
**[뿌리] 3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩
정밀가공 공정**

[표준공정모델 매뉴얼]

2022. 12

한국생산기술연구원

목 차

1. 개요	.....
1-1. 주요 이론 및 분류	.....
1-2. 공정소개	.....
1-3. 로봇 자동화 주요 사항	.....
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	.....

1-1. 주요 이론 및 분류

- 다축 다관절 로봇 기반의 머신텐딩 공정에 3D 비전을 활용해 투입소재를 세팅하고 작업물의 가공 정보를 3D 비전으로 자동측정하여 입력하는 공정으로 멀티 / 비정렬로 세팅된 소재를 3D 비전을 활용하여 투입소재를 측정하고 워크좌표 및 측정 POST를 자동으로 생성하여 프로브를 통한 검증 및 보정을 진행한다.

1-2. 공정소개

□ 3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩 정밀가공 공정 개요

- 적재된 소재를 협동로봇을 통한 설비로의 로딩/언로딩 적용하고 소재 세팅 Type을 소프트웨어를 통해 설정한다.

그후 로봇에 부착된 3D비전으로 측정하여 소재의 유/무, 소재 크기(높이값 포함), 베드 내 소재 위치점을 자동으로 파악하여 워크 좌표계 및 측정 Probe Post를 생성한다. 다시 한번 프로브로 재검증하고 소재 사이즈 및 워크 좌표계를 재생성 한다.

□ 3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩 정밀가공 공정 정의

- 3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩 정밀가공 공정은 단일 작업물 공정을 멀티 작업물 공정으로 전환하는 것을 의미하며 다양한 세팅 Type에 적용이 가능하다. (마그네틱, 버큘, 바이스, Zero Point)
작업자가 수작업으로 작업물 가공 정보를 입력하는 것을 3D 비전 측정을 통하여 자동으로 입력하게 하고 그 정보를 다시 프로브로 검증 및 보정하여 세팅자동화를 실현한다.

1-3. 로봇 자동화 주요 사항

거의 대부분의 협동 로봇 베이커들은 가반중량 5~15kg 내외인 협동로봇을 생산하고 있다. 가반 중량은 6축 다관절 로봇의 끝단에 부착할 수 있는 하중을 의미한다. 이런 협동로봇은 로봇 제어기에 그리퍼와의 신호 입출력을 위한 인터페이스를 제공하고 있으며, 기본적으로 그리퍼의 온/오프 기능은 물론 전동그리퍼를 사용하게 되면 벌어지는 양과 오므라지는 양을 제어할 수 있도록 하고 있다.



<머신텐딩 3D 시뮬레이션>

위 그림은 협동로봇을 Feeder라는 장치 위에 거치하는 형태를 보여준다. Feeder장치를 이용해 거치하는 형태는 협동로봇을 이동시켜 사용할 수 있음을 의미한다. 협동로봇의 이동으로 로봇 한 대로 설비 한 대에 적용할 뿐만 아니라 다른 설비에도 이동 적용할 수 있음을 말한다.

2-1. 공정 분석

□ 3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩 정밀가공 공정 분석

○ 공정 흐름도



○ 공정 구조

- ① 협동로봇이 소재 베드에 안착
- ② 소재 체결 방법에 따라 소재 셋팅
- ③ 가공 DATA 설비 전송
- ④ 3D 비전을 통한 소재 인식
 - 베드 내 소재 파악 (유무 및 수량 자동 파악)
 - 수량별 소재 번호 부여
 - 소재 번호별 크기 인터페이스
 - 소재 번호별 중심점 위치 인터페이스
- ⑤ 워크 좌표계 생성 및 측정 프로브 포스트 생성
- ⑥ 프로브 검사 (소재 사이즈 검증 및 재설정, 워크 좌표계 재설정)
- ⑦ 절삭가공 시작
- ⑧ 가공 완료 후 언로딩

