

---

특수목적기계용 부품 제조\_가공(아크용접) 공정  
**[표준공정모델 매뉴얼]**

---

2020. 12

한국생산기술연구원

## 1-1. 아크용접의 원리

아크 용접은 전기 방전의 일종인 아크 플라즈마를 열원으로 하여, 금속 소재의 국부적인 용융을 통해 접합하는 공정이다. 순간적인 전기 방전은 짧은 시간 고전압의 전기 방전으로 끝나고 말지만, 아크는 공급되는 보호가스에 의해 플라즈마 가스가 연속적으로 형성되며, 지속적인 저전압 고전류 방전이 이루어진다. 아크 용접은 이 아크 플라즈마를 용접 열원으로 사용하는 공정이다.

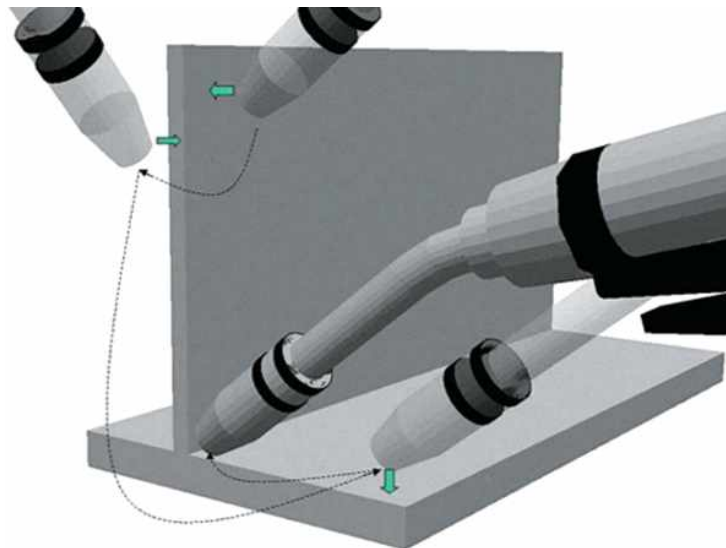
아크는 모재와 전극 사이에 형성되며, 전극의 용융 유무에 따라 크게 비소모성 전극 아크 용접과 소모성 전극 아크 용접으로 분류할 수 있다. 비소모성 전극 아크 용접은 텅스텐 계열의 전극을 사용하는 GTAW(gas metal arc welding)가 대표적이다. 이 용접 공정은 전류 범위에 따라 공랭식과 수랭식 토치를 사용하며, 전극은 용융되지 않지만 미시적인 용융 및 증발에 따라 마모가 일어나므로 주기적으로 전극을 그라인딩 하고, 교체해 주어야 한다. 용접부에 추가적인 용접 금속을 공급해 줄 수도 있는데, 이를 용가재(filler metal)라고 하며 봉 형태의 용가봉(filler rod)과 와이어 형태의 용가 와이어(filler wire)를 사용한다. 용가재 없이 모재만으로 용접 공정을 수행하는 경우는 제철 용접(autogenous welding)이라 하며, 보통은 용가봉을 추가 적용하여 수용접(manual welding)하는 경우가 일반적이다.

소모성 전극 아크 용접에서는 용가 와이어가 전극이 된다. 이 용접 공정에서 와이어는 전극이면서 용가재가 된다. 와이어는 스펴에 감겨 있으면서, 모터에 연결된 롤러가 포함된 와이어 송급 장치(wire feeding system)에 의해 와이어는 토치 끝단으로 계속 밀려나 아크에 의해 용융되고, 용융된 용적(droplet)이 모재로 전달되는 방식으로 용접 공정이 이루어진다. 용적 이행이 용접 품질을 결정하는 주요한 변수가 되며, 성공적인 용적 이행을 목적으로 여전히 활발한 기술 개발이 이루어지고 있다. 통칭 GMAW(gas metal arc welding)으로 불리고 있으며, 전체 용접 소모성 재료 시장의 70% 이상을 GMAW 공정이 차지할 정도로 산업에서 활용도가 높다. 산업 현장의 활용도가 높은 만큼 다양한 응용 공정이 존재한다. 일반적으로 단면이 단일 합금으로 딱 차 있는 솔리드 와이어를 사용하지만, FCAW(flux cored arc welding)에서는 중앙부의 분말 플럭스를 합금이 둘러싼 단면 형상의 플럭스 코어드 와이어를 사용하고, 특수한 경우 중앙부를 별도의 금속 분말로 채운 메탈 코어드 와이어를 사용하기도 한다.

## 1-2. 로봇자동화 주요 사항

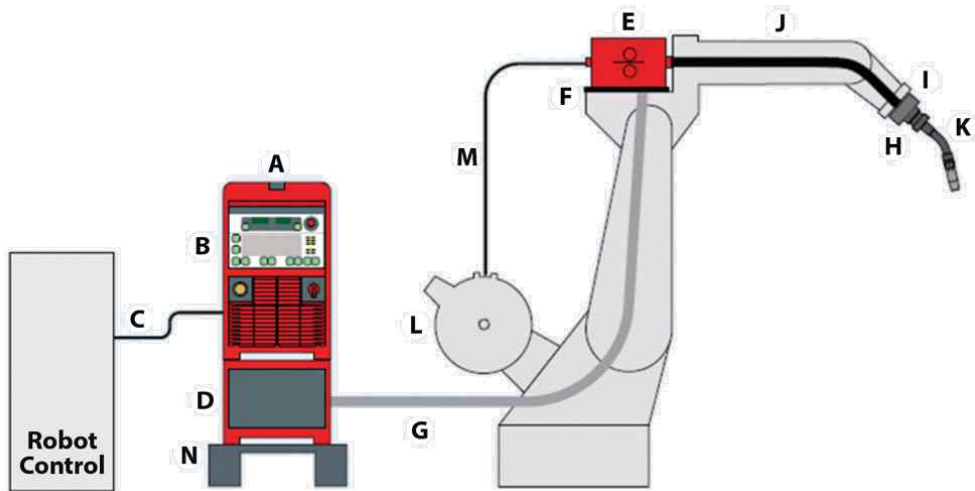
### (가) 로봇-용접기 인터페이스

거의 대부분의 산업용 로봇 메이커들은 가반 중량이 10kg 내외인 아크 용접용 로봇을 생산하고 있다. 가반 중량은 산업용 6축 로봇의 끝단에 부착할 수 있는 하중을 의미한다. 이런 아크 용접용 로봇은 로봇 제어기에 용접기와의 신호 입출력을 위한 인터페이스를 제공하고 있으며, 기본적으로 아크의 온/오프, 아크 전류까지도 로봇 프로그래밍으로 제어할 수 있도록 하고 있다. 용접 중 전류의 큰 변화를 감지해 용접 위치를 실시간 추적하는 기능을 제공하는 아크 용접용 로봇도 있다. 더 나아가 용접전 토치와 모재 사이에 약한 전류를 인가해주고, 로봇이 용접부 주변을 돌출된 와이어로 터치함으로써, 용접 위치를 인지시키는 터치 센싱 기능을 제공하는 로봇도 있다. 아래 그림은 터치 센싱 방식으로 필렛 용접부를 찾는 모습을 보여주고 있다. 필요한 경우, 레이저 비전 센싱 방식으로 용접선을 추적하는 것도 가능하다.



아크 용접 로봇 자동화에서는 보통 로봇과 용접기를 별도 구매하여, 인터페이스를 전문으로 하는 엔지니어링 업체에 맡기는 방식으로 로봇 자동화가 이루어져 왔으나, 로봇 업체에서 턴키 방식으로 용접기까지 일체화된 시스템으로 공급하는 방식도 점차 증가하고 있다.

위 그림은 전형적인 아크 용접용 로봇 자동화의 개요를 보여주고 있다. 로봇 제어기와 아크 용접기(A)가 신호연결되어 있고, 용접기와 연결된 토치 케이블(G)이 로봇의 3축 끝단에 부착된 와이어 송급장치(E)까지 연결되어 있으며, 다시 송



급 장치로부터 로봇 6축 끝단에 부착된 토치(K)까지 케이블이 연장되어 있다. 그림에서 L은 와이어 스푼을 나타낸다. 로봇의 6축 끝단과 토치 사이 I 위치에는 쇼크 센서를 부착하는 것이 일반적이다. 용접 토치가 다른 물체와 충돌했을 때, 쇼크 센서가 살짝 꺾이면서 로봇에 긴급정지 신호를 보낸다.



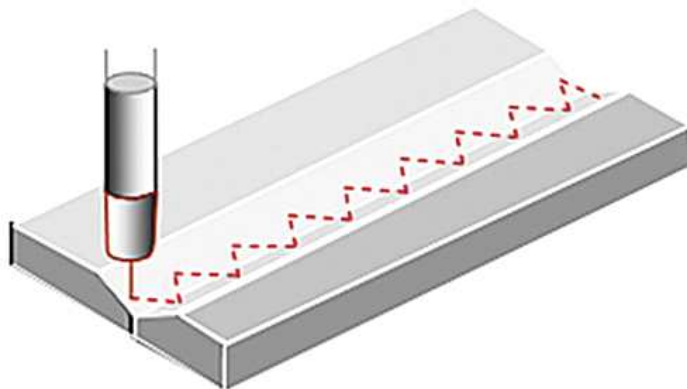
위 그림은 아크 용접 로봇의 두 가지 형태를 보여준다. 왼쪽의 방식이 기존에 구성해왔던 로봇 방식이다. 그림에서 알 수 있듯이, 로봇은 범용으로 만들어졌고, 여기에 와이어 송급 장치와 용접 토치가 부착되어 다소 산만한 모습이다. 아울러, 용접 케이블은 로봇 몸체와 동떨어져 별도로 거치해야 하는 등 케이블과 기타 부속 장치가 로봇의 움직임을 제약하는 일이 빈번히 발생하고, 장치를 부착하거나 케이블 경로를 설계할 때는 로봇의 작업 반경과 모션을 함께 고려해야 했다. 오른쪽 그림은 아크 용접 자동화를 위해 제작된 로봇과 토치를 보여주고

있다. 용접 케이블은 로봇 몸체에 내재화되어 로봇의 모션을 방해하지 않으며, 와이어 송급장치는 로봇과 한 몸체인 것처럼 부착되어 있고, 토치는 로봇 자동화에 맞도록 제작되어 부착되어 있다. 이처럼 근래의 아크 용접용 로봇은 그 목적에 맞도록 생산되고 있다.

#### (나) 특수 기능

앞서 언급한 바와 같이 로봇-용접기 인터페이스를 통해 로봇 제어기로 아크의 온/오프는 물론 아크 전류까지 제어할 수 있다. 이 기본 기능은 로봇 프로그래밍으로 제공되어, 로봇의 모션 중 아크를 점화시키거나 끌 수 있고 전류를 변화시킬 수도 있다. 더 나아가 용접 중 용접선을 추적할 수 있고, 터치 센싱 기능으로 용접 전 용접 위치를 자동으로 수정할 수도 있다.

