

---

항공기 조립공정 개선을 위한 제조로봇 활용모델  
개발\_평판 Drilling 공정

# [표준공정모델 매뉴얼]

---

2022. 12

한국로봇융합연구원

# 목 차

1. 개요 .....	1
1-1. 목적 .....	1
1-2. 공정소개 .....	1
1-3. 적용대상 .....	3
2. 로봇 활용 표준공정모델 .....	6
2-1. 공정 분석 .....	6
2-2. 로봇 활용 표준공정모델 .....	12
2-3. 표준공정모델 실증기준 .....	17
3. 기대효과 및 고려사항	
3-1. 기대효과 .....	19
3-2. 고려사항 .....	20

# 1 개요

## 1-1. 목적

- 본 매뉴얼은 항공기 조립공정 개선을 위한 제조로봇 활용모델 공정을 소개하고, 제조로봇이 적용된 항공기 조립 공정의 표준화 및 확대 적용을 위한 기술적 이해를 도모하는데 그 목적이 있음

## 1-2. 공정소개

### □ 공정 정의[평판 드릴링, Drilling]

- 드릴링 공정이란 드릴 비트를 사용하여 단단한 재료에 원형 단면의 구멍을 절단하는 절단 공정임. 드릴 비트는 회전식 절삭 공구로, 팁이 여러인 멀티 비트들이 주로 사용되며 비트를 공작물에 누른 후 분당 수백에서 수천 회에 달하는 속도로 회전시켜 구멍을 뚫는 공정.

### □ 공정 선정

- 수요조사 50건 중 로봇활용 수요 제기 횟수가 많고 평가점수(필요성, 시급성, 적합성, 효과성, 활용성)가 높은 공정을 우선 선정하였음

순번	분야	기술목록	기업	필요성	시급성	적합성	효과성	활용성	합계
1	복합재 가공	탄소섬유복합재 가공 자동화	대한항공	5	4	5	5	5	24
2		탄소섬유복합재 가공 자동화	동성티씨에스	5	4	4	5	5	23
3		탄소섬유복합재 가공 자동화	드림하이테크	4	4	4	4	4	20
4		탄소섬유복합재 가공 자동화	테크항공	5	3	5	5	5	23
5		탄소섬유복합재 가공 자동화	송월테크놀로지	5	4	4	5	5	23
6		탄소섬유복합재 가공 자동화	한국복합소재	5	5	5	5	5	25
7		탄소섬유복합재 가공 자동화	디엔엠항공	5	5	5	5	5	25
8	기체 조립	리베팅 자동화 공정	한국항공우주산업	5	3	5	4	5	22
9		리베팅 자동화 공정	하이즈항공	4	3	4	4	4	19
10		리베팅 자동화 공정	대화항공산업	4	4	4	5	4	21
11		리베팅 자동화 공정	에이에스티지	4	4	4	5	5	22
12		리베팅 자동화 공정	엔디티엔지니어링	4	3	4	4	4	19
13		리베팅 자동화 공정	켄코아에어로스페이스	5	5	5	5	5	25
14		리베팅 자동화 공정	율곡	5	5	5	4	4	23
15		리베팅 자동화 공정	볼크	5	4	5	5	5	24
16		볼팅 조립 자동화	대한항공	4	4	4	4	4	20
17	기체 가공	드릴링 자동화 공정	드림하이테크	4	4	4	4	4	20
18		드릴링 자동화 공정	하이즈항공	4	3	3	5	4	19
19		드릴링 자동화 공정	에이에스티지	4	4	4	5	5	22
20		드릴링 자동화 공정	대신항공산업	4	3	4	4	4	19
21		드릴링 자동화 공정	엔디티엔지니어링	4	3	4	4	4	19
22		드릴링 자동화 공정	켄코아에어로스페이스	5	5	5	5	5	25
23		드릴링 자동화 공정	율곡	4	2	3	2	3	14
24		드릴링 자동화 공정	현항공산업	4	4	4	5	5	22
25		엔진 블레이드 가공 자동화	은유항공정밀	5	4	5	5	5	24

