
[뿌리] 플라스틱용기_도장 공정_검사/포장
[표준공정모델 매뉴얼]

2022. 12

한국생산기술연구원

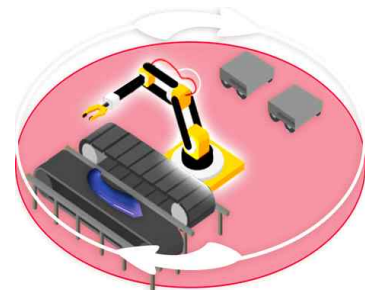
목 차

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

1 개요

1-1. 목적

- 플라스틱용기 사출 부품의 수요 증가로 인하여 지속적인 수주가 발생되고 있고 양품의 품질 확보가 필요로 하지만 현실적으로 작업자를 통한 품질검사에는 한계가 있어 품질검사로봇을 통한 업무지원을 통해 이같은 문제를 해결하려 함.
- 플라스틱용기 자동 도장 이후 컨베이어 벨트를 통해 건조로를 나온 제품을 작업자가 직접 육안으로 품질 검사를 진행하고 포장용기에 언로딩 하는 공정을 자동화하여 업무의 효율을 극대화하기 위함.



[도입 공정 개념도]

1-2. 공정소개

□ 도장공정

- 도장은 휘발성 용제를 사용하는 특수성이 있어 인화성 물질 사용에 따른 방폭/ 방진설계가 필수 입니다. 또한 생산품의 변화에 따른 티칭 용이성, 시스템 고기능화 대응 능력, Maintenance용이성이 필요합니다. 도장제품은 다양한 기후와 환경조건 속에 오랜기간 사용되기 때문에 도장공정은 높은 수준의 품질과 기술이 요구됩니다.

□ 공정 선정

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

표준모델 후보군	평가항목	세부점수	점수차트
저항용접공정 (시범사업 선정)	필요성	19	
	시급성/난이도	18	
	적합성	18	
	효과성	19	
	활용성	20	
	합계	94	

〈플라스틱 용기 검사공정 평가의견〉

표문모델 항목	만점	평가 점수	평가의견
필요성(작업환경, 애로사항, 공정문제점 등)	20	19	플라스틱용기 도장공정 검사라인은 특성상 산업용 로봇과 자동화 설비가 투입되는 환경으로 작업자의 안전확보 요구됨
시급성, 난이도(인력난, 작업환경 등)	20	18	플라스틱용기 도장공정 검사라인은 단속반복 작업공정으로 작업자의 안구질환과 근골격 질환유발로 인력확보가 어려움
적합성(주생산품 및 핵심 기술 등)	20	18	대량 생산되는 플라스틱 용기 공정으로 수작업 의존성이 높아 자동화 적용에 효과적임
효과성(생산성&매출 향상, 경쟁력 강화 등)	20	19	해당 공정은 작업자가 많이 투입되는 라인으로 평균 12명의 인원이 작업을 진행하므로 자동화가 들어가면 제품의 가격경쟁력 강화 및 생산성 증대가 기대됨
활용도(활용도, 파급효과성 등)	20	20	소형 제품을 도장하는 타 뿌리산업이나 뿌리외 산업분야로 협동로봇공정 솔루션 확대가 기대됨
합계	100	94	

1-3. 적용대상

□ 표면처리 / 도장 소물 제품 검사

○ 플라스틱 용기 표면처리를 위한 도장 공정

- 플라스틱 용기 외 다양한 형태의 물체에 도장 재료를 칠하여 막을 형성시킴으로 녹이나 부식으로부터 소재를 보호하고, 도료를 혼합하여 다양한 색채로 외관을 수려하게 하여 상품성을 높이는 기술로 플라스틱 용기뿐만 아니라 차체 소재, 금속 소재 등의 표면처리 기술로도 적용 가능
- 도장(Painting/Coating) 공정은 제품 표면에 색을 입히기 위해 사용되는 공정으로 다양한 사출 성형 제품을 대상으로 분무기(Spray gun)를 사용하여 압축공기 또는 압송에 의해 도료를 안개 상태로 하여 피도면에 분무하는 공정
- 플라스틱, 음료등 다양한 용기의 표면에 도장을 입힌 제품을 비전을 통해서 품질을 검사하고는 공정