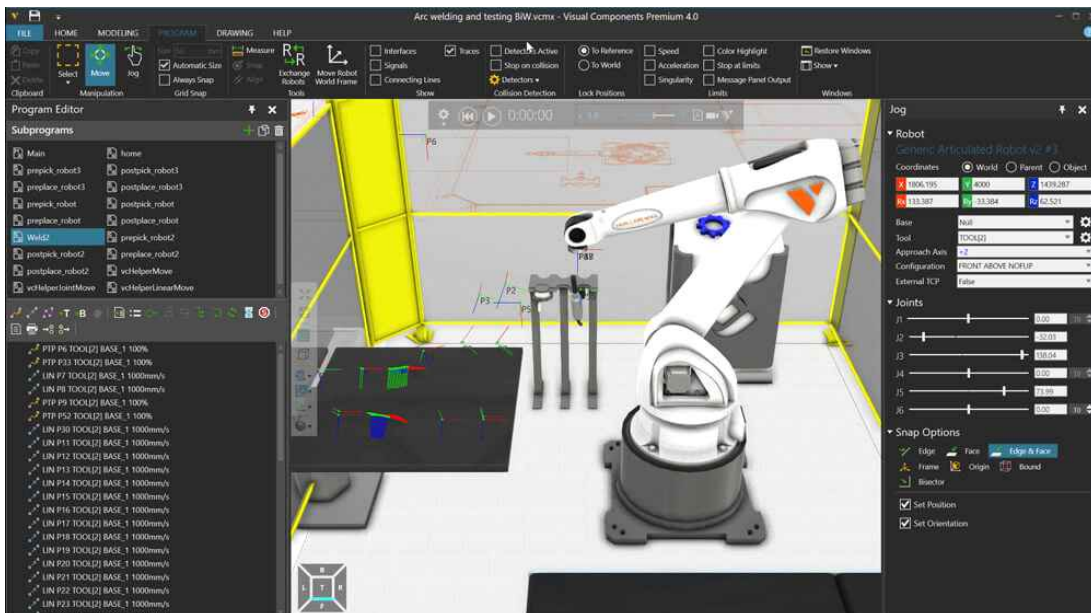
아크 용접에서 토치의 중요한 모션은 바로 위빙이다. 위빙은 아크 용접 중, 수작업자가 토치를 용접선을 따라 이동시키면서 회전하거나 횡방향 운동을 병행하여 비드 폭을 넓히거나 용융지 유동을 제어하여 용접 품질을 향상시키는 것을 말한다. 아크 용접용 로봇에서도 이 위빙 모션을 기본적으로 제공하는데, 용접선을 따라 삼각형을 반복적으로 그리면서 진행한다거나, 아래 그림처럼 좌우 병진 또는 전후 병진 운동 등을 제공하고, 위빙의 폭이나 주파수까지 변화시킬 수 있는 기능을 제공한다.



#### (다) 로봇 티칭 및 OLP

산업용 로봇 주임무는 주어진 동작과 기능을 반복적으로 수행하는 것이다. 로봇에게 동작을 지시하는 일을 통상 로봇 티칭이라고 한다. 로봇 티칭의 기본 방법은 아래 그림과 같이 로봇의 동작 속도를 최소로 해두고, 로봇 옆에 붙어 제어기에 연결된 펜던트를 이용해 각 축을 움직이거나, 설정된 좌표계를 이용해

매 순간의 로봇 모션을 결정해 주는 것이다. 매 순간의 정지 모션과 동작 기능을 프로그래밍 라인별로 저장해주고 연속적으로 움직이도록 하면, 로봇이 저장된 프로그램을 따라 반복적으로 움직이며 작업하는 것이다.



그러나, 이렇게 하는 것은 많은 시간과 비용이 소요된다. 따라서, 대부분의 산업용 로봇 업체들은 위 그림과 같은 별도의 OLP(off-line programming) 기능과 소프트웨어를 제공한다. OLP는 컴퓨터의 가상 공간에서 CAD 데이터를 기반으로 프로그램을 작성하는 것이다. 로봇과 작업대의 실제 설정 좌표계를 가상 공간에 놓고, 작업 부품의 CAD 데이터를 이곳으로 가져와 키보드와 마우스를 이용해 로봇의 모션과 기능을 프로그래밍 하여 시뮬레이션 해보고, 저장된 프로그램을 실제 로봇으로 내려 받아 작업을 수행하는 것이다. 가상의 좌표계와 실제 좌표계 사이에 오차가 있을 수 있으므로, 티칭 펜던트를 이용해 정지 모션에서의 위치만 일부 수정하는 방식으로 실제 작업이 이루어진다.



## 2-1. 로봇 활용 표준공정모델

## □ 표준공정모델 개요

## (1) 로봇 이동형 아크용접 자동화 모델 (Type-A)



[ 로봇 이동형 아크용접 자동화 모델 (Type-A)도입 솔루션 ]

## (2) 로봇 고정형 아크용접 자동화 모델 (Type-B)



[ 로봇 고정형 아크용접 자동화 모델 (Type-B)도입 솔루션 ]

## □ 시스템 구성

## (1) 로봇 이동형 아크용접 자동화 모델 (Type-A)

[표준공정모델 시스템 구성안]

H/W	사 양	필요 기능
용접 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타입: 다관절</li> <li>- 축 자유도: 6-axis</li> <li>- 가반하중: 6~12kg</li> <li>- 반복정밀도: <math>\pm 0.05\text{mm}</math></li> <li>- 작업반경: 1400~2100mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지</li> <li>- 로봇시스템에 대한 견고한 고정과 구조물의 진동을 최소화 설계 필요</li> <li>- 제어시스템과의 S/W 호환성</li> <li>- OLP를 통한 로봇좌표와 레이저 비전 간의 통신 및 시스템 매칭 필요</li> <li>- 로봇좌표 경로와 기타 구조물간의 복잡한 간섭은 회피하여 시스템 매칭</li> <li>- 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성</li> </ul>
겐트리 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타입: 겐트리</li> <li>- 축 자유도: 3-axis</li> <li>- 가반하중: 200kg</li> <li>- 반복정밀도: <math>\pm 0.05\text{mm}</math></li> <li>- 반경: x : 3500mm y : 2100mm z : 1500mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지</li> <li>- 로봇시스템에 대한 견고한 고정과 구조물의 진동을 최소화 설계 필요</li> <li>- 제어시스템과의 S/W 호환성</li> <li>- 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성</li> </ul>

(2) 로봇 고정형 아크용접 자동화 모델 (Type-B)

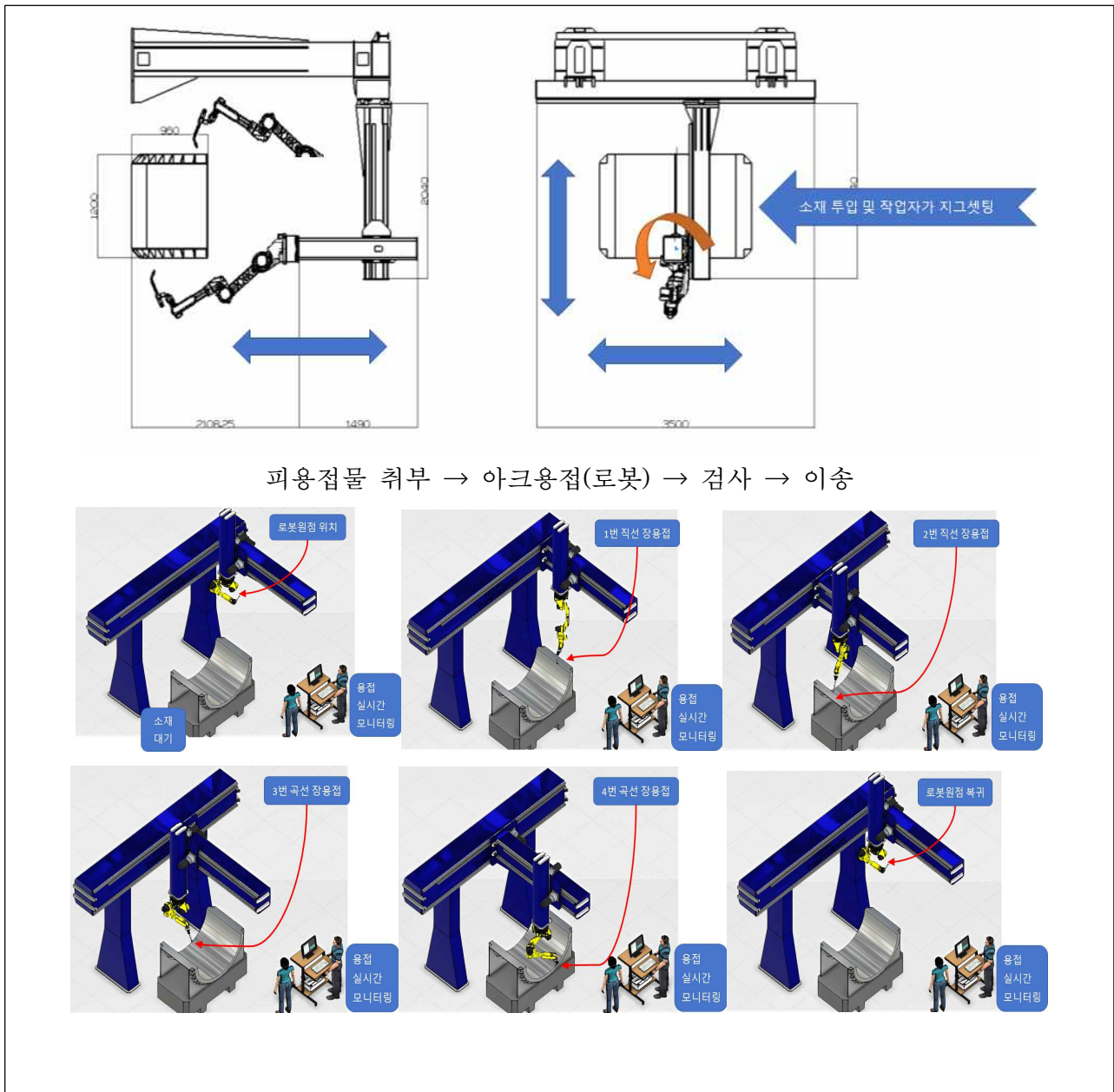
H/W	사 양	필요 기능
핸들링 로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타입: 다관절</li> <li>- 축 자유도: 6-axis</li> <li>- 가반하중: 200kg</li> <li>- 반복정밀도: <math>\pm 0.01\text{mm}</math></li> <li>- 작업반경: 2702 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지</li> <li>- 제어시스템과의 S/W 호환성</li> <li>- 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성</li> <li>- 컨베이어와 용접로봇 간의 시스템 인터페이스 매칭 필요</li> <li>- 근접센서를 통한 작업자 및 위험감지 시 안전규정 준수한 시스템 매칭 필요</li> </ul>
용접로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타입: 다관절</li> <li>- 축 자유도: 6-axis</li> <li>- 가반하중: 6~12kg</li> <li>- 반복정밀도: <math>\pm 0.05\text{mm}</math></li> <li>- 작업반경: 1400~2100mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지</li> <li>- 로봇시스템에 대한 견고한 고정과 구조물의 진동을 최소화 설계 필요</li> <li>- OLP를 통한 로봇좌표와 레이저 비전 간의 통신 및 시스템 매칭 필요</li> <li>- 로봇좌표 경로와 기타 구조물간의 복잡한 간섭은 회피하여 시스템 매칭</li> <li>- 컨베이어와 핸들링 로봇 간의 시스템 인터페이스 매칭 필요</li> <li>- 근접센서를 통한 작업자 및 위험감지 시 안전규정 준수한 시스템 매칭 필요</li> </ul>