26	물류	Set-up 자동화 공정	한국항공우주산업	5	4	5	5	5	24
27		Set-up 자동화 공정	울곡	5	5	5	5	5	25
28		Set-up 자동화 공정	한국치공구업	4	4	5	4	3	20
29		Set-up 자동화 공정	케이에이엠	3	3	3	3	3	15
30		Set-up 자동화 공정	케이피항공산업	5	5	5	5	5	25
31		제품 회전 자동화	하이즈항공	5	5	4	5	4	23
32		무병라인 자동화	하이즈항공	4	4	5	5	5	23
33		마찰제(디스크) 공정 이송 자동화	다원프릭션	4	3	3	4	4	18
34		Part 및 원자재 이송을 위한 로봇 자동화	켄코아에어로스페이스	5	5	5	5	5	25
35		20m 급 하공 부품 Pallet Change System	켄코아에어로스페이스	5	5	5	5	5	25
36		소재 장착 자동화	울곡	5	5	5	4	4	23
37		HW Kitting 자동화 공정	울곡	4	2	5	4	4	19
38		항공기 부품 도장 자동화	에어로코텍	4	4	4	4	4	20
39		항공기 부품 도장 자동화	엔디티엔지니어링	4	3	4	5	5	21
40	기타(치공구, 검사, 측정, 본딩, 표면처리 등)	복합재 비파괴 검사 자동화	한국복합소재	5	5	5	5	5	25
41		복합재 비파괴 검사 자동화	한국항공우주산업	4	4	5	4	5	22
42		복합재 비파괴 검사 자동화	세이프텍	5	4	4	5	5	23
43		기체 미소 크랙 검사 자동화	에스아이오티	5	5	4	5	5	24
44		조립 검사 작업 자동화	대화항공산업	4	3	4	5	4	20
45		Layup & Inspection 자동화 공정	대신항공산업	4	4	4	4	4	20
46		대형부품(20m 급) 검사 공정 자동화	켄코아에어로스페이스	5	5	5	5	5	25
47		3D Scanning 자동화	울곡	4	2	3	4	4	17
48		측정 자동화	사이언	5	5	5	5	5	25
49		치공구 Bushing 조립	드림하이테크	3	3	3	3	3	15
50		복합재 적층 후 반복 가압	한국복합소재	5	4	4	5	5	23

표준모델 후보군	평가항목	세부점수	점수차트
복합소재 가공	필요성	4.12	
	시급성	3.5	
	적합성	3.88	
	효과성	4.25	
	활용성	4.25	
	합계	20	

### 〈Cured Laminate Trimming 공정 평가의견〉

표준모델 항목	만점	평가점수	평가의견
필요성(작업환경, 애로 사항, 공정문제점 등)	5	4.12	작업자에 의존하는 공정으로 작업 결과물이 고르지 않아 일관된 품질 확보에 어려움 발생, 소음 및 단순반복 작업에 다른 작업자의 안전성 확보 필요
시급성, 난이도(인력난, 작업환경 등)	5	3.5	고소음을 유발하며 단순반복 작업에 따른 근골격계 질환유발로 인력확보가 어려움
적합성(주생산품 및 핵심 기술 등)	5	3.88	로봇자동화 도입에 따른 일관된 품질 기반의 생산성 확보, 작업자 의존도 경감에 따른 인력문제 해소 가능
효과성(생산성&매출 향상, 경쟁력 강화 등)	5	4.25	품질의 일관성 기반의 생산성 향상, 인력난 해소에 따른 제조 경쟁력 강화, 자동화에 따른 시장경쟁력 강화 등
활용도(활용도, 파급효과성 등)	5	4.25	다품종 소량생산에 따른 항공부품산업에 로봇을 적용하여 유연생산 가능하며 티타늄, 알루미늄 등 소재가 다른 항공 부품의 드릴링 공정에 활용이 가능하고 항공 이외의 타산업 동일 계열의 드릴링 공정과 함께 활용 가능
환산 점수	100	80	-

