
[뿌리] 금속/자동차 부품_주조 후처리 공정
[표준공정모델 매뉴얼]

2021. 12

한국생산기술연구원

목 차

1. 개요	1
1-1. 목적	1
1-2. 공정소개	1
1-3. 적용대상	3
2. 로봇 활용 표준공정모델	4
2-1. 공정 분석	4
2-2. 로봇 활용 표준공정모델	7
2-3. 표준공정모델 실증기준	13
3. 기대효과 및 고려사항	15
3-1. 기대효과	15
3-2. 고려사항	16

1 개요

1-1. 목적

- 뿌리산업 로봇도입 활성화를 위해 중소형 주조품 트리밍 & 디버링 자동화를 통한 제조 로봇 활용 공정모델 매뉴얼이 필요한 실정
- 뿌리산업의 고위험 작업환경, 인력부족현상 → 로봇도입을 통한 해결을 위한 기준 모델 표준화립이 필요
- 산발적인 로봇 자동화 솔루션 재활용이 어려움을 유사 유형의 뿌리 공정별 로봇 자동화 시스템 패키지용 모델 표준화 작업이 필요

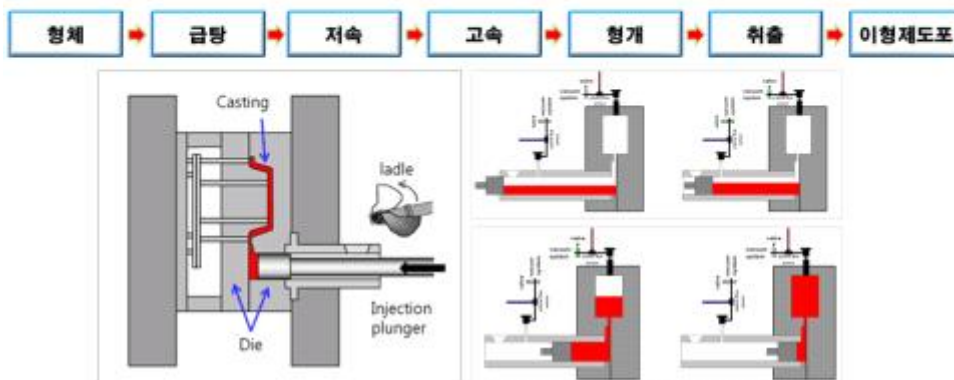
1-2. 공정소개

□ 공정 정의

- 다이캐스팅(Die casting)이란 용융금속을 금형에 고속, 고압으로 주입하여 짧은 cycle time으로 대량생산이 가능하며 복잡하고 얇은 두께의 제품생산이 용이하고 고속, 고압으로 시사출된 다이캐스팅 제품은 $10^2 \sim 10^3 \text{m/s}$ 의 빠른 응고속도로 인하여 미세한 결정립이 형성되어 강도가 우수하며 대량생산을 할 수 있는 장점을 가진 공법이다.

❖ 다이캐스팅 공정

- 경량화로 인하여 엔진, 변속기, 브라켓, 케이스 등 자동차 부품에 알루미늄 합금 80%이상
- 재생 알루미늄 사용 가능, 대량 생산 및 가공이 우수한 다이캐스팅 공법으로 제품 생산.
- 정밀한 형상의 공동(Cavity)을 가진 금형에 용융금속(용탕)을 고압으로 주입하여 치수 정밀도와 표면이 우수한 제품을 단시간에 대량으로 생산하는 주요 공법.



[다이캐스팅 공정 개략도]

□ 공정 선정

- 수요조사 17건 중에 로봇활용 필요성, 시급성, 적합성, 효과성, 활용성 등을 평가하여 평가 점수가 높은 수요조사 중 유사공정 재정리하여 후보군 5종 선정

순번	분야	표준모델 수요조사 목록	수요기업	필요성	시급성	적합성	효과성	활용성	합계
1	주조	대형주조품 사상 로봇자동화	대신금속	18	18	17	18	14	85
2		중소형주조품 트리밍 및 디버링 로봇자동화	대한오토텍	19	19	17	18	14	87
3		주조품 검사 및 디버링 로봇자동화	성보공업	19	19	17	18	14	87
4	소성 가공	항공부품 드릴링 로봇자동화	항공부품 관련기업	16	14	14	12	12	68
5		자동차너트 이송 로봇자동화	프론텍	16	14	14	13	13	70
6		자동차부품 머신덴딩 로봇자동화	신태양	16	20	18	19	18	91
7	용접	자동차부품 프로젝션용접 로봇자동화	자흥	19	20	17	20	16	92
8		선재저항용접 후의 이송작업 로봇자동화	명진실업	19	19	17	19	16	90
9		봉용접 로봇자동화	삼우중공업	18	18	18	18	17	89
10		농기계부품의 아크용접 로봇자동화	유명사	18	18	18	17	18	89
11		캡패스용접 후의 베드사상작업 로봇자동화	-	18	18	18	17	18	89
12		차체 용접검사 및 보수용접 로봇자동화	완성차 업체	17	15	16	14	14	76
13		가우징 금속 제거 로봇자동화	-	16	14	15	13	13	71
14	표면 처리	자동차부품 락킹/탈락킹/검사/포장 로봇자동화	신신화학공업	19	19	16	18	15	87
15	열처리	무전해니켈도금 공정 로봇자동화	한국에이엠에프	17	17	15	15	15	79
16		열처리제품 로딩/정렬/언로딩 로봇자동화	-	17	17	15	15	13	77
17		열처리제품 비파괴검사 로봇자동화	동우HST	16	15	14	13	13	71

표준모델 후보군	평가항목	세부점수	점수차트
트리밍+디버링 공정 (시범사업 선정)	필요성	19	
	시급성/난이도	19	
	적합성	17	
	효과성	18	
	활용성	14	
	합계	87	

<저항용접공정 평가의견>

표문모델 항목	만점	평가 점수	평가의견
필요성(작업환경, 애로사항, 공정문제점 등)	20	19	프로젝션 스폿용접공정 특성상 로봇과 사람의 협업작업이 요구되는 환경으로 작업자의 안전 확보된 협업공정 자동화가 요구됨
시급성, 난이도(인력난, 작업환경 등)	20	20	프로젝션 프로젝트 용접은 단순반복 작업공정으로 작업자의 근골격 질환유발로 인력확보가 어려움
적합성(주생산물품 및 핵심 기술 등)	20	17	수작업 의존이 높은 금속 및 자동차 부품의 스폿 용접 자동화 적용에 효과적임
효과성(생산성&매출향상, 경쟁력 강화 등)	20	20	영세한 중소기업의 최저임금의 급격한 상승으로 인한 제품의 가격경쟁력 강화 및 생산성 증대가 기대됨
활용도(활용도, 파급효과성 등)	20	16	스폿 협동로봇공정 자동화를 통해 타 뿌리산업이나 뿌리외 산업분야로 협동로봇공정 솔루션 확대가 기대됨
합계	100	92	

1-3. 적용대상

□ 해당공정 적용 업종, 관련 제품군 및 활용 가능 업종

- 중소기업형 자동차 부품생산을 위한 상부 주행식 가공 자동화 가공공정모델에 적용 가능
- 중소형 제품 생산하는 다이캐스팅 공정에 적용 가능
- 자동차 완성품 이송, 적재 공정 적용 가능

2-1. 공정 분석

□ 로봇활용 트리밍, 디버링 공정 분석

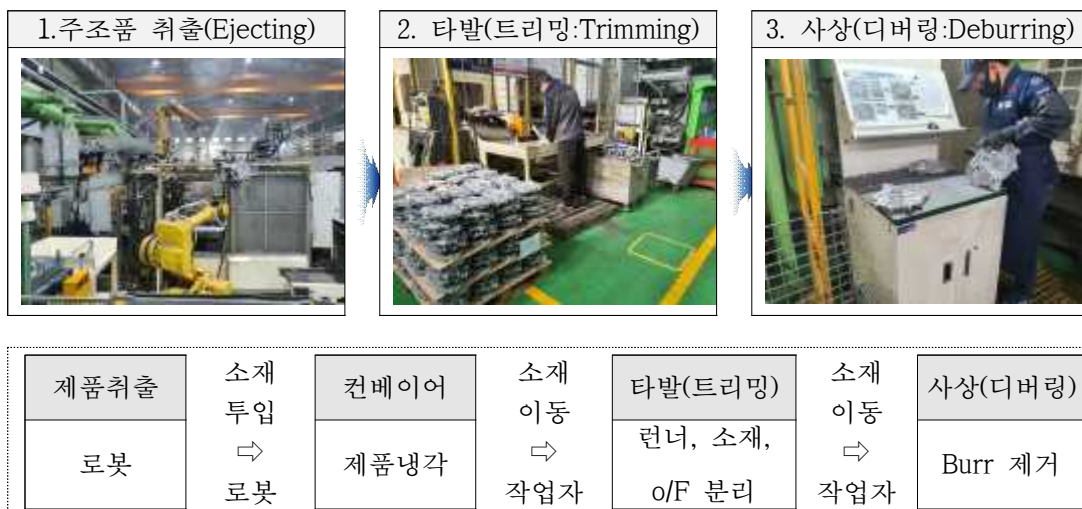
(1) 자동차 부품용 주조 트리밍, 디버링 공정

○ 공정 흐름도



[자동차 발전기 부품 생산 전체 공정 흐름도]

○ 공정 구조



[수동 트리밍, 디버링 공정]

- ① 320℃ 제품을 취출로봇이 컨베이어 벨트 위에 투입
- ② 컨베이어 벨트 강제 공냉팬으로 제품 냉각
- ③ 수동으로 런너, 제품, 오브플로우 타발해서 분리 작업

- ④ 사상반으로 소재 이동 및 사상(디버링)작업
- ⑤ 완료된 부품을 적재

□ 공정 문제점 및 개선 필요성

○ 현재 공정 문제점

(1) 현장 노동환경개선

- 기존 다이캐스팅 공정 중 작업자 망치로 수동 트리밍, 사상하는 현 공정
- 망치로 런너 부분 충격을 통한 수동 타발(트리밍) 함으로써 작업자 근골격계 질환 발생
- 수작업 사상으로 알루미늄 미세분진등이 작업자 직접노출로 인한 노동환경 개선 필요성 대두
- 2kg 상당의 소재 부품 적재 파레트 적재, 이동등의 반복 사상 작업에 의한 피로도 증가
- 부적절한 자세 및 과도한 힘의 사용으로 인한 작업자 노동 환경 저하

(2) 수동 작업에 따른 생산성 및 품질 문제 발생

- 작업자의 단순작업에 의한 제품 찍힘 및 잘못된 사상 누락으로 재사상(Rework) 비용 증대
- 작업자가 동일한 자세로 일일 수천여개의 반복작업을 실시함에 따라 작업자의 피로도 누적에 따른 간헐적 트리밍(타발) 공정 불량, 사상(디버링) 공정 누락 등의 문제 발생
- 신규 작업자의 작업 난이도 공정 기피현상으로 안정적인 품질 확보 어려움 발생
- 기존 작업인원의 비숙련도 및 잘못된 퇴사로 인한 품질 비용증대
- 수동으로 작업자가 망치를 이용해서 제거하는 방식은 제조원가 및 생산성 저하
- 수동 공정으로 인한 사상 대기품 과다 적재로 인한 재고 비용 및 제품 리드타임 증가


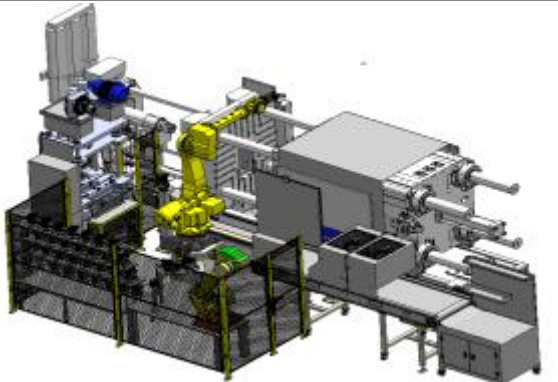
○ 개선 요구사항

- 다이캐스팅 소재 취출 공정에서 사상(디버링) 공정이 공정간의 이동하지 않고 제품 취출부터 자동 사상까지 일괄 자동화 라인 시스템 구축 필요

개선 전	제품취출	소재 투입 ⇨ 로봇	컨베이어	소재 이동 ⇨ 작업자	타발(트리밍)	소재 이동 ⇨ 작업자	사상(디버링)
	로봇		제품냉각		런너, 소재, o/F 분리		Burr 제거

개선 후	제품취출	소재 투입 ⇨ 로봇	자동트리밍	이동/적재 ⇨ 로봇	적재	소재 이동 ⇨ 로봇	사상(디버링)
	로봇		정밀트리밍		사상대기		Burr 제거

개선 전	<div>10 원재료 입고</div>  <div>▶ 알루미늄 잉곳(ingot)</div> <div>20 용해(melting)</div>  <div>▶ 연속기 부조의 주조로인 알루미늄 녹이고 합금으로 만들</div> <div>30 금형세팅</div>  <div>▶ 다이캐스팅 기계에 금형 장착</div> <div>40 다이캐스팅</div>  <div>▶ 알루미늄 용탕의 금형속에 주입하여 제품 완성으로 생산</div> <div>50 제품 취출</div>  <div>▶ 완성된 제품의 금형에서 취출 (분리) 공정</div> <div>60 수동 트리밍</div>  <div>▶ 런너+O/F 트리밍 공정(제품과 분리 작업)</div> <div>80 수동 사상</div>  <div>▶ 제품에 파인면에 노출된 Burr 제거하는 공정</div> <div>90 쇼트</div>  <div>▶ 제품 표면에 이물질들을 제거 하기위한 쇼트처리공정</div> <div>100 검사</div>  <div>▶ 제품 출하 검사 규정에 적합한지 최종 검사하는 공정</div> <div>110 출하</div>  <div>▶ 검사 완료된 제품 포장 적재 하여 출하하는 공정</div>	개선 후	<div>10 원재료 입고</div>  <div>▶ 알루미늄 잉곳(ingot)</div> <div>20 용해(melting)</div>  <div>▶ 연속기 부조의 주조로인 알루미늄 녹이고 합금으로 만들</div> <div>30 금형세팅</div>  <div>▶ 다이캐스팅 기계에 금형 장착</div> <div>40 다이캐스팅</div>  <div>▶ 알루미늄 용탕의 금형속에 주입하여 제품 완성으로 생산</div> <div>50 제품 취출</div>  <div>▶ 완성된 제품의 금형에서 취출 (분리) 공정</div> <div>60 트리밍, 사상 일괄 자동화 시스템 구축 라인</div>  <div>▶ 런너+O/F 트리밍, 수동 사상, 수동 사상 자동화, 쇼트처리 자동화, 검사 자동화</div> <div>70 쇼트</div>  <div>▶ 제품 표면에 이물질들을 제거 하기위한 쇼트처리공정</div> <div>80 검사</div>  <div>▶ 제품 출하 검사 규정에 적합한지 최종 검사하는 공정</div> <div>90 출하</div>  <div>▶ 검사 완료된 제품 포장 적재 하여 출하하는 공정</div>
------	---	------	--

개선 전	개선 후
	

2-2. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

구분	제품취출	Rought 트리밍	정밀트리밍	디버링 대기 적재	배출1	디버링	배출2	적재
As-Is	로봇	수동	수동	X	X	수동		수동
To-Be	로봇	트리밍 장비	트리밍 장비	로봇		디버링 장비	로봇	수동

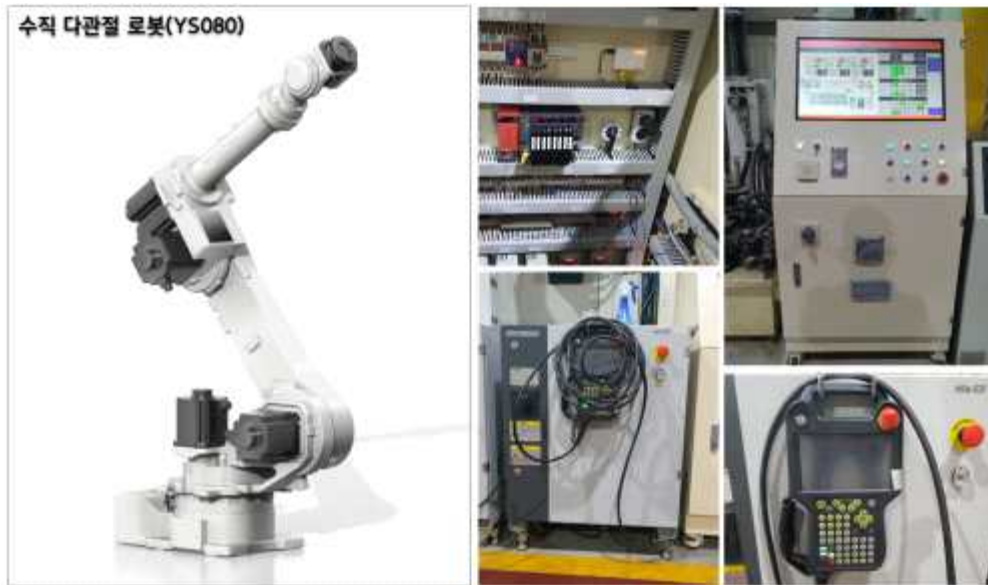


[트리밍, 사상 표준모델 도입 솔루션]

□ 시스템 구성

[표준공정모델 시스템 구성안]

H/W	사 양	필요 기능
로봇	<ul style="list-style-type: none"> - 타입: 수직다관절(YS080) - 축 자유도: 6-axis - 가반하중: 80kg 이상 - 반복정밀도: $\pm 0.15\text{mm}$ - 리치: 2,239mm 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템과의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성
그리퍼	<ul style="list-style-type: none"> - 핸들링 재질: 금속 소재 - 그리퍼 Payload: 3kg 이상 - 적용 ITEM: 1종 이상 호환 - 반복정밀도: $\pm 0.03\text{mm}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - 부품(ITEM) 변경에 따른 호환 사용 가능 - 용접 중 제품 고정을 위한 충분한 가압력 인가 - 정확한 위치로의 이송
제어반	<ul style="list-style-type: none"> - 통신방식: RS232 & CAN - 확장성 및 호환성 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 센서류 및 그리퍼, 용접기 등과의 호환성 가능 - 통합관리시스템 연동 제어



[로봇 제어기 호환성]

□ 시스템 상세 구성 및 스펙

1. 다이캐스팅 장비	사양 정보	
	범주	다이캐스팅 기계
	용량	900톤
	타입	LK 다이캐스팅 M/C
	형체력	900ton
1. 정밀 트리밍(Trimming)	사양 정보	
 	범주	정밀 트리밍
	용량	20톤 프레스
	타입	유압프레스
	기타	보조 테이블
2. 로봇(Industrial Robot)_디버링용	사양 정보	

	범주	Industrial Robot
	가반중량	80kg
	로봇반경	2,239mm
	통신방법	CC-Link
	운영방식	Handling
	수량	1대
3. 그립퍼_소재 취출용		운영방식
	수량	1대
	구조	3 Jaw type
	파지력	3kg 이상
	특징	소재파지영역이 1기종 공용으로 사용 가능
3. 그립퍼_디버링용		운영방식
	수량	1대
	구조	2 Jaw type
	파지력	3kg 이상
	특징	소재파지영역이 1기종 공용으로 사용 가능
4. 디버링 적재		사양 정보
	수량	1식
	구조	원형식/수직 디버링 적재 대기
	구동방식	I모터를 이용하여 소재를 적재하여 회전 가능한 장치
	특징	디버링 적재로 인한 C/T 연동

5. 컨베이어 및 작업대	사양 정보	
	수량	1식
	구조	강제 공랭식 컨베이어
	구동방식	모터를 이용하여 컨베이어 벨트 구동
	특징	소재 배출용 컨베이어
6. 디버링 부가 장치	사양 정보	
 <p>1. 로봇 베이스(추가 - 톨.배출 슈트. 장치) 2. 톨 오일 공급기 3. 제품 클램프(공압.유압)</p>	수량	1식
	구조	로봇베이스 에어 블로우 부가장치
	구동방식	로봇 베이스(추가 - 톨.배출 슈트. 에어 브로우 장치) 톨 오일 공급기 제품 클램프(공압.유압)
	특징	1시간이상 소재 셋업이 가능

□ 공정 설계도

○ 로봇 1대 운영 공정설계안



<로봇자동화 시스템 구성>

- ① 다이캐스팅후 제품취출(로봇)
- ② 다관절 로봇 러프 트리밍
- ③ 정밀 트리밍 금형에 제품안착(로봇)
- ④ 정밀 트리밍 후 로봇이 제품 픽업
- ⑤ 로봇이 디버링 적재대기 안착
- ⑥ 로봇이 디버링 작업
- ⑦ 디버링 후 컨베이어로 이동(로봇)

[로봇 1기를 이용한 공정설계도]

- ① 다이캐스팅후 제품취출(로봇)
- ② 다관절 로봇 러프 트리밍
- ③ 정밀 트리밍 금형에 제품안착(로봇)

- ④ 정밀 트리밍 후 로봇이 제품 픽업
- ⑤ 로봇이 디버링 적재대기 안착
- ⑥ 로봇이 디버링 작업
- ⑦ 디버링 후 컨베이어로 이동(로봇)

□ 운영 시나리오

- 표준모델 공정 설계에 따른 운영시나리오 시뮬레이션을 위해 로봇 1기(기구축) 및 2기를 이용한 공정 운영안을 M-M Chart를 이용하여 검증
- 로봇 1기 사용 시 운영 시나리오: 트리밍, 디버링 모든 공정에서 로봇이 계속 그리퍼를 이용하여 이동
- 로봇 2기 사용 시 운영 시나리오: 1기의 로봇(기구축)은 소재 트리밍, 디버링 적재다이에 투입 부분을 담당하고 나머지 1기는 디버링 적재다이 소재 픽업, 디버링장치 투입, 배출을 분할하여 담당함으로서 일괄 자동화 시스템 구축으로 인한 가동률이 높아져 결론적으로 생산성이 보다 향상되는 효과 발생



다이캐스팅제품 취출



트리밍 대기 적재



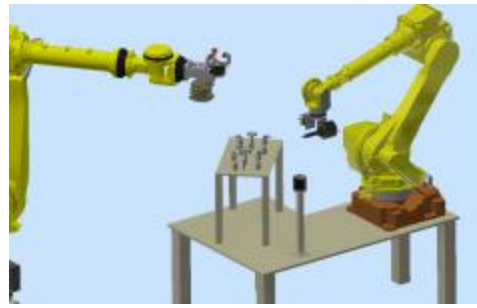
러프 및 정밀 트리밍 투입



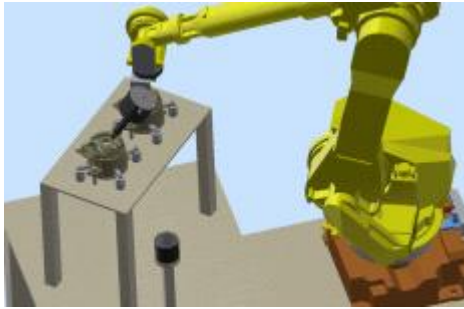
러프 및 정밀 트리밍 배출



디버링 적재다이 로딩/언로딩



디버링 작업다이 투입



디버링 작업완료



디버링완료 후 컨베이어 투입

[로봇 2기 운영 용접자동화 시뮬레이션]

- ① 다이캐스팅 머신에서 취출로봇이 취출
- ② 냉각수조에 입수하여 냉각
- ③ 런너트리밍에서 런너 제거 후 트리밍프레스에 투입
- ④ 디버링 로봇이 트리밍프레스에서 취출
- ⑤ 디버링머신에서 디버링
- ⑥ 디버링 완료되면 콘베어로 배출 후 작업자가 외관 검사

2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [(뿌리)금속/자동차 부품_주조 후처리 공정 표준모델]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	그 외 기타 금속 가공업 (C25929)	적용공정	(뿌리) 금속/자동차 부품_주조 후처리 공정
공정 소개	공정 정의	<ul style="list-style-type: none"> ■ 주조품 후처리 작업은 300도이상의 고온과, 과도한 망치질로 인한 근골격계 질환 발생 및 분진발생환경으로 작업 위험도가 높으며 품질 균일성 및 생산성이 떨어지는 대표적인 3D 공정 ■ 후처리작업에 로봇도입 및 자동화장치를 통하여 작업자 보호와, 품질 및 생산성 향상을 기대할 수 있음 			
	핵심(부) 기능	<ul style="list-style-type: none"> ■ 로봇 1 : 제품 취출, 러프 및 정밀 트리밍, 디버링 적재 대기 다이에 로딩/언로딩/적재, ■ 로봇 2: 디버링적재 대기 제품 로딩/언로딩/배출 및 사상 작업 			
	핵심 구성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 소재 취출, 로딩/언로딩 로봇, 다부품 대응 그리퍼 ■ 디버링, 로딩/언로딩 로봇, 다부품 대응 그리퍼 ■ 톨오일 공급기 및 유공압, 에어 블로우 ■ 제품별 로딩/언로딩 방법의 DB화 ■ 설치 후 티칭 정밀도를 보장할 수 있는 비전을 이용한 자동 세팅 			
	핵심 성능	<ul style="list-style-type: none"> ■ 소재 취출 및 정밀 트리밍 금형 안착 정밀도 설정 ■ 디버링 소재 안착 및 사상에 따른 사상 정밀도 설정 ■ 로봇과 그리퍼와 다이캐스팅 장비 및 디버링 장치의 연동 전기적/기계적 인터페이스 통일 ■ 로봇의 가반하중을 고려한 경량화 설계 ■ 소재 안착 정밀도 구현 및 잦은 설비 에러 문제 검토 			
	필요성/효과	<ul style="list-style-type: none"> - 도입필요성 ■ 수작업시 품질불량 발생 및 생산성저하 ■ 잦은 사상누락으로 인한 품질비용 증대 ■ 작업자 근골격계 질환에 노출 		<ul style="list-style-type: none"> - 도입기대효과 ■ 품질 및 품질 균일도 향상 ■ 품질비용 감소 ■ 생산성 향상 및 고정비 절감 ■ 작업자 노동 환경 개선 ■ 재고비용 감소 	
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	소재취출(로봇)→ 수동트리밍 → 이동 → 수동 사상→ 적재		소재취출(로봇) → 러프 및 정밀 트리밍 → 로딩/언로딩(로봇) → 디버링(로봇)→ 로딩/언로딩(로봇)→배출(로봇)	
적용로봇 사양		로봇 종류	산업용로봇	산업용로봇	산업용로봇
		가반 하중	80kg		
		작업 반경	~2,239mm		
		투입 대수	1대		
주변 설비 사양		그리퍼	<ul style="list-style-type: none"> ■ 3kg 이상 (소재 무게 포함) ■ 최소 2개 앤들링 가능한 다중 그리퍼 		
		가공기	<ul style="list-style-type: none"> ■ 러프 트리밍, 정밀 트리밍, 디버링적재대 다이, 디버링 다이, 링 		
		로딩/언로딩장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 그리퍼를 활용한 제품 로딩/언로딩 		

