출력제어를 위한 인터페이스 포함
X/Y 스테이지	<ul style="list-style-type: none"> - Stroke : 1,200mm - Max load : 10kg 	<ul style="list-style-type: none"> - \pmLIMIT 및 HOME 기능 포함 - ETHERNET 기반 모터를 통한 위치 제어
레이저 스캐너	<ul style="list-style-type: none"> - Line linearity Z-axis from 2um - Resolution X-axis up to 1,024 points 	<ul style="list-style-type: none"> - 폭 200mm에 대한 반복 측정 - ETHERNET 기반 통신
핸들링 툴 (마그네트 기반)	<ul style="list-style-type: none"> - 최대자력 : 180kgf - 자석 부착면 사이즈 : 97.5mm - 최대 자력 발생 철판 두께 : 4.75mm 	<ul style="list-style-type: none"> - 제어기를 통한 조작가능(ON/OFF) - 부재 밀착을 확인하기 위한 센서 포함

□ 시스템 상세 구성 및 스펙

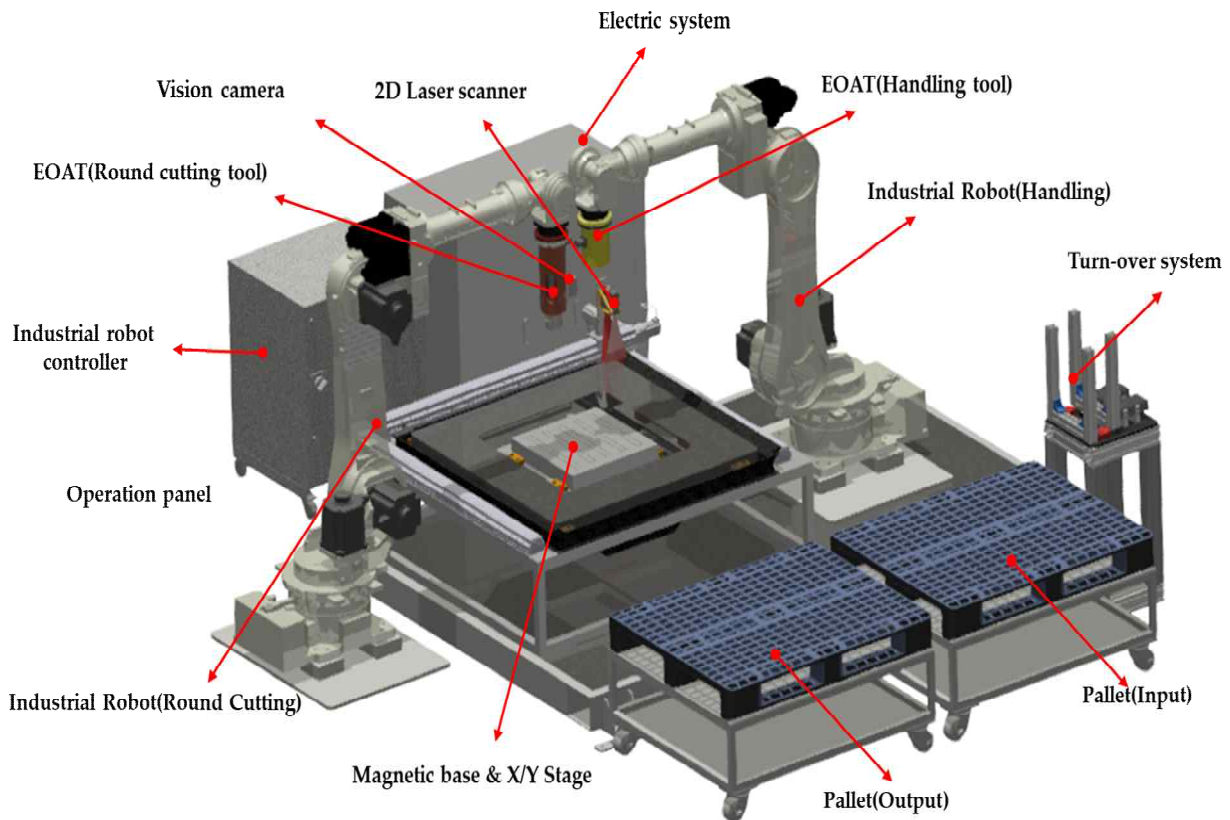
표) 시스템 상세 구성 및 사양

1. 로봇(Industrial Robot)	사양 정보	
	범주	Industrial Robot
	가반중량	80kg
	로봇반경	2,239mm
	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