## 1-3. 적용대상

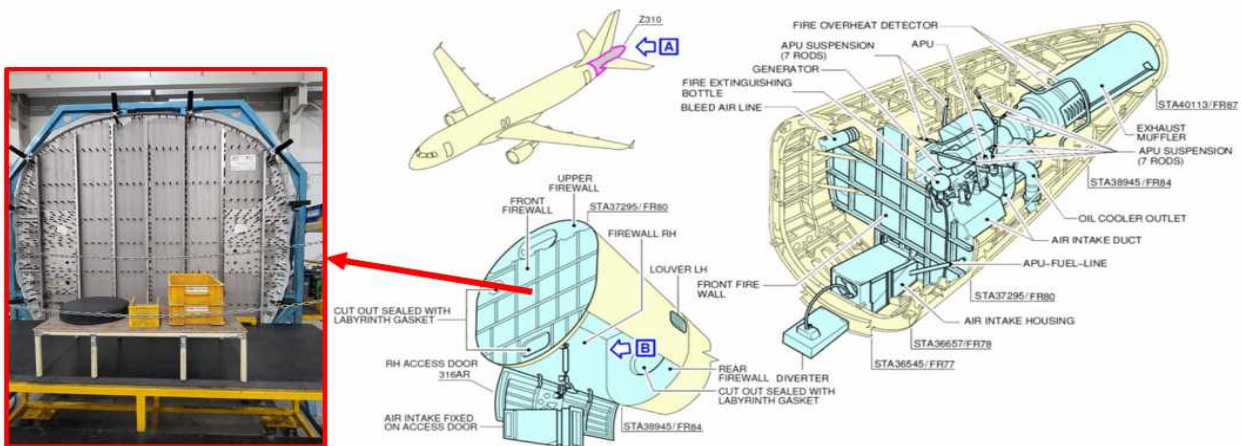
### □ 적용공정

#### ○ Drilling - B787 Afterbody Firewall(방화벽)

- Afterbody Firewall은 항공기의 중요한 구성 요소이며 엔진룸과 조종석 영역을 구분하는 내화 격벽임[그림1 참조]
- 이 특수 격벽은 위험한 양의 액체, 가스 또는 화염이 통과할 수 없도록 구성됨
- 엔진실에서 화재가 발생 할 경우 Firewall은 비상 착륙이 이루어 질 수 있을 만큼 충분히 긴 화염으로부터 항공기 탑승자를 보호하는 역할을 함
- Firewall은 보호 기능 외에 엔진룸에 있는 기타 필수 장치를 장착 할 수 있으며 정비를 위해 엔진을 제거하거나 다른 부품을 교체해야 할 수도 있기 때문에 엔진 제어 연결 장치, 연료 라인, 다양한 전기 및 접화 와이어의 분리 및 제거를 위한 접합부 역할을 함



\* Firewall 이 장착된 항공기 Afterbody 사진 예시



\* 항공기 Afterbody Tailcone 각 파트별 형상

그림 1 드릴링(Drilling) 공정이 적용되는 Firewall 파트 참조사진



## □ 적용확대 가능 공정 및 활용가능 분야

### ○ 확대적용 가능 공정

- 항공기 기체 및 동체 다양한 파트에서 드릴링 공정이 적용 되고 있어서 확대 적용이 가능함



\* 드릴링 공정이 적용되는 항공기 Raked Wing Tip(예시)



\* 다관절 로봇을 적용한 항공기 드릴링 공정(예시)

그림 2 Drilling 공정 확대적용 가능한 항공기 파트

### ○ 확대적용 가능 공정

- 항공기 부품 뿐 아니라 자동차, 조선 선박, 건설 분야 등 홀 가공이 필요한 분야에는 다관절 로봇 기반의 드릴링(Drilling) 공정 적용 가능



\* Drilling 공정 확대적용 가능한 타 산업분야 적용예시

그림 3 Drilling 공정 확대적용 가능한 타 산업분야 적용예시

## 2 로봇활용 표준공정모델

### 2-1. 공정 분석

#### □ 평판 Drilling 공정 분석

##### (1) B787 Afterbody Firewall 조립 공정

##### ○ Firewall Drilling 공정 흐름도

- 원자재 입고 → Stiffener 가공 → 파일럿 홀 가공 → AJ(Assembly Jig) 로딩 → Firewall Drilling → 디버링 → HF(Holding Fixture) 로딩 → 리벳팅 → 감독관 품질 검사 → 출고