		<ul style="list-style-type: none"> ■ STOPPER 와 정밀 안착 지그를 활용한 제품 언로딩 위치결정
	투입/취출장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 로봇을 활용한 투입/배출
	반전/정렬 장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 디버링 사상 생산 수량을 고려한 적재대기 테이블은 회전식 또는 고정 4단 타입 ■ 안착센서 신호 작동시 연동 작업 ■ 정밀 안착 JIG를 활용하여 정위치 확보
	물류/이송기계	-
	진단/검사기기	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비전 시스템, 제품 인식용
	계측 기기	-
	세척 장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ Air Blower
	S/W, I/F	<ul style="list-style-type: none"> ■ 설비별 품목별 티칭 경로 DB화 및 사용자 화면, CC-Link 통신, 설비 인터락용 산업용 표준 통신, 이 · 적재 Program
	제어기	<ul style="list-style-type: none"> ■ Digital 접점신호 제어용 유선 PLC ■ 가압력 확인을 위한 시스템 구축(공압, 가압력등)
	안전 설비	<ul style="list-style-type: none"> ■ 안전 펜스
	스마트 팩토리 지원	<ul style="list-style-type: none"> ■ MES 연동
	공급전원	<ul style="list-style-type: none"> ■ 입력전원 220~440V(±10%, 50/60Hz, 3상), 제어전원 DC24V
	냉각수조	<ul style="list-style-type: none"> ■ 워터쿨러, 순환펌프, SUS304재질의 Tank
	트리밍 프레스	<ul style="list-style-type: none"> ■ 트리밍금형, 제품안착유무 확인센서, 트리밍 완료 확인센서
	디버링 장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 다품종 부품 대응 Multi Jig
	디버링 적재다이	<ul style="list-style-type: none"> ■ 디버링 적재 다이(고정 JIG식)
로봇도입 핵심 고려사항		<ul style="list-style-type: none"> ■ 소재 취출 로봇 정위치 안착 정밀도 ■ 디버링 사상 정밀도 확보 ■ 디버링 안착 정밀 JIG ■ 정밀 트리밍 범위 ■ 로봇좌표와 적용센서 간의 통신 및 시스템 매칭 필요 ■ 통합 모듈을 위해 PLC와 PC, 로봇, 센서들 간의 동기화 및 제어 필수
소요예산		<ul style="list-style-type: none"> ■ 총사업비 250백만원 내외(정부 출연금 175백만원 이내)
작성처		<ul style="list-style-type: none"> ■ 한국생산기술연구원 조훈 수석연구원 (☎ 032-8500-407)

3-1. 기대효과

□ 표준공정모델 적용에 따른 기대효과

○ 정량적 효과(ROI 분석결과 등)

항 목		단위	도입 전	도입 후	비 고
생산성 현황	일 생산량	EA	589.0	720.0	22.5시간 근무 기준
	월 생산량	EA	12,960	15,840	22일 근무 기준
	시간당생산량	EA	26.0	32.0	
	작업자	명	4.0		
	근무시간	시간	22.5	22.5	
불량을 현황	불량율	%	8%	5%	
	감소율	%		38%	(도입전-도입후)/ (도입전)
노무비 현황	시급		9,000		
	인원	명	4		주간2명/야간2명
	노무비(월)	₩/월	4,158,000		시급 9,000원
	노무비(년)	₩/년	49,896,000		
	절감금액(년)	₩/년		49,896,000	
투자 회수 기간	년간 생산량	EA년	155,520	190,080	
	년간 매출금액	₩/년	1,866,240,000	2,280,960,000	414,720,000
	년간 인건비절감금액	₩/년	49,896,000	-	49,896,000
	총 절감 금액	₩/년	464,616,000		
	로봇자동화구축 비용		350,000,000		
	투자금액 회수 기간(월)		8개월		

○ 정성적 효과(제조현장 근무환경 개선내용 등)

- 작업자 노동환경 개선
- 작업자 피로도 누적에 따른 간헐적 트리밍(타발) 공정 불량, 사상(디버링) 공정 누락 등의 문제 해결
- 작업자의 단순작업에 의한 제품 찍힘 및 잦은 사상 누락으로 재사상(Rework) 비용 감소
- 기존 작업인원의 비숙련도 및 잦은 퇴사로 인한 품질 비용증대
- 수동 작업에서 일괄자동화 시스템 구축함으로써 제조원가 절감 및 생산성 향상
- 수동 공정으로 인한 사상 대기품 과다 적재로 인한 재고 비용 절감 및 제품 리드타임 감소

3-2. 고려사항

□ 표준공정모델 적용 및 공정 운영 시 유의사항 등

- 트리밍, 디버링 일괄 자동화 라인 구축시 By-Pass 기능 적용
- 작업자 조작 용이하게 시스템 구축
- 트리밍, 디버링 연동 프로그램 개발 적용

○ 정밀 트리밍 공정

- 소재 취출 후 로봇이 정밀 트리밍 정밀 안착
- 양산 적용시 금형 파팅 라인에 의한 장비 에러 관련 사전 점검 -

○ 사상(디버링) 공정

- 디버링 전 적재 대기 JIG 정밀도 확보
- 디버링 시 안착 JIG 정밀도 확보
- 공구 수명 주기 설정

**[뿌리) 플라스틱 사출 성형 부품 로딩/언로딩 및
검사 공정**

[표준공정모델 매뉴얼]

2021. 12

한국생산기술연구원

목 차

1. 개요	1
1-1. 목적	1
1-2. 공정소개	1
1-3. 적용대상	2
2. 로봇 활용 표준공정모델	3
2-1. 공정 분석	3
2-2. 로봇 활용 표준공정모델	8
2-3. 표준공정모델 실증기준	17
3. 기대효과 및 고려사항	
3-1. 기대효과	19
3-2. 고려사항	21

1 개요

1-1. 목적

- 인서트 사출공정으로 자동차의 볼벨브 생산라인으로써 수작업으로 인서트를 금형에 삽입 후 사출성형 하여 추출하는 공정으로 사출물에 대한 품질 불량과 안전사고가 빈번하여 수작업 사출 공정 자동화 시스템을 표준공정 모델로 개발하여 유사 공정의 수평 전개를 통한 생산성, 품질성, 안전성 및 기업과 근로자의 상생과 협력을 위한 목적 임.

1-2. 공정소개

□ 공정 정의

- 자동차 볼벨브 생산 공정으로써 수작업으로 인서트를 금형에 삽입 후 사출 성형하여 추출하는 공정으로 로봇 자동화 시스템을 도입하여 생산성, 품질성, 안전성을 확보하기 위함

□ 공정 선정

- 수요조사 5건 중에 로봇활용 필요성, 시급성, 적합성, 효과성, 활용성 등을 평가하여 평가 점수가 높은 수요조사 중 유사공정 재정리하여 후보군 5종 선정

순번	분야	표준모델 수요조사 목록	수요기업	필요성	시급성	적합성	효과성	활용성	합계
1	사출분야	전기차용 외장 및 내장재 사출 성형 공정	니프코	17	17	18	17	18	87
2	사출분야	자동차 볼벨브 사출 성형 공정	디팜스테크	18	19	19	19	19	94
3	사출분야	전기차용 우레탄 폼 사출 및 헤드레스트 사출 공정	우보테크	18	18	19	18	19	92
4	사출분야	전기차 부품(우레탄폼)성형 사출 자동화 로봇	트랜시스	16	15	16	16	17	80
5	사출분야	전기차용 시트 조립/검사 라인 공정	대유에이텍	15	16	15	15	16	77

표준모델 후보군	평가항목	세부점수	점수차트
사출 공정 (시범사업 선정)	필요성	18	
	시급성/난이도	19	
	적합성	19	
	효과성	19	
	활용성	19	
	합계	94	

<사출공정 평가의견>

표문모델 항목	만점	평가 점수	평가의견
필요성(작업환경, 애로 사항, 공정문제점 등)	20	18	공장 구조상 협소한 공간을 활용한을 위해 협 동로봇을 이용한 협업작업이 요구되는 환경으 로 작업자의 안전이 확보된 협업공정 자동화가 요구됨
시급성, 난이도(인력난, 작업환경 등)	20	19	인서트 사출 생산라인은 단속 반복 작업공정으 로 작업자의 근골계 질환유발과 사출장비와 이 송로봇간 안전 사고로 인력 확보가 어려움
적합성(주생산품 및 핵 심 기술 등)	20	19	수작업 의존이 높은 금속 및 자동차 부품의 인 서트 사출 자동화 적용에 효과적임 일반 사출과 다르게 인서트를 수작업으로 삽입 해야 하므로 작업자의 안전과 생산성에 문제가 발생 됨
효과성(생산성&매출 향상, 경쟁력 강화 등)	20	19	영세한 중소기업의 최저임금의 급격한 상승으 로 인한 제품의 가격경쟁력 강화 및 생산성 증 대가 기대됨
활용도(활용도, 파급효 과성 등)	20	19	협동로봇공정 표준모델 자동화 시스템을 통해 유사 타 뿌리산업이나 뿌리외 산업분야로 협동 로봇공정 솔루션 확대가 기대됨
합계	100	94	

1-3. 적용대상

☐ 해당공정 적용 업종, 관련 제품군 및 활용 가능 업종

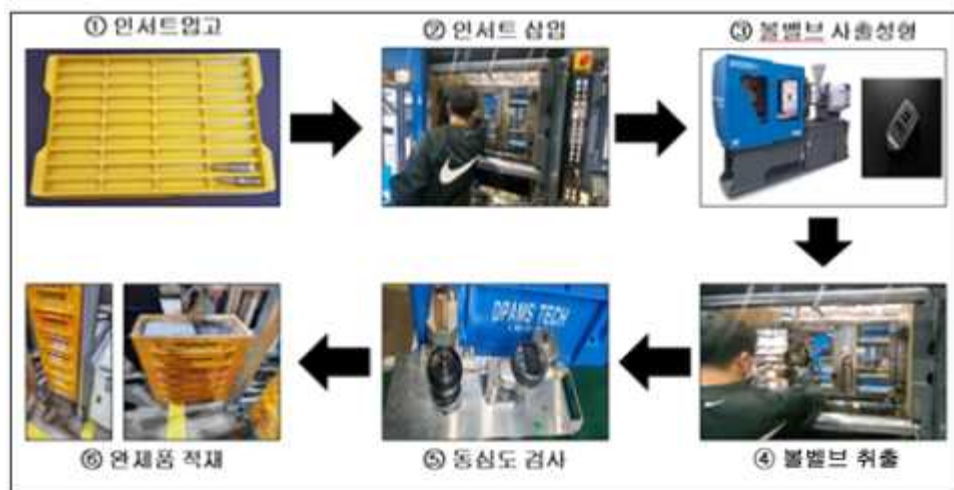
- 소성 가공 공정
- 용접 공정
- 표면 처리 공정
- 열처리 공정
- 사출 생산 공정
- 머신텐딩 공정
- 기타 표준화 공정 개발에 따른 여러 수작업 생산/가공/후처리 공정

2-1. 공정 분석

□ 사출 자동화 시스템 공정 분석

(1) 자동차 부품 볼 밸브 생산 공정(수평 사출기)

○ 공정 흐름도



[자동차 부품(볼밸브) 생산 전체 공정 흐름도]

○ 공정 구조



[볼밸브 생산 공정 구조]

- ① 박스에서 인서트 트레이 이동 → 인서트 금형 삽입 → 사출
- ② 제품 사출품 탈거 → 사출품 냉각(팬) → 제품 육안 검사
- ③ 사출품 원심도 확인(수동지그) → 트레이 부품 안착
- ④ 박스 적재

(2) 자동차 부품 핸들클럭 생산 공정(수직 사출기)

○ 공정 흐름도



[자동차 부품(핸들클럭) 생산 전체 공정 흐름도]

○ 공정 구조



[핸들 클럭 생산 공정 구조]

- ① 트레이에서 커넥터 분리 → 커넥터 금형 삽입 → 사출
- ② 제품 사출품 탈거 → 사출품 냉각(팬) → 제품 육안 검사
- ③ 사출품 커넥터 통전 검사 → 트레이 부품 안착
- ④ 박스 적재(트레이) → 팔레트 이동 적재

□ 공정 문제점 및 개선 필요성

○ 현재 공정 문제점

(1) 수동 작업에 따른 제품 제조 생산성 및 품질 문제 발생

- 제품 안착 적재 및 인서트 삽입 및 추출등 모든 작업을 작업자가 대부분 하기 때문에 생산성이 떨어짐.
- 수작업에 따른 제품 누락, 품질 불량에 따른 제조 원가 상승의 원인 및 경쟁력 악화
- 제품 품질 확보를 위해 수작업으로 육안검사 및 간이 지그를 통한 제품 품질 측정에 따른 인건비 공수 증가와 사이클 타임 누적 손실 발생

(2) 수동 작업에 따른 작업자 재해 발생

- 작업자가 동일한 자세로 일일 수천여개의 반복작업을 실시함에 따라 작업자의 피로도 누적에 따른 간헐적 공정누락, 재품 부족, 작업자에 의한 환경 조건 변경에 따른 여러 문제 발생하며 특히 작업자의 건강 악화에 따른 기업 손실 발생

(3) 수동 작업에 따른 안전 문제 발생

- 작업자의 반복작업에 따른 실수로 인한 안전 사고(금형 끼임, 이적재이송 장비와 충돌, 기타 여러 안전 사고)에 따른 기업 경쟁력 악화와 원가 상승의 주요 원인

○ 개선 요구사항

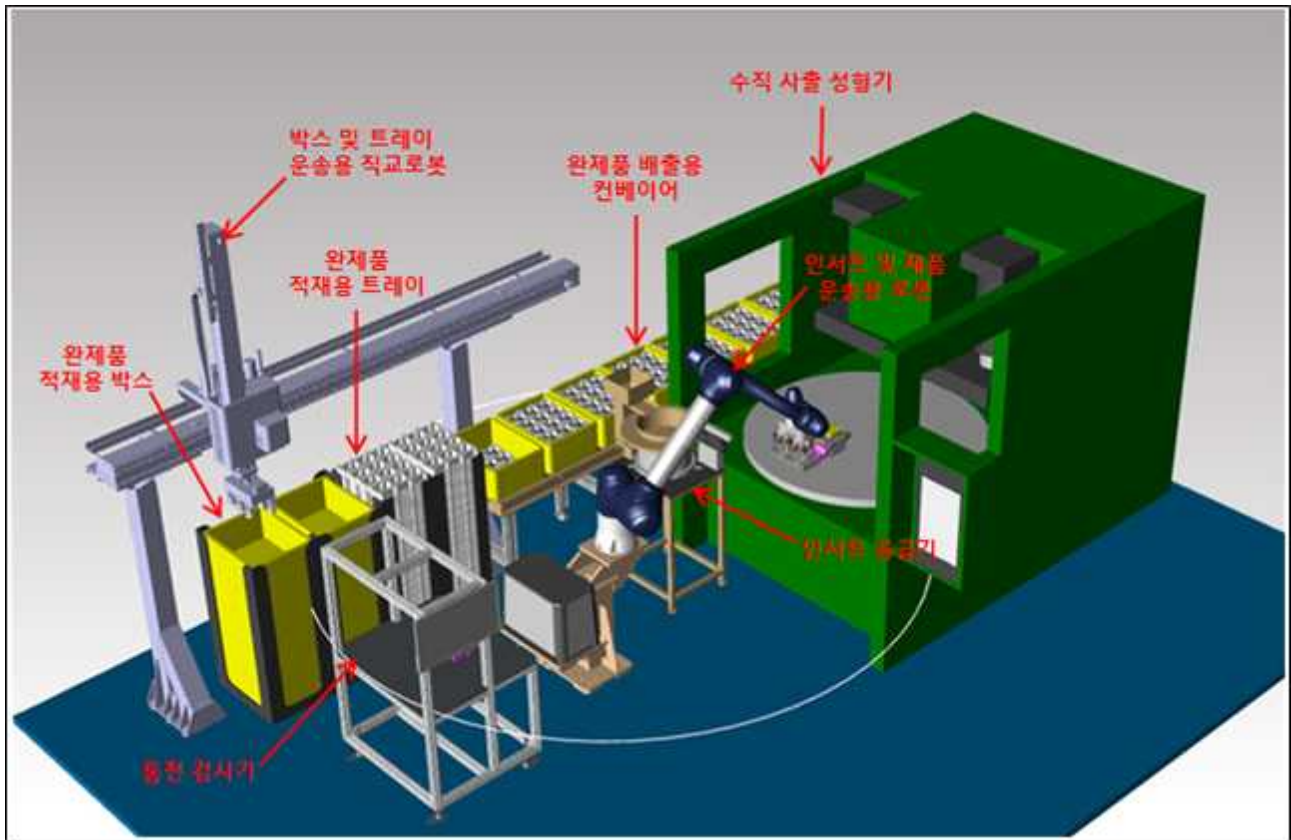
- 협동로봇을 이용한 협소 공간등을 활용하여 로딩/언로딩/인서트 삽입/추출/검사/포장까지 완전 무인화를 통한 기업 경쟁력 확보 필요
- 작업자 전환 배치를 통해 노동강도 완화 필요



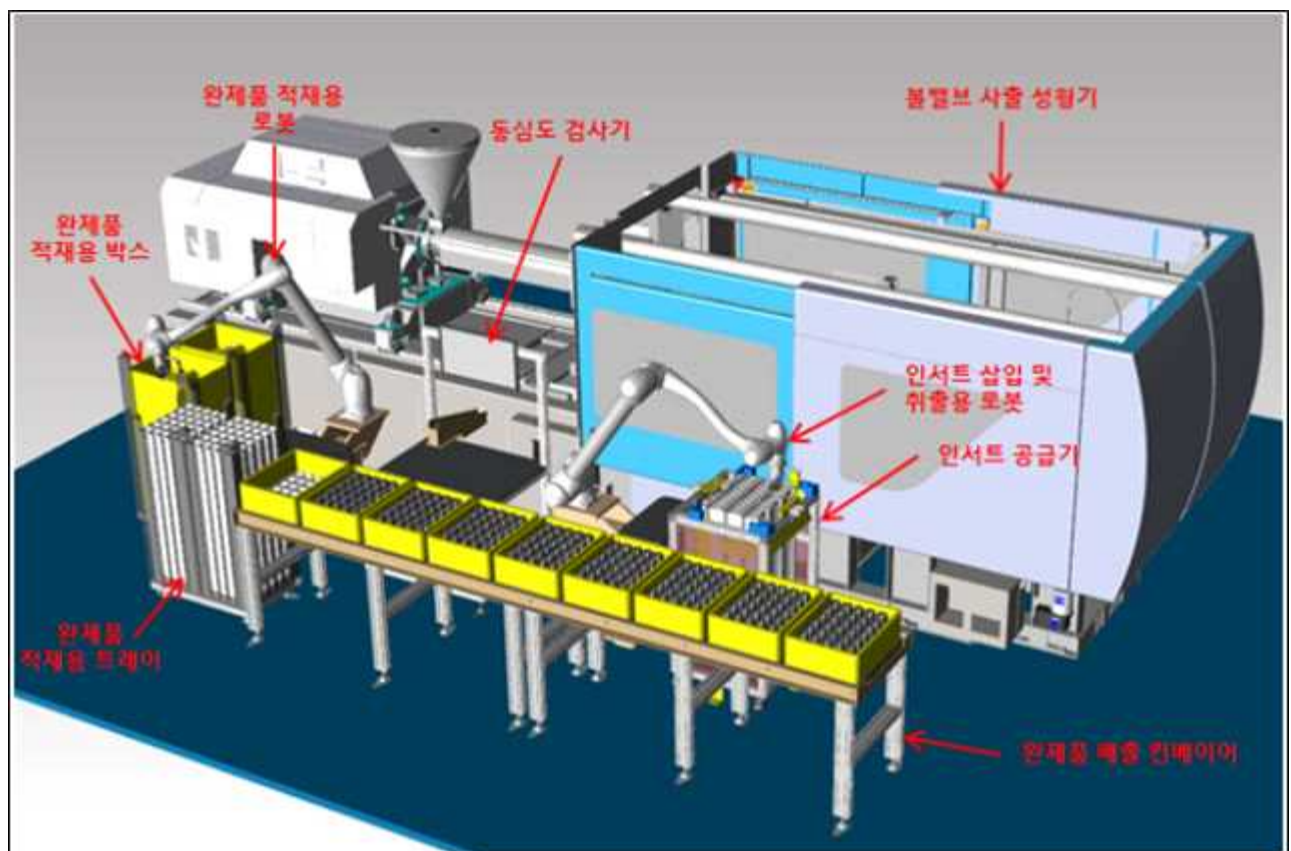
[개선 전 생산 공정 구조_수직 사출 공정]



[개선 전 생산 공정 구조_수평 사출 공정]



[개선 후 생산 공정 구조_수직 사출 공정]

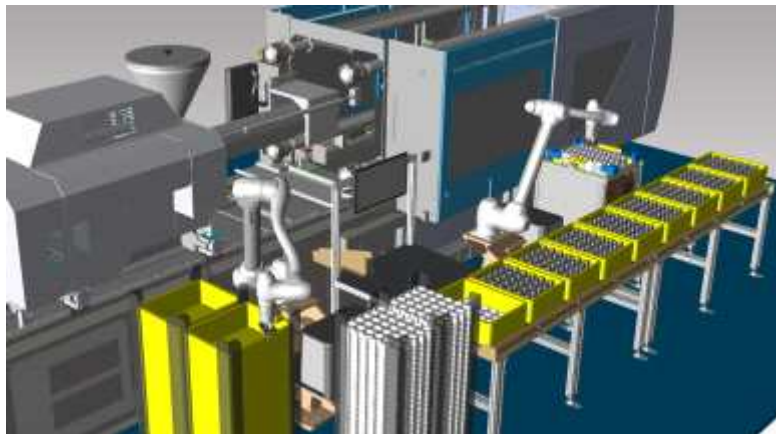


[개선 후 생산 공정 구조_수평 사출 공정]

2-2. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요(수평 사출기)

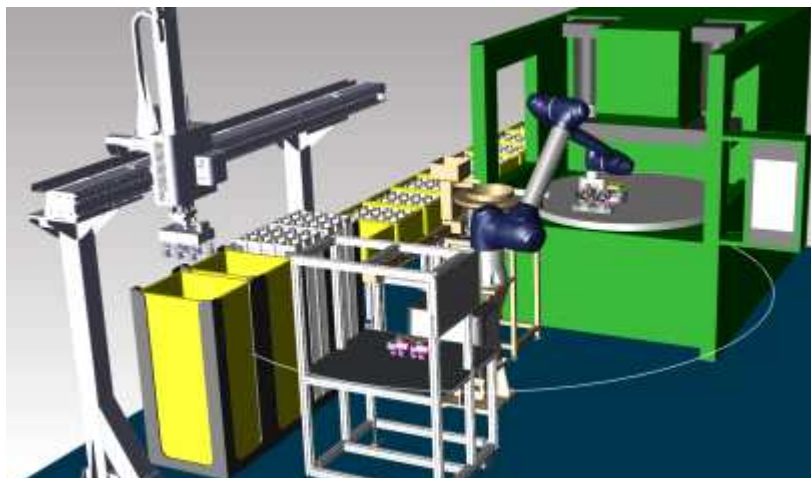
구분	피인서트 부품 투입	수작업 로딩 및 셋팅	사출	제품 추출	검사	적재
As-Is	수동(작업자)	수동(작업자)	사출기	수동(작업자)	수동(작업자)	수동(작업자)
To-Be	협동로봇 로딩장치	협동로봇	사출기	협동로봇	검사장치	협동로봇



[수평 사출 자동화 생산 공정 표준모델 도입 솔루션]

□ 표준공정모델 개요(수직 사출기)

구분	피인서트 부품 투입	수작업 로딩 및 셋팅	사출	제품 추출	검사	적재
As-Is	수동(작업자)	수동(작업자)	사출기	수동(작업자)	수동(작업자)	수동(작업자)
To-Be	협동로봇 로딩장치	협동로봇	사출기	협동로봇	검사장치	협동로봇



[수직 사출 자동화 생산 공정 표준모델 도입 솔루션]

□ 시스템 구성

[표준공정모델 시스템 구성안_수평 사출기 기준]