5. X/Y 스테이지	사양 정보	
	범주	X/Y 스테이지
	통신	ETHERNET
	전원	24VDC
	특징	Stroke(1,200mm), Max load(10kg)
6. 레이저 스캐너	사양 정보	
	범주	레이저 스캐너
	통신	ETHERNET
	특징	-Line linearity z-axis from 2um -Resolution x-axis up to 1,024 point
7. 핸들링 툴(마그네트)	사양 정보	
	범주	핸들링 툴
	최대자력	180kgf
	특징	공압 제어를 통한 ON/OFF 기능

□ 공정 설계도

○ 공정설계안(RC(Round Cutting) 가공 공정)



- ① 작업자가 공정 모드(자동), 공정 시작 스위치를 누름
- ② 부재 핸들링 툴이 부착된 산업용 로봇이 부재를 마그네트 베드에 투입
- ③ X/Y 스테이지에 부착된 레이저 스캐너를 이용하여 부재 인식 공정 수행
- ④ 인식된 좌표를 기준으로 가공 툴이 부착된 산업용 로봇이 부재를 가공
- ⑤ 부재 핸들링 툴이 부착된 산업용 로봇이 턴-오버 장치를 이용하여 부재를 턴-오버
- ⑥ ③, ④ 공정을 반복 수행
- ⑦ 부재 핸들링 툴이 부착된 산업용 로봇이 부재를 적재
- ⑧ 중형 부재 모서리 가공 공정 종료 및 가공 품질 확인

□ 운영 시나리오

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

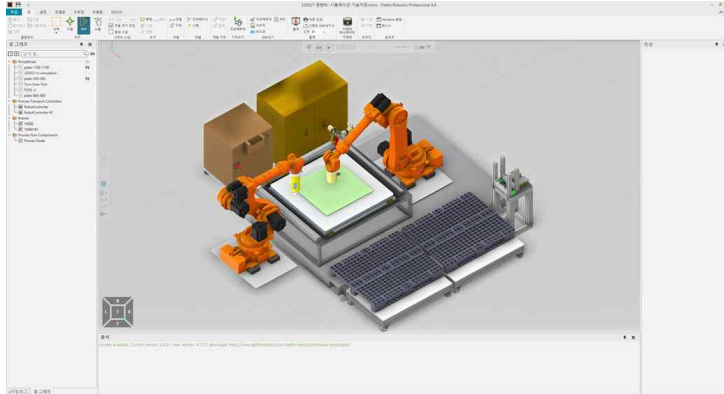


그림) 공정 분석 시뮬레이션 수행

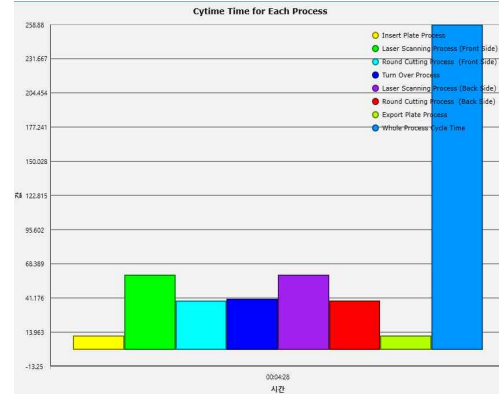
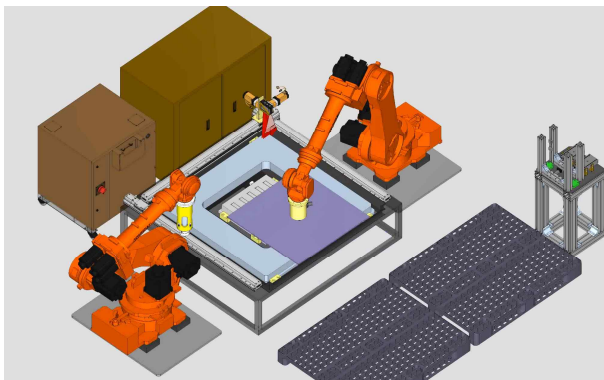