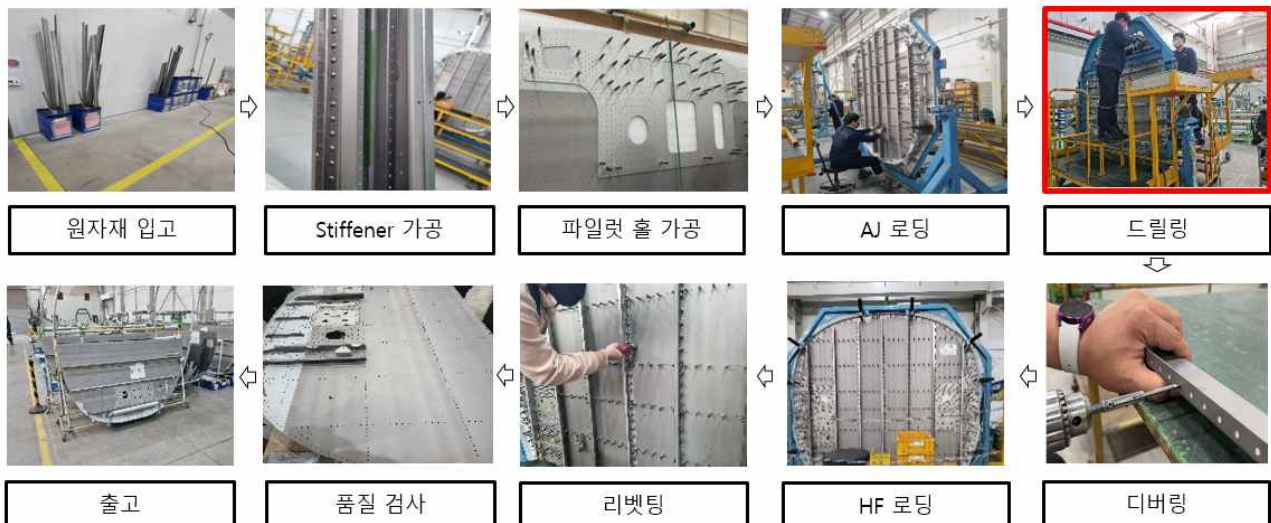


그림 4

##### ○ 전체 공정 순서

- ① 원자재 입고 : 원자재 입고 후, 가공 대기
- ② 가공 : Firewall 파트 중 vertical, horizontal stiffener를 선 가공
- ③ 파일럿 홀 가공 : 지그 로딩 전 조립을 위한 파일럿 홀 수정 가공
- ④ 로딩 : 드릴링 작업을 위한 AJ(Assembly Jig)에 로딩
- ⑤ 드릴링 : Firewall 파트 Full size 드릴링
- ⑥ 디버링 : bur 제거를 위한 디버링
- ⑦ HF로딩 : 리벳팅 작업을 위한 HF(Holding Fixture) 로딩
- ⑧ 리벳팅 : 홀 사이즈별 리벳팅
- ⑨ 품질검사 : 파트별 가공 상태 확인
- ⑩ 출고 : 출고를 위한 대기



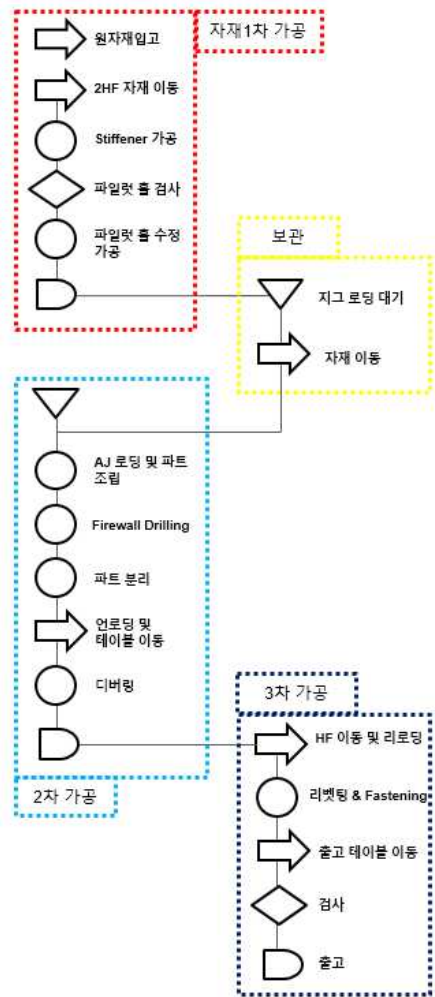
○ 전체 공정 구조

[Drilling] 공정분석표

번호	내용설명	* Part 기준						문제점	*1자년도/2자년도 수월				
		운반	가공	정제	검사	저장	시간		폐지	통합	순서	장소	직업자
1	원자재 입고	V					-						
2	2HF로 자재 이동					V	5.0						
3	2HF에 파트 로딩후 DT(Drilling Template) install		V										
4	Vertical, Horizontal Stiffener FULL SIZE 드릴링		V				15h						
5	Vertical, Horizontal Stiffener 디버링		V				8.5h						
6	2HF에서 Horizontal Stiffener 리벳팅		V				3.5h						
7	AJ 로딩 전, PART 파일럿홀 검사				V								
8	0.098" or 0.1285" match drill (파일럿홀 수정 가공)		V										
9	보관			V			1h						
10	Assembly jig에 로딩	V					4h	6.0					
11	Firewall Drilling (full size)		V				33h						
12	파트 분리		V										
13	엔로딩	V					1h						
14	테이블 이동	V						10.0					
15	디버링		V				22h						
16	HF 리로딩		V				1h	10.0					
17	리벳팅 & Fastening		V				22h						
18	출고 테이블 이동	V						6.0					
19	검사				V								
20	출고					V							