H/W	사 양	필요 기능
로봇	<ul style="list-style-type: none"> - 타입: 협동로봇 - 축 자유도: 6-axis - 가반하중: 6kg, 20kg - 반복정밀도: $\pm 0.1\text{mm}$(동일) - 리치: 1,700mm(동일) 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템과의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성
그리퍼	<ul style="list-style-type: none"> - 핸들링 재질: 금속/알루미늄 소재 - 그리퍼 Payload: 2kg 이상 - 적용 ITEM: 3종 이상 호환 - 반복정밀도: $\pm 0.05\text{mm}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - 부품(ITEM) 변경에 따른 호환 사용 가능 - 인서트 및 사출물 제품 고정을 위한 충분한 가압력 인가 - 정확한 위치로의 이송
제어반	<ul style="list-style-type: none"> - 통신방식: 이더넷 & RS232 - 확장성 및 호환성 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 센서류 및 그리퍼, 용접기 등과 의 호환성 가능 - 통합관리시스템 연동 제어
비전시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 고해상도 비전 시스템 - 2000만화소급 비전 시스템 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 제품 불량 유무 검사 - 위치 보증 및 삽입 방향 확인 - 금형 이물질 확인 - 단차 및 품질 검사
측정시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 원심도 측정 시스템 - 1/1000mm 측정 - 반복 정밀도 $\pm 0.02\text{mm}$ - 회전 구조(서보 사용) - 제품 클램프 기능 포함 	<ul style="list-style-type: none"> - 사출품의 원심도 측정 (중요기능)
벨트컨베어	<ul style="list-style-type: none"> - 제품 이송 및 적재를 위한 컨베어 시스템(장비 연동) 	<ul style="list-style-type: none"> - 충분한 물량 확보 및 완전 자동화를 위한 버퍼 기능/적재가 용이하도록 적재 작업자 위치 이송 기능
트레이 및 박스 공급장치	<ul style="list-style-type: none"> - 완전 무인 자동화를 위한 자동 트레이 공급 장치 및 박스 공급 장치 	<ul style="list-style-type: none"> - 4시간 기준 자동 공급 장치를 통한 완전 무인 공정 실현
안전 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - PLe, Category4 등급에 준하는 안전 PLC/안전센서 포함 	<ul style="list-style-type: none"> - 예기치 못한 작업자 진입 및 안전 사고를 위한 최고 수준의 안전 시스템 적용



[로봇 제어기 호환성]

□ 시스템 상세 구성 및 스펙

1. 사출기	사양 정보	
	범주	사출 성형기
	모델	스미토모 SE250EV 220톤
	사양	220톤급/ 인젝션C1100/3500kN
	수량	1대
2. 로봇(Cobot)	사양 정보	
	범주	협동로봇
	가반중량	20kg, 6kg
	로봇반경	3,400mm(리치 1,700mm)
	통신방법	E-NET 통신/RS232
	운영방식	Handling/이적재/검사
	수량	2대(6kg/20kg)
3. 그리퍼	사양 정보	

	범주	Industrial cylinder gripper
	구조	Air cylinder type 3Jaw type
	파지력	5kg 이상
	특징	소재파지영역이 3기종 공용 가능

4. 트레이 및 박스 공급장치	사양 정보	
	범주	제품 트레이 및 박스 공급 장치
	구조	서보 수직 상하강 구조(레일형)
	방식	서보 제어 방식으로 다단 적재된 트레이 및 박스를 자동 공급해주는 방식
	특징	4시간이상 소재 안착 트레이 및 박스 공급 가능

5. 비전 검사 시스템	사양 정보	
	범주	제품 불량 유무 감지용 산업용 비전 시스템
	구조	로봇 부착형 비전 시스템
	측정방식	비전 시스템의 다양한 알고리즘을 통한 여러 검사 수행 - 단차/이물질/길이/유무 검사등
	특징	금형 또는 제품의 불량 유무 검출에 따른 불량 제품 최소화(품질향상)

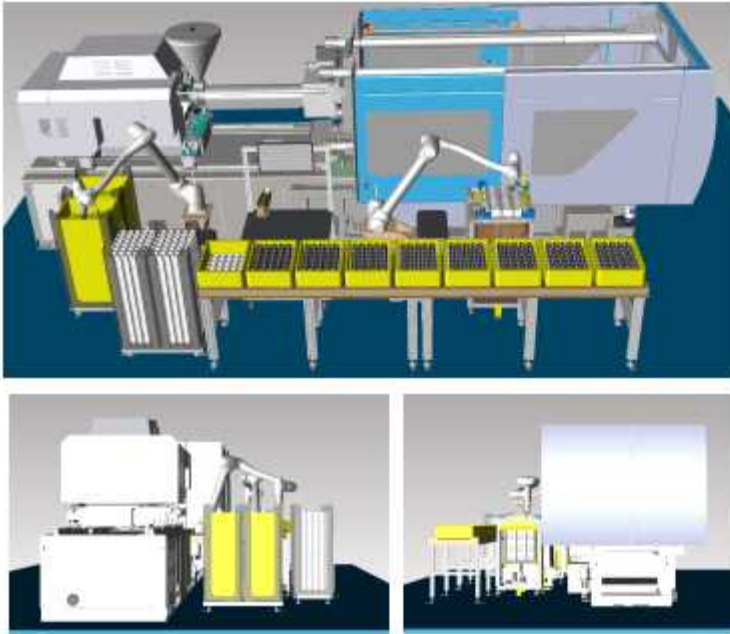
6. 컨베어 시스템	사양 정보	
	범주	트레이 박스 배출용
	구조	벨트 컨베어 타입(정렬장치포함)
	구동방식	AC모터와 스프라켓을 이용한 벨트 컨베어 방식으로 제품 추출 적재 후 작업자에게 이송
	특징	최소 1파렛트 적재가 가능하도록 구성

7. 사출물 측정 시스템	사양 정보	
	범주	원심도 측정 시스템
	구조	서보타입 회전 및 고정밀 단차 측정 센서를 이용한 원심도 측정
	구동방식	협동로봇이 자동으로 안착하면 클램프로 제품을 고정하여 회전 측정 방식을 이용한 원심도 측정
	특징	MES연동으로 데이터관리/보관

8. 제어 시스템	사양 정보	
	범주	사출자동화시스템을 통합한 중앙제어용 시스템
	구조	PLC 및 PC 컨트롤 방식 시스템
	구성방식	중앙 PLC를 통한 안전시스템/비전/로봇제어 및 사출기 제어가 가능하도록 구성
	특징	MES 연동이 가능하며 측정데이터 저장 및 PC에서 모든 시스템을 제어할 수 있는 구조로 개발

□ 공정 설계도

○ 수평 사출 로봇 자동화 공정 운영 설계안



<로봇자동화 시스템 구성>

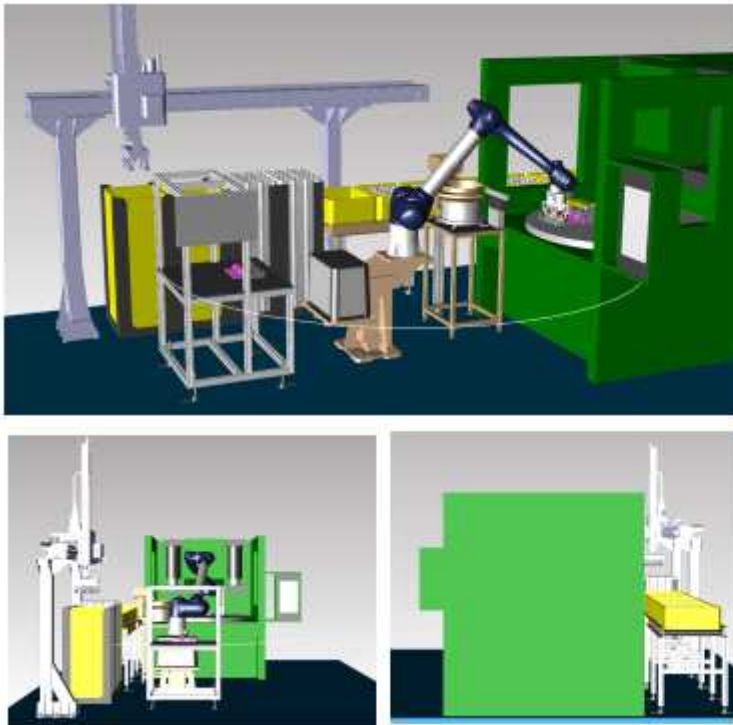
- ① 사출품 부품 로딩장치
- ② 다관절협동 로봇 2대
- ③ 그리퍼 2종
- ④ 원심도 측정 시스템
- ⑤ 비전 검사 시스템
- ⑥ 트레이/박스 공급 시스템
- ⑦ 벨트 컨베어 및 정렬장치
- ⑧ 사출 성형기

[수평 사출 로봇 자동화 공정 설계도]

작업 순서

- ① 로딩장치에 의해 피사출부품이 자동 로딩됨.
- ② 로딩장치 위의 피사출부품을 다관절로봇1이 픽킹 후 피사출부품을 올바른 방향으로 정렬 시킨 후 사출 성형기에 투입
- ③ 사출 성형기에서 성형 후 다관절 로봇1은 사출품을 로딩하여 추출하고 인서트를 삽입(듀얼 그리퍼 적용_1번그리퍼 제품 추출/2번 그리퍼 제품 로딩)→ 다관절로봇1은 추출된 제품을 검사 시스템에 안착
- ④ 다관절로봇2은 비전 검사를 통해 제품의 품질을 검사하며, 동심 측정 장비를 통해 제품 동심도 측정
- ⑤ 다관절로봇2은 박스를 공급하고 박스 안에 트레이를 안착 시킨 후 검사가 완료 된 제품을 적재(단, 불량품은 별도의 불량품 트레이에 이송 됨)
- 불량 적재 트레이는 각 번호가 부여되어 있으며 추후 이력 추적가능
- ⑥ 벨트 컨베어를 통해 이송되며 파렛트 근처까지 이송

○ 수직 사출 로봇 자동화 공정 운영 설계안



<로봇자동화 시스템 구성>

- ① 사출품 부품 로딩장치
- ② 다관절협동 로봇 1대/직교 로봇 1대
- ③ 그리퍼 3종(다관절용 2종/ 직교로봇용 1종)
- ④ 커넥터 통전측정 시스템
- ⑤ 비전 검사 시스템
- ⑥ 트레이/박스 공급 시스템
- ⑦ 벨트 컨베어 및 정렬장치
- ⑧ 사출 성형기

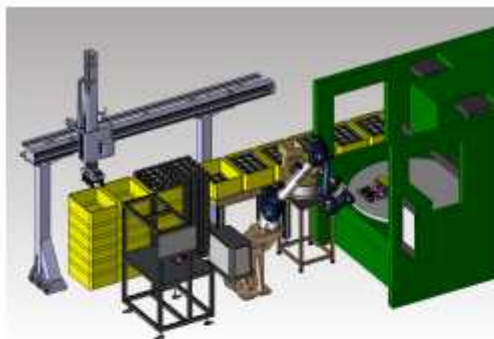
[수직 사출 로봇 자동화 공정 설계도]

작업 순서

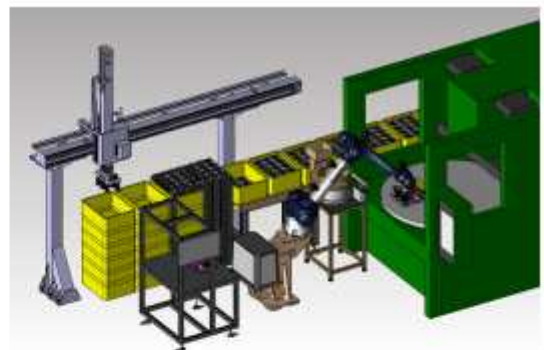
- ① 로딩장치에 의해 피용접부품이 로딩됨(자동피더를 통한 커넥터공급)
- ② 로딩장치 위의 피사출부품을 다관절로봇이 픽킹 후 피사출부품(커넥터)을 올바른 방향으로 정렬 시킨 후 사출 성형기에 투입(2개씩 투입)
- ③ 사출 성형기에서 성형 후 다관절 로봇은 사출품을 로딩하여 추출하고 인서트를 삽입(듀얼 그리퍼 적용_1번그리퍼 제품 추출/2번 그리퍼 제품 로딩)→ 다관절로봇은 추출된 제품을 통전검사 시스템에 안착
- ④ 비전 및 통전 검사를 통해 제품의 품질을 검사
- ⑤ 직교 로봇은 박스를 공급하고 박스 안에 트레이를 안착 시킨 후 검사가 완료 된 제품을 적재(단, 불량품은 별도의 불량품 트레이에 이송 됨)
- 불량 적재 트레이는 각 번호가 부여되어 있으며 추후 이력 추적가능
- ⑥ 벨트 컨베어를 통해 이송되며 파렛트 근처까지 이송

□ 운영 시나리오

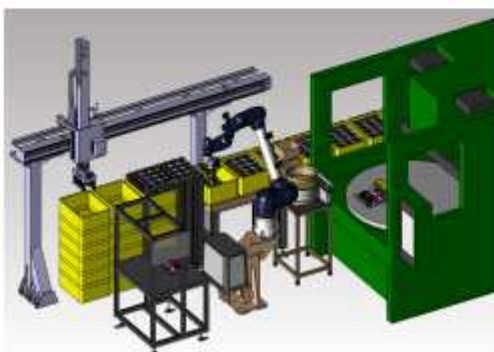
- 표준모델 공정 설계에 따른 운영시나리오 시뮬레이션을 위해 수평 사출 로봇 자동화 공정과 수직 사출 로봇 자동화 공정 운영안을 CATIA S/W를 이용하여 시뮬레이션 검증
- 수직 사출 로봇 자동화 공정 운영 시나리오: 인서트 로딩, 이송, 안착, 추출, 언로딩, 검사, 적재 모든 공정에서 로봇이 계속 그리퍼를 이용하여 이동하며, UPH(시간당 생산대수)를 맞추기 위해 2기의 로봇으로 운영하여 로딩, 이송, 안착, 추출을하는 로봇과 언로딩, 검사, 적재 및 트레이/박스를 공급하는 로봇으로 구성하여 완전 무인 자동화를 구현
 - 공정 사이클 타임인 제품당 약 25초 소요로 최소 2기의 협동로봇을 운영해야만 기존 수작업과 같은 생산성이 나옴
 - 수작업 대비 생산성 20% 증가



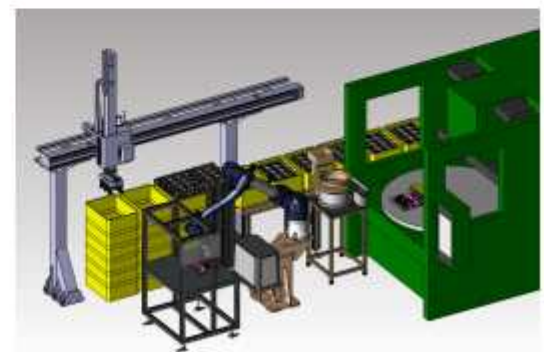
1. 인서트 픽킹



2. 인서트 삽입 및 사출성형



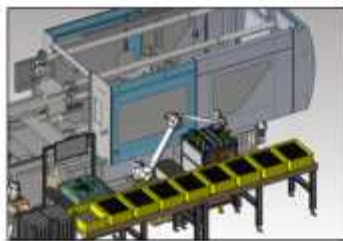
4. 완제품 적재



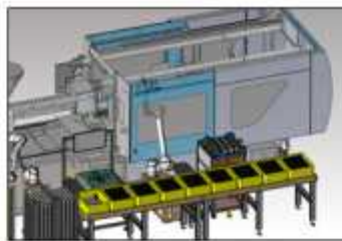
3. 취출 및 통전검사

[수직 사출 로봇 자동화 공정 시뮬레이션]

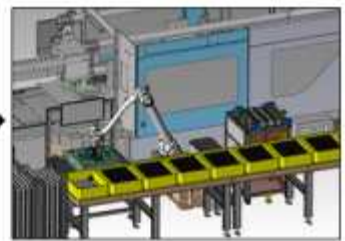
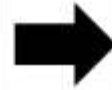
- 수평 사출 로봇 자동화 공정 운영 시나리오: 협동로봇은 제품을 공급하는 자동 공급 장치 통해 사출인서트 부품을 이송, 안착을하며, 직교로봇은 박스의 제품 이송 및 트레이 공급의 역할을 함으로써 완전 무인 자동화를 구현
 - 공정 사이클 타임인 제품당 약 15초 소요로 최소 1기의 협동로봇과 직교로봇으로 운영해야만 기존 수작업과 같은 생산성이 나옴
 - 수작업 대비 생산성 25% 증가



① 인서트 픽킹



② 인서트 삽입

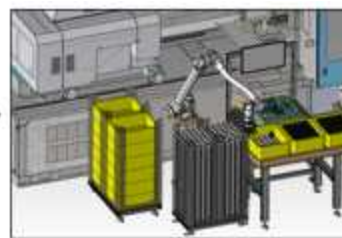


③ 동심도 검사

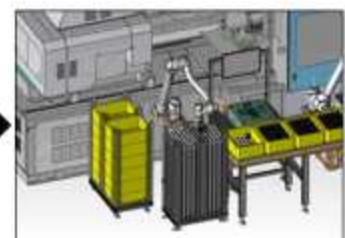
[로봇 1기 시뮬레이션]



① 완제품 박스 픽킹



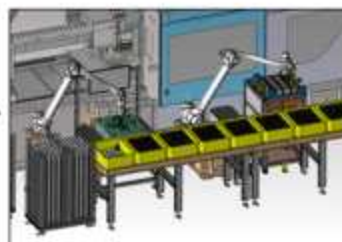
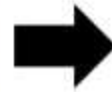
② 완제품 박스 이동



③ 트레이 픽킹



⑥ 양품 적재



⑤ 양품 픽킹


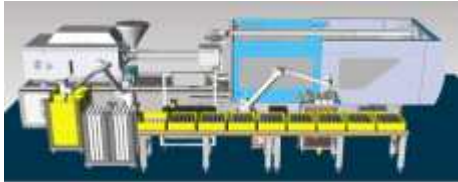


④ 트레이 이동

[로봇 2기 시뮬레이션]

[수평 사출 로봇 자동화 공정 시뮬레이션]

2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [(뿌리)플라스틱 사출 성형 부품 로딩/엔로딩 및 검사공정 표준모델]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	그 외 기타 금속 가공업 (C25929)	적용공정	(뿌리)플라스틱 사출 성형 부품 로딩/엔로딩 및 검사공정
공정 소개	공정 정의	<ul style="list-style-type: none"> 자동차 및 산업용 플라스틱 사출 제품으로 현 공정에서 사출 소재를 사출하여 제품을 이적재 사출물의 형상/단차 및 휘어짐등의 불량률 검출하며 사출품의 엔로딩/적재/파렛타이징 과정에 다관절 로봇을 투입하여 품질의 재현성 확보, 생산성 향상 및 생산비 절감 등을 실현하는 공정 			
	핵심(부) 기능	<ul style="list-style-type: none"> 사출물의 품질 검사 트레이 안착 및 박스 이적재 			
	핵심 구성	<ul style="list-style-type: none"> 사출기 로딩/엔로딩 로봇, 다부품 대응 그리퍼 사출설비, 트레이 및 박스 이적재 로봇, 복합 그리퍼, 블로워 설비별, 품종별 로딩/엔로딩 방법의 DB화 설치 후 티칭 정밀도를 보장할 수 있는 비전을 이용한 자동 세팅 사출품 품질 검사 비전(불량품 감지/단차/스크래치등 외관 불량 확인) 사출품 통전 검사를 통한 커넥터 불량 검출 			
	핵심 성능	<ul style="list-style-type: none"> 로봇과 그리퍼와 사출기계의 연동 전기적/기계적 인터페이스 통일 로봇의 가반하중을 고려한 경량화 설계 로봇 이송시 흔들림 없는 프로파일 레일 설계 Pallet 셔틀 이송시 제품의 회전 및 쓰러짐 없는 설계 로봇의 이동시 통신장비 설치의 간편성 비전을 이용한 제품 불량 최소화 로봇을 이용한 사출물 이송/트레이적재/박스적재/파렛트 적재 제품 품질 검사를 위한 통전 설비 협동로봇을 이용한 협소 공간 설치에 따른 공간 효율성 			
	필요성/효과	[필요성] <ul style="list-style-type: none"> 수작업시 저항 용접 품질불량 다수 발생 단순 반복작업에 기인한 작업자 피로도 누적 비주기적이며 검사 정확성이 낮은 사출 검사 		[도입효과] <ul style="list-style-type: none"> 사출 품질 향상 사출 불량률 감소 검사 정확성 향상 생산비 절감 생산성 향상 작업자 근골격계 질환 예방 	
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	피사출제품 로딩(수동)→정렬(수동)→제품로딩/엔로딩(수동)→검사→트레이/박스 공급(수동)→인력 이송→적재		피사출제품 로딩(로봇)→정렬→제품로딩/엔로딩(로봇)→검사→트레이/박스 공급→컨베이어이송→적재	
적용로봇 사양		로봇 종류	협동로봇		협동로봇
		가반 하중	~20kg		~6kg
		작업 반경	~1,700mm		~1,700mm
		투입 대수	1대		1대
주변 설비 사양		그리퍼	<ul style="list-style-type: none"> 20kg 이하 (작업물 무게 포함) 		

		<ul style="list-style-type: none"> ■ 최대 2개 앤들링 가능한 다중 그리퍼
	사출기	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사출 성형기(기존 제품 사용)
	로딩/언로딩장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제품 공급 및 트레이/박스 공급장치:서보 구성 방식
	제품 투입/취출장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ 무인 자동화를 위한 트레이/박스 이용 4시간 분량
	비전 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비전 시스템을 이용한 다양한 알고리즘 반영
	물류/이송기계	<ul style="list-style-type: none"> ■ 컨베어: CHAIN, BELT & FEEDING 장치를 활용한 제품 이송
	진단/검사기기	<ul style="list-style-type: none"> ■ 비전 시스템, 제품 인식용, 치수 검사용(원심도측정) 검사를 통한 제품 불량 및 품질 확보
	계측 기기	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유무 감지 센서, 혼류방지 센서, 위치 감지
	이물질 제거 장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ Air Blower
	S/W, I/F	<ul style="list-style-type: none"> ■ 설비별 품목별 티칭 경로 DB화 및 사용자 화면, 이더넷 통신, 설비 인터락용 산업용 표준 통신, 이·적재 Program
	제어기	<ul style="list-style-type: none"> ■ Digital 접점신호 제어용 유선 PLC ■ 가압력 확인을 위한 시스템 구축(공압, 가압력등)
	안전 설비	<ul style="list-style-type: none"> ■ 안전 펜스(빔센서 포함)
로봇도입 핵심 고려사항		<ul style="list-style-type: none"> ■ 로봇과 그리퍼와 사출기계의 연동 전기적/기계적 인터페이스 통일 ■ 로봇의 가반하중을 고려한 경량화 설계 ■ 로봇 이송시 흔들림 없는 프로파일 레일 설계 ■ Pallet 셔틀 이송시 제품의 회전 및 쓰러짐 없는 설계 ■ 로봇의 이동시 통신장비 설치의 간편성 ■ 비전을 이용한 제품 불량 최소화 ■ 로봇을 이용한 사출물 이송/트레이적재/박스적재/파렛트 적재 ■ 제품 품질 검사를 위한 통전 설비 ■ 협동로봇을 이용한 협소 공간 설치에 따른 공간 효율성
소요예산		<ul style="list-style-type: none"> ■ 총사업비 250백만원 내외(정부출연금 175백만원 이내)
작성처		<ul style="list-style-type: none"> ■ 한국생산기술연구원 윤길상 수석연구원(☎ 032-670-3937)

3 기대효과 및 고려사항

3-1. 기대효과

□ 표준공정모델 적용에 따른 기대효과

○ 정량적 효과

No.	항 목	단위	도입전 수치(A)	목표치(B)	실적치(C)	목표대비 달성률(D)	개선율 (E)×100
1	시간당 생산량	EA	100	120	120	100	100
2	공정불량률	%	1	0.5	0.5	100	50
3	총원가 절감	천원	300,000	120,000	80,000		60
4	납기준수율	%	95	99	100		4
5	산업재해율	%	0	0	0		-

산출근거

①시간당 생산량(시간당 생산성은 (A)값보다 (B),(C)의 값이 클수록 개선됨)

※ 단위시간 기준

- 단위시간이 “1일”이면 1일 평균 생산량을 시간당 생산량으로 계산
- 단위시간이 “1시간”이면 1시간당 평균 생산량으로 계산

* 사업계획서 작성시 설정하였던, 기준 단위시간으로 계산하여야하며 임의로 변경해서는 안됨

○ (예시1) 실적치(1시간당 평균 기준)

(단위: 개, 시간)

구 분	1일차 (0월 0일)	2일차 (0월 0일)	3일차 (0월 0일)	4일차 (0월 0일)	5일차 (0월 0일)	결과값	비고
1일 평균 생산량	1,200	1,320	1,080	1,140	1,150	5,890	총 생산량
투입시간	10	11	9	10	10	50	총 투입시간
1시간당 생산량	120	120	120	114	115	117.8	1시간당 평균 생산량

○ (예시2) 실적치(1일 평균 기준)

(단위: 개, 시간)

구 분	1일차 (0월 0일)	2일차 (0월 0일)	3일차 (0월 0일)	4일차 (0월 0일)	5일차 (0월 0일)	결과값	비고
1시간당 생산량	120	120	120	114	115	117.8	1시간당 평균 생산량
투입시간	10	11	9	10	10	10	총 투입시간
1일 평균 생산량	1,200	1,320	1,080	1,140	1,150	1,178	1일 평균 생산량

②공정불량률(%) (공정불량률은 (A)값보다 (B),(C)의 값이 적을수록 개선됨)

○ (예시) 실적치(도입공정 불량률)

(단위: 개, %)

구 분	1일차 (0월 0일)	2일차 (0월 0일)	3일차 (0월 0일)	4일차 (0월 0일)	5일차 (0월 0일)	결과값	비고
검사수량	1,200	1,320	1,080	1,140	1,150	5,890	총 검사수량
불량수량	100	110	90	100	100	500	총 불량수량
불량률	8.3	8.3	8.3	8.8	8.7	8.5	평균 불량률