## □ 공정 설계도

### (1) 로봇 이동형 아크용접 자동화 모델 (Type-A)

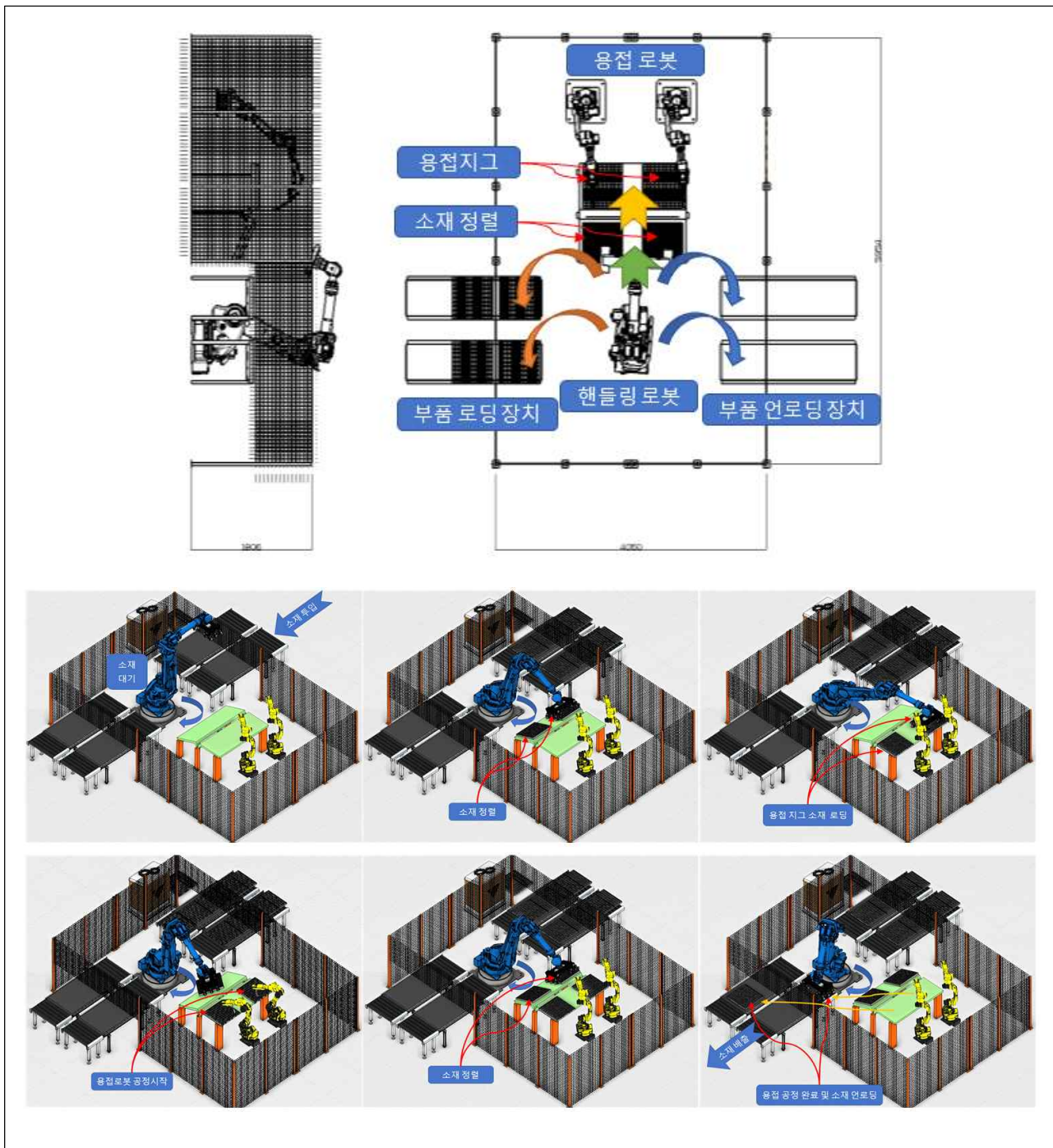
#### ○ 공정설계안



- ① 취부 위치에 작업자가 JIG위에 원자재를 고정
- ② 용접로봇은 이동형 부가축을 통해 설비에 고정 및 이동
- ③ 용접로봇이 위치 확인하고 용접 진행
- ④ 용접이 완료되면, 작업자가 완료된 제품의 용접부 결함 검사 진행

## (2) 로봇 고정형 아크용접 자동화 모델 (Type-B)

### ○ 공정설계안



- ① 원자재를 작업자가 이송로봇을 이용하여 취부위치에 고정
- ② 용접로봇이 레이저 센서 통해 피용접물 확인 후 주어진 용접경로에 따라 용접 진행
- ③ 용접완료 후 이송로봇이 그리퍼 이용하여 취출
- ④ 작업자가 접합부의 결함을 확인하기 위하여 검사 진행

## 2-2. 표준공정모델 실증기준

특수목적기계 아크용접 공정모델 [로봇 이동형 아크용접 공정모델 type-A]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	건설 및 채광용 기계장비 제조업 (C29241)	적용공정	가공(아크용접)
공정 소개	공정의 핵심성	<b>로봇 이동형 아크용접공정모델</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>아크용접공정은 고온, 고전압, 분진발생환경으로 작업 위험도가 높으며 품질 균일성 및 생산성이 떨어지는 대표적인 3D 공정</li> <li>아크용접공정에 로봇도입을 통하여 작업자 보호와, 품질 및 생산성 향상을 기대할 수 있음</li> <li>로봇 이동형 아크용접공정모델 대상               <ul style="list-style-type: none"> <li>용접 대상물의 하중이 높아 이동과 취부가 어려운 경우</li> <li>용접선이 로봇의 작업반경을 초과 하여 레일 및 겐트리를 통하여 로봇의 이동이 필요한 경우</li> </ul> </li> </ul>			
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	- 피용접물 취부 → 아크용접 → 검사 → 이송		- 피용접물 취부 → 아크용접(로봇) → 검사 → 이송	
	필요성/효과	- 도입필요성 · 수작업시 품질불량 다수발생 및 생산성 저하 · 작업자 고온, 고전압, 분진 환경에 노출		- 도입기대효과 · 품질 및 품질 균일도 향상 · 품질비용 감소 · 생산성 향상 및 고정비 절감 · 작업자 환경 개선	
	동영상	- 현장작업 동영상		- 공정시뮬레이션 및 현장 적용 동영상	
적용로봇 사양	로봇 종류	용접로봇		용접로봇	용접로봇
	가반 하중	6kg		20kg	50kg
	작업 반경	~1,400mm		~2,100mm	~2,100mm
	투입 대수	1대		1대	1대
	기타	- 로봇이송용 레일 or 겐트리 설비 필수			
주변 설비 사양	그리퍼	용접토오치 및 적용센서 장착형, 적용 용접로봇 가반 하중 고려 중량 최적화			
	SW	레일 or 겐트리 이송제어 및 용접로봇 연동 SW, OLP			
	적용 제어기	Digital 접점신호 제어용 유선 PLC or 산업용 PC 제어기			
	용접전원	입력전원 220~440V(±10%, 50/60Hz, 3상), 출력전류 350A Max(사용률 60% 시 350A)			
	용접장치	용접필러 공급장치, 용접팁 클리너, 용접전원 인터페이스 모듈			
	적용센서	거리 및 위치 센싱이 가능한 비접촉식 근접 센서, 레이저 비전 System & 제어 PC			
	취부장치	다품종 부품 대응 Multi Jig			
	안전팬스	높이 2m/셀당			
로봇도입 핵심 고려사항		<ul style="list-style-type: none"> <li>이동형 로봇과 6관절 로봇의 정확한 포인트(±0.05이내) 제어 가능해야 함</li> <li>로봇좌표와 적용센서 간의 통신 및 시스템 매칭 필요</li> <li>통합 모듈을 위해 PLC와 PC, 로봇, 센서들 간의 동기화 및 제어 필수</li> </ul>			
소요예산		· 총사업비 210백만원 내외(정부출연금 105백만원 이내)			
작성처		· 한국생산기술연구원 ☎ 031-8040-6362			



특수목적기계 아크용접 공정모델[로봇 고정형 아크용접 공정모델 type-B]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	건설 및 채광용 기계장비 제조업 (C29241)	적용공정	가공(아크용접)
공정 소개	공정의 핵심성	로봇 고정형 아크용접공정모델 ○ 아크용접공정은 고온, 고전압, 분진발생환경으로 작업 위험도가 높으며 품질 균일성 및 생산성이 떨어지는 대표적인 3D 공정 ○ 아크용접공정에 로봇도입을 통하여 작업자 보호와, 품질 및 생산성 향상을 기대할 수 있음 ○ 로봇 고정형 아크용접공정모델 대상 - 용접 대상물의 로딩&언로딩을 로봇이 수행이 가능한 경우 - 용접 대상물의 취부를 포지셔너가 수행하는 경우 - 다수의 용접선을 1기 이상의 용접로봇으로 동시에 용접하는 경우			
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	- 피용접물 취부 → 아크용접 → 피용접물 언로딩 → 검사		- 피용접물 취부(로봇) → 아크용접(로봇) → 피용접물 언로딩(로봇) → 검사	
	필요성/효과	- 도입필요성 · 수작업시 품질불량 다수발생 및 생산성 저하 · 작업자 고온, 고전압, 분진 환경에 노출		- 도입기대효과 · 품질 및 품질 균일도 향상 · 품질비용 감소 · 생산성 향상 및 고정비 절감 · 작업자 환경 개선	
	동영상	- 현장작업 동영상		- 공정시뮬레이션 및 현장 적용 동영상	
적용로봇 사양		로봇 종류	용접로봇	용접로봇	로딩/언로딩
		가반 하중	~20kg	50kg	~ 250 kg
		작업 반경	~2,100mm	~2,100mm	~2,100mm
		투입 대수	1대	1대	1대
		기타	-		
주변 설비 사양		그리퍼	용접토오치 및 적용센서 장착형, 개당 50kg이상 공압구동 방식의 부품 Pick & Place 기능		
		로딩/언로딩 장치	체인벨트 타입 컨베이어(5mm 분해능), 200kg 이상의 내하중, 반복위치 결정 정도 ±0.01 mm 이내		
		SW	핸들링 로봇, Jig 및 포지셔너 이송제어 및 용접로봇 연동 SW		
		적용 제어기	Digital 접점신호 제어용 유선 PLC or 산업용 PC 제어기		
		용접전원	입력전원 220~440V(±10%, 50/60Hz, 3상), 출력전류 350A Max(사용률 60% 시 350A)		
		용접장치	용접팁 클리너, 용접전원 인터페이스 모듈		
		적용센서	거리 및 위치 센싱이 가능한 비접촉식 근접 센서, 레이저 비전 System & 제어 PC		
		취부장치	다품종 부품 대응 Multi Jig 및 포지셔너		
		안전팬스	높이 2m/셀당		
로봇도입 핵심 고려사항		· 로딩/언로딩 반복위치 결정 정도 ±0.01 mm 이내 · 로봇좌표와 적용센서 간의 통신 및 시스템 매칭 필요 · 통합 모듈을 위해 PLC와 PC, 로봇, 센서들 간의 동기화 및 제어 필수			
소요예산		· 총사업비 210백만원 내외(정부출연금 105백만원 이내)			
작성처		· 한국생산기술연구원 ☎ 031-8040-6362			

---

금속주조품 후가공(사상) 공정  
**[표준공정모델 매뉴얼]**

---

2020. 12

한국생산기술연구원

## 1-1. 목적

- 가공품의 최종 품질을 결정하는 후가공 공정은 뿌리산업분야에서 가장 자동화가 되지 않는 공정으로 분류됨. 후가공(디버링, 사상, 피니싱) 공정은 가공시 분진처리, 힘제어, 복잡한 자유형상 등의 여러 제한조건으로 인하여 로봇의 자동화가 힘들고, 가공시 발생하는 가공부하는 강성이 약하고, 정밀도가 낮은 로봇의 모션제어를 더욱더 어렵게 하는 요인임. 본 과제에서 로봇 기반 후가공 공정 매뉴얼은 이러한 제한조건을 극복하고, 작업환경이 가장 열악한 후가공 공정을 로봇을 활용하여 해결하여 자동화하는데 목적이 있음.