[ 공정분석표 ]

○ 787 Afterbody Firewall 드릴링 공정 구조



[ 드릴링 가공 공정 순서도 ]

- 드릴링 가공 공정 순서도는 위와 같으며 크게 4가지로 분류 할 수 있음

- (1) 자재 1차 가공 : Firewall 파트인 Vertical, Horizontal Stiffener 가공 및 파일럿 홀 검사
- (2) 보관 : Firewall 전체 파트 지그 로딩 전, 파트별 보관 및 대기 상태
- (3) 2차 가공 : AJ(Assembly Jig)에 로딩하여 Firewall 전체 파트를 조립하고 드릴링 가공 후, 각 파트별 디버링 진행
- (4) 3차 가공 : 디버링이 완료된 파트는 다시 HF(Holding Fixture)에 리로딩 하여 리벳팅&Fastening 작업 진행

## □ 공정 문제점 및 개선 필요성

### ○ 현재 공정 문제점

- ① (Stiffener 가공) 파트 원자재 입고 후, 수작업으로 드릴링, 디버링, 리벳팅 작업을 진행하여 작업자에 따라 가공 품질에 영향을 줌
- ② (파일럿 홀 가공) 원자재 입고 시, 이미 가공되어 납품 받은 파일럿 홀을 다시 검사하고 수정 가공하는 중복된 작업이 있음
- ③ (Assembly Jig 로딩) 각 파트가 개별적으로 가공이 이루어져 jig에 고정하고 조립하는데 오차가 생겨 수정 가공이 필요한 경우가 발생
- ④ (드릴링) 소수의 작업자가 수 천개의 홀을 드릴링 가공해야 하기 때문에 일정한 품질을 유지하기 어려움
- ⑤ (디버링) 드릴링 작업과 동시에 이루어지지 않아 드릴링 작업 후에 파트를 전부 분리해서 테이블로 이동하고 디버링을 해야하므로 작업 시간이 많이 소요됨
- ⑥ (리벳팅) 디버링이 끝난 파트를 다시 HF에 리로딩하여 조립하고 리벳팅 작업을 진행하여 많은 노동력과 작업시간이 소요됨

### ○ 개선 요구사항

- ① Stiffener를 가공 하면서 Firewall 전체 드릴링이 가능 할 수 있도록 개선 필요
- ② 파일럿 홀을 수정가공 없이 바로 확공이 가능하도록 공정 순서를 변경
- ③ 정밀한 가공이 필요하기 때문에 로봇을 활용하여 오차를 최소화시킴
- ④ ,⑤, ⑥일정한 품질을 위해 로봇을 활용한 가공으로 대체하여 가공 공차를 최소화시키고 작업시간을 단축시킴