③ 총원가 절감 (천원)(총원가 절감은 (A)값보다 (B),(C)의 값이 적을수록 개선됨)

○ (예시) 실적치(총원가 절감)

(단위: 원, %)

구분	도입전 수치(A)	목표치(B)	실적치(C)	목표대비 달성률(D)	개선율(E)
총원가 절감	350,000,000	315,000,000	315,000,000	100	10

- 총원가 절감 세부 항목

(단위: 원, %)

구분	평균임금(1인/년)	인원 수	금액(b)
인건비(도입전)	35,000,000	10	350,000,000
인건비(도입후)	35,000,000	9	315,000,000

* 생산비용 절감에 인건비 외 추가항목이 있을 경우 구체적으로 작성(자유양식)

④ 납기준수율 (%)

○ (예시) 실적치(정상출하실적)

(단위: 개. %)

구분	출하예정건수 (‘21.10월기준)	정상출하건수 (‘21.10월기준)	지연건수 (‘21.10월기준)	정상출하실적
납기준수실적	100,000	99,875	125	99.9%

⑤ 산업재해율 (%)

○ (예시) 실적치(산업재해율)

(단위: %)

구분	산업재해율(‘21년 2월기준)	산업재해율(‘21년 12월 기준)	산업재해율 실적
산업재해율	1	0	100

○ 정성적 효과(제조현장 근무환경 개선내용 등)

□ 도입기업 성과

구분	내용	비고
작업 환경 개선	작업자 와 로봇의 협업 시스템 구현을 통한 생산성 향상 및 작업환경 개선	동영상 참조
생산 제품 개선	플프루프 시스템 자동화 시스템 도입에따라 불량 검출 능력의 대폭 향상에 따른 리워크 작업 및 불량품에 대한 원가 경쟁력과 크래임 비용 절감	결과 데이터참조
노동자 만족도 향상	작업조건 및 피로도 증가에 따른 근골격계질환 등 근로자 노동환경 개선	근로자 만족도 참조
표준공정모델에 따른 수평 전개 가능	작업공정/업무의 표준화 관리를 통한 LOSS 제거 및 생산 능력 향상 도모	MES연동 및 표준화 기반 공장운영
고객품질만족	육안/감성 평가 공정의 자동화를 통한 검사 신뢰성 향상 및 고객 만족 실현	고객 클레임 0% 목표
원가경쟁력확보	고객의 상향된 품질 요구 수준에 따른 품질비용 및 투자비용등 원가 경쟁력 확보 가능	원가경쟁력 우위

□ 공급기업 성과

구 분	내용	비 고
수요처 신규발굴	본 과제와 유사한 제조기업 4개사 발굴 및 22년 제조혁신 지원사업 타겟으로 관련 설계 진행 중	유사 프로젝트 7건 수행 중
인지도 향상에 따른 매출 증가	국책과제를 통해 특수한 작업환경 개선 및 신기술 적용에 따른 고객사(현대/기아자동차) 대외 홍보로 제조업체 문의 및 추가 프로젝트 증가에 따른 매출 향상	로봇월드참여
실증/표준화 공정 경험에 따른 경쟁력 확보	실증 및 표준화 공정 개발 공급에 따른 표준 공용 제품을 만들어 국내 SI/고객사에 쉽고 안전한 로봇 공급 기대	표준공정로드맵 개발중
고용창출효과	로봇 자동화 시스템 개발공급 및 국책과제 진행에 따른 고용 창출 효과 기대	20년대비 30%증가
표준어플리케이션 개발 공급에 따른 시장 선점	로봇 자동화 신기술 및 로봇과 시스템 적용에 따른 다양한 어플리케이션을 스탠다드화하여 개발 공급하여 시장 점유가 높을 것으로 기대	연구개발 집중투자 유치

3-2. 고려사항

□ 표준공정모델 적용 및 공정 운영 시 유의사항 등

구분	유의 사항
설계 및 제작	신규 라인으로 레이아웃 배치 확인 - 무인 자동화 구성에 따른 배치 확인 - 생산량 증대 및 작업자 동선 배치에 따라 장비 배치 확인
	설계 도면과 실제 최종 도면의 차이로 제작 어셈블리 일부 수정 및 보완 - 현장의 레이아웃을 변경하지 않고 협소한 공간을 활용하여 장비 설계 필요 - 레이아웃 변경에 따른 추가 비용 손실 방지를 위한 공정 검토 필요
	- 전세계 반도체 이슈에 따라 각종 중요 전자 부품 및 서보모터/서보드라이버/전장 부품 일부 수급 어려움
	- ROI 계산을 통한 정확한 표준화/실증 사업 설계 필요
시스템구축	- 9월 실제 양산으로 현재 전공정 시스템 사용 중(양산 중) * 일부 반도체 이슈에 따라 416오토메이션 제고품 사용하여 라인 구성
	- MES 프로그램 개발 및 설치 완료 및 양산 적용하여 현재 MES에 모든 데이터 저장 필요
	- 충분한 테스트 및 검증 후 현장 설치 할 수 있도록 시뮬레이션 및 구조 해석 필요
	- 로봇 시스템 도입과 안전, 작업자 동선등에 따른 추가 안전 팬스 확보 및 안전광(안전센서) 추가 필요 - 실제 제품의 하드웨어적인 사양이 옵션에 따라 달라져 로봇 티칭 및 위치 제어 시 문제가 발생으로 주변 설비 관련 정확한 예산 확인

□ 사출 로봇 자동화 시스템 구축 추진 일정

구분	주요내용		추진일정(월)										비 고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	공장 레이아웃 분석 - 장비동선/테스트 위치/예상사이즈 및 작업공간 검토	계획											
		결과											
2	각 공정 분석 - 생산량/장비속도/품질/작업성/로봇자동화 안전성/협업	계획											
		결과											
3	3D 설계 및 전기 도면 설계 - 3D 카티아 기구설계 - 전기 설계	계획											
		결과											
4	UPH/검사시간/운영 및 작업 시간 분석/ 간섭 및 동선 분석 외	계획											
		결과											
5	3D 시뮬레이션 설계 검토 및 각 보완사항 수정	계획											
		결과											
6	시스템 기능 분석	계획											
		결과											
7	통신 및 알고리즘 분석/인터페이스 점검 제작 및 개발	계획											
		결과											
8	장비 조립 및 전장 작업 - 기구 조립/전장 제작 - 시스템 제작	계획											
		결과											
9	장비 시운전 및 검수	계획											
		결과											
10	포장 및 및 운송/장비 설치	계획											
		결과											
11	수동/단동/자동점검 및 디버깅	계획											
		결과											
12	합리화 개선 - 이슈 정리 및 문제점 정리 - 프로그램 디버깅 및 테스트	계획											
		결과											
13	생산성 확인 및 품질 검사등 장비 신뢰성 검증	계획											
		결과											
14	작업자 및 보전 전문 교육 (로봇 및 시스템)	계획											
		결과											
15	양산 대응 및 문제 발생 시 긴급 유선 또는 온라인지원 대응	계획											
		결과											

**[뿌리] 특수목적기계분야 아크용접대상 용접품질
검사공정
[표준공정모델 매뉴얼]**

2021. 12

한국생산기술연구원

목 차

1. 개요

1-1. 목적	1
1-2. 공정소개	1
1-3. 적용대상	2

2. 로봇 활용 표준공정모델

3

2-1. 공정 분석	3
2-2. 로봇 활용 표준공정모델	6
2-3. 표준공정모델 실증기준	12

3. 기대효과 및 고려사항

3-1. 기대효과	14
3-2. 고려사항	15

1 아크 용접품질 검사 개요

1-1. 목적

- 용접구조물의 품질을 확인하는 품질 검사 공정은 용접물의 건전성을 대변하는 매우 중요한 공정임. 용접 품질검사 공정은 작업자의 육안에 의존하고 있는 상태이며, 작업자의 감성적 요인이 가미되어 정략적 평가에 어려움이 있음
- 본 과제에서 로봇 기반 아크 용접품질 검사 공정 매뉴얼은 작업자에 의한 감성적 요인을 배제하고, 용접 품질의 일정한 관리를 위해 로봇을 도입하여 자동화를 하는데 목적이 있음

1-2. 공정소개

□ 아크용접 품질 검사 개요

- 용접구조물의 제작과 관련하여 제품의 품질을 유지하기 위해서 이루어지는 행위로 여러 단계의 시험 및 검사가 행해지고 있음. 시험은 소재 또는 제품에 대해 그 품질을 조사하는 것을 말하며, 검사는 시험의 결과를 사양서 등에서 정해진 판정기준을 비교하여 합격 또는 불합격 판정을 하는 것
- 용접은 고온에서 용융, 응고현상을 수반하기 때문에 다른 제작 공정과는 달라 용접부의 건전성 및 신뢰성을 확보가 필요
- 이에 시험체를 파괴하여 조사하는 파괴검사와 용접 시공 시에 용접 결함 등을 비파괴적으로 조사하는 비파괴 검사가 있음
- 비파괴 검사 방법으로 확인할 수 있는 것은 결함 유무와 이를 근거로 한 결함의 등급 판정 정도이며, 그 외의 기계적, 물리적 특성이나 성능 확인은 아직 미흡함
- 하지만, 완성된 용접구조물에 대하여 파괴 검사를 모두 수행할 수 없어 용접 부품을 제작하는 업체 및 고객사에서는 용접 등급을 규정하여 비파괴 검사를 수행 중임
- 용접 비파괴 검사의 종류로는 방사선투과검사(RT), 초음파탐상검사(UT), 침투탐상검사(PT) 등 다양한 비파괴 검사법이 있지만 고가의 장비가 필요하고, 검사 시 많은 시간 소요 및 전문 인력이 필요함
- 용접 비파괴 검사 중 하나인 외관 검사(VT)는 인간의 시각에 의한 검사로 시험체 표면에 나타나는 결함 및 크기에 대하여 육안으로 관찰하는 방법으로

가장 널리 사용되는 기본적이고 매우 중요한 검사 법 중 하나임. 자동차, 중공업, 조선 등에서 외관 검사는 모두 시행되고 있으며, 인간의 육안에 의하기 때문에 정략적으로 판단하기 용이하지 않다는 단점이 있음

- 아크 용접품질 검사에서는 외관 검사(VT)를 인간의 육안에 의한 감성적 인 검사가 아닌 정략적 검사가 필요함

□ 아크용접 품질 검사 공정 정의

- 로봇 기반 아크 용접품질 검사 공정이란, 기존의 사람에 의존한 비파괴 검사 공정을 6축 산업용 로봇 및 협동 로봇에 비파괴 검사 장치를 부착하여 검사하는 공정을 의미함
- 본 매뉴얼에서는 로봇 기반 아크 용접품질 검사 공정은 용접 현장에서 가장 널리 사용되고 있는 육안에 의존한 외관 검사(VT)를 대체하기 위하여 레이저 비전 센서를 로봇에 부착하여 정략적 외관 검사를 수행하였음

□ 공정 선정

- 아크 용접품질 검사 공정 자동화를 희망하는 기업을 자체 네트워크 및 SI 기업의 추천을 통해 총 5군데 수요조사를 실시하였음
- 총 5개의 수요조사에서 아크 용접으로 생산된 부품의 품질은 대부분 용접 부의 외관 형상을 통해 용접품질 평가 및 검사를 실시하였으며, 유사 공정을 재정리하여 1가지 형태의 모델을 선정하였음

순번	수요기업	지역	공정
1	(주)두성특장차	경기	아크용접/검사
2	(주)건화창원공장	경남	아크용접/검사
3	동해산업(주)	경기	아크용접/검사
4	(주)세원정공	대구	아크용접/검사
5	(주)세안정기	경북	아크용접/검사

1-3. 적용대상

□ 로봇기반 아크 용접품질 검사 공정 모델

- 로봇 기반 용접/검사 공정 모델
 - 용접용 로봇 1기와 품질 검사용 로봇 1기, 총 2기의 로봇으로 용접과 품질 검사를 수행하는 유형

- 생산 시간이 빠른 용접 구조물에서 로봇 1기로 용접과 품질 검사가 불가능한 제품군으로 로봇 1기로 용접을 수행하고, 제품을 이동시켜 다른 1기의 로봇으로 용접 품질을 검사하는 형태 (자동차 및 소조립 부품)
- 용접 구조물의 크기가 큰 제품에서는 1기의 로봇으로 용접을 수행하고 또 다른 로봇이 용접 로봇을 따라 용접품질을 검사하는 형태 (일반기계, 중장비, 조선업등, 대조립 부품)

2 로봇활용 표준공정모델

2-1. 공정 분석

□ 아크 용접품질 검사 공정 분석

(1) 자동차 의장 모듈 아크 용접품질 검사 공정

○ 공정 흐름도



1. 단품취출 → 2. 지그 안착 → 3. 용접 → 4. 완제품 취출 →
5. 누락/용접검사 → 6. 파렛트 적입

[자동차 의장 모듈 생산 전체 공정 흐름도]

(2) 건설 중장비 CWT 인양 고리 아크 용접품질 검사 공정

○ 공정 흐름도



1. 원자재 → 2. 절단/성형 → 3. 취부 → 4. 용접 → 5. 검사 → 6. 취출 → 7. 출하

[건설 중장비 CWT 인양 고리 생산 전체 공정 흐름도]

□ 공정 문제점 및 개선 필요성

○ 현재 공정 문제점

(1) 용접/검사 작업자의 피로 및 질환 유발

- 판넬 공급부터 완제품의 출하까지 다수의 작업자가 직접 모든 공정을 진행하고 있어 상당한 피로 누적과 단순 반복적인 작업 수행으로 인한 근골격계 질환을 유발하고 있음
- 용접시 작업자가 수동으로 용접 및 검사를 수행하고 부주의로 인한 화상 및 자상 등의 안전사고 발생 우려가 큼

(2) 수동 작업에 따른 품질편차 발생

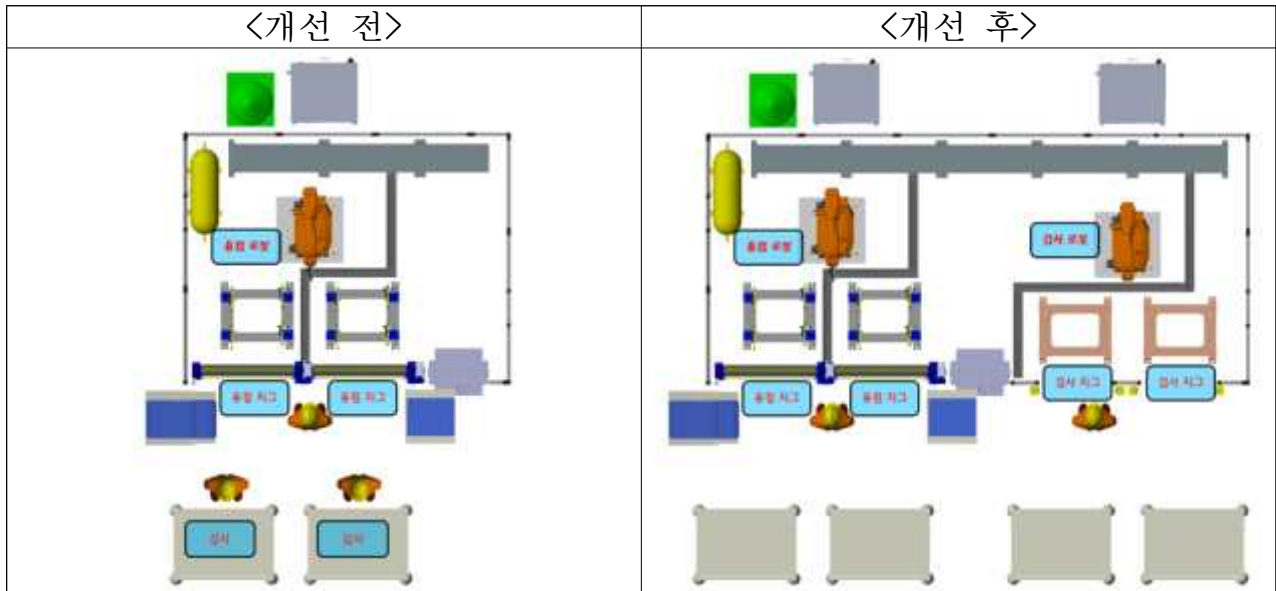
- 용접사의 피로도 누적 및 집중도 저하로 인한 용접 접합부 결함 불량률이 다수 발생하고 있어 부족한 작업량과 생산성 저하 및 공정 불량률이 증가하고 있음
- 용접사의 기술과 기량에 따라 생산되는 제품 품질의 차이가 많아 생산량 및 품질관리가 어려움

(3) 품질 편차 및 누락으로 인한 비용 손실

- 작업자가 육안으로 용접상태 등을 검사하기 때문에 작업자가 검사를 누락하게 되면 대량의 불량품으로 인한 결함 및 사고발생 유발할 수 있음

○ 개선 요구사항

- 검사 작업자의 감성적 요인이 배제된 로봇기반 아크용접 품질 검사 공정의 개발로 불량률을 조기에 발견할 수 있는 시스템 필요



2-2. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

구분	단품취출	지그안착	아크 용접	완제품 취출	누락/용접 검사	파렛트 적입
As-Is	수동	수동	수동	수동	수동	수동
To-Be	수동	수동	로봇	수동	로봇	수동



[아크 용접품질 검사 표준모델 도입 솔루션]


□ 시스템 구성

○ 시스템 구성 요약


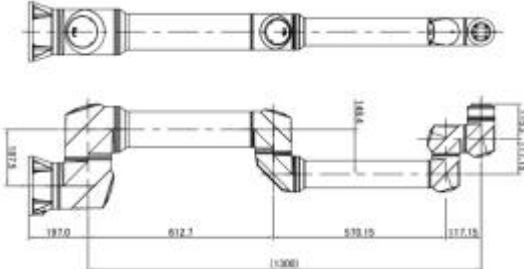
H/W	사 양	필요 기능
로봇	<ul style="list-style-type: none"> - 산업용 및 협동 로봇 - 타입: 수직 다관절 - 축 자유도: 6-axis - 가반하중: 6 - 20 kg 이상 - 작업 반경: 1400 - 2100 mm - 투입 대수: 2 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템과의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성 - 1대: 아크용접, 1대: 품질검사 - 적용환경에 따라 산업용 로봇 및 협동로봇 선택적 적용 가능
용접품질 검사용 센서	<ul style="list-style-type: none"> - 센서 종류: 레이저 비전 센서 - 측정 기준 거리: 120 - 1800 mm - 분해능: (X, Z축) 0.02 mm - 투입 대수: 1 	<ul style="list-style-type: none"> - 용접부 외관 결함 검출 가능 - 용접부 크기 검출 가능 - 검출 알림 기능 필요
제어반	<ul style="list-style-type: none"> - 통신방식: RS232 & CAN - 확장성 및 호환성 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 센서류 및 그리퍼, 용접기 등과의 호환성 가능 - 통합관리시스템 연동 제어

○ 도입 로봇

1) 산업용 로봇

로봇 대표사진	
품명	산업용 로봇
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - 타입 : 다관절 산업용 로봇 - 축 자유도 : 6축 - 구동방식 : Servo motor - 가반 하중 : ~20kg - 작업반경 : ~2,100mm - 반복정밀도 : $\pm 0.10\text{mm}$ - 대상 부품 및 생산 환경에 따라 산업용 로봇 및 협동 로봇 취사선택 가능
수량	2
용도	<ul style="list-style-type: none"> - 아크용접용 로봇 1대 - 용접품질 검사용 로봇 1대 - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템, 용접기, 용접품질 검사용 센서와의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성
내용	- 단가 : 약 30,000천원
비고	- 적용환경에 따라 산업용 로봇 및 협동로봇 선택적 적용 가능

2) 협동 로봇

로봇 대표사진	 
------------	--


품명	협동 로봇
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - 타입 : 다관절 협동 로봇 - 축 자유도 : 6축 - 구동방식 : Servo motor - 가반 하중 : ~10kg - 작업반경 : ~1,300mm - 반복정밀도 : $\pm 0.10\text{mm}$ - 대상 부품 및 생산 환경에 따라 산업용 로봇 및 협동 로봇 취사선택 가능
수량	2
용도	<ul style="list-style-type: none"> - 아크용접용 로봇 1대 - 용접품질 검사용 로봇 1대 - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템, 용접기, 용접품질 검사용 센서와의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성
내용	- 단가 : 약 45,000천원
비고	- 적용환경에 따라 산업용 로봇 및 협동로봇 선택적 적용 가능

○ 주변장치(장비)


1) 용접품질 검사용 장비

주변장치 대표사진	 
품명	레이저 비전 센서(용접품질 검사용 장비)
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - 작업거리 : 약 160mm - 수평(x축) 분해능 : 0.02mm - 수직(z축) 분해능 : 0.03mm - 측정 속도 : 30 frame/s 이상 - 중량 : 1kg 이하 - 레이저 타입 : line laser
수량	1
용도	<ul style="list-style-type: none"> - 용접부 외관 형상 측정 - 용접부 외관 결함 검출 - 용접부 크기 검출 가능 - 용접품질검사 기능

2) 적용 제어기

주변장치 대표사진	
품명	제어반(control panel)
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - Digital 접점신호 제어용 유선 PLC or 산업용 PC 제어기 - 통신방식: 이더넷 & RS232 - 확장성 및 호환성 가능
수량	1
용도	<ul style="list-style-type: none"> - 용접 공정 및 품질검사 공정 연동 제어 - 센서, 그립퍼, 용접기 등 통합 관리

3) 용접 전원 시스템

주변장치 대표사진	
품명	co2 용접기
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - 출력전원 500A/45V Max(사용률 60% 시 500A), 출력용량 30~500A/12~45V
수량	1
용도	<ul style="list-style-type: none"> - 부품 접합용 아크 용접

4) 용접 부가장치

주변장치 대표사진	
품명	노즐 클리너
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - 콘택트 팁 클리어 장치
수량	1
용도	<ul style="list-style-type: none"> - CO2 용접 노즐 세척(슬래그 등 제거)

5) 근접 센서

주변장치 대표사진	
품명	근접 센서
주요사양	- 근접 type 센서, 간접 type 센서
수량	16
용도	- 근접물체 위치 판별

6) 용접 지그 장치

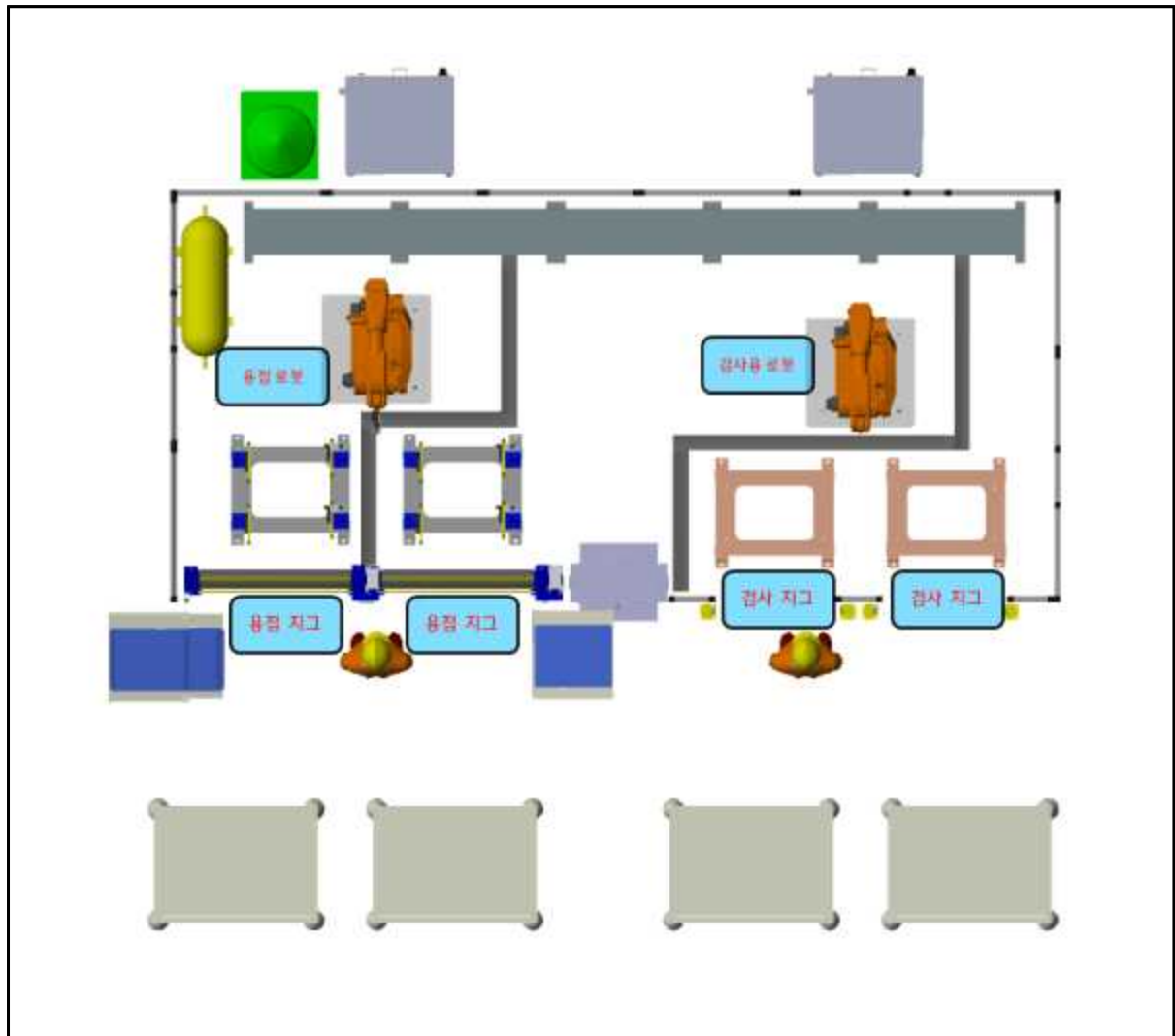
주변장치 대표사진	
품명	용접 지그 장치
주요사양	- 작업 현장에 맞는 지그 장치 제작
수량	2
용도	- 용접 구조물의 고정 및 자세 제어