## 1-2. 공정소개

### □ 공정 정의

- 로봇 기반 후가공 공정이란, 기존의 CNC 공작기계에서 수행하던 정밀 절삭가공을 일반 6축 산업용 로봇에 가공 스피들을 부착하여 절삭가공 공정을 수행하는 공정을 의미함. 본 매뉴얼에서는 로봇 기반 절삭 가공 중 비교적 가공부하가 적은 후가공 공정을 수행하며, 특히 후가공 공정중 알루미늄다이캐스팅 후 디버링 또는 일반 CNC가공후 후처리를 위한 사상가공 공정에 대하여 공정 분석을 수행하였음



### 1-3. 적용대상

#### □ 로봇 기반 후가공 공정 적용 방법에 따른 공정 분류

##### ○ type A : Workpiece 파지형 후가공 공정

- 가공 대상물을 로봇에 부착되어 있는 그리퍼가 파지하며, 가공 스펀들은 고정된 형태
- 대상 부품이 비교적 작은 형태에 적용이 용이하며, 생산량이 많은 공정에 적용이 유리함.
- 후가공 면적이 비교적 작고, 경로가 단순한 부품에 적용이 가능
- 적용 예 : 니플, 소켓, 밸브 등

##### ○ type B : 스펀들 로봇 부착형 후가공 공정

- 후가공용 스펀들이 로봇 끝단에 부착되어 고정된 워크를 가공하는 공정
- 대상 부품이 비교적 큰 형태에 적용이 용이하며, 생산량이 적은 공정에 적용
- 후가공 면적이 비교적 많고, 경로가 복잡한 부품에 적용이 가능
- 적용예 : 핸들, 휠, 엔진블럭 등

## 2-1. 로봇 활용 표준공정모델

Type A : Work-piece 파지 로봇 시스템

## □ 표준공정모델

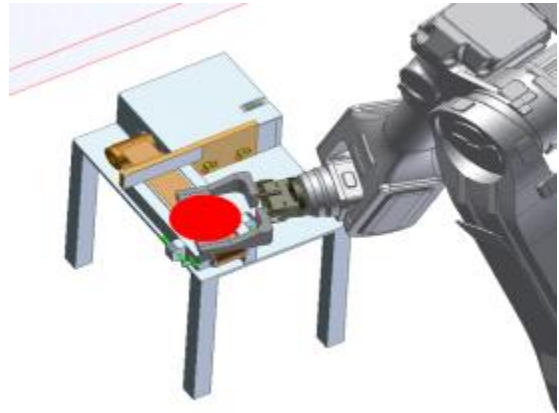
구분	소재 투입	검사	디버링	소재 취출	검사	적재
As-Is	수동	수동 (육안검사)	수동	수동	수동 (육안검사)	수동
To-Be	진입장치	-	로봇	로봇 취출장치	수동 (육안검사)	수동



디버링-1



디버링-2



[ 디버링(Work-piece파지타입) 표준모델 도입 솔루션 ]

## □ 시스템 구성

H/W	사 양	필요 기능
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타입: 수직다관절</li> <li>- 축 자유도: 6-axis</li> <li>- 가반하중: 20kg 이상</li> <li>- 반복정밀도: <math>\pm 0.05\text{mm}</math></li> <li>- 리치: 1,450mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지</li> <li>- 제어시스템과의 S/W 호환성</li> <li>- 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성</li> </ul>
그리퍼	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 핸들링 재질: 금속 소재</li> <li>- 그리퍼 파지력: 10kg 이상</li> <li>- 적용 ITEM: 5종 이상 호환</li> <li>- 반복정밀도: <math>\pm 0.05\text{mm}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부품(ITEM) 변경에 따른 호환 사용 가능</li> <li>- 정확한 위치로의 이송</li> </ul>
제어반	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 통신방식: CC-Link</li> <li>- 확장성 및 호환성 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서류 및 그리퍼등 과의 호환성 가능</li> <li>- 통합관리시스템 연동 제어</li> </ul>
디버링 Tool	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기방식의 그라인더</li> <li>- Tool 교체가 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제품디버링에 용의한 TOOL 선정</li> </ul>



[ 로봇 제어기 호환성 ]

## □ 공정 설계도



<로봇자동화 시스템 구성>

- ① 소재 로딩장치
- ② 다관절로봇 1대 및 그리퍼
- ③ 페이퍼 그라인더 유니트
- ④ 연마숫돌 그라인더 유니트
- ⑤ 소재 취출장치
- ⑥ 컨트롤박스
- ⑦ 로봇 제어반

[ Work-piece 파지 로봇 시스템 운영공정설계도 ]

- ① 로딩장치에 가공완료된 소재 박스 투입
- ② 박스에 적재되어 있는 소재를 파지하여 디버링 작업
- ③ 디버링 조건에 맞는 그라인더 작업 진행
- ④ 작업완료된 소재를 취출장치에 준비되어 있는 박스에 적재

## □ 운영 시나리오

- Work-piece 파지 로봇 시스템 운영 공정
- 표준모델 공정 설계에 따른 운영시나리오 시뮬레이션을 위해 로봇 1기를 이용한 공정 운영안을 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 검증
- 소재 디버링 로봇운영 시나리오 : 제품의 소재를 파지하고 디버링 유니트에 직접 디버링 작업을 하여 작업자의 공정과 유사하게 프로그램을 구축함으로써 분진과 산업안전재해 해소 균일한 생산성으로 효과발생



소재 그립



페이퍼 디버링



연마숫돌디버링-1



연마숫돌디버링-2



완성품 취출

## Type B : 후가공 스피들 장착 로봇 시스템

### □ 표준공정모델

구분	소재 투입	검사	디버링	소재 취출	검사	적재
<b>As-Is</b>	수동	수동 (육안검사)	수동	수동	수동 (육안검사)	수동
<b>To-Be</b>	컨베이어 로봇	-	로봇	로봇 취출장치	수동 (육안검사)	수동



[ 디버링(Work-piece파지타입) 표준모델 도입 솔루션 ]

### □ 시스템 구성 (후가공 스피들 장착 로봇 시스템)

H/W	사 양	필요 기능
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타입: 수직다관절</li> <li>- 축 자유도: 6-axis</li> <li>- 가반하중: 20kg 이상</li> <li>- 반복정밀도: <math>\pm 0.05\text{mm}</math></li> <li>- 리치: 1,742mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지</li> <li>- 제어시스템과의 S/W 호환성</li> <li>- 주어진 작업환경 (온/습도 등)에서의 내구성</li> </ul>
디버링 Tool	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RPM : 10,000 Rpm이상</li> <li>- Air 타입의 TOOL 또는 전기 타입의 TOOL사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 여러종류의 공구가 부착 가능필요 (생크 <math>\Phi 6</math>)</li> </ul>
제어반	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 통신방식: CC-Link</li> <li>- 확장성 및 호환성 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서류 및 그리퍼등 과의 호환성 가능</li> <li>- 통합관리시스템 연동 제어</li> </ul>

[표준공정모델 시스템 구성안]



[ 로봇 제어기 호환성 ]

## □ 공정 설계도



<로봇자동화 시스템 구성>

- ① 소재 진입장치
- ② 소재이송 다관절로봇 및 그리퍼
- ③ 디버링 로봇 및 TOOL
- ④ 1축 포지셔너
- ⑤ 소재 취출장치
- ⑥ 컨트롤박스
- ⑦ 제어반

[후가공 스펀들 장착 로봇 시스템 공정설계도 ]

- ① 소재 진입장치에 소재 투입
- ② 소재이송 로봇이 진입장치의 소재를 파지하여 1축 포지셔너에 이송
- ③ 포지셔너에 소재 셋업 후 디버링 로봇 디버링 작업
- ④ 앞면 디버링 작업 후 포지셔너가 180도 회전 후 후면 디버링 작업
- ⑤ 작업 완료된 디버링을 이송로봇이 파지하여 취출장치에 소재를 배출



## □ 운영 시나리오

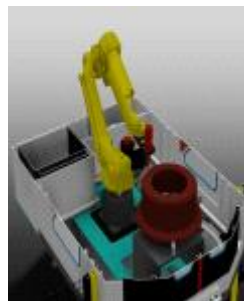
- 후가공 스피들 TOOL 장착 로봇 시스템 운영 공정
- 표준모델 공정 설계에 따른 운영시나리오 시뮬레이션을 위해 로봇 2기를 이용한 공정 운영안을 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 검증
- 소재 투입 로봇운영 시나리오 : 고중량물 제품의 소재를 파지하고 이송하는 모든 공정에 적용
- 디버링 전용 로봇운영 시나리오 : 로봇의 End-Effector에 디버링 TOOL을 취부하여 형상에 맞는 경로를 작업하여 디버링하고자 하는 부분은 최대한 작업하므로 결론적으로 균일한 생산성과 분진으로인한 직무기피를 해소할 수 있는 효과 발생



소재 그림



포지셔너 소재 투입



디버링 작업



포지셔너 소재 취출



완성품 취출

## 2-2. 표준공정모델 실증기준[Type-A : Work-piece 파지형]

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [주조 후 사상공정]					
산업 분야	뿌리	대상업종 (산업분류코드)	그 외 기타 금속 가공업 (C25929)	적용공정	가공 (주조 후 사상가공)
공정 소개	공정의 핵심성	○로봇의 그리퍼에 소재를 파지하여 고정되어있는 디버링 TOOL에 작업을 하는 방법으로 운영되는 시스템. ○산업안전재해에 노출되어 있는 공정현장 및 직무기피가 심한 공정을 로봇 도입으로 안정화하며 생산성 및 불량률을 최소화함.			
	구분	Before			After
	레이아웃	<div></div> <div></div> <div></div>			
	작업순서	소재공급→육안확인→디버링→육안확인 → 적재			소재공급→로봇소재파지→디버링→소재적재
	필요성/효과	필요성 수작업으로 안전사고 및 근골격계이상등 산업안전재해에 노출이 심한 근무환경			효과 로봇도입 후 자동으로 디버링하며 균일한생산률과 불량률최소화 가능
	동영상	- 현장작업 동영상			- 공정시뮬레이션 및 현장 적용 동영상
적용로봇 사양		로봇 종류	6축 수직다관절		
		가반 하중	20kg		
		작업 반경	1,742mm		
		투입 대수	1		
		기타	-		
주변 설비 사양		그리퍼	3가지 이상의 소재를 파지가능한 그리퍼 개발 소재를 2개이상 파지가능한 형상		
		적용 컨트롤러	10.5 인치이상의 터치 피씨가 내장된 컨트롤러 사용		
		진입장치	실린더와 LM Guide를 이용하여 작업자가 로봇영역에 소재를 투입할 수 있는 장치		
		취출장치	빈박스를 적재하여 자동공급이 가능한 장치		
		연마숫돌 그라인더	연마숫돌을 이용한 그라인드 유니트		
		페이퍼 그라인더	페이더를 이용한 그라인드 유니트		
		로봇 유니트	로봇에 부착되는 베이스, SOL V/V BOX 구성		
		안전펜스	산업안전 기준법 높이 1.8m이상 설치		
로봇도입 핵심 고려사항		· 다품종의 소재를 파지가능한 그리퍼 설계 · 디버링 작업시 로봇의 플로팅제어를 통해 그라인더 공구의 파손 최소화 · TOOL마모를 생각하여 보정값기능으로 디버링 양을 조절가능한 프로그램			
소요예산		· 총사업비 170백만원 내외(정부출연금 85백만원 이내)			
작성처		· 한국생산기술연구원 ☎ 031-8040-6362			