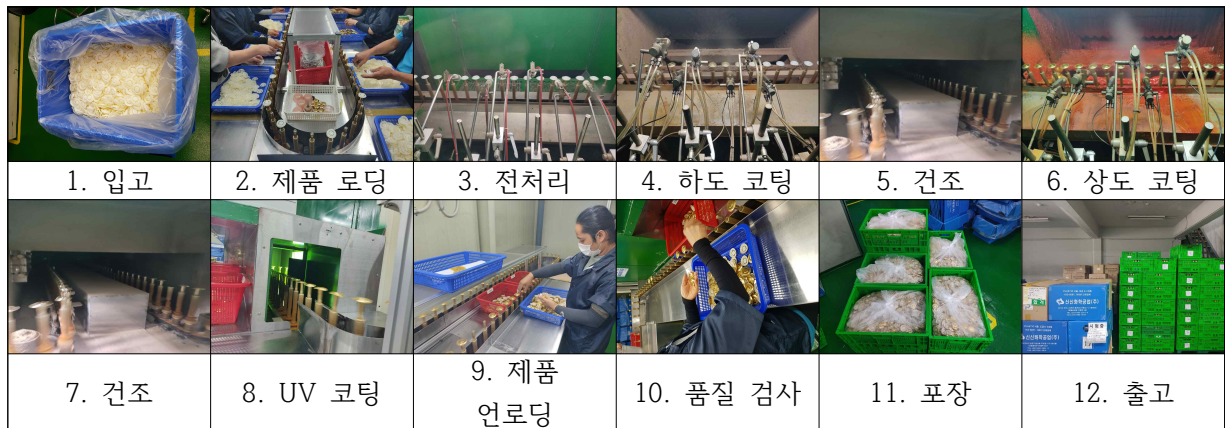
2 로봇활용 표준공정모델

2-1. 공정 분석

□ 검사/포장 공정 분석

(1) 플라스틱 용기 도장 공정

○ 공정 흐름도



[플라스틱 용기 도장 공정 흐름도]

○ 공정 구조

1. 제품 언로딩 2. 육안검사 3. 양품 적재 4. 불량제품 적재



[플라스틱용기 검사 공정]

- ① 컨베이어 벨트를 통해 작업자에게 제품위치 및 언로딩
- ② 작업자 육안검사를 통해 양품/불량품 판별
- ③ 양품 제품은 양품 바스켓으로 이동
- ④ 불량 제품은 불량 바스켓으로 이동

□ 공정 문제점 및 개선 필요성

○ 현재 공정 문제점

(1) 인력난으로 인한 업무 효율 저하

- 표면처리(도장) 공정은 대부분의 공정에서 많은 인력을 요구하는 대표적인 노동집약적 공정으로 특히, COVID-19 Pandemic 이후 초래하고 있는 인플레이션으로 인해 심각한 인력난이 발생하고 있음
- 표면처리(도장) 공정에서 발생하는 유해 화학물질로 인해 대표적인 3D 기피업종으로 인식되고 있어 인력을 구하기 힘들며 대부분 일용직 근로자로 업무에 대한 작업지시와 교육이 반복적으로 이루어지는 탓에 업무의 효율이 떨어짐

(2) 작업인력 투입으로 인한 단가 상승

- 당사 표면처리(도장) 공정에서 평균 10~15명의 작업자가 근무 중이며 대부분의 인력은 제품 및 지그 로딩/언로딩, 제품 품질 검사에 집중되어 있어 공정 운영의 비효율적인 문제를 야기하며 특히, 운용하고 있는 Spindle Line은 매우 빠른 속도로 진행하기 때문에 제품의 로딩/언로딩 작업 시 많은 인력을 요구하고 이는 인건비와 인력난의 부담이 되어 제품의 단가 상승으로 이어짐