7) 안전펜스

주변장치 대표사진	
품명	안전 펜스
주요사양	- 작업자 보호용 안전펜스
수량	25
용도	- 작업자 보호용 안전펜스

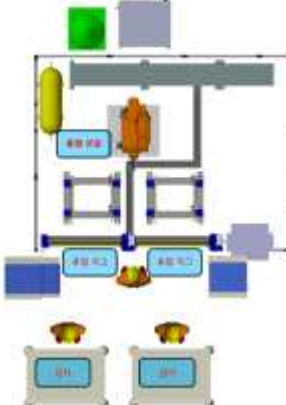
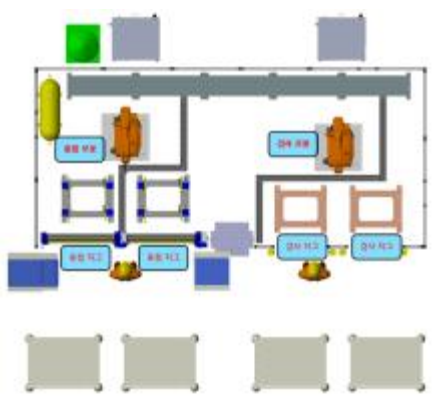
□ 공정 설계도

○ 아크 용접품질 검사 공정 설계안



- ① 단품이 적입된 용기에서 필요한 단품을 취출
- ② 단품을 용접하기 위해 용접지그에 안착 시킨 후 지그 및 로봇 기동 버튼을 누름
- ③ 기동버튼이 작동되면 지그에 제품을 고정하기 위해 클램프가 자동으로 닫히고 용접 로봇이 기동하여 해당부위에 용접 수행
- ④ 용접이 끝난 용접제품을 작업자가 용접지그에서 취출 후 검사지그에 안착
- ⑤ 로봇이 기동하면서 로봇에 취부된 레이저 비전 센서를 이용해 접합부의 용접 상태를 검사. 검사 결과 알람 및 모니터에 알림
- ⑥ 검사가 끝난 완제품을 작업자가 검사지그에서 취출함

2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [(뿌리)특수목적기계분야 아크용접대상 용접품질 검사공정 표준모델]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	건설 및 채광용 기계장비 제조업 (C29241)	적용공정	(뿌리)특수목적기계분야 아크용접대상 용접품질 검사공정
공정 소개	공정 정의	<ul style="list-style-type: none"> ■ 아크 용접품질 검사 공정은 기존의 사람에 의존한 비파괴 검사 공정을 6축 산업용 로봇 및 협동 로봇에 비파괴 검사 장치를 부착하여 검사하는 공정으로 용접 품질의 정량적 평가, 품질 향상 및 비용 절감 등을 실현하고자 함 			
	핵심(부) 기능	<ul style="list-style-type: none"> ■ 용접물의 아크 용접 수행 ■ 레이저 비전 센서 등을 이용한 용접부 품질 검사 			
	핵심 구성	<ul style="list-style-type: none"> ■ 용접로봇, 용접기, 용접용 부품 지그 장치 ■ 검사로봇, 레이저 비전 센서, 검사용 부품 지그 장치 ■ 용접 부품 검사 결과 알람 및 DB화 			
	핵심 성능	<ul style="list-style-type: none"> ■ 통합 모듈을 위해 PLC와 PC, 로봇, 센서들 간의 동기화와 원활한 제어 ■ 검사 로봇과 품질 검사용 센서 간의 좌표 통합 및 동기화 ■ 6관절 로봇의 정확한 포인팅(±0.1mm이내) 제어가 가능 ■ 용접기와 와이어 공급 피딩 장치간의 원활한 소재공급이 필수 ■ 용접 품질 검사용 레이저 비전 시스템의 X, Z축 분해능 ■ 용접 품질 검사 기준에 따라 작업자에 품질 정보 결과 알람 기능 및 DB 화 			
	필요성/효과	[필요성] <ul style="list-style-type: none"> ■ 수작업시 아크 용접 품질불량 다수 발생 ■ 단순 반복 작업에 기인한 작업자 피로도 누적 ■ 비주기적이며 검사 정확성이 낮은 용접 검사 		[도입효과] <ul style="list-style-type: none"> ■ 용접 품질 향상 ■ 용접 불량률 감소 ■ 검사 정확성 향상 ■ 생산비 절감 ■ 생산성 향상 ■ 작업자 근골격계 질환 예방 	
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	단품취출 → 지그안착 → 수동용접 → 완제품 취출 → 용접상태 및 누락 육안검사 → 적입 및 출하		단품취출 → 지그안착 → 자동용접 → 용접제 품취출 및 검사지그 안착 → 용접상태 및 누락 자동검사 → 완제품취출 → 적입 및 출하	
적용로봇 사양		로봇 종류	산업용로봇		협동용로봇
		가반 하중	~20kg		~10kg
		작업 반경	~2,100mm		~1300mm
		투입 대수	2대		2대
		로봇 단가	약 30,000천원		약 45,000천원
		비고	적용환경에 따라 산업용 로봇 및 협동로봇 선택적 적용		
주변 설비 사양		적용 제어기	<ul style="list-style-type: none"> ■ Digital 접점신호 제어용 유선 PLC or 산업용 PC 제어기 		

	용접 전원 시스템	■ 출력전원 500A/45V Max(사용률 60% 시 500A), 출력용량 30~500A/12~45V
	용접 부가장치	■ 콘택트 팁 클리어 장치 ■ 로봇/자동화 기기 인터페이스 모듈
	용접 검사 장치	■ 레이저 비전 센서(line laser) 및 모니터링 PC ■ 비전 시스템, 제품 인식용, 치수 검사용, 용접 검사기
	적용센서	■ 근접 type 센서, 간접 type 센서
	용접 지그 장치	■ 작업 현장에 맞는 지그 장치 제작
	안전 펜스	■ 비전 시스템, 제품 인식용, 치수 검사용, 용접 검사기
	계측 기기	■ 유무 감지 센서, 혼류방지 센서, 장력 검사기
	S/W, I/F	■ 설비별 품목별 티칭 경로 DB화 및 사용자 화면, CC-Link 통신, 설비 인터락용 산업용 표준 통신, 이·적재 Program
	안전 설비	■ 안전 펜스(빔센서 포함)
로봇도입 핵심 고려사항	■ 용접 및 검사 로봇 반복위치 결정 정도 $\pm 0.1\text{mm}$ 이내 ■ 로봇좌표와 적용센서 간의 통신 및 시스템 매칭 필요 ■ 통합 모듈을 위해 PLC와 PC, 로봇, 센서들 간의 동기화 및 제어 필수	
소요예산	■ 총사업비 250백만원 내외(정부출연금 175백만원 이내)	
작성처	한국생산기술연구원 유지영 선임연구원 (☎ 032-850-0259)	

3 기대효과 및 고려사항

3-1. 기대효과

□ 로봇 기반 용접/검사 공정 모델 적용에 따른 기대효과

○ 정량적 효과(ROI 분석결과 등)

로봇도입 활용공정 정보			
산업 분야	자동차	대상 업종	브라켓류 이크 용접
제품 공정	이크 용접	소요 예산	250,000천원
공정도 (작업순서)	단물취출 → 지그인착 → 용접 → 완제품취출 → 용접상태 및 누락 검사 → 적입 및 출하		

1. 로봇도입후 예상 생산량

구 분	현 재	도입후	변화량	증감율	비 고
월 생산량(EA)	948	1,078	132.000	14.0%	
일 생산량(EA)	43	49	6.000	14.0%	
시간당생산량(EA)	5.38	6.13	0.75	13.9%	
투입인원(명)	2	1	(1.0)	-50.0%	
노 무 비(원)	₩10,288,852	₩5,133,328	(₩5,133,328)	-50.0%	₩233,333

·연당노무비 : 용접사 월당(200,000원)+시급(22,222)·50%(4대보험료, 퇴직금등 포함)

2. 로봇도입 투자비용 / 운용비용

구 분	로봇설비비용	비 고
투 자 금 액	₩250,000,000	
감가상각비(월)	₩4,188,887	
유지보수료(월)	₩1,041,887	
투자금 이자비용		
기타 비용		
전력비(월)	₩255,000	
합 계	₩5,483,333	2.2%

· 감가상각비 - 5년 정액법, 유지보수료 - 취득가액의 매년 5%, 전력비 월평균 전력비의 3%

3. 로봇도입 투자비용 예상회수기간

비용합계	현재	도입후	로봇도입비용차액	생산량증가이익	투자금액 회수기간(월)
노무비+로봇설비비용	₩10,288,852	₩10,598,859	(₩330,007)	₩6,800,000	39.87245

· 생산량증가이익의 수식설명 : [일생산량 변화량·일수·생산량 증가에 따른 이익]

○ 정성적 효과(제조현장 근무환경 개선내용 등)

- 레이저 비전 센서 기반의 용접품질검사 로봇 자동화 모델의 적용을 통해 기존 작업자의 육안 검사의 한계 극복 가능. 보다 정밀하게 용접부 외관 형상 측정이 가능하기 때문에 용접품질 검사 정확도와 신뢰성 향상 가능
- 자동 검사 공정으로 인해 작업자가 놓칠 수 있는 불량률 조기 발견하고

불량에 대한 선제적 대응 가능

- 용접 생산공정과 용접품질 검사공정의 분리되어 동시에 수행되기 때문에 용접 생산성 향상 가능
- 로봇에 의해 용접이 진행됨에 따라 생산시간이 일정하게 유지되고 시간당 생산 수량 파악이 가능하게 됨으로 생산량 관리에 유리함
- 로봇 기반의 생산과 품질 검사로 인해 생산효율 증대로 인건비 절감 기대
- 로봇 도입을 통하여 수동용접으로 인해 발생하는 용접부의 결함 등을 방지하여 균일한 품질을 가지는 제품의 생산이 가능하고 생산 제품의 불량률 감소가 가능함
- 로봇이 도입됨에 따라 공정 자동화를 실현하고 기존 수동용접으로 인해 발생 가능한 작업자의 재해를 방지함으로써 작업자에게 안전한 작업환경을 제공함

3-2. 고려사항

□ 로봇 기반 용접/검사 공정 모델

○ 공정설계 고려 사항

- 로봇 좌표 경로와 기타 구조물 간의 복잡한 간섭은 회피하여 시스템 매칭
- 제품의 용접 열변형 및 품질 산포 없도록 주요부위 지그 규제부 위치 선정
- 용접 및 검사 불가 구간이 없도록 지그, 로봇 OLP 시뮬레이션 검토 필요
- 지그 및 로봇에 대한 견고한 고정과 구조물의 진동을 최소화 설계 필요
- 용접 검사에 방해가 되는 주변 불필요한 광원들 차단 필요
- 센서를 통한 작업자 및 위험 감지 시 안전규정 준수한 시스템 매칭 필요함
- 본 공정의 원활한 운영을 위해 관련 전문인원 배치가 필요하고 배치가 어려울 경우 외주용역을 이용한 외주비용과 인력 대체해야함

**[뿌리] 금속/자동차 부품_저항용접공정 대상
용접품질 검사 공정**

[표준공정모델 매뉴얼]

2021. 12

한국생산기술연구원

목 차

1. 개요	1
1-1. 목적	1
1-2. 공정소개	1
1-3. 적용대상	6
2. 로봇 활용 표준공정모델	7
2-1. 공정 분석	7
2-2. 로봇 활용 표준공정모델	10
2-3. 표준공정모델 실증기준	19
3. 기대효과 및 고려사항	
3-1. 기대효과	21
3-2. 고려사항	22

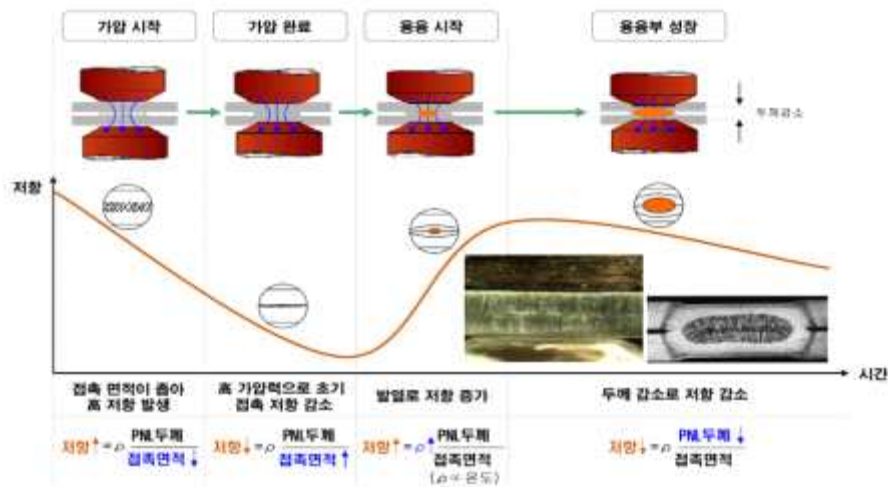
1-1. 목적

- 용접공정을 통해 생산된 제품의 용접품질을 평가하는 품질검사 공정은 용접생산 제품의 건전성을 보증하는 필수불가결한 공정임. 현재 국내 용접생산 라인을 가지는 수많은 기업들의 용접 품질검사 공정은 작업자의 육안검사와 수작업에 의존하여 용접품질 검사가 수행되고 있는 상태임. 작업자의 수작업에 의한 용접품질 검사는 작업자의 신체적/정신적 상태, 노하우 등의 감성적인 요인이 가미되어 객관적이고 체계적인 용접품질의 검사와 관리에 한계가 존재함.
- 작업자의 수작업에 의한 용접품질 검사 공정의 한계를 극복하고 선진화된 용접 생산 공정을 구축하기 위해서는 로봇 자동화 기반의 용접품질 검사 공정 모델 개발, 모델의 유효성 검증, 생산 공정으로의 적용 및 용접품질 검사 공정의 도입이 필수적임.
- 본 매뉴얼의 목적은 저항 용접의 일종인 너트 프로젝션 용접(nut projection welding) 품질검사 공정의 로봇 자동화 도입을 위한 것임. 이를 위해 본 매뉴얼은 대상공정 소개, 로봇활용 표준공정모델, 표준공정모델 실증기준, 모델 적용의 기대효과 및 고려사항 등에 대해 조사한 결과와 분석 내용을 문서화 하였음.

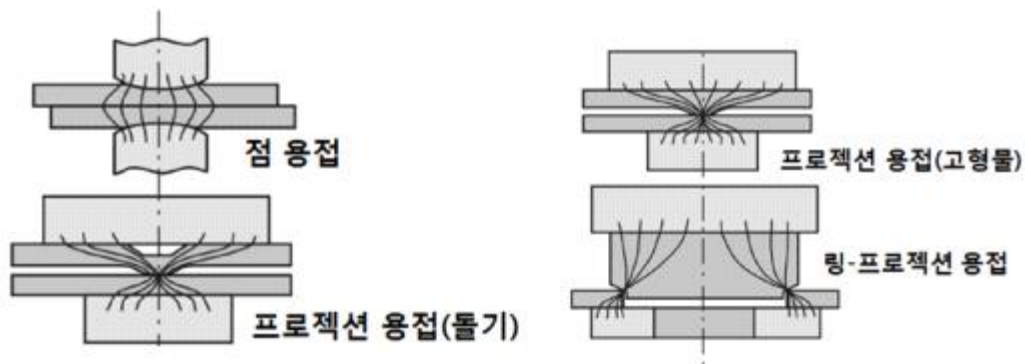
1-2. 공정소개

□ 저항용접 품질 검사의 개요

- 저항용접의 정의: 전극을 통해 압력을 가한 상태에서 높은 전류를 흘려주어 금속끼리의 접촉면에서 생기는 접촉저항과 금속의 고유저항 및 벌크저항(bulk resistance) 등에 의하여 열에너지가 발생되고, 이로 인하여 금속이 가열 또는 용융하면 가해진 압력에 의하여 접합이 이루어지도록 하는 공법. 아래 그림과 같이 가압이 인가된 상태에서 높은 전류가 전극과 모재 사이로 통전되면, 표면저항 및 소재 고유저항으로 인해 용접 소재의 온도가 상승하고 용접 소재 사이에서 용융이 시작되고 용융부가 성장함. 용접의 마지막 단계에서 전류의 통전이 중지되고 가압력이 해제되면서 용융된 용접부가 냉각 및 응고됨으로써 최종적으로 용접부가 생성됨.



- 프로젝션 용접 개요: 프로젝션 용접은 금속 부재의 돌기를 전극으로 가압하고 전류를 이 돌기부에 집중시켜 재료자체의 저항 발열을 일으켜 이 때 발생하는 열을 이용하여 용접부를 생성하는 저항용접의 일종임. 아래 그림은 저항용접 중 저항점 용접과 프로젝션 용접의 전류 흐름에 대한 차이점을 보여줌.

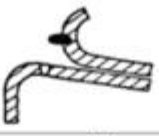
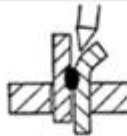
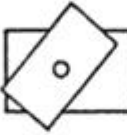
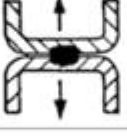
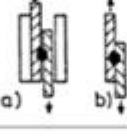


프로젝션 용접부 형상 종류는 프로젝션 용접은 돌기의 형상이 표준화된 것과 표준화 되지 않은 것으로 구분하며, 원주(원형), 링, 직선 프로젝트선이 표준 프로젝트선에 속함. 제작 환경에 따라 용접부 형상은 변경 가능함.

표준 프로젝트선 형태		동시에 가능한 프로젝트선 용접 개수
원형 프로젝트선		1~30
링 프로젝트선		1
직선 프로젝트선		1~2

○ 저항용접 품질검사 시험: 저항용접 품질검사는 파괴시험, 비파괴시험, 마이크로 그래픽 금속 시험, 용접부 외관 검사 등으로 분류할 수 있음.

- 파괴시험: peel시험, chisel시험, 비틀림시험, 인장시험, 인장전단시험

시험 형태	파괴 시험	용접법			
		스팟	심	프로젝션	맞대기
¹⁾ peel시험		x	x	x	--
¹⁾ chisel시험		x	x	x	--
¹⁾ 비틀림시험		x	x	only for 1 projection	--
¹⁾ 인장시험		x	x	x	--
²⁾ 인장전단시험 a) 순수전단력 b) 인장과 전단력		x	x	x	--
⁴⁾ 일반적인인장시험		--	--	--	x
⁴⁾ 사피충격시험		--	--	--	x
⁴⁾ 굽힘시험		--	--	--	x
⁴⁾ 변형측정		--	--	--	x
⁴⁾ 에릭슨시험		--	--	--	x
<div>등</div> <div> x 시험 -- 비시험 * sheet용 </div>		1) DVS-guideline 2916 2) DIN/ISO 50124 3) DIN/ISO 50164 4) DVS 2922			

- 비파괴시험: 방사선투과 시험, 초음파 시험, 침투 탐상 시험 등

비파괴 시험	공정			
	스팟	심	프로젝션	버트
방사선투과 시험	(x)	-	(x)	-
초음파 시험	(x)	(x)	(x)	(x)
침투 탐상 시험	x	x	x	x
x = usual, (x) = possible, but not usual, _ = unusual				

- 마이크로 그래픽 금속 시험: 마크로 단면 및 용접부 결함 검사, 마이크로 단면 및 조직 검사, 경도 시험 등

마이크로 그래픽 금속 시험	공정			
	스폿	심	프로젝션	버트
마크로 단면 및 용접부 내부결함	×	×	×	×
마이크로	×	×	×	×
경도 시험	×	×	×	×
× = usual, (×) = possible, but not usual, _ = unusual				

- 용접부 외관 검사: 용접생산 제품의 외관을 작업자의 육안이나 검사 장비를 이용하여 검사하는 시험법. 현재 국내 저항용접 제품의 부품사는 대부분 작업자의 육안 검사를 통해 제품의 외관을 검사하는 형태로 용접품질 검사를 수행. 육안 검사의 경우, 단순한 용접점 존재의 유무, 용접부 외관 및 형상, 육안 검출이 가능할 정도의 과도한 외관 결함 등의 단순 검사가 주를 이룸.

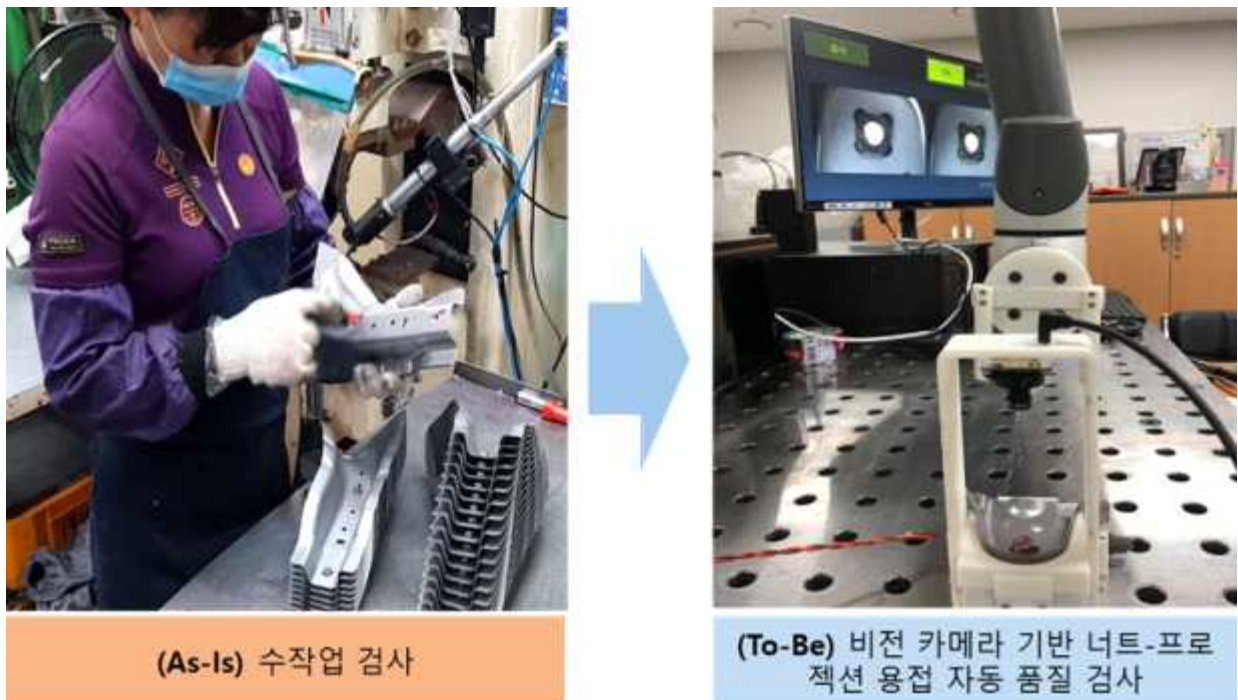
용접부 압흔 깊이 측정	너트 외관 및 누락 검사	너트 홀 정렬도 검사
		

□ 저항용접 품질검사 공정 정의

- 본 매뉴얼에서 정의하는 로봇 기반 저항용접 품질검사 공정이란, 현행의 작업자 육안과 수작업에 의존하는 비파괴 검사 공정을 대체할 수 있는 비파괴검사 장비와 6축 산업용 로봇 및 협동 로봇 조합을 통해 구축한 저항용접 품질 검사 시스템을 의미함.
- 저항용접 품질검사 장비: 저항 용접의 일종이 너트 프로젝션 용접품질 검사를 위한 비전 카메라 기반의 너트 용접 불량 및 정렬도 검사 장비. 현재

생산 현장에서 수행되는 용접품질 검사는 작업자의 수작업에 의해 너트 접합 유무, 접합 너트의 뒤집힘 등에 대해 검사되고 있음. 본 매뉴얼에서 정의하는 비전 카메라 기반의 용접품질 검사 장비는 비전 카메라를 통해 너트 접합 유무, 접합 너트의 뒤집힘, 그리고 너트의 홀과 용접 부품의 홈 간의 정렬도를 검사할 수 있는 장비임.

- 저항용접 품질검사용 로봇: 현재 저항용접 생산 공정에서는 작업자에 의한 수용접 후 적치되어 있는 용접 제품을 작업자가 이송, 육안 검사를 수행하는 형태임. 본 매뉴얼에서 적용하는 검사용 로봇은 작업자에 의한 제품 이송을 대체하여 검사용 로봇이 용접 제품을 핸들링하여 품질검사 장비로 이송하고, 로봇과 연동된 검사 장비를 이용하여 품질검사를 수행하고 최종적으로 품질검사가 완료된 제품을 적치하는 역할을 수행함.



[저항용접 품질검사 공정 모델의 모식도]

□ 공정 선정

- 저항용접품질 검사 공정 자동화를 희망하는 기업을 자체 네트워크 및 SI 기업의 추천을 통해 총 4개 기업에 대한 수요조사를 실시하였음.
- 총 4개의 수요조사에서 저항용접으로 생산된 부품의 품질은 작업자의 육안 검사와 수작업으로 용접부의 외관 형상을 검사하는 형태로 용접품질 평가 및 검사가 수행되었음. 이를 대체할 수 있는 로봇 자동화 기반의 용접품질 검사 공정모델 개발을 위해, 수요조사 결과를 바탕으로 유사 공정을 재정리

하여 1가지 형태의 저항용접 용접품질 검사 공정모델을 선정하였음.