그림) 공정 소요 시간 분석

- RC 가공 공정을 위한 운영 시나리오를 정의하였고, 이를 기반으로 표준모델 공정에 대한 시뮬레이션을 진행

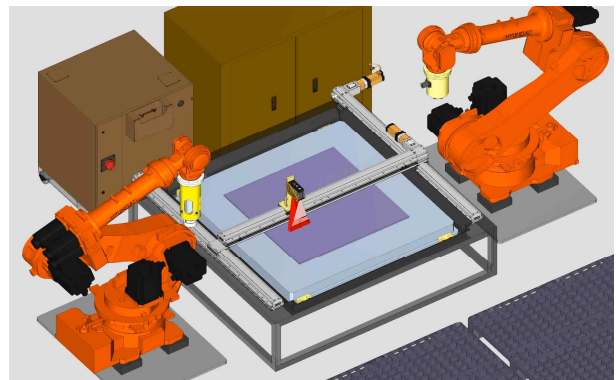
- ① 핸들링 로봇에 의한 부재 투입
- ② 레이저스캐너가 부착된 X/Y 스테이지 반복 이동하며 부재 인식(마그네트 베드 ON)
- ③ 가공 로봇에 의한 부재 모서리 가공 수행(최적 모션 생성, 스피들 모터 ON)
- ④ 핸들링 로봇에 의한 부재 턴-오버(마그네트 베드 OFF, 턴-오버 장치 ON/OFF)
- ⑤ 공정②, ③ 반복 수행
- ⑥ 핸들링 로봇에 의한 부재 배출 및 적재

1. 핸들링 로봇 부재 투입

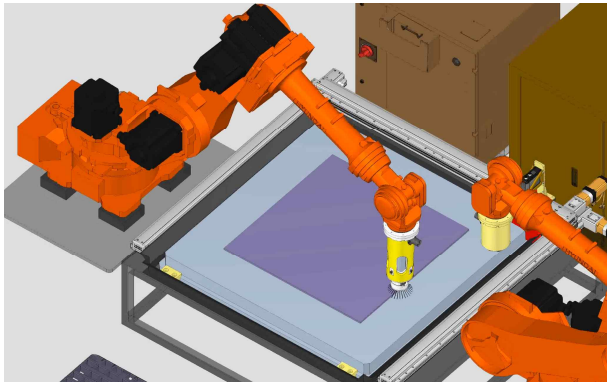


3. 가공 로봇 부재 가공(상부)

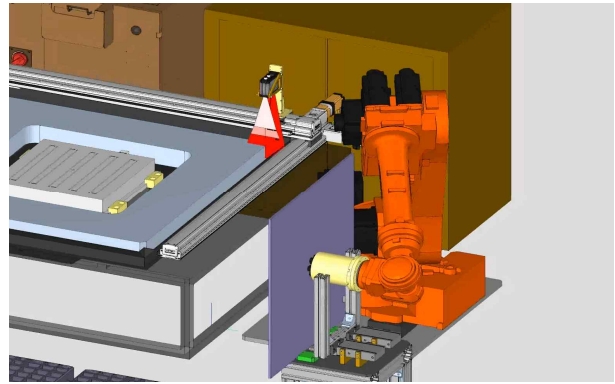
2. 레이저스캐너를 이용한 부재 인식(상부)