□ 공정 문제점 및 개선 필요성

○ 현재 공정 문제점

(1) 제품 세팅 시 불량 발생

- 제품 멀티세팅 및 작업 시 수작업으로 진행해 작업자 숙련도 및 조건에 따라 불량이 발생

(2) 단순 반복 작업 문제점

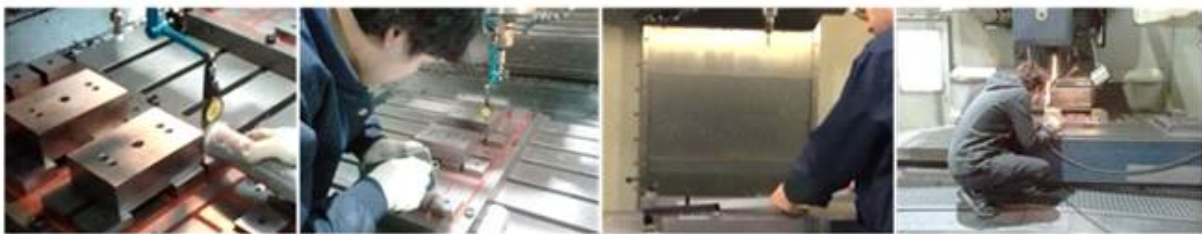
- 단순 반복작업에 기인한 작업자의 피로도 누적

(3) 반복 세팅으로 발생하는 문제점

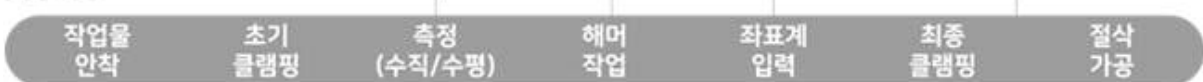
- 반복 세팅 시간이 누적되어 생산성 저하의 원인이 됨

○ 개선 요구사항

- 반복 세팅으로 발생하는ロス 타임을 경감시키고 단일 작업물 세팅이 아닌 멀티 작업물을 세팅하여 설비가동율을 향상 시키고 자동화 세팅으로 불량률을 감소시킨다. 또한 수작업으로 단순 반복 작업을 제거하여 근로 환경 개선에 기여한다.

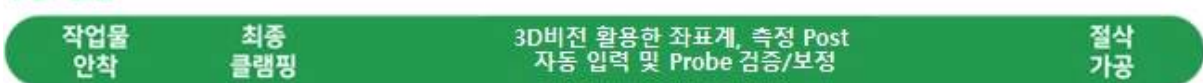


AS-IS

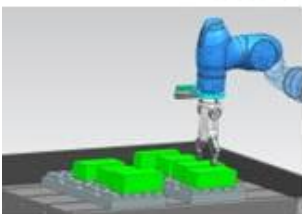


TO-BE

자동화

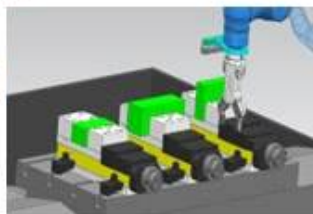


수평/수직 不誤



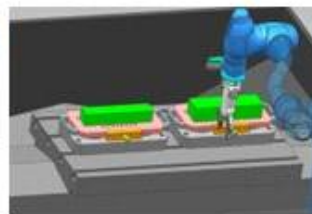
산업재해 위험 제거

안전한 작업 환경



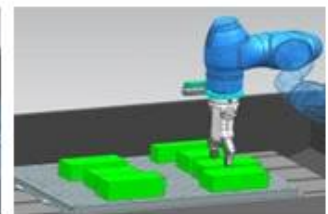
시스템 의존적 품질

숙련자=초보자



생산성 향상

작업시간 단축

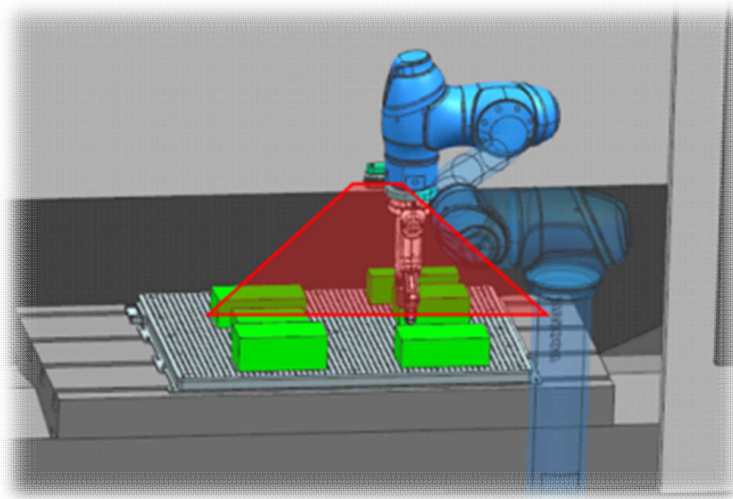


[3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩 정밀가공 공정 개선 전/후]

2-2. 로봇 활용 표준공정모델

□ 표준공정모델 개요

구분	작업물 안착	클램핑 전 측정	가공	언로딩	적재
As-Is	수동	수동	MCT	수동	수동
To-Be	로봇	비전	MCT	로봇	로봇



[표준모델 도입 솔루션]

□ 시스템 구성

[표준공정모델 시스템 구성안]