순번	수요기업	지역	공정
1	(주)대린정공	경북	저항용접/검사
2	(주)세원물산	경북	저항용접/검사
3	(주)대영금속	경북	저항용접/검사
4	(주)한성	경북	저항용접/검사

[수요조사 대상 기업 정보]

1-3. 적용대상

□ 프록젝션 용접의 적용 업종 및 활용가능 업종, 관련 제품군

○ 적용 업종: 자동차 부품 제조업

- 관련 제품군: 자동차 차체 부품, 샤시 부품, 무빙 부품(도어 등) 등

차체부품 및 브라켓 제품	샤시 부품	무빙 부품
		

- 기타 적용 업종 및 활용가능 업종: 금속 판재에 너트 용접이 필요한 모든 업종(금속 가구, 건축용 자재, 대형 부품 내장재 등)

2-1. 공정 분석

□ 저항용접품질 검사 공정 분석

○ 자동차 차체 부품 생산 공정



[자동차 차체 부품의 너트 프로젝트션 생산 전체 공정 흐름도]

○ 용접 및 용접품질 검사 공정의 구조



[너트 프로젝트션 수동 용접 및 용접품질 검사 공정]

- ① 적재된 대상 부품을 용접기에 작업자가 안착(취부)
- ② 자동 너트투입기에 의해 너트가 용접 위치에 투입
- ③ 족답식 용접기에 의해 작업자가 수동용접을 진행

- ④ 용접 완료된 부품을 적재
- ⑤ 적재된 용접 완료 부품의 품질검사 장소로 작업자에 의한 이송
- ⑥ 작업자에 의한 너트 용접부 품질 검사: 품질검사 항목(너트 누락 유무, 너트 뒤집힘, 육안으로 확인될 정도의 과도한 형상 불량)
- ⑦ 품질검사 완료 부품 적재 및 취출

□ 공정 문제점 및 개선 필요성

○ 현재 공정 문제점

(1) 너트 프로젝션 용접용 고정밀 자동화 용접품질 검사 공정 부족

- 대다수의 너트 프로젝션 용접 생산 라인을 가진 기업의 경우, 용접이 완료된 부품의 용접품질 검사는 작업자의 육안 검사를 통해서 이루어짐. 작업자의 수작업을 통한 품질검사는 단지 너트(하드웨어)가 용접되어야 할 위치에 용접되어 있는지 여부, 너트의 뒤집힘, 하드웨어 용접 유/무만 확인하는 상황임. 프로젝션 용접된 너트와 부품의 홀의 정렬도는 너트와 볼트 체결의 위한 가장 주요한 용접품질 지표지만, 작업자의 육안 검사를 통해서만 정확하고 체계적인 검사가 불가능함. 현재 수작업의 한계를 극복 가능한 고정밀 자동화 용접품질 검사 공정에 대한 기술 개발이 부족한 상황임.

(2) 수동 작업에 따른 품질편차 발생

- 피로도 누적으로 인해 수작업 중 용접 오류가 빈번하게 발생되어 부품 불량률이 증가시키는 원인이 되며, 작업자의 육안 검사로 이러한 불량을 정량적으로 검사하기에는 한계가 존재.

(3) 파괴검사 실시에 따른 비용 손실

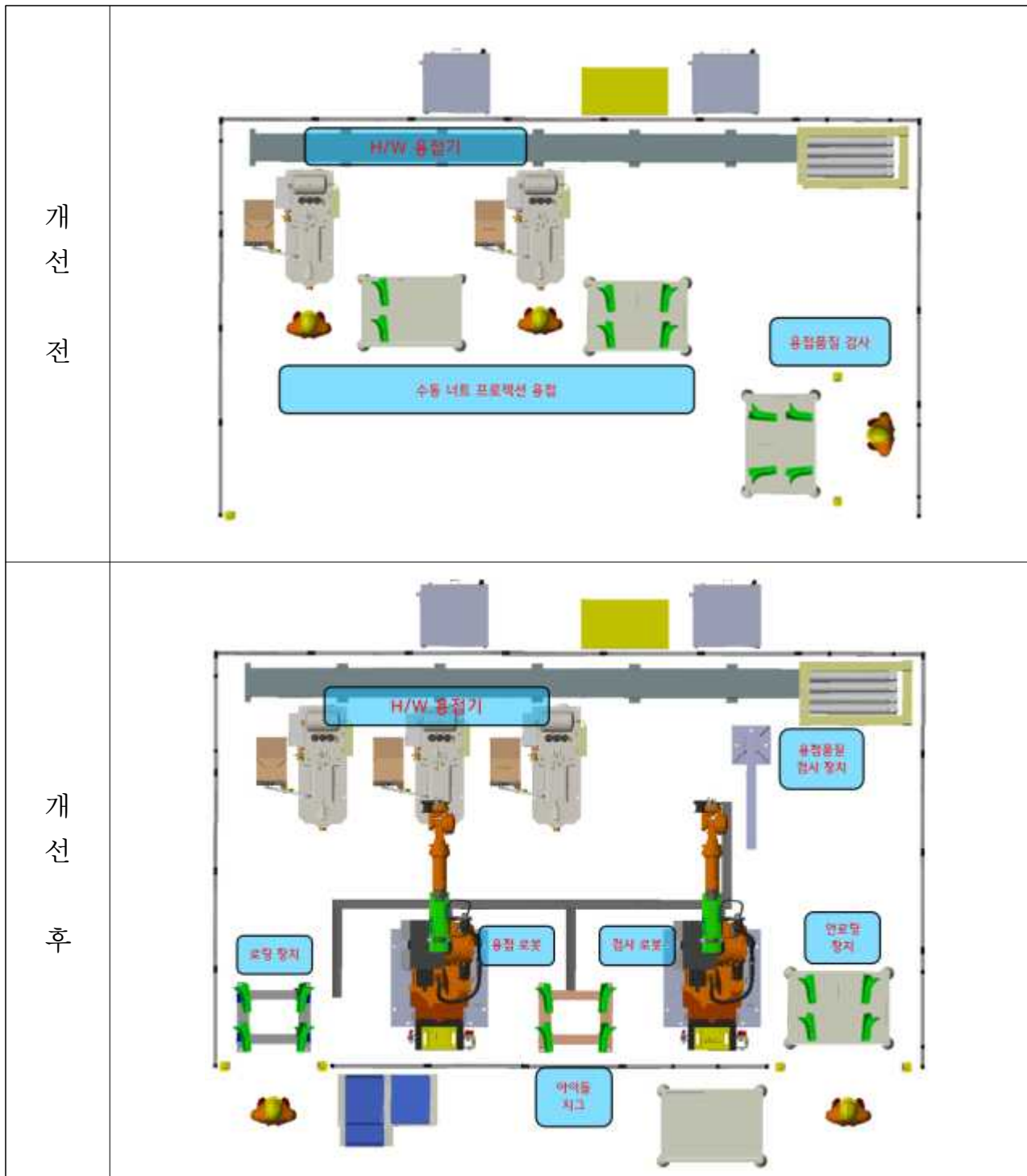
- 제품 품질을 보증하기 위해 초, 중, 종품에 대한 파괴검사를 실시하게 되며 이에 따른 1일 검사비용이 약 34,200원 발생. 이를 연간 비용으로 환산할 경우 약 1천만원의 손실

(4) 용접품질 관리의 한계

- 모든 공정이 수작업으로 이루어져 시간당 용접 부품의 생산 수량이 일정하지 않고, 불량 발생에 대한 관리에 한계가 존재하기 때문에, 생산량 관리가 어려움.

○ 개선 요구사항



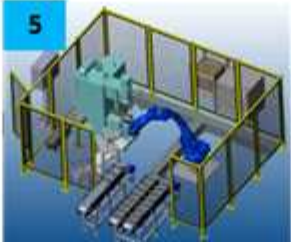
- 너트 프로젝션 용접의 주요 용접 품질지표(너트 누락 유무, 너트 뒤집힘, 너트/부품 홀 정렬도)에 대한 품질검사를 정밀하고 신속하게 수행할 수 있는 로봇 자동화 기반 자동 저항용접품질 검사 모델과 시스템 개발이 1차적으로 필요함. 이와 더불어, 로봇 기반의 자동 너트 프로젝션 용접 생산과 용접품질 검사를 동시에 병렬로 수행할 수 있는 용접/품질검사 자동화 모델과 그 시스템이 최종적으로 요구됨.



2-2. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

구분	원자재 입고	원자재 절단/성형	취부	용접	용접품질 검사	취출 (적재)
As-Is	수동	수동	수동	수동	수동	수동
To-Be	수동	수동	로봇	로봇	로봇/ 검사장치	로봇

개 선 전	1. 원자재 입고 → 2. 원자재 절단/성형 → 3. 취부 → 4. 용접 → 5. 용접품질 검사 → 6. 취출
	     
개 선 후	1. 원자재 입고 → 2. 원자재 절단/성형 → 3. 취부(로봇 도입) → 4. 용접(로봇 도입) → 5. 용접품질 검사(로봇 도입) → 6. 적재(로봇 도입)
	     

□ 시스템 구성

○ 시스템 구성 요약

[적용 로봇 사양]


로봇 종류	용접 로봇, 협동 로봇
가반 하중	20kg
작업 반경	1,742mm
투입 대수	2대

[품질검사 장비 및 주변 설비 사양]

항목	세부 사양
로딩 장치	고정 베이스 타입,반복위치 결정 정도 ± 0.1 mm 이내
아이들 지그	고정 베이스 타입,반복위치 결정 정도 ± 0.1 mm 이내
언로딩 장치	파렛트 랙
그리퍼	공압 구동 방식의 부품 pick & place 기능 그리퍼
용접 검사 장비	하드웨어 정렬도 및 누락 검사용 비전 시스템 (해상도 2056 x 1542, 분해능 20um/pixel)
적용 제어기	Digital 접점신호 제어용 유선 PLC
프로젝션 용접건	가압력 600kgf 이상
너트/볼트 피딩장치	2000개 이상 적재, 정렬/누락/뒤집힘 검출 기능, 자동 정렬 기능

○ 도입 로봇

1) 산업용 로봇

로봇 대표사진	
품명	산업용 로봇
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - 타입 : 다관절 산업용 로봇 - 축 자유도 : 6축 - 구동방식 : Servo motor - 가반 하중 : ~20kg - 작업반경 : ~1,742mm - 반복정밀도 : $\pm 0.10\text{mm}$
수량	2
용도	<ul style="list-style-type: none"> - 저항(프로젝션) 용접용 로봇 1대 - 용접품질 검사용 로봇 1대 - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템, 용접기, 용접품질 검사용 센서와의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성
내용	- 단가 : 약 30,000천원
비고	- 적용환경에 따라 산업용 로봇 및 협동로봇 선택적 적용 가능

2) 협동 로봇

로봇 대표사진	 
------------	--

품명	협동 로봇
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - 타입 : 다관절 협동 로봇 - 축 자유도 : 6축 - 구동방식 : Servo motor - 가반 하중 : ~20kg - 작업반경 : ~1,742mm - 반복정밀도 : $\pm 0.10\text{mm}$
수량	2
용도	<ul style="list-style-type: none"> - 저항(프로젝션) 용접용 로봇 1대 - 용접품질 검사용 로봇 1대 - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템, 용접기, 용접품질 검사용 센서와의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성
내용	- 단가 : 약 45,000천원
비고	- 적용환경에 따라 산업용 로봇 및 협동로봇 선택적 적용 가능

○ 주변장치(장비)

1) 용접품질 검사용 장비


주변장치 대표사진	 
품명	<p>용접 검사 장치</p> <p>(하드웨어 정렬도 및 누락 검사용 비전 시스템)</p>
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - 해상도 : 2056 x 1542 이상 - 분해능 : 20um/pixel) - 검사 장치 운용 소프트웨어 제공
수량	1

용도	<ul style="list-style-type: none"> - 용접부 하드웨어 누락 검사 - 하드웨어 홀 및 부품 홀 간의 정렬도 검사 - 하드웨어 뒤집힘 검사
----	--


2) 로딩 장치

주변장치 대표사진	
품명	로딩 장치
주요사양	- 고정 베이스 타입, 반복위치 결정 정도 ± 0.1 mm 이내
수량	1
용도	- 용접 단품 로딩


3) 언로딩 장치

주변장치 대표사진	
품명	언로딩 장치
주요사양	- 파렛트 렉
수량	1
용도	- 용접 제품 언로딩


4) 그립퍼

주변장치 대표사진	
품명	그립퍼
주요사양	- 공압 구동 방식의 부품 pick & place 기능 그립퍼
수량	2
용도	- 용접 및 검사용 그립퍼

5) 제어기

주변장치 대표사진	
품명	제어반(control panel)
주요사양	- Digital 점점신호 제어용 유선 PLC or 산업용 PC 제어기 - 통신방식: 이더넷 & RS232 - 확장성 및 호환성 가능
수량	1
용도	- 용접 공정 및 품질검사 공정 연동 제어 - 센서, 그립퍼, 용접기 등 통합 관리

6) 프로젝션 용접기

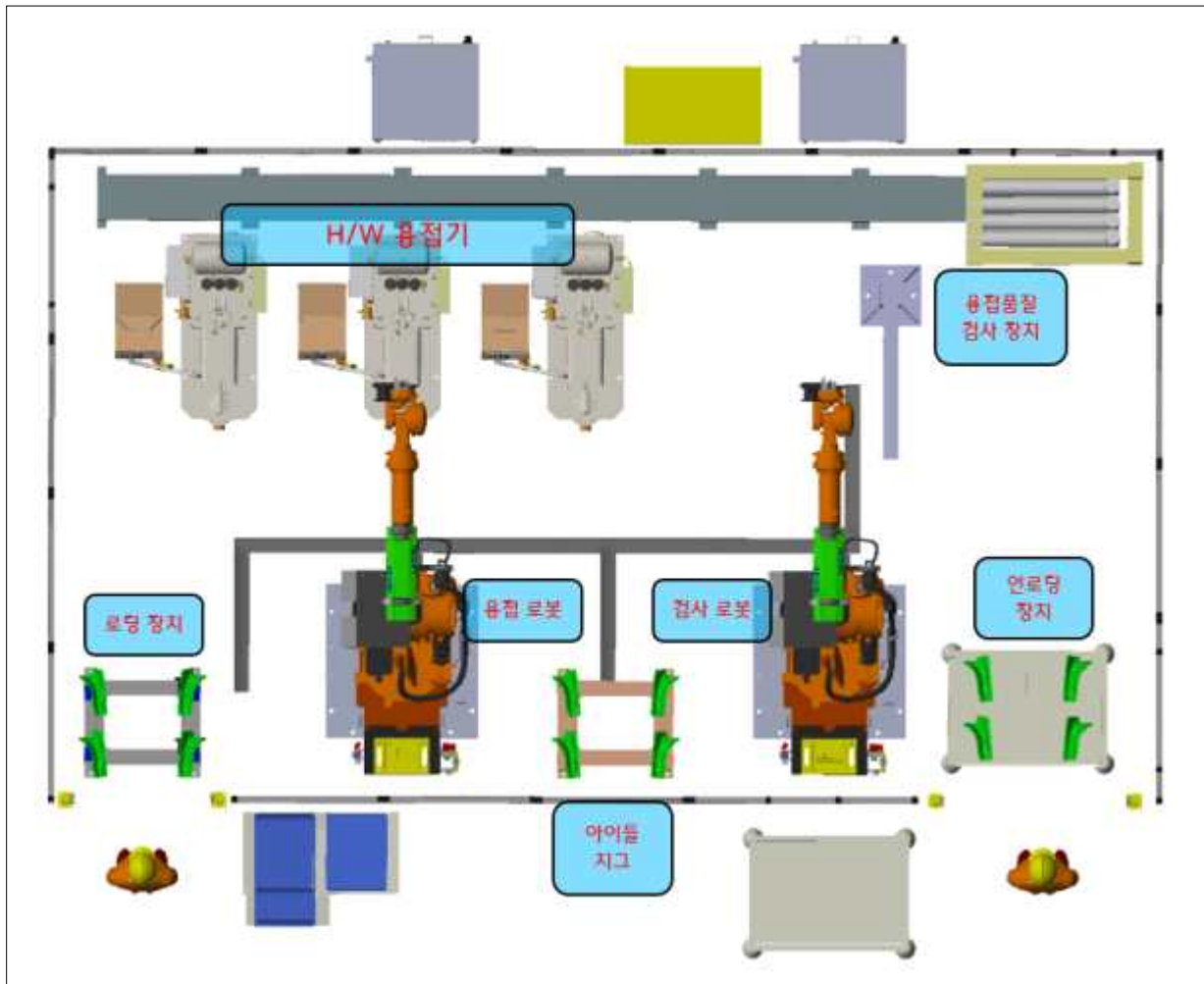
주변장치 대표사진	
품명	프로젝션 용접기
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - 타입 : 정치식 저항 용접기 - 정격용량 : ~125kVA - 가압력 600kgf 이상
수량	3
용도	- 하드웨어 프로젝션 용접

7) 너트/볼트 피딩장치

주변장치 대표사진	
품명	너트/볼트 피딩장치
주요사양	<ul style="list-style-type: none"> - 2000개 이상 적재 가능 - 정렬/누락/뒤집힘 검출 기능 - 자동 정렬 기능
수량	3
용도	- 하드웨어 공급용 피더

□ 공정 설계도

○ 저항용접품질 검사 공정 설계안

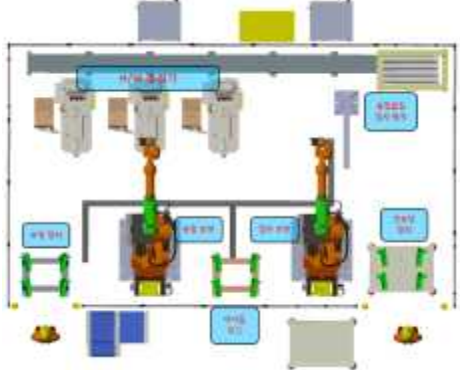


○ 저항용접품질 검사 공정 운영안(작업 순서)

- ① 부품 로딩(1차): 용접 로봇이 부품 로딩 장치의 일정 위치에 위치한 작업 대상 부품 그리퍼를 사용하여 집고 프로젝션 용접기 위에 배치하는 작업
- ② 너트/볼트 프로젝션 용접: 그리퍼가 부품을 잡고 용접 로봇이 위치를 고정한 상태에서 용접 장비와 인터페이스 된 PLC가 용접 시작 신호를 송신하여 용접 장비를 구동시키고 너트/볼트가 공급되며 용접을 수행하는 작업
- ③ 부품 언로딩: 용접 후 그리퍼가 용접 부품을 잡고 있는 상태에서 용접 완료 부품이 아이들 지그 일정 위치에 용접 부품을 언로딩 하는 작업

- ④ 부품 로딩(2차): 검사 로봇이 아이들 지그의 일정 위치에 위치한 부품을 그리퍼를 사용하여 집고 용접품질 검사 장비(너트 뒤집힘, 하드웨어 정렬도 및 누락 검사용 비전 시스템) 위에 배치하는 작업
- ⑤ 용접 검사: 그리퍼가 부품을 잡고 고정되어 있는 용접품질 검사 장비 위치로 이송 후 하드웨어 용접 유/무, 너트 뒤집힘, 부품의 흠과 하드웨어의 흠의 정렬도를 검사하는 작업
- ⑥ 부품 언로딩: 검사 후 그리퍼가 부품을 잡고 있는 상태에서 부품이 취출 장치 일정 위치에 용접 완료 부품을 언로딩 하는 작업
- ⑦ 적재: 언로딩한 부품을 파렛트에 로봇이 적재하는 작업

2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [(뿌리)금속/자동차 부품_저항용접공정 대상 용접품질 검사 공정 표준모델]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	자동차 차체용 신품 부품 제조업 (C30320)	적용공정	(뿌리)금속/자동차 부품_저항용접공정 대상 용접품질 검사 공정
공정 소개	공정 정의	■저항용접(너트 프로젝션 용접)에서 피용접물의 로딩/세팅/언로딩, 용접품의 검사장비로의 로딩/세팅/언로딩 과정에 다관절 로봇을 투입하여 용접 품질의 재현성 확보, 용접품질 검사공정의 자동화, 생산성 향상 및 생산비 절감 등을 실현하는 공정			
	핵심(부) 기능	■피용접물의 로딩/세팅(취부 및 용접)/언로딩 기능의 용접용 로봇 ■용접품의 로딩/세팅(용접품질 검사)/언로딩 기능의 검사용 로봇 ■용접품의 너트 프로젝션 용접품질 검사를 위한 비전 기반의 검사장비 (품질 검사 항목: 너트 부착 유무, 너트 뒤집힘 부착, 홀 정렬도)			
	핵심 구성	■용접품질 검사용 로봇, 용접용 로봇 ■비전 카메라 기반 너트 프로젝션 용접품질 검사 장치 ■프로젝션 용접기, 다부품 대응 그리퍼 ■용접/품질검사 공정 시스템(모델) 운용 전용 제어 장치			
	핵심 성능	■너트 용접품질 불량 검출율 ■6관절 로봇의 위치 정밀도(±0.1mm이내) 제어가 가능 ■로봇, 그리퍼, 용접기, 품질검사 장치 간의 전기적/기계적 인터페이스 통일 ■로봇의 가반하중을 고려한 경량화 설계 ■너트 피딩 장치의 너트 적재 용량, 정렬/누락/뒤집힘 검출 기능, 자동 정렬 기능			
	필요성/효과	[필요성] ■자동화 용접품질 검사 장비 부재 ■비주기적이며 검사 정확성이 낮은 용접 검사 ■수작업시 저항 용접 품질불량 다수 발생 ■단순 반복작업에 기인한 작업자 피로도 누적		[도입효과] ■검사 정확성 향상 ■제품 불량률 감소 ■용접제품 품질 향상 ■생산비 절감 ■생산성 향상 ■작업자 근골격계 질환 예방	
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	피용접물 로딩(수동) → 저항용접(수동) → 용접제품 언로딩 및 적재(수동) → 제품 이송(수동) → 용접품질 검사(수동) → 적재(수동)		피용접물 로딩(로봇) → 저항용접(로봇) → 용접제품 언로딩 (로봇) → 검사 장치로 이송 및 로딩(로봇) → 용접품질 검사(로봇) → 적재(로봇)	
적용로봇 사양	로봇 종류	산업용로봇		협동 로봇	
	가반 하중	~20kg		~20kg	
	작업 반경	~1,742mm		~1,742mm	
	투입 대수	2대		2대	
	비고	적용환경에 따라 산업용 로봇 및 협동로봇 선택적 적용			
주변 설비 사양	로딩 장치	고정 베이스 타입,반복위치 결정 정도 ±0.1 mm 이내			

	아이들 지그	고정 베이스 타입, 반복위치 결정 정도 ± 0.1 mm 이내
	엔로딩 장치	파렛트 랙
	그리퍼	공압 구동 방식의 부품 pick & place 기능 그리퍼
	용접 검사 장비	하드웨어 정렬도 및 누락 검사용 비전 시스템 (해상도 2056 x 1542, 분해능 20um/pixel)
	적용 제어기	Digital 접점신호 제어용 유선 PLC
	프로젝션 용접건	가압력 600kgf 이상
	너트/볼트 피딩장치	2000개 이상 적재, 정렬/누락/뒤집힘 검출 기능, 자동 정렬 기능
로봇도입 핵심 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> ■ 용접 로봇 및 검사 로봇의 이동 정밀도가 ± 0.1 mm 이내로 설계 필요 ■ 검사 장비와 검사 로봇, 용접 장비와 용접 로봇 간의 인터페이스 통합 필수 ■ 용접/검사 공정에 적합한 용접 조건(적정 입열) 설정 필수 ■ 용접로봇의 이동경로 최적화 및 부품로딩 장치, 용접 로봇, 용접품질 검사 장비, 용접전원 시스템, 용접 부품 적재 엔로딩 장치의 순차적 제어를 위한 PLC 기반의 고정밀 동기화 제어 필요 	
소요예산	■ 총사업비 250백만원 내외(정부출연금 175백만원 이내)	
작성처	■ 한국생산기술연구원 유지영 선임연구원 (☎ 032-850-0259)	

3 기대효과 및 고려사항

3-1. 기대효과

□ 표준공정모델 적용에 따른 기대효과

○ 정량적 효과(ROI 분석결과 등)

1. 로봇도입후 예상 생산량

구 분	현 재	도입후	변화량	증감율	비 고
월 생산량(EA)	15,840	17,820	1,980,000	12.5%	
일 생산량(EA)	720	810	90,000	12.5%	
시간당생산량(EA)	72.00	81.00	9.00	12.5%	
투입인원(명)	2	0.5	(1.5)	-75.0%	
노 무 비(원)	₩5,669,400	₩1,417,350	(₩4,252,050)	-75.0%	₩128,850

·인당 노무비: [시급(8,590원) + 4대보험(시급(8,590원) × 0.5)] × 10hr/day = 128,850원

2. 로봇도입 투자비용 / 운용비용

구 분	로봇설비비용	비 고
투 자 금 액	₩250,000,000	
감가상각비(월)	₩4,166,667	
유지보수료(월)	₩1,041,667	
투자금 이자비용		
기타 비용		
전력비(월)	₩255,000	
합 계	₩5,463,333	2.2%

· 감가상각비- 5년 정액법, 유지보수료-취득가액의 매년 5%, 전력비 월평균 전력비의 3%

3. 로봇도입 투자비용 예상회수기간

비용합계	현재	도입후	로봇도입비용차액	생산량증가이익	투자금액 회수기간(월)
노무비+로봇설비비용	₩5,669,400	₩6,880,683	(₩1,211,283)	₩1,821,600	94.00000

· 생산량증가이익 수식설명 : [일생산량 변화량·일수·생산량 증가에 따른 이익]

투자회수기간 참조

▶ 1차 투자금액회수기간 :

1,821,600원+4,252,050원-4,166,667원-1,041,667원-255,000원=610,316원/month

→ 감가상각비 0원 되는 시점 5년 기준

→ 610,316원/month × 12개월 × 5년 = 36,619,000원

→ 1차 5년 동안 투자 회수 금액 = 36,619,000원

▶ 2차 투자금액회수기간 : 잔여 설비 투자 비용(213,381,000원)

213,381,000원/(1,821,600원+4,252,050원-1,041,667원-255,000원)=34개월 ∴ 약 2.9년

→ 전체 투자금액회수기간(연간) = ∴ 약 7.9년 (94개월)

○ 정성적 효과(제조현장 근무환경 개선내용 등)

- 프로젝션 용접품질 검사의 자동화 로봇 모델 도입을 통해 작업자의 육안 검사로 수행하지 못했던 용접부 정렬도 검사가 가능해지기 때문에 완성 부품의 정량적 품질 판단에 따른 불량률 감소 효과 발생.
- 프로젝션 용접품질 검사의 자동화 로봇 모델 도입을 통해 객관적이고 체계적인 자동 용접품질 검사 가능해지고, 체계적인 불량 및 품질 관리 가능.
- 용접 작업 중 용접 폼(fume)의 지속적인 작업자 노출이 최소화되고 생산 환경 개선
- 용접공정과 검사공정의 병렬 진행을 통해 용접 생산성 향상.
- 로봇 도입으로 인해 기존 수작업으로 인해 발생되었던 용접 오류를 방지하여 생산 부품 불량률 감소가 가능.
- 모든 공정이 로봇에 의해 수행되어 생산시간이 일정해지고 이를 통해 시간당 용접부품의 생산수량이 일정하게 되어 생산량 관리가 용이.
- 프로젝션 용접 및 품질검사 로봇활용 모델 도입으로 인한 생산량 증가.