(3) 수동 작업에 따른 품질편차 발생

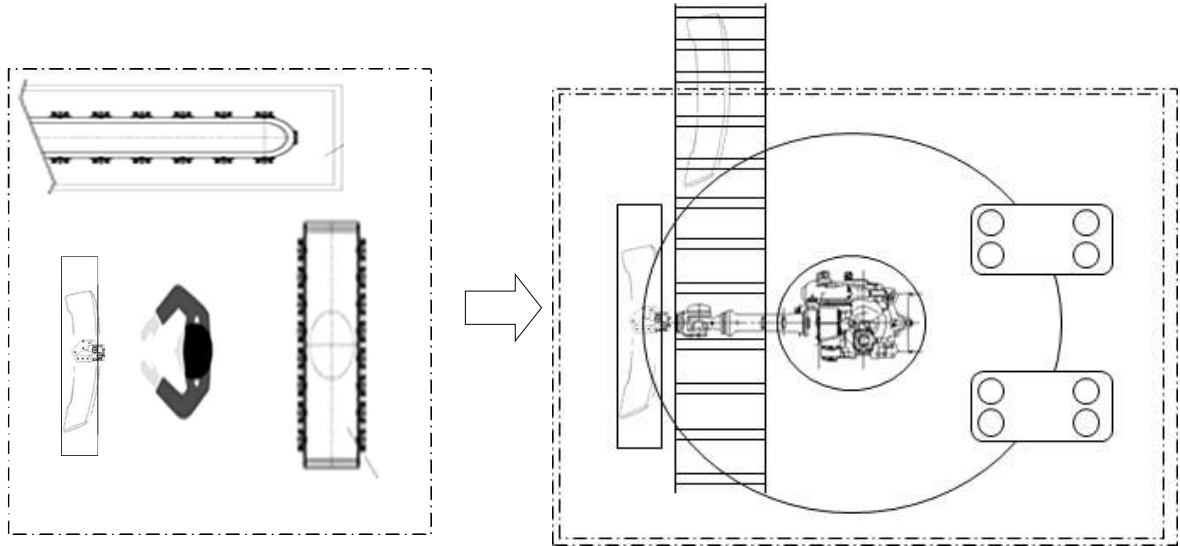
- 품질 검사를 수행하기 위한 수작업(육안) 전량 검사를 진행하고 있으며 반복적인 검사로 인해 생산성이 감소하고 작업자의 피로도 누적으로 휴먼에러(Human Error)가 발생, 정확도가 떨어져 기업의 품질 신뢰성 확보에 어려움이 있음

(4) 수기작업으로 인한 품질정보 관리 효율 저하

- 당사에서 MES 솔루션은 구축되어 있지만 생산 설비의 상당 부분에서 디지털화된 정보의 부재로 제품 생산 정보, 품질 및 불량 정보 등을 활용/개선하는 데 있어 효율적인 관리가 어려움

○ 개선 요구사항



- 도장라인 제품 취출 로봇 및 인공지능 기반 비전 검사 설비를 통한 공정 자동화 실현
- 다수의 인력이 투입되는 공정을 로봇이 대체하여 공정 자동화를 통한 기업의 운영효율을 극대화하며 운영 비용 절감



2-2. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

구분	언로딩	검사	적재
As-Is	수동	수동	수동
To-Be	자동화(로봇)	자동화설비	자동화(로봇)

 <p>도입 전</p>	 <p>도입 후(예시)</p>
--	---

[도금공정 시험/검사 표준모델 도입 솔루션]



□ 시스템 구성

[표준공정모델 시스템 구성안]

H/W	사 양	필요 기능
이재로봇 (YS080)	<ul style="list-style-type: none"> - 구조: 다관절 - 자유도: 6축 - 가반중량: 80kg - 반복정도: $\pm 0.11\text{mm}$ - 리치: 2,239mm 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지 - 제어시스템과의 S/W 호환성 - 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성

협동로봇 (M1 PRO)	<ul style="list-style-type: none"> - 구조 : 다관절 - 자유도 : 3축 - 가반중량 : 1.5KG - 반복정도: $\pm 0.02\text{mm}$ - 리치 : 400mm 	<ul style="list-style-type: none"> - 컨베이어 벨트의 제품을 검사 기 위치로 이동
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"> - 제품을 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"> - 로봇의 로딩 및 적재 가능하도록 정위치에 대차를 고정
비전	<ul style="list-style-type: none"> - 카메라/렌즈/조명 - 관제 프로그램 	<ul style="list-style-type: none"> - 검사라인의 제품 품질 검사