## 2-2. 표준공정모델 실증기준[Type-B : 후가공 스피들 로봇 부착형]

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [주조 후 사상공정]					
산업 분야	뿌리	대상업종 (산업분류코드)	그 외 기타 금속 가공업 (C25929)	적용공정	가공 (주조 후 사상공)
공정 소개	공정의 핵심성	○로봇의 디버링 TOOL을 부착하여 여러온 형상을 디버링 작업을 하는 시스템 ○산업안전재해에 노출되어 있는 공정현장 및 직무기피가 심한 공정을 로봇 도입으로 안정화하며 생산성 및 불량률을 최소화.			
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	소재공급→육안확인→디버링→육안확 인 → 적재		소재공급→로봇소재파지→포지셔너 소재 공급→디버링→포지셔너 소재취출→소재적재	
	필요성/효과	필요성 수작업으로 안전사고 및 근골격계이상등 산업안전재해에 노출이 심한 근무환경		효과 로봇도입 후 자동으로 디버링하며 균일한생산률과 불량률최소화 가능	
	동영상	- 현장작업 동영상		- 공정시뮬레이션 및 현장 적용 동영상	
적용로봇 사양		로봇 종류	6축 수직다관절	6축 수직다관절	
		가반 하중	220kg	20kg	
		작업 반경	2,666mm	1,742mm	
		투입 대수	1	1	
		기타	-	- 로봇 부가축	-
주변 설비 사양		그리퍼	150kg이상의 파지력을 갖는 로봇 그리퍼		
		디버링툴	10,000Rpm을 가진 디버링 TOOL		
		적용컨트롤러	10.5 인치이상의 터치 피씨가 내장된 컨트롤러 사용		
		진입장치	50kg이상의 소재를 적재가능한 롤러타입의 컨베이어 (소재 낙하 안전 Cover 필요)		
		취출장치	50kg이상의 소재를 적재가능한 롤러타입의 컨베이어 (소재 낙하 안전 Cover 필요)		
		1축 포지셔너	로봇 부가축을 이용하여 360°회전이 가능한 포지셔너		
		안전펜스	산업안전 기준법 높이 1.8m이상 설치		
로봇도입 핵심 고려사항		· 작업공정에 맞는 디버링 TOOL 선정 · 360도 회전 가능한 1축 포지셔너 · 로봇 부가축을 이용하여 포지셔너에 탑재하여 디버링 작업시 동시 동작이 가능하도록 하는 프로그램			
소요예산		· 총사업비 170백만원 내외(정부출연금 85백만원 이내)			
작성처		· 한국생산기술연구원 ☎ 031-8040-6362			

---

금속/자동차 부품 머신텐딩 후 검사공정  
**[표준공정모델 매뉴얼]**

---

2020. 12

한국생산기술연구원

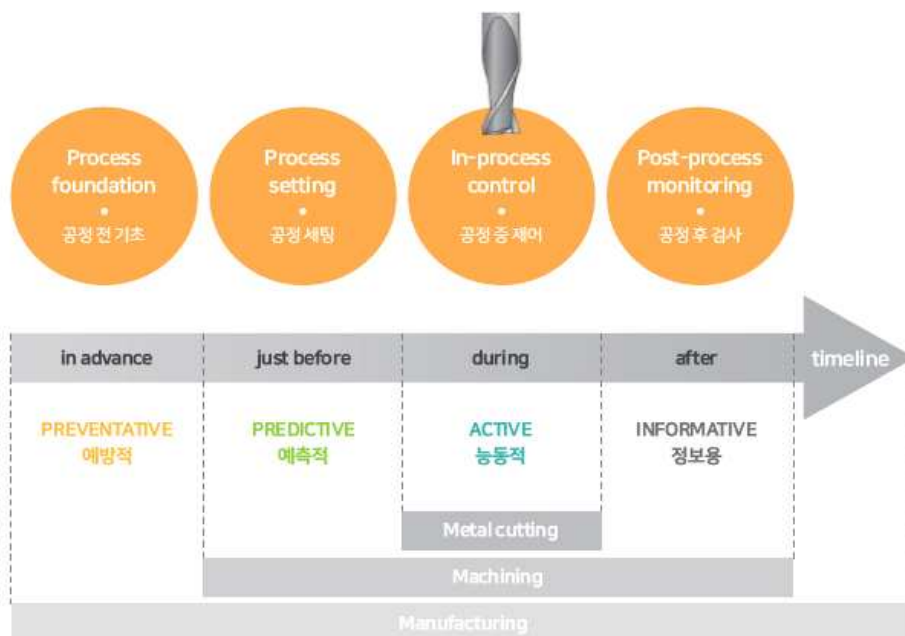
# 1 머신텐딩 후 검사 개요

## 1-1. 머신텐딩 후 검사 원리

머신텐딩 후 검사는 6축 다관절 로봇을 이용한 소재 공급 및 가공 후 검사를 하는 공정이다. 가공설비에 소재 공급을 로봇으로 대체하고 가공 후 검사는 Probe(OMV+) 측정기, Equator 측정기, CMM 측정기 등을 이용해 검사가 이루어 진다.

소재 공급은 제품에 따라 양산, 다 품종 소량 생산 등으로 나뉘며 양산 제품은 공압 그리퍼를 이용해 한가지 제품만을 로딩/언로딩하며, 측정기 또한 전용 측정기를 사용하는게 일반적이다. 다 품종 소량 생산의 경우 일반적으로 전동 그리퍼를 이용하거나, Pallet위에 소재를 올려 Pallet를 로딩/언로딩하는 경우가 있다. 다 품종 소량 생산의 검사는 Probe(OMV+), Equator, CMM등을 이용해 제품과 맞는 모델링을 S/W에서 불러와 원하는 포인트를 모델링과 비교 측정한다.

공정 흘러가는 과정은 공정 전 Ballbar를 이용해 공정 전 설비를 진단하여 예방하고 Probe를 이용해 공정을 세팅 및 기상측정으로 공정 중 제어를 하며 공정 후 Equator 측정기나 CMM 측정기를 이용해 최종 측정을 한다.



<공정 흐름도>

## 1-2. 머신텐딩 후 검사의 주요 이론 및 분류

### (가) 머신텐딩

#### (A) 양산

양산품 생산의 머신텐딩의 경우 로봇 한 대로 여러 대의 가공 설비를 보는 것이 적합하다. 가공설비와 로봇 1:1로 매칭 하는 경우도 있지만 양산품의 경우 그리퍼 한 개로 소재를 로딩/언로딩이 가능하게 제작을 하기 때문에 로봇 한 대에 다수의 설비를 이용한다. 측정기도 마찬가지로 전용 측정기를 사용하여 같은곳의 치수만 반복 측정을 하면 됨으로 일반적으로 로봇 한 대에 다수의 설비, 전용 측정기를 사용한다.

#### (B) 다 품종 소량

다 품종 소량 생산의 경우 설비 한 대에서 다 품종을 생산하는 경우를 이야기하는데 설비에서 한 품종당 한 개에서 열 개, 스무 개 정도 생산을 한다. 이럴 경우 매번 로봇의 티칭이 변경되어야 하는 불편함이 있는데, 이를 제로포인트 시스템과 팔레타이징을 이용해 항상 같은 곳을 그립하며, 제로포인트에 로딩/언로딩으로 다 품종 소량 생산을 가능하게 한다. 이럴 때 필요한 것이 Probe의 검증 또는 비전의 검증이다. 여러 가지 품종을 작업하다 보면 세팅하는 과정에서 휴먼 에러가 나타날 수 있는데 이를 방지하기 위해 가공 전 소재의 검증을 진행한다.

### (나) 검사

#### (A) Probe(OMV+)

Probe(OMV+)를 이용해 가공 전 소재 검증 및 가공 후 기상측정을 한다. 프로빙은 공작 기계의 효율, 품질, 기능 및 정확도를 극대화할 수 있는 널리 인정 받은 방법이다. 머시닝 센터에 장착되는 스핀들과 터닝 센터의 터렛에 장착되어 자동 공작물 셋업으로 인해 불량률을 감소 시키고 생산성 향상 및 일괄작업 규모의 보다 유연한 대처가 가능하다. 또한 OMV+ S/W를 Probe와 함께 사용하여 공정 전 세팅부터 공정 후 검사까지 모든 프로세스에 반영할 수 있는 솔루션이다.



## (B) Equator

이큐에이터는 3차원 측정기와 전용게이지의 단점을 보완하고 장점만 모아 만든 현장용 비교 측정기다. 양산 제품 중 한 개를 선택하여 마스터 파트로 만들 수 있다. 방법은 3차원 측정기와 이큐에이터 캘리브레이션(보정) 작업을 통해 가능하다. 마스터 파트와 가공품을 비교 측정하여 공차범위 안에 들어가는지 판정하는 방식으로 불량 유무를 판별하므로 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 측정기 가능하여 제품 모델이 변경이 되어도 빠르고 쉽게 측정 대응을 할 수 있다. 또 측정실의 업무 부담을 경감시키고, 품질 관리를 효율화 할 수 있다.

## (C) CMM

측정물의 위치를 검출해내는 Probe(탐침기)가 3차원공간을 이동하여 측정부위와 공간좌표치를 검출한 다음 이를 S/W에 의해 미리 마련된 각종 기하학적 형체 즉 점, 선, 원, 면 등으로 자유롭게 구성하여 결과를 출력하거나 또는 사용자가 궁극적으로 요구하는 이를 형상간의 상관관계 즉 폭, 거리, 각도 등을 자동으로 계산해내는 첨단 좌표측정기이다. 통상 이들은 좌표 검출을 위한 Probe가 제품에 접촉하는지 여부에 따라 접촉식과 비접촉식으로 분류하는데, 전자는 Probe가 제품에 일정한 압력으로 접촉시킬 때 발생하는 Timing Pulse에 의해 그 위치 신호가 입력되어 좌표치가 검출되며, 후자는 고해상도를 가지는 CCD camera에 의해 비접촉으로 촬상된 이미지를 화상처리장치에 의해 자동으로 경계점에 대한 좌표값을 검출한다.

## (D) Ballbar

Ballbar 테스트는 먼저 CNC기계를 점검하여 CNC기계의 정확한 부품을 보장할 수 있다. 기계 성능 및 품질 관리 표준을 준수하며, 예방차원의 유지 보수가 가능하다. 볼바 테스트는 공인 국제 표준(예:ISO, ANSI/ASME 등)에 따라 CNC 공작기계의 포지셔닝 성능을 쉽고 빠르게 확인할 수 있기 때문에 사용자는 기계의 성능을 벤치마킹 및 추적하고 유지보수가 필요한 문제와 그러한 문제를 일으키는 오차 원인을 신속히 진단할 수 있다.