3-2. 고려사항

□ 로봇 기반 저항용접 검사 공정 설계 핵심 사항

- 부품 로딩시 반복 작업 위치 안정성을 위해 부품이 적치되는 로딩 장치의 이동 정밀도가 ± 0.1 mm 이내로 설계 되어야 함.
- 용접검사 장비와 검사 로봇, 용접 장비와 용접 로봇 간의 인터페이스를 위한 통합 운영 시스템 및 소프트웨어 개발/적용 필요.
- 과도한 입열의 용접조건 설정 시 부품 형상 변화(틀어짐 등)가 발생하여 고정 위치 변동이 발생하여 언로딩 위치 오류가 발생할 수 있으므로 적정 입열의 용접조건 설정이 되어야 함.
- 생산속도 최대화를 위해 용접로봇의 이동경로 최적화 및 부품로딩 장치, 용접 로봇, 용접품질 검사 장비, 용접전원 시스템, 용접 부품 적재 언로딩 장치의 순차적 제어가 PLC를 통해 동기화되어 정확하게 제어되어야 함.

**[뿌리]금속/자동차 부품_2D 비전 기반 머신텐딩
정밀가공 공정
[표준공정모델 매뉴얼]**

2021. 12

한국생산기술연구원

목 차

1. 2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 공정 개요	
1-1. 주요 이론 및 분류	3
1-2. 수정가공	5
1-3. 로봇 자동화 주요 사항	6
2. 로봇활용 표준공정모델	7
2-1. 공정 분석	7
2-2. 로봇활용 표준공정모델	10
2-3. 표준공정모델 실증기준	12
3. 기대효과 및 고려사항	13
3-1. 기대효과	13
3-2. 고려사항	15

1-1. 주요 이론 및 분류

다축 다관절 로봇 기반의 머신텐딩 공정에 2D 비전을 활용해 투입 소재 자동 선정 및 공급과 정밀가공 후 측정검사에서 나온 결과를 기반으로 수정가공을 진행하는 공정이며, 정밀가공 후 완성된 제품을 프로브 측정기, 머신 VISION, Equator 등을 이용해 측정검사가 진행된다.

(1) 2D 비전 활용 자동화 개요

(가) 로보비전(Robovision)

로보비전은 로봇에 비전 카메라를 연동하여 정렬 장치의 규격 또는 소재의 위치를 파악하여 로봇이 로딩-언로딩을 하기 위한 사전 정보를 자동으로 수집 및 분석하여 투입 공정을 자동화하는 솔루션이다.



<로보비전>

(2) 측정검사 자동화 개요

(가) 프로브(Probe)

프로브는 가공 전 소재 검증과 가공 후 기상측정에 사용되는 측정기로 프로빙이라고도 하며, 공작 기계의 효율, 품질, 기능 및 정확도를 극대화할 수 있는 널리 인정 받은 측정 방법이다. 프로브 사용성을 높이기 위해 3D 품질측정 자동화 솔루션들이 제공되기도 하며, 일반적으로 공정 전 세팅부터 공정 후 기상측정까지의 모든 단계에 적용할 수 있다.



〈Probe 기상측정〉

(나) Equator

이큐에이터는 3차원 측정기와 전용 게이지의 단점을 보완하고 장점만 모아서 만들어진 현장용 비교 측정기이다. 양산 제품 중 한 개를 선택하여 마스터 파트로 지정할 수 있으며, 지정 방법은 3차원 측정기와 이큐에이터 캘리브레이션(보정) 작업을 통해 가능하다. 이렇게 지정된 마스터 파트와 가공품을 비교 측정하여 공차범위 안에 들어가는지 판정하는 방식으로 불량 유무를 판별할 수 있으며, 일일이 CMM 3차원 측정기로 측정하는 수고를 덜게 되었다. 또한, 마스터링을 통해 현장 측정 시의 다양한 환경변수(현장 온도 변화, 공구 마모, 불량 가공)를 보완하는 기능이 있으며, 다양한 크기의 공작물을 측정할 수 있다. 3차원 측정기에서 프로그래밍하는 것처럼 프로그램 조작으로 다양한 제품 측정이 가능하여 제품 모델이 변경되어 쉽고 빠르게 측정 대응을 할 수 있다. 이에 측정실의 업무 부담을 경감시킴과 동시에 품질 관리를 효율화할 수 있다.



〈Equator 측정기〉

(다) 머신 VISION

머신 비전 시스템은 특수 광학 장치를 사용하여 산업용 카메라 내부에서 보호되는 디지털 센서를 사용하여 이미지를 수집한다. 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어가 제품의 다양한 품질 특성을 평가하기 위해 디지털 이미지 정보를 처리하고 분석하는 기능을 제공하고 있다.



<VISION 측정기>

1-2. 수정가공

수정가공(재가공이라고도 함)의 경우 측정 이후 불량품으로 결정이 났으나 수정가공의 여지가 남아있을 경우 진행되는 공정 과정이다. 제품을 검사한 후 수정가공의 여지가 남아있는 부분을 프로브나 머신 Vision 등을 이용하여 측정한 후 수정가공에 필요한 데이터를 가공 설비로 전송해 수정가공이 이루어진다.

(1) 가공의 분류

(가) 양산

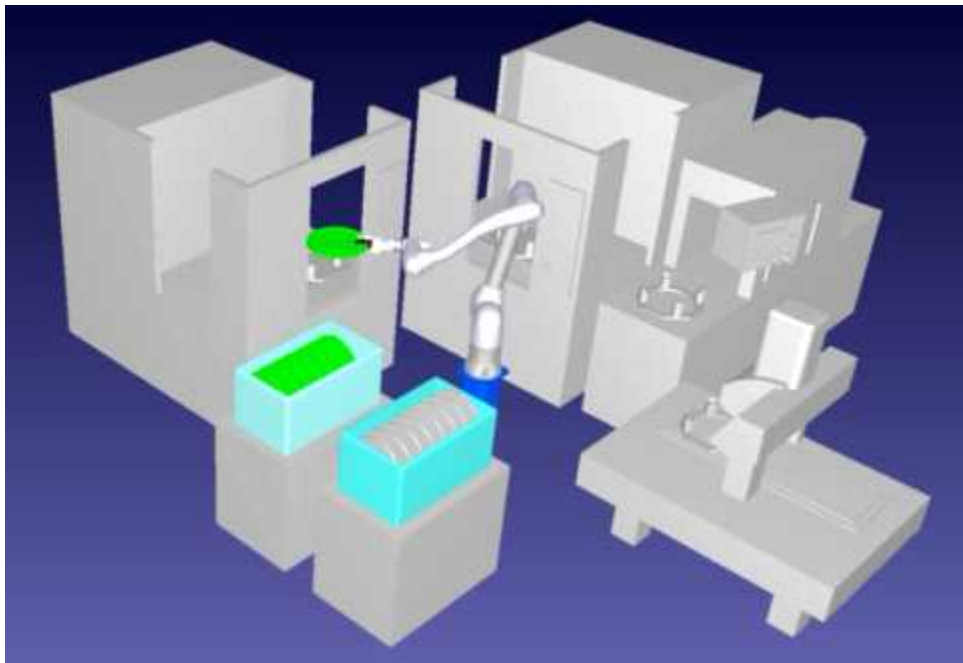
양산품 생산의 머신텐딩의 경우 로봇 한 대로 여러 대의 가공 설비를 대응하는 것이 적합하다. 가공 설비와 로봇의 1:1 비율로 매칭 하는 일도 있지만, 양산품의 경우 그리퍼 한 개로 소재를 로딩/언로딩이 가능하게 제작해서 로봇 한 대에 다수의 설비를 이용한다. 측정기도 마찬가지로 전용 측정기를 사용하여 같은 곳의 치수만 반복 측정을 하면 되므로 일반적으로 로봇 한 대에 다수의 설비, 전용 측정기를 사용한다.

(나) 다품종 소량

다품종 소량 생산의 경우 설비 한 대에서 다품종을 생산하는 경우를 뜻하며 설비에서 한 품종당 한 개에서 열 개, 스무 개 정도를 생산한다. 이럴 경우 매번 로봇의 터칭이 변경되어야 하는 불편함이 있는데, 이를 제로포인트 시스템과 팔레타이징을 이용해 항상 같은 곳을 체결하도록 하고, 제로포인트 기준의 로딩/언로딩으로 다품종 소량 생산을 가능하게 한다. 이럴 때 필요한 것이 프로브의 검증 또는 비전의 검증이다. 여러 가지 품종을 작업하다 보면 세팅하는 과정에서 작업자 기인성 오류가 나타날 수 있는데 이를 방지하기 위해 가공 전 소재의 검증을 진행한다.

1-3. 로봇 자동화 주요 사항

대부분의 협동 로봇 제조사들은 가반 중량 5~25kg 내외인 협동 로봇을 생산하고 있다. 가반 중량은 6축 다관절 로봇의 끝단에 부착할 수 있는 하중을 의미한다. 이런 협동 로봇은 로봇 제어기에 그리퍼와의 신호 입출력을 위한 인터페이스를 제공하고 있으며, 기본적으로 그리퍼의 온/오프 기능은 물론 전동 그리퍼를 사용하게 되면 벌어지는 양과 오므라지는 양을 제어할 수 있도록 하고 있다.



<머신텐딩 3D 시뮬레이션>

위 그림은 협동 로봇을 로봇 베이스라는 장치 위에 거치하는 형태를 보여준다. 로봇 베이스를 이용해 로봇을 고정 거치하여 정밀한 작업을 수행할 수 있게 하며 협동 로봇의 작업반경을 최대한 활용하여 로봇 한 대로 복수의 설비를 대응하는 자동화 공정을 말한다.

2-1. 공정 분석

□ 2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 공정 분석

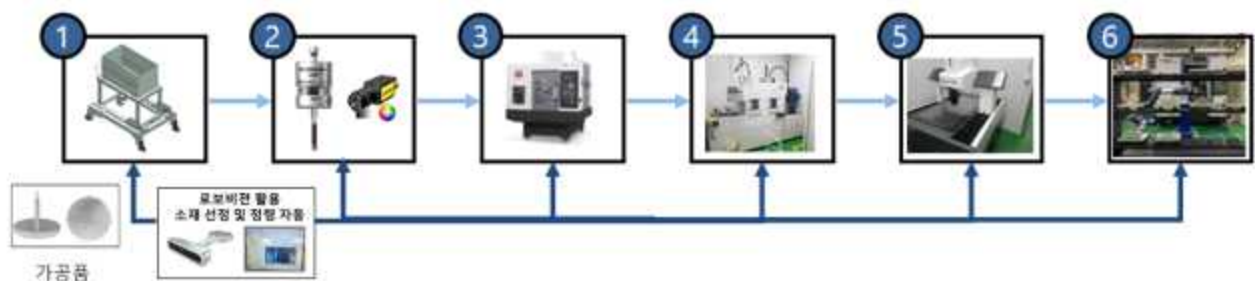
○ 기존 공정 구조

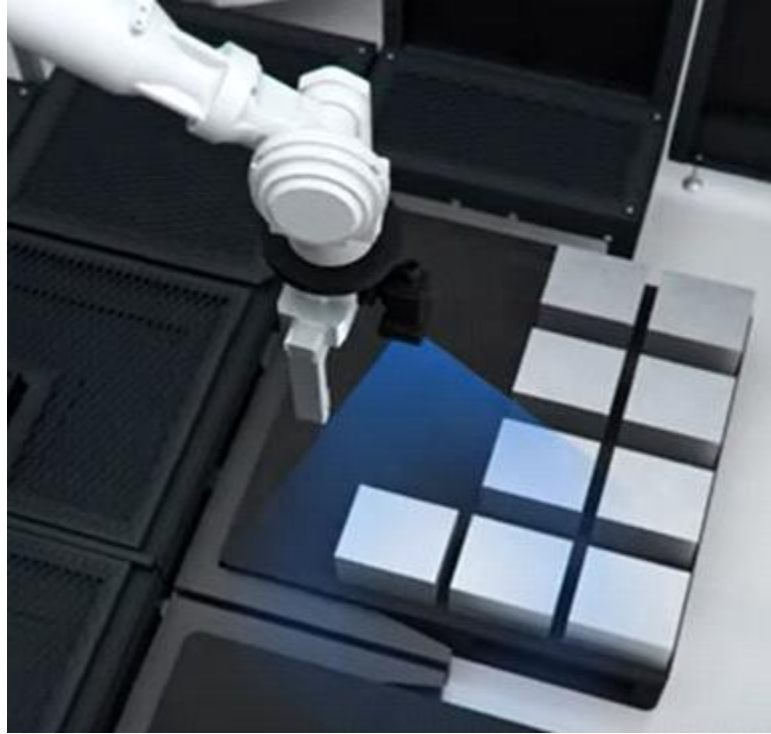
소재공급(적재) → 원소재로딩 → 가공물 세팅 → 가공 → 가공물 언로딩 → 세척 → 검사 → 완성품 적재



○ 개선 후 가공 공정 구조

가공물을 정렬 장치(위터랙)에 세팅 → 비전 카메라로 정렬 장치 촬영한 데이터를 기반으로 표준 정렬 장치 자동선정 → 제로포인트 및 프로브를 활용한 세팅 → 설비가공 (홀 가공) → 세척 → 가공 후 검사 → OK, NG 판정 후 수정가공 판정 → OK의 경우 적재 NG의 경우 수정가공 진행





〈 로봇에 장착된 비전 카메라로 정렬 장치 촬영 및 자동선정 〉

□ 공정 문제점 및 개선 필요성

○ 현재 공정 프로세스

- ① 원자재를 작업자가 직접 들고 설비로 이동
- ② 작업자가 수작업으로 설비에 세팅 및 가공 시작 지시
- ③ 작업자가 설비가공 완료까지 대기 후, 완료 시 수작업 언로딩 및 측정실로 이동
- ④ 측정 후 양품 및 불량 판정
- ⑤ 가공 완료된 부품을 적재 혹은 수정가공 진행

○ 현재 공정 문제점

(1) 중량물 이동에 의한 작업자 근골격계 질환과 안전사고 발생

- 원자재의 공급/세팅/검사 등 다수의 작업자가 직접 공정을 진행하고 있어 상당한 피로 누적이 발생하고 중량물의 이동으로 인한 작업자의 근골격계 질환을 유발하고 있음



< 인력에 의한 가공품 로딩 / 언로딩 >

(2) 수동 세팅에 따른 품질 편차 발생

- 소재 사이즈 변경에 따른 정렬 장치의 다양성에 대한 수작업 선택과 로봇 티칭의 수작업 세팅으로 작업자 기인성 오류 발생과 반복 작업으로 집중도 저하에 대한 불량률 증가 발생
- 단순 반복적인 소재 로딩-언로딩 작업 수행으로 인한 작업자의 집중도 저하에 따른 불량률 증가 및 세팅 때의 작업자 기인성 오류 발생으로 인하여 품질 검사의 애로사항 발생

(3) 측정검사를 위한 리드 타임 발생

- 1차 가공 완료 후 측정부서로 이동하여 측정을 진행하게 되며, 이동과정에서 리드 타임이 발생하고 이로 인하여 업무 로스가 발생

○ 개선 요구사항

- 로봇과 비전 카메라 도입을 통한 원자재의 투입을 위한 소재 베이스 및 소재 선택 공정 자동화와 세팅/검사 공정의 자동화를 통해 불량률을 최소화하고 작업자에게 쾌적한 작업 환경을 제공할 수 있는 시스템 개발이 필요

- 로봇에 의한 일률적 작업을 통하여 세팅 불량을 방지하는 시스템 개발 필요.
- 설비가공의 종료와 동시에 검사(측정)할 수 있는 시스템 개발 필요.
- 협동 로봇의 자동화 공정 도입으로 제품 생산시간 단축을 통하여 생산성 향상 및 산업재해 발생률을 저하할 수 있는 시스템 개발 필요.

2-2. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

(1) 2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 공정 모델



[협동 로봇 2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 후 검사 공정 흐름도]

□ 시스템 구성

(1) 2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 후 검사 모델

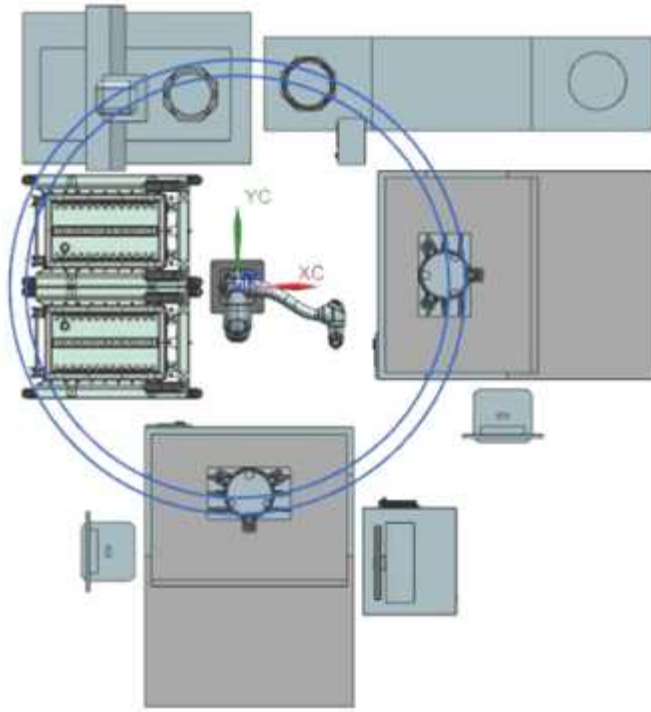
[표준공정모델 시스템 구성안]

HW	사 양	필요 기능
6 관절 협동 로봇	<ul style="list-style-type: none"> - 타입: 다관절 협동 - 축 자유도: 6-axis - 가반하중: 5~25kg - 반복정밀도: $\pm 0.1\text{mm}$ - 작업반경: 900~1700mm 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 사람과 같은 공간에서 작업 가능 - 프로그램의 간단한 변경으로 작업 변경 용이 - 로봇 시스템에 대한 견고한 고정과 구조물의 진동을 최소화 설계 필요
6 관절 산업용 로봇	<ul style="list-style-type: none"> - 타입: 다관절 산업용 - 축 자유도: 6-axis - 가반하중: 10~600kg - 반복정밀도: $\pm 0.05\text{mm}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 로봇 시스템에 대한 견고한 고정과 구조물의 진동을 최소화 설계 필요 - 로봇 좌표 경로와 기타 구조물 간의 복잡한 간섭은 회피하여 시스템 매칭

□ 공정 설계도

(1) 2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 공정 모델

○ 공정설계안



소재 적재 -> 2D 비전 활용 소재 검사 및 인지 -> 세척 -> 가공 설비 소재 세팅 -> 가공
-> 세척 -> 가공 후 검사 -> OK 제품 적재 및 NG 제품 수정가공

- ① 소재 적재
- ② 2D 비전 활용 소재 검사 및 인지
- ③ 세척
- ④ 가공 설비 소재 세팅
- ⑤ 가공
- ⑥ 세척
- ⑦ 가공 후 검사
- ⑧ OK 제품 적재 / NG 제품 수정가공

2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [금속/자동차 부품_2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 공정 표준모델]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	그 외 기타 금속 가공업(C25929)	적용공정	(뿌리)금속/자동차 부품_2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 공정
공정 소개	공정 정의	<ul style="list-style-type: none"> 2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 공정은 기존의 사람에 의존한 로딩/언로딩 반복 공정을 6관절 산업용 로봇 및 협동 로봇에 2D 비전 시스템을 부착하여 평면상에 무작위로 적재되어 있는 제품을 스캔하고 로딩하는 공정으로 작업 인력을 대체해 생산성증가, 비용절감, 안전 위험성 감소 등을 실현하고자 함 			
	핵심(부) 기능	<ul style="list-style-type: none"> 2D 비전의 소재 스캔 로봇에 의한 로딩/언로딩 			
	핵심 구성	<ul style="list-style-type: none"> 6관절 로봇, 그리퍼, 지그장치 비전 시스템, 소재 적재 팔레트 품목별 DB화 및 사용자 화면, LAN통신, 설비인터락용 산업용 표준 통신 			
	핵심 성능	<ul style="list-style-type: none"> 2D 비전 활용 협동 로봇으로 소재 세팅 및 인식 자동화 로딩/언로딩/측정 공정에 로봇도입 및 가공 직후 검사(측정) 기능 공작 기계(TC/MCT) 머신텐딩 공정과 연계된 측정 데이터 기반의 수정(Correction) 가공 공정 			
	필요성/효과	[필요성] <ul style="list-style-type: none"> 공작물 세팅에 많은 시간 소요 3D업종의 인력난에 주 52시간 근무로 생산성 감소 		[도입효과] <ul style="list-style-type: none"> 작업자 보호 생산성 향상 불량률 감소 작업자 보호 작업자 보호 품질 향상 	
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	소재 공급(작업자) → 설비투입 후 세팅(작업자) → MCT 홀 면취 가공 → 세척(작업자) → 검사(작업자) → 적재(작업자)		소재공급(작업자) → 소재판별/선정(비전) → 세척기(로봇) → 설비(로봇) → Probe, VISION 세팅 → 가공 → 세척기(로봇) → 비전검사기(로봇) → 적재(로봇)	
적용로봇 사양		로봇 종류	산업용로봇		협동용로봇
		가반 하중	~50kg		~25kg
		작업 반경	~2,100mm		~1700mm
		투입 대수	1대		1대
		로봇 단가	약 30,000천원		약 45,000천원
		비고	적용환경에 따라 산업용 로봇 및 협동로봇 선택적 적용		
주변 설비 사양		적용 제어기	<ul style="list-style-type: none"> 비전, PLC(유선/무선), MES 연결용 PC, 임베디드제어기 		
		그리퍼	<ul style="list-style-type: none"> 작업물 5kg 이하, 그리퍼 가반하중 15kg, 그리퍼 무게 2kg 이하 		
		적용센서	<ul style="list-style-type: none"> 유무 감지 센서, 혼류방지 센서 		
		공급장치	<ul style="list-style-type: none"> 소재 적재 워터렉 		

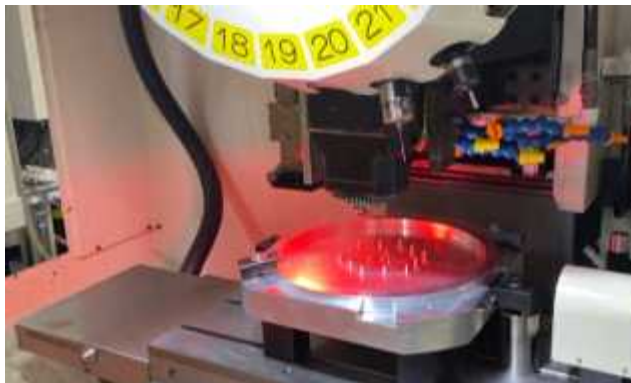
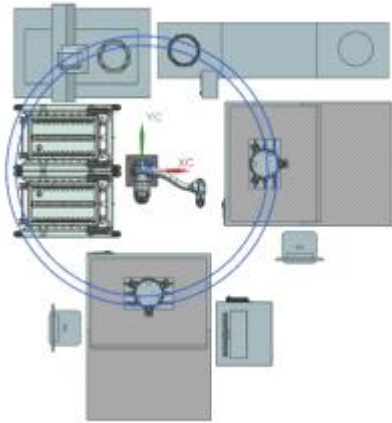
	측정장치	■ Probe, VISION
	세척장치	■ 전용 세척기
	S/W, I/F	■ 설비별 품목별 티칭경로 DB화 및 사용자 화면, LAN 통신, 설비인터락용 산업용 표준통신, 이·적재 Program
	안전 설비	■ 경광등 및 비상정지 스위치
로봇도입 핵심 고려사항	■ 6 관절 협동 로봇의 정확한 포인트(± 0.05 이내) 제어 가능해야 함 ■ 로봇 좌표와 적용 센서 간의 통신 및 시스템 매칭 필요 ■ PLC와 PC, 로봇, 센서 간의 동기화 및 제어 필수	
소요예산	■ 총사업비 250백만원 내외(정부 출연금 175백만원 이내)	
작성처	☎ 031-8040-6169 (한국생산기술연구원 이동윤 수석연구원)	