H/W	사 양	필요 기능
협동 로봇	<ul style="list-style-type: none"> - 타입: 다관절협동 - 축 자유도: 6-axis - 가반하중: 5~25kg - 반복정밀도: $\pm 0.1\text{mm}$ - 작업반경: 900~1700mm 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업반경내에서의반복정밀도 유지 - 사람과같은공간에서 작업가능 - 프로그램의간단한변경으로 작업변경용이 - 로봇 시스템에 대한 견고한 고정과 구조물의 진동을최소화 설계필요
그리퍼	<ul style="list-style-type: none"> - 핸들링 재질: 금속 소재 - 그리퍼 : 3.3Kg - 그리퍼 플런지 : 1.0Kg - 그리퍼 링크 : 0.8Kg 	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇 가반하중을 고려한 선정 - 정확한 위치로의 이송
측정 장치	<ul style="list-style-type: none"> - 3D 비전 	<ul style="list-style-type: none"> - 소재 유/무, 소재크기(높이값 포함) 베드 내 소재 위치점 파악
측정 장치	<ul style="list-style-type: none"> - OMP400 Probe Full kit (접촉식 프로브) 	<ul style="list-style-type: none"> - 공작물 세팅 검증 및 보정
제어반	<ul style="list-style-type: none"> - 확장성 및 호환성 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 그리퍼, 비전 등과의 호환성 가능 - 통합관리시스템 연동 제어

머신텔딩
(로봇팔용 공정 자동화)

Gr-BOX

생산설비

Probe
(공작물/공구 정밀측정)

툴키퍼
(공구수불관리)

CMM
(3차원 측정기)

Clamping
(Zero-point Clamping)

Ballbar
(생산설비 예측예방보전)

툴프리세터
(공구 정밀 검사)

[로봇 제어기 호환성]

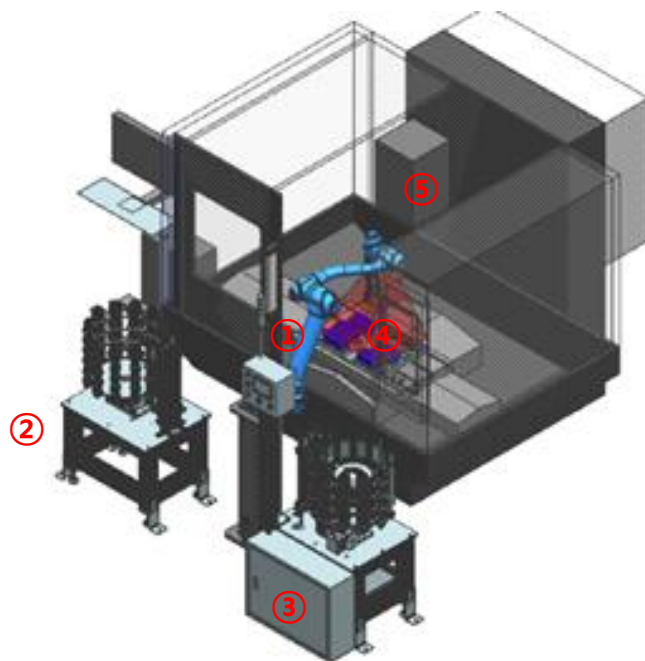
□ 시스템 상세 구성 및 스펙

1. 협동로봇	사양 정보	
	범주	협동로봇
	가반중량	5 ~ 25kg
	로봇반경	900 ~ 1,700mm
	축자유도	6-axis
	반복정밀도	± 0.1mm
	수량	1대
2. 그리퍼	사양 정보	
	범주	전동 그리퍼
	가반하중	2.0Kg
	스트로크	110mm
	수량	1대
3. 3D 비전	사양 정보	
	범주	3D 비전 카메라
	깊이FOV	86° x 57°
	최대깊이 해상도& 프레임 속도	최대 1280 x 720 최대 90fps
	최대범위	20m

4. 3D 프로브	사양 정보	
	범주	OMP 400 (3D 프로브)
	반복정밀도	0.25 μ m
	구성품	OMI-2 수신기와 같이 구성
	수량	1대

□ 공정 설계도

○ 로봇 1대 운영 공정설계안




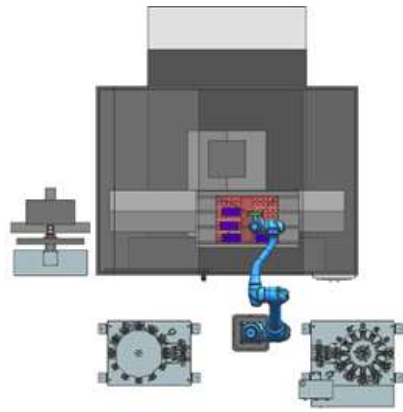
<로봇자동화 시스템 구성>

- ① 협동로봇
- ② 소재공급 장치
- ③ 소재 적재 장치
- ④ 3D 비전카메라
- ⑤ 프로브

[로봇 1기를 이용한 공정설계도]

- ① 소재공급장치 위의 소재를 협동로봇이 가공장비로 로딩
- ② 3D 비전카메라로 소재 파악
- ③ 프로브로 재검사
- ④ 가공 시작
- ⑤ 가공 완료 후 협동로봇이 소재 적재장치에 적재