### 1-3. 로봇자동화 주요 사항

#### (가) 로봇 - 주변장치 인터페이스

거의 대부분의 협동 로봇 메이커들은 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. 로봇 활용 표준공정모델

## □ 표준공정모델 개요

## (1) 협동로봇 머신텐딩 후 검사 모델



모델	공정 전 검사	세팅 및 검증	공정	공정 후 검사	추가 검사
모델 A	① Ballbar	② Probe	③ 가공 중	④ Equator	⑤ CMM
모델 B	① Ballbar	② Probe	③ 가공 중	④ Equator	
모델 C	① Ballbar	② Probe	③ 가공 중	④ CMM	

[ 협동로봇 머신텐딩 후 검사 공정흐름도 ]

## □ 시스템 구성

## (1) 협동로봇 머신텐딩 후 검사 모델

[표준공정모델 시스템 구성안]

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

## □ 공정 설계도

(1) 협동로봇 머신텐딩 후 검사 모델


○ 공정설계안



공전 전 검사 -> 원 소재 로딩 -> 소재 세팅 및 검증 -> 가공 -> 가공 후 기상측정 ->  
Equator 검사 -> CMM 검사

- ① 공정 전 기계 상태를 진단
- ② 소재 로딩
- ③ Probe를 이용한 세팅 및 검증
- ④ 가공
- ⑤ 가공 후 기상측정
- ⑥ 최종 검사

## 2-2. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 선도보급 뿌리분야 머신텐딩 후 검사 공정모델 [머신텐딩 후 검사 자동화 모델]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	그 외 기타 금속 가공업 (C25929)	적용공정	가공(머신텐딩 후 검사)
공정 소개	공정의 핵심성	머신텐딩 후 검사 자동화 모델 ○ 공작기계* (CNC, MCT)와 연동하여 가공물을 로딩-언로딩-측정 하는 단순 반복적인 공정 ○ 작업자의 단순 반복 작업으로 인한 시력의 저하 및 반복된 중량물의 취급으로 피로도가 가중되어, 안전사고의 위험에 노출됨. ○ 로딩/언로딩/측정 공정에 로봇도입을 통하여 작업자 보호와, 품질 및 생산성 향상을 기대할 수 있음 ○ 가공 후 즉각 가공품에 대한 검사(측정)를 시행하여 불량률 감소 및 생산리드타임의 감소 효과를 기대할 수 있음			
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	소재 공급 → 공작기계 소재 로딩 & 언로딩 → 세척 → 검사(측정) → 포장		소재 공급 → 공작기계연동 소재 로딩 & 언로딩(로봇) → 세척 → 공작기계 연동 가공품 검사(측정) → 포장	
	필요성/효과	- 도입 필요성 단순반복 작업 피로도 가중에 따른 제품의 불량률 증가 수작업에 따른 품질이 일정하지 못함 가공기의 안전사고 노출		- 도입 기대 효과 제품 불량률 저하로 생산성 향상 균일한 품질 보장 작업자의 안전사고 예방으로 직무기피해소	
	동영상	- 현장작업 동영상		- 공정시뮬레이션 및 현장 적용 동영상	
적용로봇 사양		로봇 종류	협동로봇	협동로봇	협동로봇
		가반 하중	7kg	15kg	25kg
		작업 반경	800mm	900mm	1,500mm
		투입 대수	1대	1대	1대
주변 설비 사양		그리퍼	작업물 5kg 이하, 그리퍼 1.5kg, 총 무게 6.5kg이하	작업물 13kg 이하, 그리퍼 1.5kg, 총 무게 14.5kg이하	작업물 23kg 이하, 그리퍼 1.5kg, 총 무게 24.5kg이하
		SW	설비별 품목별 티칭경로 DB화 및 사용자 화면, CC-Link 통신, 설비인터락용 산업용 표준통신, 이-적재 Program		
		적용 제어기	비전, PLC(유선/무선), MES 연결용 PC, 임베디드제어기,		
		적용센서	유무 감지 센서, 혼류방지 센서		
		정렬장치	소재 정렬 트레이		
		공급장치	Feeder, Pallet 셔틀 System		
		측정장치	Probe, Equator		
로봇도입 핵심 고려사항		· 6관절 협동 로봇의 정확한 포인트(±0.05이내) 제어 가능해야 함 · 로봇좌표와 적용센서 간의 통신 및 시스템 매칭 필요 · PLC와 PC, 로봇, 센서들 간의 동기화 및 제어 필수			
소요예산		· 총사업비 210백만원 내외(정부출연금 105백만원 이내)			
작성처		· 한국생산기술연구원 ☎ 031-8040-6362			

---

금속/플라스틱제품 표면처리\_  
도장[전처리] 공정 및 도장공정  
**[표준공정모델 매뉴얼]**

---

2020. 12

한국생산기술연구원

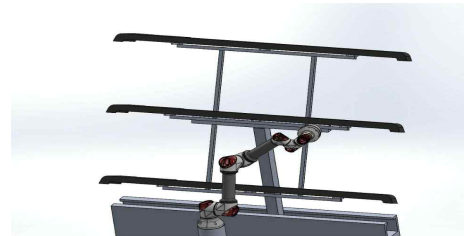
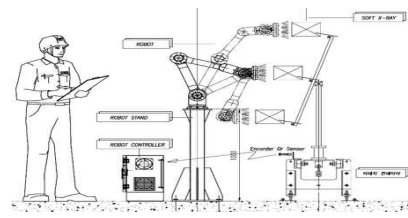


# 금속/플라스틱제품 표면처리\_도장(전처리) 공정

## 1 개요

### 1-1. 목적

- 사출 성형의 경우, 최종 제품 외관의 감성적인 품질이 제품 구입에 가장 중요한 요인 중의 하나로, 사출품인 경우 대부분 도장 공정을 수행하고 있으며, 도장 전 사출품의 표면 오염상태가 도장품질에 결정적이다. 자동차 외장품인 경우 이를 해결하기 위하여 도장 전 이온 블로우 및 수작업 세정을 진행하고 있는데, 제전 및 제진이 효과적이지 않기 때문에 공정 개발이 필요한 상태이다.
- 자동화 로봇 시스템을 적용하여 자동차 도어핸들 도장라인의 전처리 에어블로우 공정을 무인화하고, 플라즈마 표면개질 방식을 도입하여 공정 단축 및 품질 향상을 목적으로 하는 전처리 공정을 구축한다.



[ 도입 공정 개념도 ]

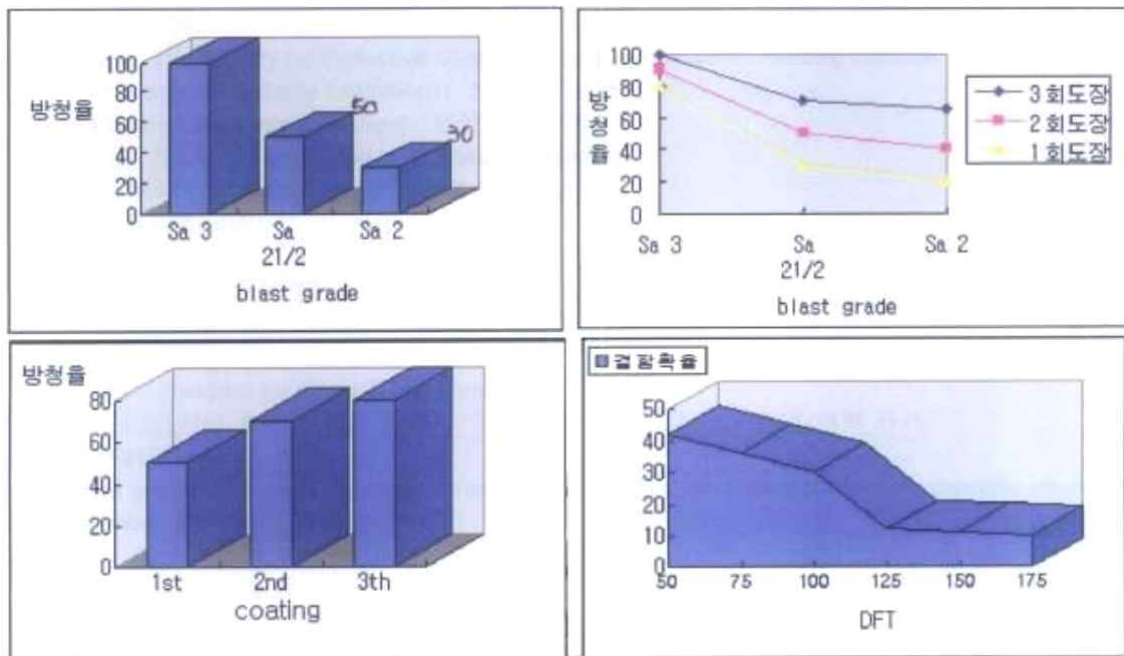
### 1-2. 공정소개

#### □ 표면처리

- 표면을 불활성화(안정화)하여 내식성을 향상
- 표면의 여러 가지 이물질을 제거하고 표면조도를 형성시키므로 도료의 밀착성을 높임
- 표면의 돌출면을 제거하여 평탄하게 함
- 표면과 도료와의 친화력을 높이고, 습윤성을 부여함

## □ 표면처리의 중요성

- 도장의 성패를 좌우하는 가장 중요한 인자가 표면처리이며, 도막 조기 파손의 60~80%는 부적절한 표면처리에서 기인한다고 할 수 있다. 표면은 변질층이나 산화층으로 덮여있고, 기름, 수분, 먼지 등이 부착되어 있어 도장하기 전에 이러한 이물질들을 완전히 제거하지 않으면, 도장 부착력이 저하되고, 여러 가지 도막 결함이나 조기 발청의 원인이 된다.



[ 표면처리, 도장회수와 상관관계 및 조기 노후의 관계 ]

## □ 도막 수명의 영향요인

요인	영향도(%)
표면 전처리(등급)	50
도막횟수(두께)	20
도료의 종류	5
기타 도장 조건	25

### 1-3. 적용대상

#### □ 해당공정 적용 업종 및 활용 가능 업종

- 선진기업들은 플라즈마 표면처리 기술로 표면 세정을 선택하고 있으나, 가격이 높고, 로봇 활용도가 낮아 기술적 개선의 한계를 가지고 있다. 선진기업의 제품을 대체하고 한계점을 극복할 수 있는 공정 도입이 필요하다.
- 대상물에 잔존하는 정전기 제거가 완전하지 않아 플라즈마를 이용하여 표면개질, 정전기 제거, 유기물 제거 등을 동시에 개선할 수 있는 장치를 고안하여 공정에 도입한다.
- 전기자동차, 자율주행 지능형 센서시스템, 경량 엔지니어링 기술로 자동차 산업은 급격한 변화를 거듭하면서 혁신적인 소재와 복잡한 소재 조합을 요구하고, 장시간의 안정적인 결합, 부식방지, 완전한 밀폐 등을 요구한다. 신뢰성을 100% 보장받기 위하여 ‘플라즈마를 이용한 표면개질’이 해결책으로 부상하고 있다.



[ 전기 자동차 및 자율주행, 지능형 센서 시스템 ]

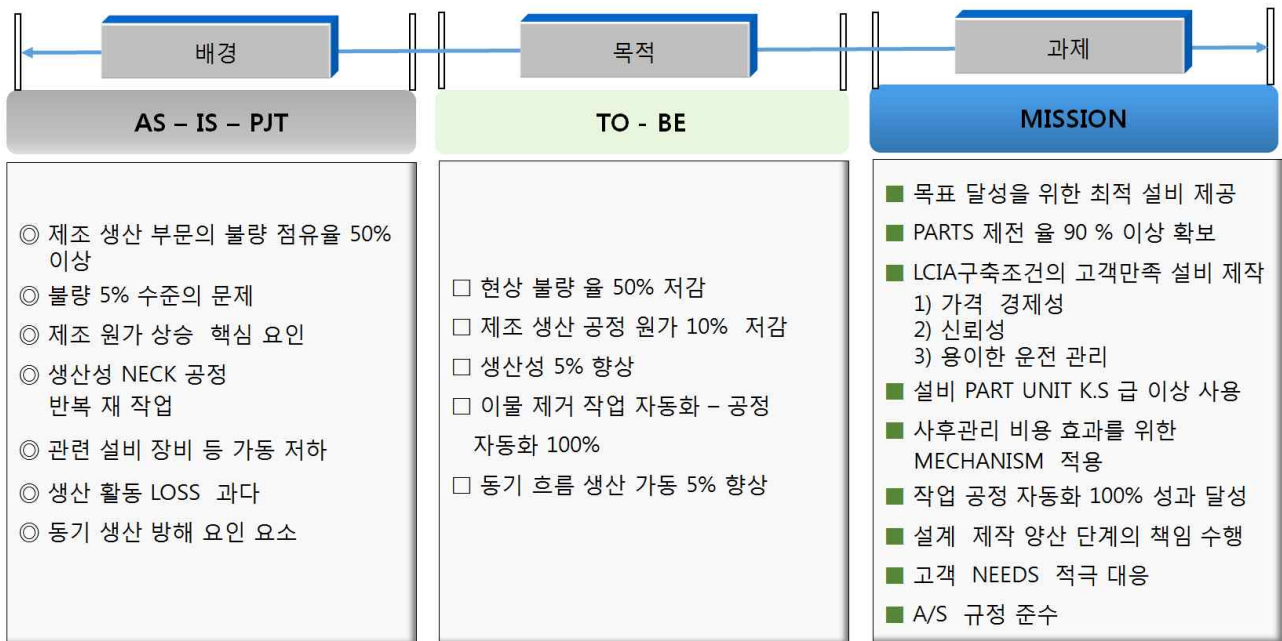
- 오랜 시간 안정적인 접착제 결합
- 최적의 페인트 접착력
- 신뢰성 있는 부식의 보호
- 완전한 밀폐
- 선택적인 접촉 표면 청소