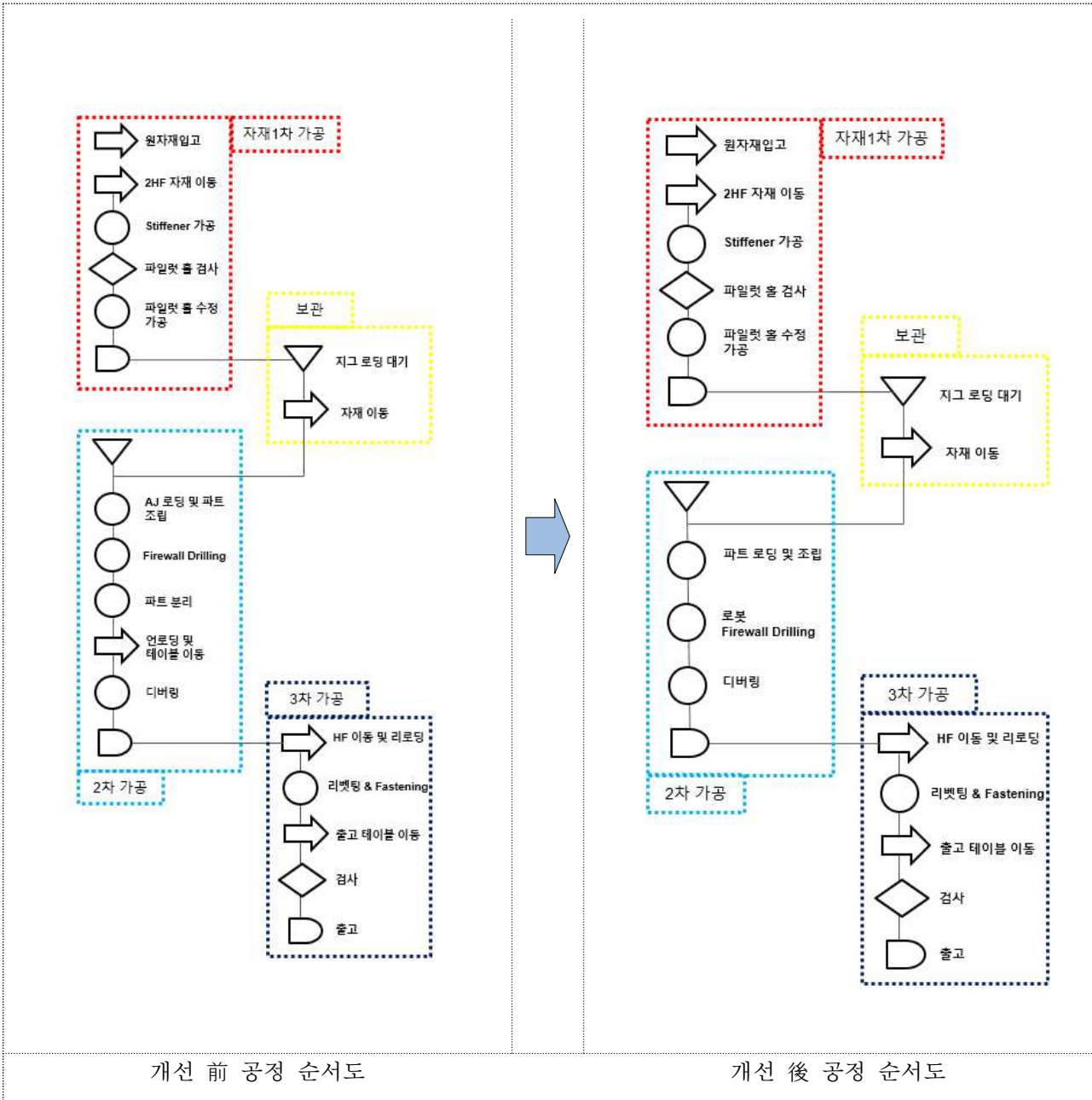
[Drilling] 공정분석표

번호	내용설명	운반	* Part 기준				시간	운반거리(m)	문제점	*1자년도/2자년도 수행 개선작업중				
			가공	정제	검사	저장				폐지	통합	순서	감소	작업자
1	원자재 입고	V					-	-						
2	2HF로 자재 이동					V		5.0						
3	2HF에 파트 로딩 후 DT(Drilling Template) install		V					8h						
4	Vertical, Horizontal Stiffener FULL SIZE 드릴링		V				15h							
5	Vertical, Horizontal Stiffener 디버링		V				8.5h							
6	2HF 에서 Horizontal Stiffener 리벳팅		V				3.5h							
7	AJ 로딩 전, PART 파일럿홀 검사				V									
8	0.098" or 0.1285" match drill (파일럿홀 수정 가공)		V											
9	보관			V			1h							
10	Assembly Jig에 로딩	V					4h	16h	o 파트간 홀 공차로 인한 지그 고정에 어려움이 있음					
11	Firewall Drilling (full size)		V				33h		o 장시간 반복 작업으로 인한 작업자의 피로도 증가					
12	파트 분리		V						o 드릴링 가공 후, 디버링을 위해 조립한 파트를 전부 분리해서 재작업을 해야함					
13	연로딩	V					1h							
14	테이블 이동	V						10.0	o 디버링 작업이 이루어지는 테이블로 Firewall 각 파트를 전부 이동해야 함					
15	디버링		V				22h							
16	HF 리로딩	V					1h	10.0						
17	리벳팅 & Fastening		V				22h							
18	출고 테이블 이동	V						6.0						
19	검사				V									
20	출고					V								