2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩 정밀가공 공정]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	그 외 기타 금속 가공업 (C25929)	적용공정	3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩 정밀가공 공정
공정 소개	공정 정의	<ul style="list-style-type: none"> 3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩 정밀가공 공정은 기존의 사람에 의존한 로딩/언로딩 반복 공정을 6관절 산업용 로봇 및 협동 로봇에 3D 비전 시스템을 부착하여 가공장비에 멀티/비정렬 세팅을 가능하게 하는 공정으로 작업 인력을 대체해 생산성증가, 비용절감, 작업자 환경개선 등을 실현하고자 함 			
	핵심(부) 기능	<ul style="list-style-type: none"> 3D 비전의 소재 스캔 프로브의 소재 재검증 로봇에 의한 로딩/언로딩 			
	핵심 구성	<ul style="list-style-type: none"> 6관절 협동로봇, 그리퍼, 지그장치 3D 비전 시스템, 프로브, 소재 공급/적재 장치 			
	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 			
	필요성/효과	<p>[필요성]</p> <ul style="list-style-type: none"> 공작물 세팅에 많은 시간 소요 3D업종의 인력난에 주 52시간 근무로 생산성 감소 		<p>[도입효과]</p> <ul style="list-style-type: none"> 작업자 보호 생산성 향상 불량률 감소 작업자 보호 작업자 보호 품질 향상 	
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	작업물 안착 → 초기 클램핑 → 측정 → 해머작업 → 좌표계 입력 → 최종 클램핑 → 절삭 가공		작업물 안착 → 최종 클램핑 → 측정 → 절삭 가공	

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩 정밀가공 공정]		
적용로봇 사양	로봇 종류	협동로봇
	가반 하중	~25kg
	작업 반경	~1,170mm
	투입 대수	1대
	기타	약45,000천원
주변 설비 사양	그리퍼	■작업물 5kg 이하, 그리퍼 가반하중 15kg, 그리퍼 무게 2kg 이하
	소재공급	■다품줄 소재 적용을 위한 소재공급 장치
	오토도어	■I/O 입력을 통한 설비 자동 개폐장치
	측정장치	■ 3D 비전 / 프로브
	S/W I/F	■작업지시 및 설정 사용자 화면, LAN 통신, 로봇/설비/비전 간 I/F
	제어기	■비전, PLC(유선/무선), MES 연결용 PC, 임베디드제어기
	안전설비	■비상스위치, 경광등, 안전표지판
로봇도입 핵심 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> ■ 6관절 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(정부출연금 125백만원 이내)	
작성처	☎031-8040-6169 (한국생산기술연구원 이동윤 수석연구원)	

3 기대효과 및 고려사항

3-1. 기대효과

□ 표준공정모델 적용에 따른 기대효과

○ 정량적 효과

① 로봇 도입 후 예상 생산량

구 분	도입전	도입후	변화량	증감율	비 고
월 생 산 량	396ea	616ea	220ea	56%	
일 생 산 량	18ea	28ea	10ea	56%	
시간당생산량	1.8ea	2.8ea	1.0ea	56%	
투입인원(명)	3	1	1	-67%	
노 무 비/月	₩9,068,400	₩3,022,800	(₩6,045,600)	-67%	

② 로봇도입 투자비용 / 운용비용

구 분	로봇설비비용	비 고
투 자 금 액	₩181,600,000	
감가상각비(월)	₩3,000,000	
유지보수료(월)	₩750,000	
투자금 이자비용	₩0	
기타 비용	₩0	
전력비(월)	₩300,000	
합 계	₩4,050,000	

③ 로봇 도입 투자비용 예상 회수기간

비용합계	도입전	도입후	로봇도입비 용차액	생산량증가 이익	투자금액 회수기간(월)
노무비+로봇설 비비용	9,068,400	7,072,800	1,995,600	11,000,000	14개월

○ 정성적 효과(제조현장 근무환경 개선내용 등)

- 정형화된 반복 작업을 로봇이 대신 수행하여 현장 작업인력의 피로도 감소로 인한 생산성 향상, 근로환경 개선을 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
- 멀티/비정렬 세팅을 실현하여 로스 시간을 감소시켜 생산성 향상
- 시스템 의존적 품질로 숙련자와 초보자의 가공 결과물을 일치 시킴
- 로봇투입공정으로 공정 필수인원의 타 공정 재배치가 가능하여 인건비 감소를 통한 생산원가 절감

3-2. 고려사항

□ 3D 비전 기반 멀티/비정렬 세팅 머신텐딩 정밀가공 공정 모델

○ 공정설계 핵심 사항

- 6 관절 협동 로봇의 정확한 제어(± 0.1 이내)가 가능해야 함
- 로봇에 의한 원소재 로딩 이후 3D 비전과 프로브에 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