**플라즈마 처리를 통한  
개별 요소 및 어셈블리의  
세심한 전처리 즉,  
표면청소, 활성화 및 코팅이 해결책**

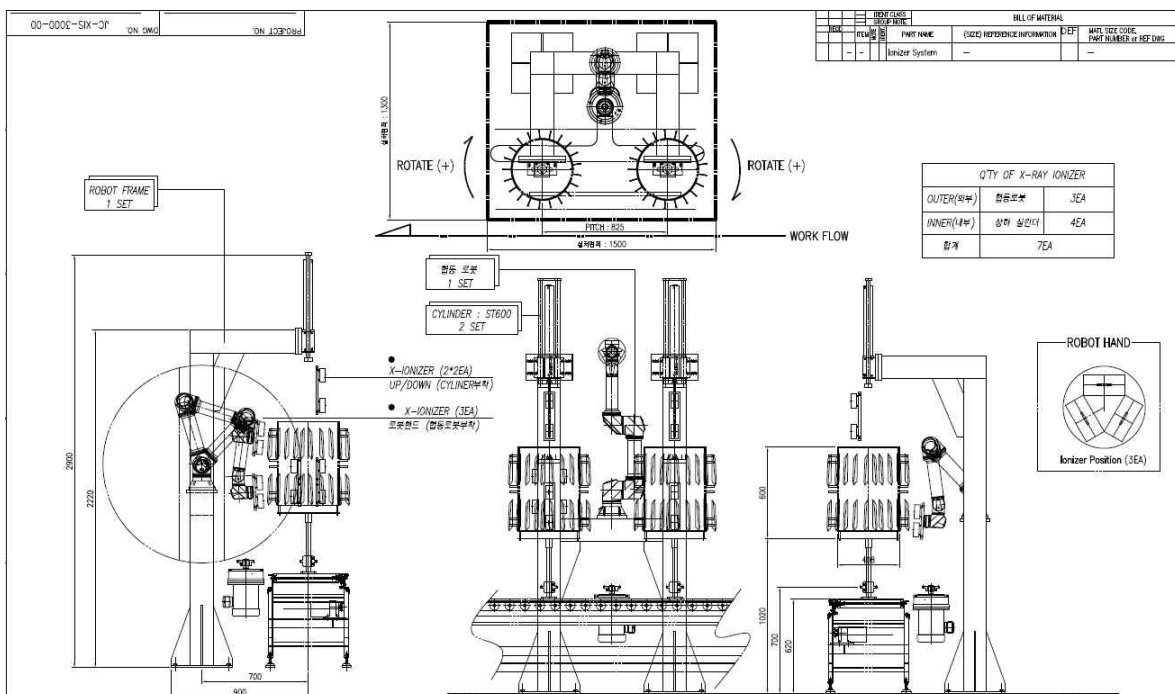
## 2-1. 로봇 활용 표준공정모델

## □ 표준공정모델 개요



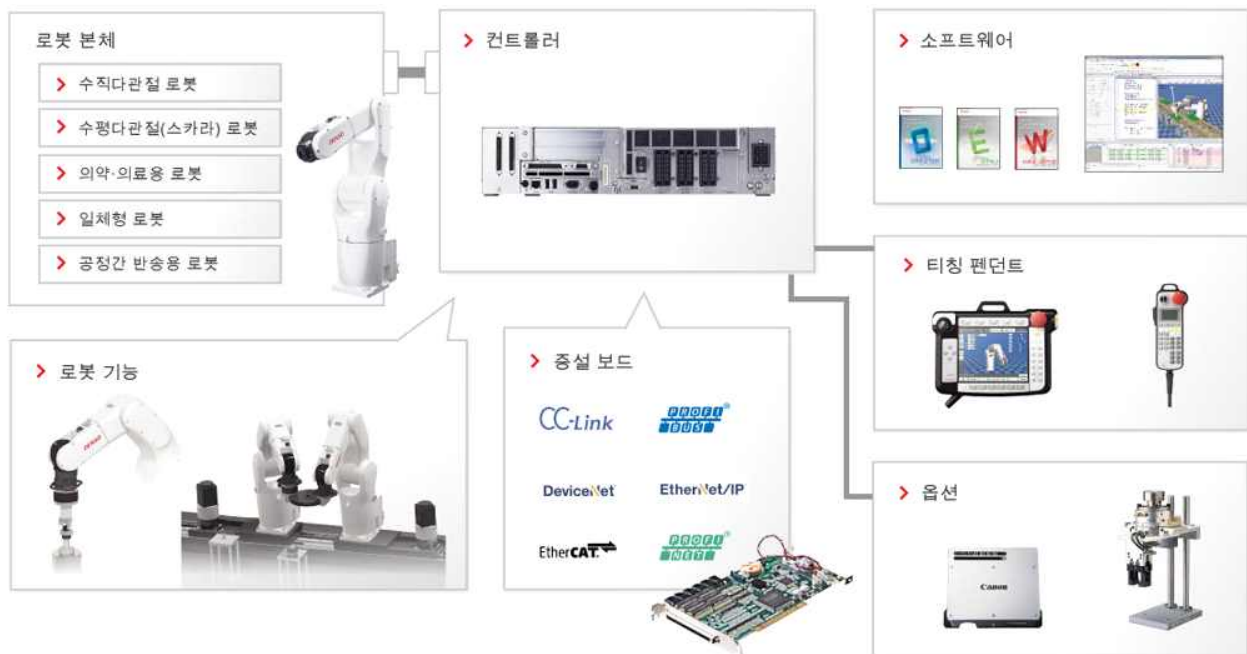
[ 전 처리공정 표준모델 도입 솔루션 ]

## □ 시스템 구성



[표준공정모델 시스템 구성안]

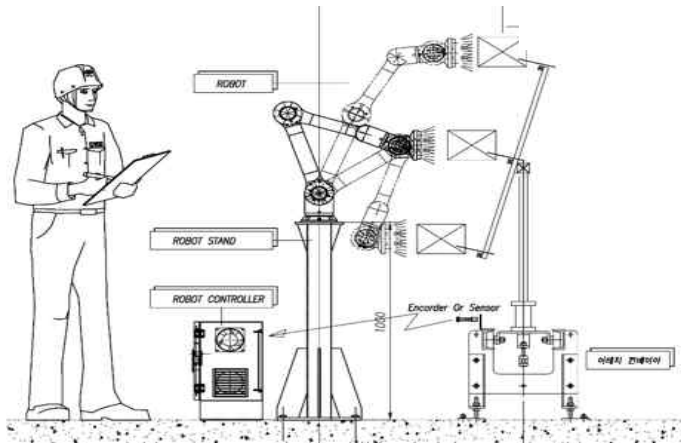
H/W	사 양	필요 기능
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타입: 협동로봇</li> <li>- 축 자유도: 6-axis</li> <li>- 가반하중: 2kg 이상</li> <li>- 반복정밀도: <math>\pm 0.03\text{mm}</math></li> <li>- 리치: 1,200mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지</li> <li>- 제어시스템과의 S/W 호환성</li> </ul>
Plasma Head	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2kg 이하</li> <li>- 회전형 <math>\varnothing 80</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회전시 진동 억제</li> <li>- 온도 센서</li> </ul>
Plasma 발진기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 입력 AC220V</li> <li>- 출력 1000W 이하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서류 및 제어기 호환성 가능</li> <li>- 통합관리시스템 연동 제어</li> </ul>



[ 로봇 제어기 호환성 ]

## □ 공정 설계도

### ○ 로봇 1대 운영 공정설계안



#### <로봇자동화 시스템 구성>


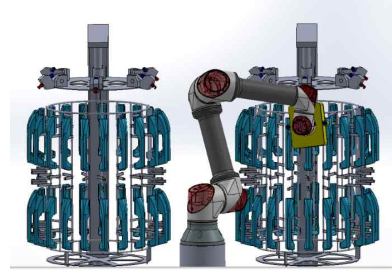
- ① 컨베이어
- ② ROBOT 1대
- ③ Plasma 발진기
- ④ ROBOT 제어기

#### [ 로봇 1기를 이용한 공정설계도 ]

- ① 컨베이어를 통하여 제품이 이송됨
- ② 이동 완료 후 자전 장치를 통하여 제품이 회전
- ③ Handle 형태 및 적재방법에 따라 로봇 궤적 이동
- ④ 로봇 이동시 플라즈마 표면처리 실행
- ⑤ 표면처리 완료 후 컨베이어를 통하여 제출 반출



## 2-2. 표준공정모델 실증기준

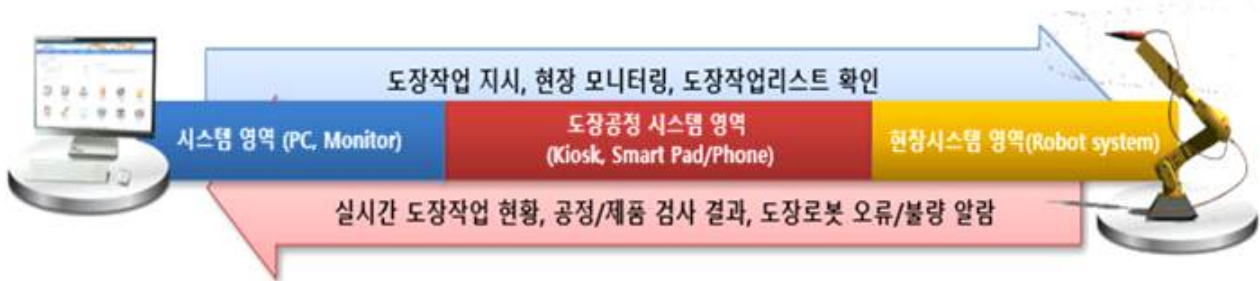
금속/플라스틱제품 표면처리 공정모델 [도장(전처리) 공정모델]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	도금업 (C25922)	적용공정	도장(전처리) 공정
공정 소개	공정의 핵심성	도장 전처리 로봇 공정모델 ○ 세정제를 이용한 전처리 공정에 로봇을 적용하여 유해환경에 대한 작업자의 안전을 확보하고, 숙련도 및 작업자 피로도에 의한 불량률을 절감하여 생산성을 높임 ○ 로봇 공정모델 대상 - 다품종 소량의 라인 생산 방식			
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	- 부품로딩 → 제진 → 전처리 → PRIMER → 도장 → 건조		- 부품로딩 → 제진 → 전처리(로봇) → PRIMER → 도장 → 건조	
	필요성/효과	- 도입필요성 · 수작업시 품질불량 다수발생 및 생산성 저하 · 작업자 유해가스, 분진 환경에 노출		- 도입기대효과 · 품질 및 품질 균일도 향상 · 품질비용 감소 · 생산성 향상 및 고정비 절감 · 작업자 환경 개선	
	동영상	- 현장작업 동영상		- 공정시뮬레이션 및 현장 적용 동영상	
적용로봇 사양		로봇 종류	전처리 로봇		
		가반 하중	2kg 이상		
		작업 반경	~1,200mm		
		투입 대수	1대		
		기타	- 제품 회전 장치		
주변 설비 사양		Plasma Head	중량 2kg 이하, 대면적 Ø80 회전형		
		Plasma 발진기	상용전원 AC 220V, Air 0.6mpa, 1000W		
		트래킹 센서	A/B/Z Encoder		
		적용 제어기	Digital 접점신호 제어용 유선		
로봇도입 핵심 고려사항		· 전처리 성능 및 품질 관리를 위하여 제품과 표면처리 헤드의 이격거리는 30~40mm로 티칭되어 제어되어야함 · 전처리 로봇과 제품 이동 장치가 연계되어 제품의 속도 및 이상 동작에 반응하여 제품 불량을 최소화하여야 함 · 생산속도 최대화를 위해 로봇의 이동경로 최적화와 Plasma 발진기 및 부품 적치 컨베이어 시스템의 순차적 제어가 PC를 통해 동기화되어 정확히 제어 되어야 함			
소요예산		· 총사업비 160백만원 내외(정부출연금 80백만원 이내)			
작성처		· 한국생산기술연구원 ☎ 031-8040-6362			

# 금속/플라스틱제품 표면처리\_도장 공정

## 1 개요

- 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 요구된다 할 수 있습니다.