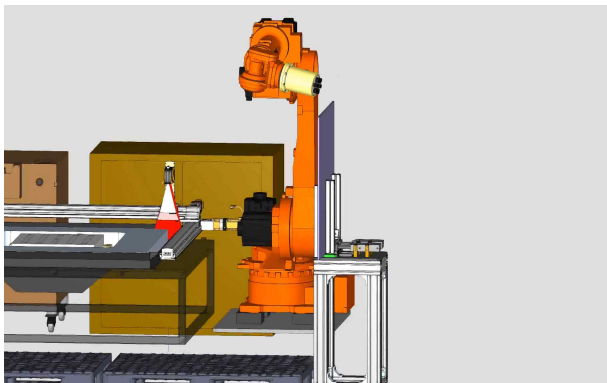
4. 핸들링 로봇 부재 턴-오버#1



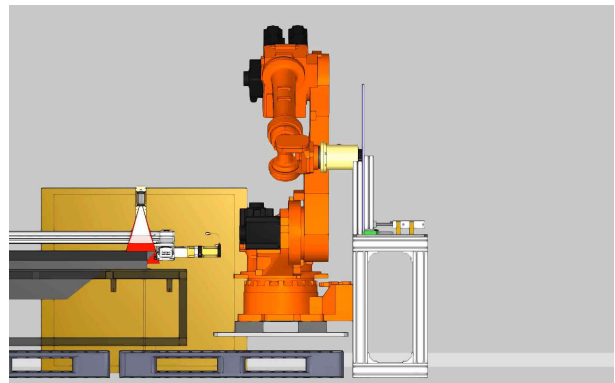
5. 핸들링 로봇 부재 턴-오버#2



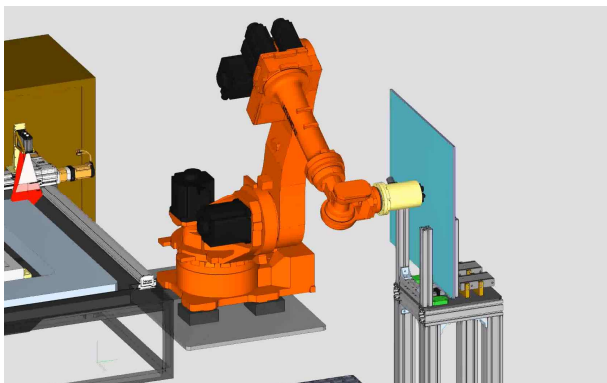
6. 핸들링 로봇 부재 턴-오버#3



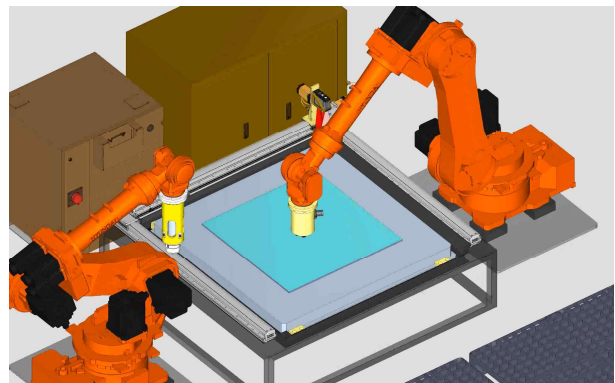
7. 핸들링 로봇 부재 턴-오버#4



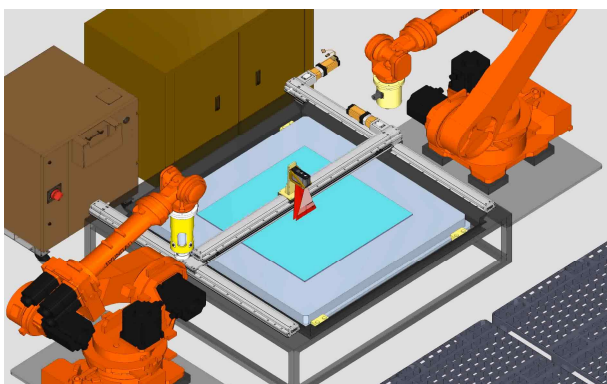
8. 핸들링 로봇 부재 투입



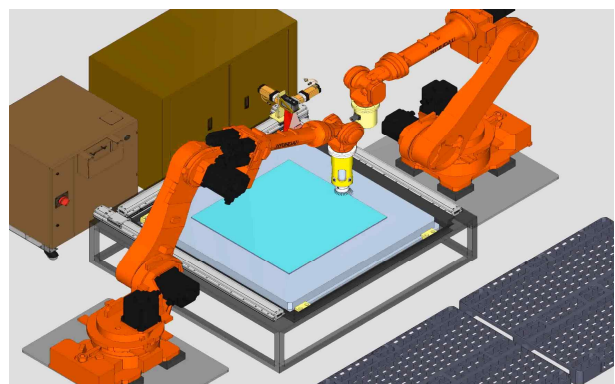
9. 레이저스캐너를 이용한 부재 인식(하부)

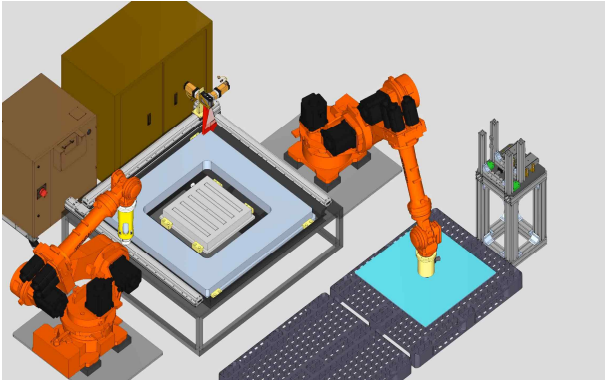


10. 가공 로봇 부재 가공(하부)



11. 핸들링 로봇 부재 적재





2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [중형 부재 모서리 가공 자동화 공정 개발]					
산업 분야	선박	대상업종 (산업분류코드)	선박 및 수상 부유 구조물 건조업(C3111)	적용공정	가공 (중형 부재 모서리 가공)
	공정 정의	■ 모서리 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	■ 부재 핸들링 : 마그네트 기반 핸들링 툴을 이용한 부재 투입/턴-오버/적재 ■ 부재 인식 : X/Y 이동가능한 스테이지에 부착된 레이저 스캐너로 부재 인식 ■ 부재 가공 : 스핀들 모터로 회전하는 가공 툴을 이용한 모서리 가공			