3 기대효과 및 고려사항

3-1. 기대효과

□ 2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 공정 모델

○ 정량적 효과

로봇도입 활용공정 정보			
산업 분야	부리(금속/플라스틱)	대상 업종	금속/자동차부품(C25929)
적용 공정	가공(머신텐딩 후 검사)	소요 예산	210 백만원
공정도 (작업순서)	소재공급 → 소재인식 → 세척 → 설비로딩 → 세팅 → 가공 → 세척 → 검사 → 적재		
			
Probe / Vision 세팅		자동화 구성 레이아웃	

핵심지표 (KPI)		현재(A)	목표(B)	개선율(%)	비 고
수요 기업	생산성 향상(%)	6ea/Day	12ea/Day	100%	
	불량률 감소(%)	1.7%	1.0%	41.1%	
	근로환경개선율	70	90	28.5%	

핵심지표 (KPI)		산출 근거
수요 기업	생산성 향상(%)	(1) 현재(A) : 6ea/Day * 적용 대상설비(1대) 대상 수작업 생산량 카운터 기준 * 2시간당 1개 가공 가능으로, 12시간 가동시 6개 가공 가능 (2) 목표(B) : 해당공정 로봇도입 이후 12ea/Day 목표 * 2시간당 1개 가공 가능 시, 24시간 가동시 12개 가공 가능 (3) 개선율 : 100% = (목표량 - 현재량)/현재량 × 100%
	불량률 감소(%)	(1) 현재(A) : 1.7%, (연간) 1000개 생산(샘플) 중 17개 불량(=불량/생산 계산) * 적용 대상설비(1대) 대상 수작업 생산량 카운터 기준 (2) 목표(B) : 1.0%, (연간) 1000개 생산(샘플) 중 10개 불량 (3) 개선율 : 41.1% = (현재량 - 목표량)/현재량 × 100%
	근로환경개선율	(1) 현재(A) : 로봇 도입 전 작업자 근로환경 만족도 70점(100점 기준) (2) 목표(B) : 로봇 도입이후 근로환경 만족도 90점(100점 기준) (3) 개선율 : 28.5% = (목표 - 현재)/현재 × 100%

○ 정성적 효과(제조 현장 근무환경 개선내용 등)

- 정형화된 반복 작업을 로봇이 대신 수행하여 현장 작업인력의 피로도 감소로 인한 생산성 향상, 근로환경 개선율 향상
- 가공 완료 품목을 가공이 끝남과 동시에 측정하여, 생산 리드 타임 감소로 인한 생산성 향상
- 항상 현장 작업자가 필요하던 가동 시간(12시간)에서, 24시간 가동으로 변경됨으로 인한 생산성 향상
- 위험 작업을 로봇이 대신하여, 현장 작업인력의 위험 환경 노출을 최소화하여 산업 재해를 감소
- 가공품에 대한 즉각적인 측정으로, 불량 원인에 대한 추적관리가 가능하게 공정 불량률 감소
- 로봇투입공정으로 공정 필수인원의 타 공정 재배치가 가능하여 인건비 감소를 통한 생산원가 절감

3-2. 고려사항

□ 2D 비전 기반 머신텐딩 정밀가공 공정 모델

○ 공정설계 핵심 사항

- 6 관절 협동 로봇의 정확한 제어(± 0.1 이내)가 가능해야 함
- 2D 비전으로 소재 정렬장치 및 소재 인식이 가능해야 함
- 로봇에 의한 원소재 로딩 이후 Probe와 VISION에 의한 위치 세팅이 가능해야 함
- 로봇의 설치 위치가 기존 생산라인의 이동 동선에 방해가 되지 않아야 함
- 협동 로봇과 작업자 접촉 시 센서에 의한 정지 조치가 이뤄져야 함
- PLC와 PC, 로봇, 센서 간의 동기제어가 이뤄져야 함
- 가공 전후로 세척 공정이 이뤄져야 함
- 가공 후 수정가공 공정이 이뤄져야 함

[뿌리]금속/플라스틱 부품_도금액 로딩/언로딩 공정
[표준공정모델 매뉴얼]

2021. 12

한국생산기술연구원

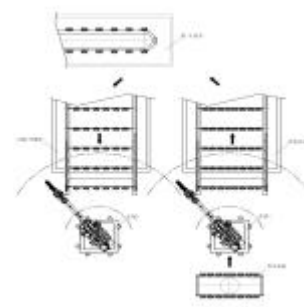
목 차

1. 개요	1
1-1. 목적	1
1-2. 공정소개	1
1-3. 적용대상	3
2. 로봇활용 표준공정모델	4
2-1. 공정 분석	4
2-2. 로봇 활용 표준공정모델	7
2-3. 표준공정모델 실증기준	9
3. 기대효과 및 고려사항	
3-1. 기대효과	11
3-2. 고려사항	12

1 개요

1-1. 목적

- 자동차 부품 사출 부품의 수요 증가로 인하여 지속적인 수주가 발생되고 있고 생산량 증대 및 생산량 확보가 필요로 하지만 현실적으로 작업자 수급의 한계가 있어 이재로봇을 통한 업무지원을 통해 이같은 문제를 해결하려 함.
- 자동차 엠블럼 사출이후 도금공정에 작업자가 직접 수작업으로 도금액을 대차장비에 거치하여 로딩/언로딩 하는 공정을 자동화하여 업무의 효율을 극대화하기 위함.



[도입 공정 개념도]

1-2. 공정소개

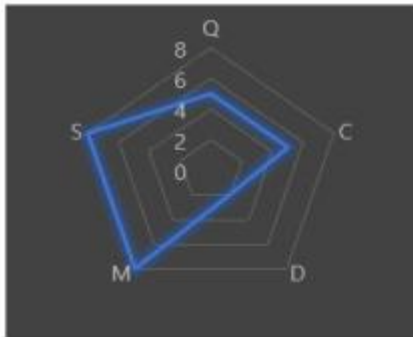
□ 도금공정

- 도금 공정은 금속 이온이 용해되어 있는 도금 용액 내에 시편(환원전극)과 양극(산화전극)을 침적시키고 일정 수준 이상의 과전위를 인가함으로써 시편 표면에 전기화학적 환원 반응을 유발시켜 금속 및 비금속 코팅층을 형성하는 기술
- 소재 · 부품 표면에 내식성 · 경도 · 내마모성 같은 기능을 부여하거나 외관을 미려하게 만들어 최종 제품의 부가가치를 향상시킴

□ 공정 선정

○ 현장진단 방식으로 현장 안내에 따라 순회에서의 발견되는 사안으로 사전 Interview를 참고로 진행

no	TASK	현상 / 문제점 요약	REMARK
1	제조전략목표	● 경영 전략 연계 도금 부분의 과제 목표 설정 과제 유무	- 핵심 과제 추진 실적
2	생산 SYSTEM 변화	● 생산 시스템 운용의 LOSS 재고 원가 등 문제 예상	- 생산계획 기준 생산 보완
3	사출품 품질	● 입고시 사출품의 품질 확인 처리 공정 인적 의존도	- 작업 준비시 품질검사진행
4	설비 관리	● 설비장치의 노후화로 생산 기회 손실	- 도금조 관리 센서
5	공정 프로세서 개선	● 제품 투입시 작업자의 반복작업 단계	- 작업 단계 단순화
6	제품 이동	● 대차를 통한 제품이동후 이동대차로 제품의 재거치	- 공정개선으로 노동부하 저감
7	도금 공장 환경	● 외부 차단과 양압 시스템 부재	- 불량을 증가 요인
8	도금 설비 개선	● 도금조의 센서와 설비의 PLC 연동이 일부만 진행	- 불량을 증가 요인
9	도금 검사	● 인력 의존도 : 작업자 육안 수동 작업	- 품질 향상 표준 방안
10	안전 재해	● 안전 재해 예방 설비 장치 예방 활동 필요	- 안전 펜스 및 가드
11	탈수	● 인력 의존도가 높고 작업자 피로도가 높은 작업	- 공정개선으로 노동부하 저감



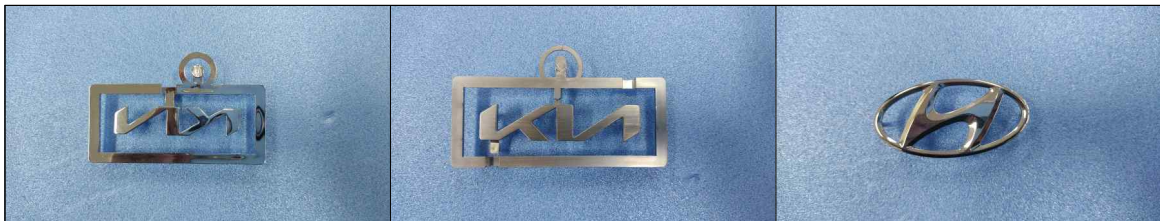
평가 항목	평가 내용	배점
Quality	- 수동 로딩/언로딩 진행시 휴먼에러로 인한 불량발생율을 저조	5
Cost	- 공정인원 재배치를 통한 인건비 절감효과	5
Delivery	- 납기 준수율은 양호	2
Motive / Moral	- 작업환경개선을 통한 작업효율과 작업만족도 향상	8
Safety / Environment	- 안전사고예방 및 설비장비 관리	8

추진단계	TASK	내용요약	평가					추진 REMARK
			가능성	경제성	원가	생산성	품질	
당면 과제	생산 SYSTEM 변화	- 생산 기술 관리 System	15	15	18	20	15	83 3
중장기 과제	사출품 품질	- 자동검사장비 동비	10	17	17	15	15	74 7
중장기 과제	설비 관리	- 단계별 설비 개선	20	10	15	10	10	65 9
당면과제	공정 프로세서 개선	- 렉 및 대차 거치 개선	19	19	19	16	15	88 1
당면과제	제품 이동	- 로봇을 통한 제품 이동	19	18	16	18	16	87 2
중장기 과제	도금 공장 환경	- 양압 시스템 도입	15	13	11	14	10	63 10
중장기 과제	도금 설비 개선	- 도금조 센서 PLC 연동	15	15	18	16	15	79 6
중장기 과제	도금 검사	- 검사 자동화 System	18	17	17	15	15	82 4
당면과제	안전 재해	- 펜스 및 가드	17	17	18	10	10	72 8
당면과제	탈수	- 공정 프로세스 개선	16	15	13	18	18	80 5

1-3. 적용대상

□ 적용대상

- 전기도금기술은 금속제품의 외관을 금속으로 코팅하는 기술로, 자동차의 엠블럼을 포함한 금속 외장재 모두에 적용이 가능한 기술임.
- 금속에 광택을 내는 크롬도금이나, 색을 입히는 유색 도금공정등에 모두 활용이 가능해, 가전제품, 휴대용 전자기기등의 표면처리기술로도 적용이 가능함



2-1. 공정 분석

□ 이송/적재(로딩/언로딩) 공정 분석

(1) 자동차 엠블럼 도금공정

○ 공정 흐름도



[자동차 엠블럼 도금라인 전체 공정 흐름도]

○ 공정 구조



[수동 로딩/언로딩 공정]

○ 로딩>Loading) 작업:

- ① 작업자는 수동으로 대차에 3열로 도금랙 거치.
- ② 작업자가 대차를 도금라인 로딩 위치로 이동 및 정위치.
- ③ 5kg~10kg의 도금랙을 5분 단위로 자동화라인 이동거치bar에 8개의 도금랙을 수동으로 거치.

○ 언로딩>Unloading) 작업:

- ④ 자동화 설비에 의해 도금된 도금랙이 자동으로 대차에 거치.
- ⑤ 이동대차에서 작업자가 한 개씩 대차 및 탈수기로 수동으로 거치.
(작업자 2명 투입)

□ 공정 문제점 및 개선 필요성

○ 현재 공정 문제점

(1) 장시간 수동 작업에 따른 안전사고 발생

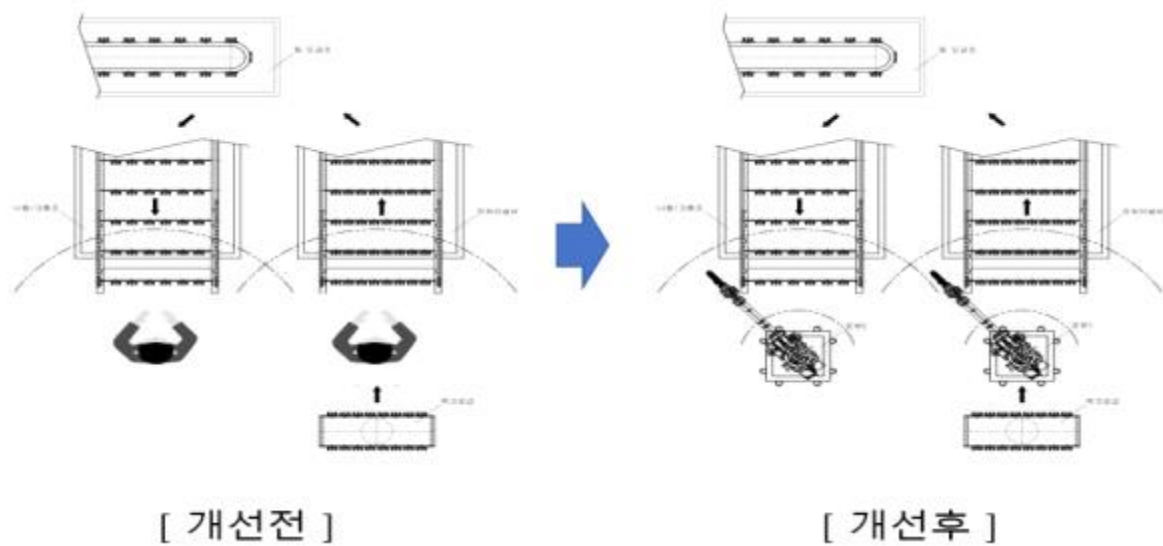
- 작업자가 대차로부터 이동대차로 5~10kg의 도금랙을 수동으로 운반 및 거치 등 단순 반복작업을 장시간 수행할 경우 집중력 저하 및 근골격계 질환 발생 등 작업자의 작업수행능력 저하로 인해 안전사고 발생

(2) 인체유해화학물질에 노출위험 발생

- 도금생산라인 특성상 유해 화학성분에 노출되기 쉬운 환경으로 작업자가 장시간 수동작업으로 도금랙 로딩/언로딩 진행시 인체유해화학물질에 노출될 위험 발생

○ 개선 요구사항

- 도금랙 로딩/언로딩 작업수행에 이재로봇을 구축함으로써 작업자의 수동 작업 진행시 발생할 수 있는 안전사고 및 유해화학물질 노출을 방지하여 작업자의 작업만족도 향상을 통한 작업효율을 극대화시킬 수 있는 시스템 개발이 필요



○ 로딩>Loading) 작업:

- ① 작업자는 수동으로 대차에 2열로 도금랙 거치
- ② 작업자가 대차를 도금라인 로봇베이스를 통해 정위치로 이동
- ③ 5kg~10kg의 랙 8개를 대차에서 이재로봇이 자동으로 이동거치bar에 거치

* 작업자 1명의 업무가 줄어들고 작업자의 피로도가 거의 없어짐.



○ 언로딩>Unloading) 작업:

- ④ 자동화 설비의 의해 도금된 도금랙이 자동으로 대차에 거치
- ⑤ 이동대차에서 이재로봇이 8개의 도금랙을 자동으로 대차로 이동 거치

2-2. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

구분	도금액 로딩	도금라인진행	도금액 언로딩
As-Is	수동	자동화설비	수동
To-Be	로봇/로딩장치	자동화설비	로봇/언로딩장치

 <p>도입 전</p>	 <p>도입 후(예시)</p>
--	---

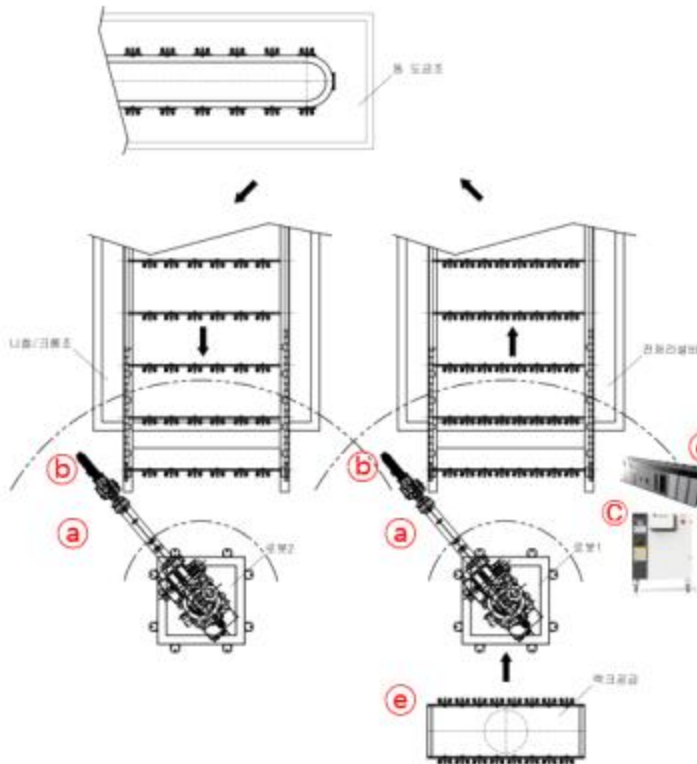
[이송/적재공정(로딩/언로딩) 표준모델 도입 솔루션]

□ 시스템 구성

H/W	사 양	필요 기능
이재로봇 (HH220)	<ul style="list-style-type: none"> - 구조: 다관절 - 자유도: 6축 - 가반중량: 220kg - 반복정도: $\pm 0.11\text{mm}$ - 리치: 2,666mm 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템과의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성
그리퍼	<ul style="list-style-type: none"> - 핸들링 재질: 금속 소재 - 그리퍼 Payload: 30kg 이상 - 반복정밀도: $\pm 0.03\text{mm}$ 	<ul style="list-style-type: none"> - 이동거치bar를 정확한 위치로의 이송
제어반(PLC)	<ul style="list-style-type: none"> - 통신방식: 이더넷 - 확장성 및 호환성 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 센서류 및 그리퍼 호환성 가능 - 실시간 작업현황 모니터링 필요
로봇베이스	-	<ul style="list-style-type: none"> - 이재로봇의 로딩/언로딩이 가능하도록 정위치에 대차를 고정

□ 공정 설계도

○ 로봇 2대 운영 공정설계안



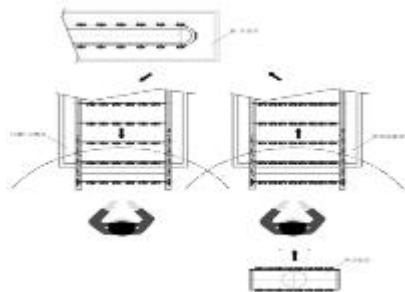
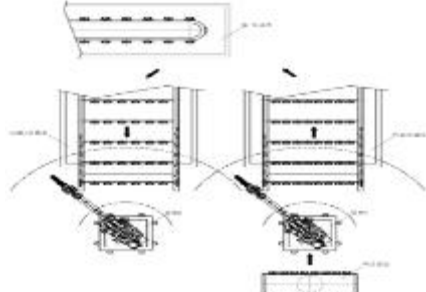
<로봇자동화 시스템 구성>

- ① 도금랙 로딩/언로딩로봇
- ② 그리퍼
- ③ 로봇제어반(Hi5a-S)
- ④ PLC
- ⑤ 로봇베이스

[로봇 2기를 이용한 로딩/언로딩 공정설계도]

- ① 작업자가 대차를 로봇베이스(대차 정위치고정)로 이동
- ② 도금랙 이재로봇이 이동거치bar를 이동대차로 로딩
- ③ 자동화설비 도금라인 작업진행
- ④ 도금이 완료된 도금랙을 이재로봇이 이동대차에서 대차로 언로딩
- ⑤ 작업자가 이후 공정 진행(탈수 및 건조)

2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [(뿌리)금속/플라스틱 부품_도금랙 로딩/언로딩 공정 표준모델]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	도금업 (C25922)	적용공정	(뿌리)금속/플라스틱 부품_도금랙 로딩/언로딩 공정
공정 소개	공정 정의	■ 5kg~10kg의 도금랙을 대차로 옮기는 단순 반복작업하는 공정에 이재로봇을 투입하여 작업자가 장시간 진행했을 경우 발생하는 근골격계질환 및 작업집중도 저하로 인한 안전사고를 예방을 통하여 생산성 향상 및 불량률 감소 등을 실현하는 공정			
	핵심(부) 기능	■ 도금랙 이동거치bar를 로딩/언로딩 기능의 이재로봇 ■ 도금랙 이송에 필요한 이동 대차 및 이동거치bar 설비 ■ 이재로봇 및 주변설비 PLC 연동의 실시간 모니터링시스템			
	핵심 구성	■ 제품 로딩/언로딩 이재로봇 ■ 이재로봇 및 그리퍼 운용 전용 제어장치(PLC) ■ 다량의 도금랙을 거치하여 이동하는 대차 ■ 도금랙 이동거치bar 파지전용 그리퍼 ■ 도금랙 대차 정위치 고정 로봇베이스 ■ 이재로봇 및 주변설비 PLC 연동 모니터링시스템			
	핵심 성능	■ 6관절 이재로봇의 위치 정밀도(±0.1mm이내) 제어가 가능 ■ 로봇, 그리퍼 장치 간의 전기적/기계적 인터페이스 통일 ■ 로봇의 가반하중을 고려한 경량화 설계 ■ 도금랙 정위치 정렬 기능 ■ 이재로봇 작업현황 실시간 모니터링 기능			
	필요성/효과	[필요성] ■ 장시간 수동 작업에 따른 안전사고 발생 ■ 인체유해화학물질에 노출위험 발생		[도입효과] ■ 생산성 향상 및 인건비 절감 ■ 로딩/언로딩의 휴먼에러로 인한 불량률 감소 ■ 작업자 환경 개선	
	구분	Before			After
	레이아웃				
작업순서	도금랙로딩(수동) → 도금작업진행 → 도금랙언로딩(수동)			도금랙로딩(로봇) → 도금작업진행 → 도금랙언로딩(로봇)	
적용로봇 사양	로봇 종류	산업용로봇 HS220			
	가반 하중	~220kg			
	작업 반경	~2,666mm			
	투입 대수	2대			
	비고	도금랙 이동대차 정위치 고정베이스 필수			
주변 설비 사양	그리퍼	작업물 100kg 이하, 그리퍼 15kg, 총 무게 약 115kg이하			
	로봇BASE	스테인리스 구조물 2기			
	SW	설비별 품목별 티칭경로 DB화 및 사용자 화면, CC-Link 통신, 설비인터락용 산업용 표준통신, 이·적재 Program			
	적용 제어기	PLC(유선/무선), 임베디드제어기			
	정렬장치	소재 정렬 트레이			
	공급장치	이동대차 12기 및 이동거치Bar 28기			
	안전펜스	2M(높이) X 15M(길이)			

로봇도입 핵심 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> ■로딩/언로딩 반복위치 결정 정도 ± 0.01 mm 이내 ■로봇의 설치 위치가 기존 생산라인의 이동 동선에 방해가 되지 않아야 하며, 작업자의 안전이 확보되어야 함 ■PLC와 PC, 로봇, 센서들 간의 동기화를 통해 제어가 이뤄져야 함
소요예산	■ 총사업비 250백만원 내외(정부 출연금 175백만원 이내)
작성처	■ ☎032-850-0238 (한국생산기술연구원 오세권 선임연구원)

3-1. 기대효과

☐ 표준공정모델 적용에 따른 기대효과

○ 장점

- 작업자와 위험현장의 분리에 따른 안전성 확보
- 이재로봇을 통한 이동/적재 관리를 통한 프로세스 단순화
- 이재로봇이 인력을 대체함으로써 인력 활용도 증가

○ 단점

- 기존 인력 방식에 비하여 공간 활용도가 낮음

○ 정량적 효과

- 도금 일생상성 3% 증가
- 불량률 1.5% 감소
- 현장인원 1명 감축으로 인한 인건비 4,320만원 감소

○ 정성적 효과(제조현장 근무환경 개선내용 등)

- 근무환경 개선 및 업무 효율성 향상
: 인체에 유해한 화학물질의 노출 및 작업자 근골격계 질환의 위험으로부터 보다 안전한 근무환경 제공
- 도금라인 이송/적재공정에 이재로봇을 구축하여 도금 자동화라인 실현
- 기존 인력 재배치를 통한 인건비 절감

3-2. 고려사항

□ 표준공정모델 적용 및 공정 운영 시 유의사항 등

○ 로딩작업 진행시 유의사항

- 작업자는 이재로봇이 원활한 로딩작업을 수행하기 위해 이동거치bar에 도금랙이 정상적으로 거치가 되었는지 확인.
: 그리퍼가 위치하는 공간에 도금랙이 걸려있을 경우 오류가 발생
- 작업자는 대차를 이송하여 로봇베이스의 정위치에 고정.
: 로봇베이스의 정위치에 고정이 안되어있을 시 이재로봇은 동작하지 않음.
- 로봇베이스에 대차를 고정 시킨 후 작업자는 안전펜스 밖으로 완전히 빠져나온 후 이재로봇을 작동.

○ 언로딩작업 진행시 유의사항

- 작업자는 대차를 이송하여 로봇베이스의 정위치에 고정.
: 로봇베이스의 정위치에 고정이 안되어있을 시 이재로봇은 동작하지 않음.
- 로봇베이스에 대차를 고정 시킨 후 작업자는 안전펜스 밖으로 완전히 빠져나온 후 이재로봇을 작동.
- 이재로봇의 언로딩 작업이 완전히 끝난 후 작업자는 안전펜스에서 대차를 가지고 탈수공정으로 이동.