[문제점 보완을 위한 개선된 공정분석표]

	기존 공정	보완된 공정	비고
Takt Time(h)	약 111	약 87	<u>약 22% 감소</u>
운반거리(m)	약 31	약 31	-

[기존 공정과 보완된 공정 비교]

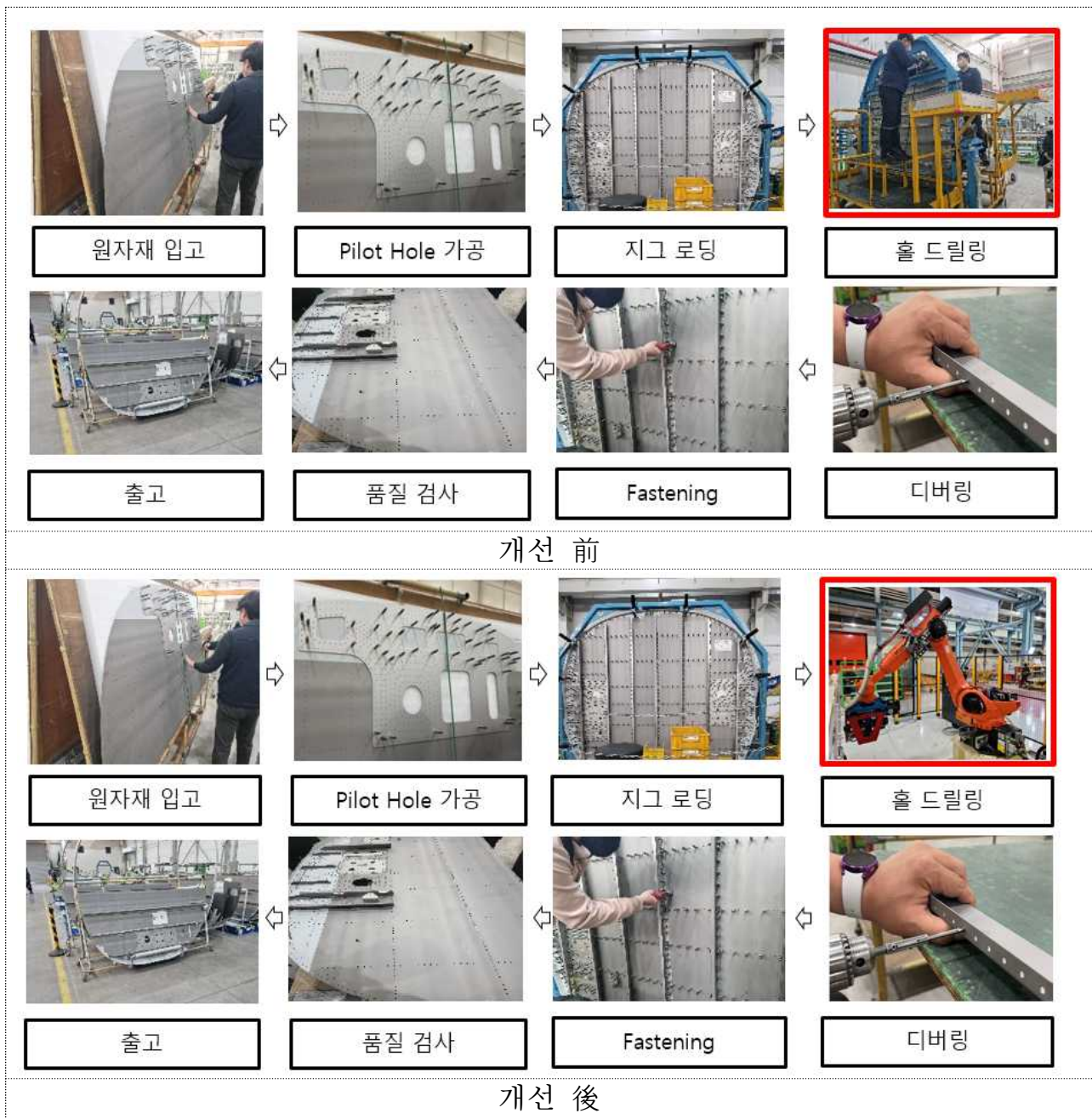


[전체 공정 순서도 개선 전후 비교]