	핵심 구성	■ 부재 핸들링 및 가공을 위한 산업용 로봇 ■ 로봇 EOAT(마그네트 기반 핸들링 툴, 스핀들 모터 구동 가공 툴) ■ 가공 부재 고정을 위한 마그네트 베드 ■ X/Y 이동가능한 스테이지 및 부재 인식용 레이저 스캐너 ■ 부재의 상부와 하부 가공을 위한 턴-오버 장치			
	핵심 성능	■ 마그네트 기반 핸들링 툴을 이용한 부재 투입/턴-오버/적재 ■ 최대 크기 1,100mm x 1,100mm 부재에 대한 레이저 스캐너 인식 ■ 25mm/sec의 가공속도에 대하여 정밀도 ±1.5R 모서리 가공 ■ 좌표계 캘리브레이션을 통한 부재 인식 및 가공 정밀도 향상			
	공정 소개	필요성/효과	[필요성] ■ 모든 도장 적용 부재 대상 모서리 가공 필요에 따른 작업량 과다, 공기지연 주요 요인 ■ 비정형 부재에 대한 품질문제 ■ 장시간 반복작업으로 인한 근골격계 질환 발생		[도입효과] ■ 비정형 대상물 자동 가공 ■ 중형부재 자동 투입/배출, 턴-오버 ■ 모서리 가공 품질 향상 ■ 공정 최적화로 인한 생산성 향상 ■ 작업자 근골격계 질환 예방
구분		Before		After	
레이아웃		 그림) RC 가공 공정(Before)		 그림) RC 가공 공정(After)	
작업순서		부재 Rack 이송->부재 투입(크레인)->RC가공(작업자)->부재 배출 및 적재(크레인)		부재 Rack 이송->부재 투입(핸들링 로봇)->부재 인식->부재 가공(가공 로봇)->부재 턴-오버(핸들링 로봇)->부재인식->부재 가공(가공 로봇)->부재 적재(핸들링 로봇)	
적용로봇 사양	로봇 종류	산업용로봇			
	가반 하중	~80kg			