[ 도장관리시스템 흐름도 ]

## ■ 도장관리시스템 목적

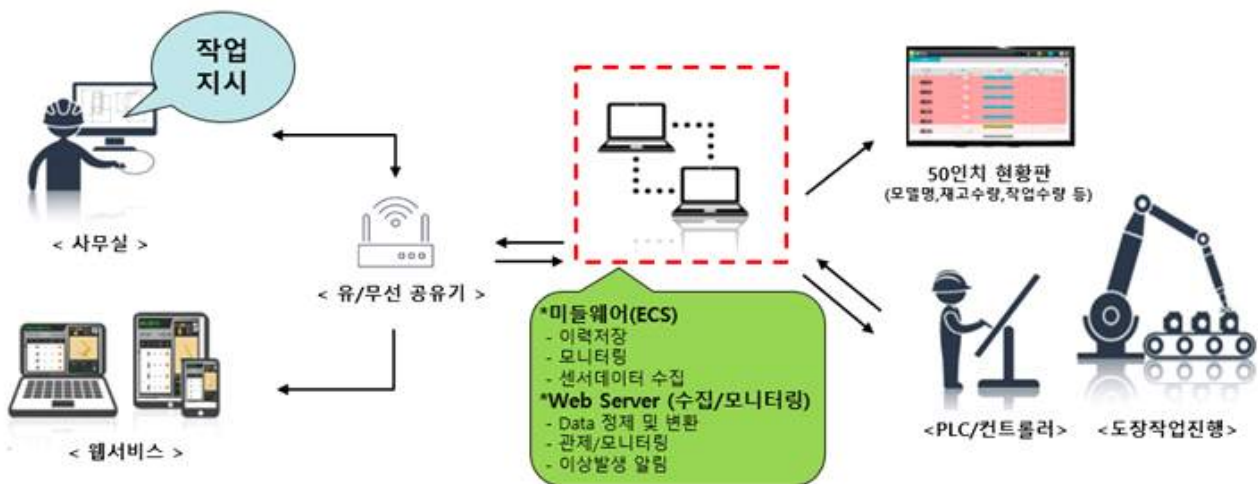
- 로봇은 사람보다 실수가 적어 생산 손실을 줄일 수 있습니다.
- 로봇은 같은 시간 동안 사람보다 양질의 제품을 생산할 수 있습니다.
- 로봇은 반복적인 작업을 사람보다 균일한 품질로 수행할 수 있습니다.
- 로봇은 쉬는 시간도, 휴가도 필요 없으며 항상 일정한 속도로 작업이 가능합니다.
- 로봇은 생산품의 변화에 적응이 간단합니다.
- 로봇은 유해환경에서도, 유해물질의 영향없이 작업이 가능합니다.

## 2-1. 로봇 활용 표준공정모델

### □ 도장관리시스템 개요

- 도장관리시스템은 단순히 로봇만 운용하는 단순도장공정이 아니라 로봇의 관리 / 공정관리 및 관제 까지도 가능한 현장 지원 최고의 업무관리지원 스마트시스템입니다.

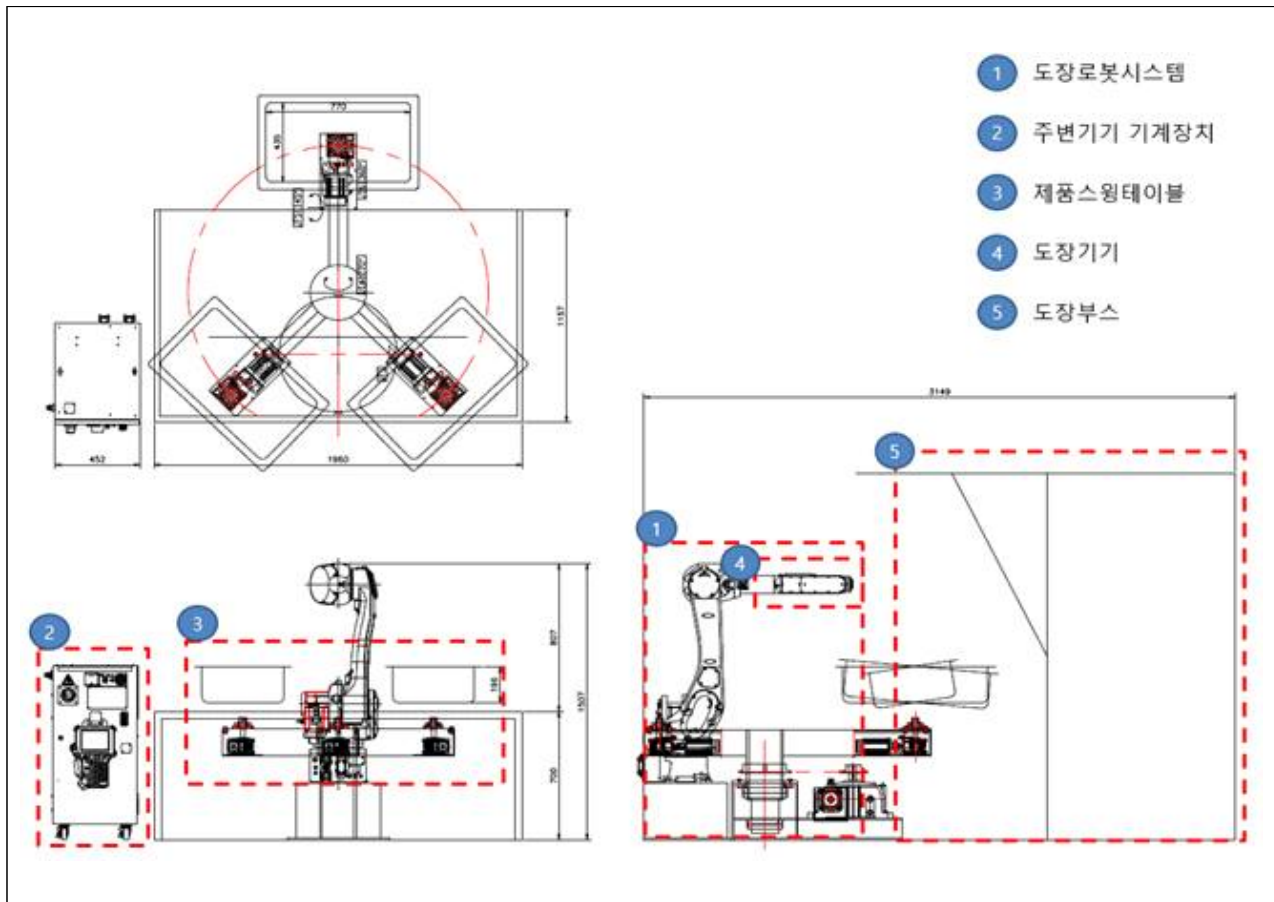
### ■ 도장관리시스템 구성도



### ■ 도장관리시스템 업무 PROCESS



☐ 도장공정 표준공정모델 레이아웃



[ 도장자동화 설비 설계도 ]

①~② 도장로봇 자동화시스템 및 주변기기

- > 제품별 제품티칭에 대해 각 티칭번호 통해 도장작업을 진행하며, 도장관리시스템과 연계하여 작업정보(작업지시수량, 작업진행수량 등)를 확인할 수 있는 시스템입니다.

### ③ 스윙테이블

- > 작업자가 제품을 가까운 회전 테이블에 올려 거치시키면 테이블이 회전하여 매칭된 도장작업에 따라 회전 및 자동운전 하면서 도장작업을 진행합니다.

#### ④ 도장기기

- > 거치된 도장건과 도료공급장치를 통하여 조율된 분사량으로 도장이 이루어지며, PLC를 통한 제어로 제품에 맞는 도료를 분사하여 최적의 제품을 생산합니다.

⑤ 도장부스 및 펜스

- > 자동화 도장로봇시스템의 안전과 분진해결을 위한 장비입니다.

## 2-2. 표준공정모델 실증기준

금속/플라스틱제품 표면처리 공정모델 [ 로봇 도장공정 모델 ]					
산업 분야	뿌리 (금속/플라스틱)	대상업종 (산업분류코드)	도금업 (C25922)	적용공정	도장 공정
공정 소개	공정의 핵심성	도장로봇 공정모델 ○ 도장관리시스템과 생산현장의 실시간 데이터를 연계하여, 정확한 생산 이력관리 및 조회 기능을 기반으로 효율적인 작업지시 수립을 가능하게 함으로써 생산성 향상을 가지고 오게 됩니다. ○ 로봇 공정모델 대상 - 다품종 소량 생산방식			
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	- 부품로딩 → 제진 → 전처리 → PRIMER → 도장 → 건조		- 부품로딩 → 제진 → 전처리 → PRIMER → 도장(로봇) → 건조	
	필요성/효과	- 도입필요성 · 수작업시 30%정도의 불량제품 발생 및 생산성 저하 · 근로자의 부족 및 안전사고에 노출		- 도입기대효과 · 생산성향상 및 불량률 감소 · 기업이윤 증대 · 생산성 향상 및 고정비 절감 · 작업자 환경 개선	
	동영상	- 현장작업 동영상		- 현장 적용예정 동영상	
적용로봇 사양		로봇 종류	도장 로봇		
		가반 하중	15kg 이상		
		작업 반경	2,200mm		
		투입 대수	1대		
		기타	- 시스템 제어반 등		
주변 설비 사양		도료공급 장치	도장원료 페인트를 소분하여 압력 펌프를 이용하여 공급		
		스윙테이블	제품을 도장할수 있도록 위치시키고 도장 후 제품을 회수 할 수 있는 장비		
		배기/급기	내부공기를 내외부로 배출하는 장치		
		S/W	도장로봇 관리시스템		
로봇도입 핵심 고려사항		○ 모니터링 시스템의 정보가 업체의 요구사항에 부합하는가? ○ 로봇 / 컨트롤 박스 / 모니터링 시스템의 통신데이터는 일치하는가? ○ 제품별 티칭을 통해 업체의 제품불량은 해결되었는가? ○ 개발완료 후 교육을 통해 기술이전은 쉽게 가능한가?			
소요예산		· 총사업비 250백만원 내외(정부출연금 125백만원 이내)			
작성처		· 한국생산기술연구원 ☎ 031-8040-6362			