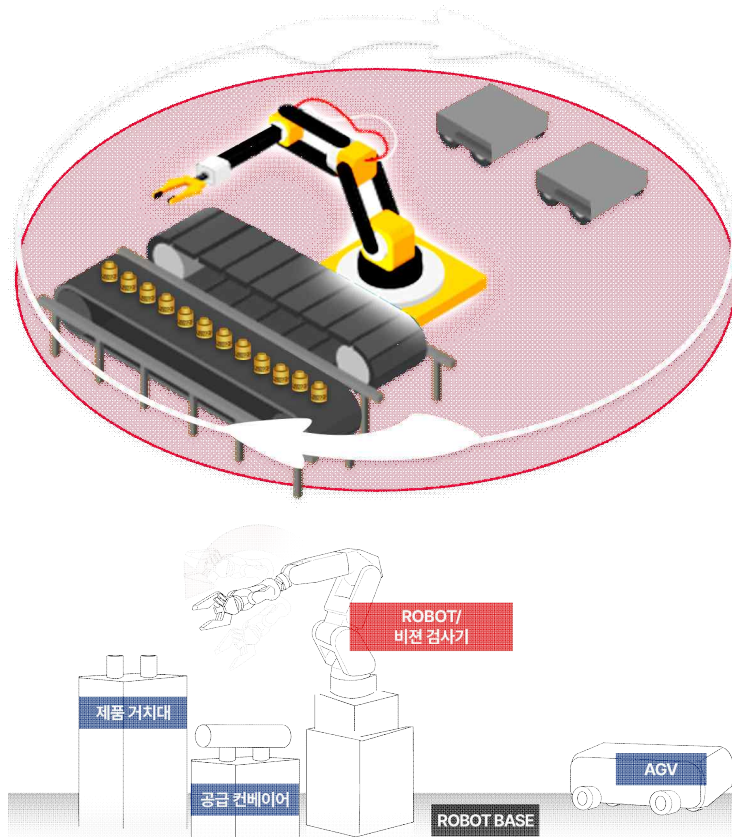
□ 시스템 상세 구성 및 스펙

1. 로봇(Industrial Robot)	사양 정보	
	범주	Industrial Robot
	가반중량	80kg
	로봇반경	2,239mm
	통신방법	CC-Link
	운영방식	Handling
	수량	1대
2. 로봇(Industrial Robot)	사양 정보	
	범주	Industrial Robot
	가반중량	1.5kg
	로봇반경	400mm
	통신방법	CC-Link
	운영방식	Handling
	수량	1대

3. 그리퍼	사양 정보	
	범주	Industrial cylinder gripper
	구조	Air cylinder type 2Jaw type
	파지력	15kg 이상
	특징	제품 도금 손상방지를 위해 실리콘 처리
4. PLC	사양 정보	
	범주	PLC
	통신방식	이더넷
	특징	확장성 및 화환성 가능 로봇 및 주변기기들에 대한 컨트롤 로봇 데이터 수집 및 가공
4. 비전	사양 정보	
	구조	투입부, 검사부, 배출부
	통신방식	이더넷
	구성	카메라 조명 렌즈

□ 공정 설계도

○ 로봇 공정설계안



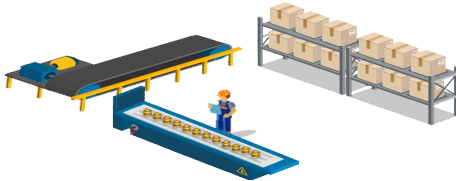
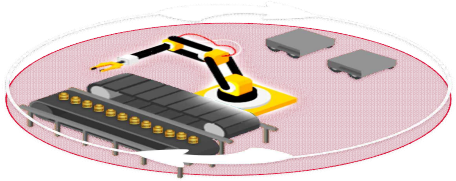
<로봇자동화 시스템 구성>

- ① 제품 언로딩 협동로봇
- ② 다관절로봇 1대
- ③ 그리퍼
- ④ AGV
- ⑤ PLC
- ⑥ 비전

[로봇과 비전을 이용한 공정설계도]

- ① 협동로봇을 통해 컨베이어의 제품을 검사기 투입구로 이동
- ② 검사기 투입구를 통해 비전 설비로 이동
- ③ 비전 설비를 통해 품질 여부 확인
- ④ 품질이 확인된 제품을 다관절 로봇이 양품과 불량을 구분
- ⑤ 구분된 제품을 각각의 AGV로 이동