	작업 반경	~2,239mm
	투입 대수	2대
	기타	30,000천원
주변 설비 사양	마그네트 베드	<ul style="list-style-type: none"> ■ 흡착능력 최대 900kg ■ 역자기능을 포함(점점제어를 통한 ON/OFF 가능)
	시핀들 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
	공압 실린더	<ul style="list-style-type: none"> ■ Z축으로 발생하는 특이점을 제어하기 위한 단동/단로드 공압실린더
	공압 레귤레이터	<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)
	산업용 컴퓨터	<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
	DAQ 제어기	<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
	마그네트 스위치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 최대 자력 : 180kgf ■ 무게 : 1.45kg
로봇도입 핵심 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비정형 부재에 대한 인식 및 데이터화 ■ 품질 관리 및 생산성 향상을 위한 최적 모션 JOB 생성 ■ 평판 Steel Plate 이외 작업 부재는 추가 고려 필요 	
소요예산	<ul style="list-style-type: none"> ■ 총사업비 210백만원 내외 	
작성처	<ul style="list-style-type: none"> ■ 한국로봇융합연구원 홍성호 선임연구원 (☎ 054-240-2521) 	

3 기대효과 및 고려사항

3-1. 기대효과

□ 표준공정모델 적용에 따른 기대효과

◎ 정량적 효과

1) 노동 생산성 향상

표) 기존 공정 및 공정 모델 적용 공정 비교

순번	항목	기존 공정	공정 모델 적용 공정
1	생산시간/개	300초(5분)	261초(4분21초)
2	일간 생산량	96개	110개
3	공정 이윤/개	10,000원	
4	이윤 합계	960,000원	1,100,000원
5	이윤 증가액/1일	140,000원	
6	이윤 증가액/1주	700,000원	
7	이윤 증가액/1개월	2,800,000원	
8	이윤 증가액/1년	33,600,000원	

2) 자산 비용 절감

가) 기존 중형 RC 공정에서 작업에 투입되는 인원은 총 3명임

나) 공정 모델 적용 후, 작업자는 1명으로 인원 감축이 가능함

다) 하루 8시간, 주 5일의 월 근로시간과 주휴시간 35시간을 포함하면 총 작업자가 근무하는 시간은 209시간으로 계산됨

라) 2022년 11월 29일 기준 최저 임금은 9,160원이며 작업자 1명의 월급은 1,914,440원으로 계산됨

마) 연간 절약되는 금액은 작업자 1명당 22,973,280원으로 계산됨. 본 공정을 도입하면서 2명의 작업자가 감축되므로 연간 절약되는 금액은 총 45,946,560원임.

3) 직/간접 비용 절감

1) 직접 비용

가) 구축 인건 비용: 전자, 통신, 제어 구축에 필요한 인건비 약 100만원

2) 일회성 간접 비용

가) 자본 비용(자산 구매 비용): 공정 모델은 그림과 같이 구성되며, 각 단가는

표와 같음

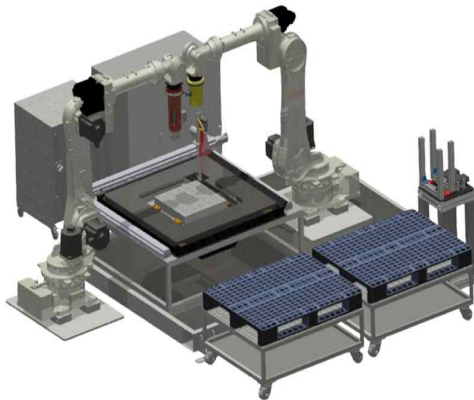


그림) 전체 공정 구성도

표) 항목별 금액 표

순번	항목	금액
1	산업용 로봇 2대	100,000,000
2	X/Y 스테이지	8,000,000
3	전장박스	4,000,000
4	RC 가공 툴	3,000,000
5	턴-오버 툴	3,000,000
6	마그네트베드 및 설비	2,000,000
7	OP패널 및 디스플레이	2,000,000
8	턴-오버 장치	2,000,000
9	안전 팬스	500,000
10	기타 기구류 일체	1,500,000
합계		126,000,000

3) 지속성 간접 비용

가) 교육, 유지 관리와 지원비용: 로봇 교육 및 유지보수 비용 연간 200만원

표) Return flow 분석 표

Benefit flow				
BENEFIT DRIVERS	YEAR			
	0	1	2	3
유형 효과(Tangible Benefits)				
1. 노동 생산성 향상		33,600,000	33,600,000	33,600,000
2. 자산비용 절감		45,946,560	45,946,560	45,946,560
3. 생산프로세스 증대		-	-	-
4. 비즈니스 효과		-	-	-
<Additional benefit driver>				
Total annual benefits		79,546,560	79,546,560	79,546,560
Implementation filter		75%	85%	95%
Total benefits realized		59,659,920	67,614,576	75,569,232
Cost flow	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3
직접비용 (direct cost)				
구축 인건 비용	1,000,000			
일회성 간접비용 (temporary indirect cost)				
자본비용 (자산 구매비용)	210,000,000			
지속성 간접비용 (continuous indirect cost)				
교육, 유지관리와 지원비용		2,000,000	2,000,000	2,000,000
기타 비용 (연 25% 할인을 적용)				
<Additional cost or investment>				
Total	211,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000
Return flow	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3

Annual benefit flow	-211,000,000	-151,340,080	-85,725,504	-12,156,272
Cumulative benefit flow	-211,000,000	-153,340,080	-87,725,504	-14,156,272

◎ 정성적 효과

1) 근무환경 개선 내용 전 제조현장

- ① 중형 부재의 경우 작업자가 핸들링할 수 없는 크기 및 무게로 크레인을 이용한 핸들링 작업을 수행
- ② 그라인더 및 절삭기 등의 공구를 이용한 작업으로 진동 및 분진 등 열악한 환경에서 작업을 수행
- ③ 상부와 하부의 모서리 가공을 위해 별도의 턴-오버 장치가 필요

2) 근무환경 개선 내용 후 제조현장

- ① 부재 핸들링 및 가공을 위한 작업자의 개입이 없이 산업용 로봇을 이용한 공정 개발로 중량물 핸들링에 대한 위험 및 분진에 의한 호흡기 질환 등 작업 환경이 개선됨
- ② 부재에 대한 정밀 인식 및 가공 툴을 이용한 균일한 품질의 제품 및 생산성이 향상됨

3-2. 고려사항

□ 표준공정모델 적용 및 공정 운영 시 유의사항 등

○ 사고 예방 방지 교육 철저

◎ 안전사고 방지를 위한 교육

기존 작업장과 환경이 바뀌었기 때문에 그에 따른 안전사고가 발생할 우려가 있음. 현장별, 공정별 특성을 잘 파악하여 작업장 내에서 발생할 수 있는 안전사고를 대비할 수 있도록 작업자 교육이 필요함

◎ 로봇 조작에 대한 교육

기존 작업자의 경우 수작업으로 대부분 공정을 수행해왔기 때문에 로봇을 조작하는 것에 대한 교육이 필요함