2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [플라스틱용기 도장공정 검사/포장]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	합성수지도금및 도장사출 (C20202)	적용공정	플라스틱용기_도장(검사/포장)
공정 소개	공정 정의	■ 제품의 검사 과정에서 비전 및 다관절 로봇을 투입하여 품질의 확보 및 생산성 향상 및 생산비 절감 등을 실현하는 공정			
	핵심(부) 기능	■ 제품 언로딩 및 검사부 투입 ■ 검사부에서 비전을 통한 품질검사 ■ 검사 완료후 양품/불량에 따른 제품 이송			
	핵심 구성	■ 언로딩 협동로봇, 이송 산업로봇, 제품 대응 그리퍼 ■ 비전 설비 ■ 비전을 통한 제품 품질 DB화			
	핵심 성능	■ 제품별 언로딩 티칭 ■ 로봇과 그리퍼와 비전의 연동 전기적/기계적 인터페이스 통일 ■ 제품을 빠르고 균일하게 전달하기위한 설계 ■ 제품 검사후 검사 제품의 정렬 및 AGV 이동 ■ 로봇의 이동시 통신장비 설치의 간편성			
	필요성/효과	[필요성] ■ 수작업인원의 대량 투입으로 인한 생산 단가 상승 ■ 단순 반복작업에 기인한 작업자 피로도 누적 및 불량률 상승 ■ 인력난으로 인한 생산율 하락		[도입효과] ■ 생산 단가 절감 ■ 불량률 미검출 감소 ■ 검사 정확성 향상 ■ 생산성 향상	
	구분	Before		After	
	레이아웃				
작업순서	제품 언로딩 → 검사 → 제품 분류		제품 언로딩(로봇) → 검사(자동화 설비) → 제품 정렬 및 분류(로봇)		
적용로봇 사양	로봇 종류	산업용로봇		협동로봇	
	가반 하중	80kg		1.5kg	
	작업 반경	2,239mm		400mm	
	투입 대수	40,000천원		30,000천원	
	기타	1대		1대	
주변 설비 사양	그리퍼	■ 50kg 이하 (작업물 무게 포함) ■ 정렬된 팔레트를 핸들링 ■ 도장된 제품이 파손되지 않는 실리콘 처리			
	로봇BASE	스테인리스 구조물 2기			
	적용 제어기	PLC(유선/무선), 임베디드제어기			
	정렬장치	소재 정렬 트레이			
	안전팬스	2M(높이) X 15M(길이)			
로봇도입 핵심 고려사항	진단/검사 기기	■ 비전 시스템, 제품 인식용			
	· 언로딩 반복위치 결정 정도 ±0.02 mm 이내 · 정렬 및 이체로봇의 설치 위치가 기존 생산라인의 이동 동선에 방해가 되지 않아야하며, 작업자의 안전이 확보되어야 함 · PLC와 PC, 로봇, 센서들 간의 동기화를 통해 제어가 이뤄져야 함 · 협동로봇의 제품 투입 속도와 정확한 정렬				
소요예산	■ 총사업비 250백만원 내외(정부 출연금 125백만원 이내)				
작성처	■ ☎032-850-0238 (한국생산기술연구원 오세권 선임연구원)				

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	900,000	1,008,000	108,000	12%	
일 생산량	45,000	50,400	5,400	12%	
시간당생산량	5,000	5,600	600	12%	
투입인원(명)	12	2	(10.0)	-83%	
노 무 비	44,517,600	7,419,600	(₩37,098,000)	-83%	₩12,525

*인당노무비 : 최저시급(8350원)*50%(4대보험료, 퇴직금등 포함)

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)	₩300,000	
합 계	₩5,508,333	0.022033333

* 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	₩44,517,600	₩12,927,933	₩31,589,667	₩103,356,000	2

○ 정성적 효과(제조현장 근무환경 개선내용 등)

- 근무환경 개선 및 업무 효율성 향상

: 반복작업으로 인한 작업자 근골격계 질환 및 시력저하의 위험으로부터 보다 안전한 근무환경 제공

- 시험/검사 공정에 검사 자동화 설비를 구축하여 도장부터 검사까지의 자동화라인 실현

- 기존 인력 재배치를 통한 인건비 절감

3-2. 고려사항

□ 표준공정모델 적용 및 공정 운영 시 유의사항 등

○ 언로딩 작업시 유의사항

- 컨베이어 벨트의 속도가 빠르고 제품이 작아 언로딩 작업을 수행하기 위해 작업속도가 빠르고 정확해야 한다.

: 동기화 실패로 제품 언로딩이 실패할수 있다.

○ 검사 작업시 유의사항

- 제품 검사시 동일한 환경을 유지할수 있도록 검사 환경을 구성해야 한다.

: 조명 및 카메라의 이동으로 검사 조건이 달라지면 검사에 실패할수 있다.

○ 정렬 및 이재 작업시 유의사항

- 검사후 퇴출부의 제품을 이재하고 정렬시 제품에 손상이 발생하지 않도록 정렬기를 안정화 시켜야 한다.