## 2-2. 로봇 활용 표준공정모델

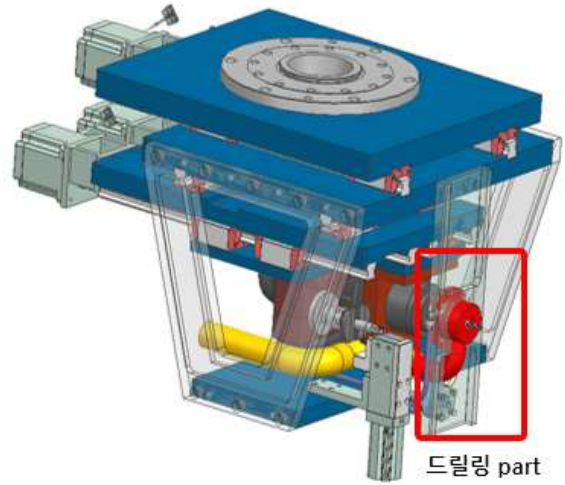
### □ 표준공정모델 개요

구분	파일럿 홀 가공	H2F	구조물 장착	지그 로딩	드릴링	디버링	Fasteni ng	지그 언로딩
As-Is	수동	수동	수동	수동	수동	수동	수동	수동
To-Be	수동	수동	수동	수동	로봇	수동	수동	수동



[ Drilling 표준모델 도입 공정 흐름도 ]





[ Drilling 공정 표준모델 도입 솔루션 ]

## □ 시스템 구성

[표준공정모델 시스템 구성안]

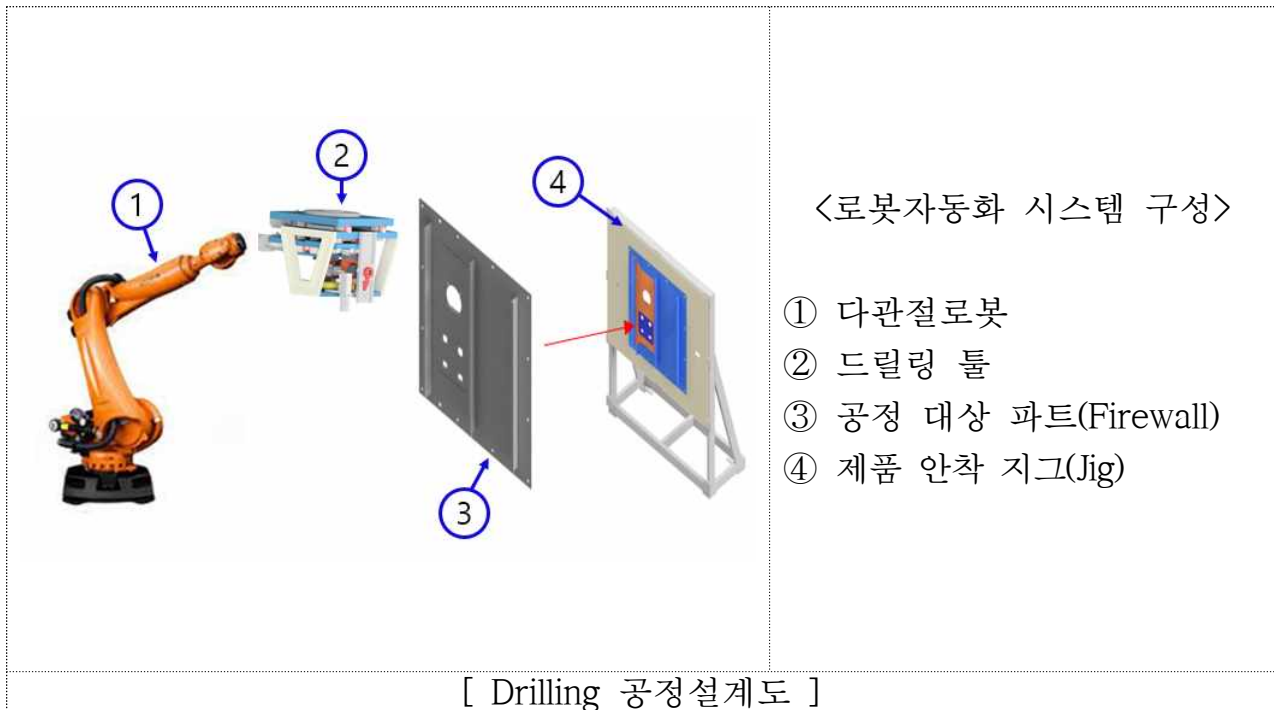
H/W	사 양	필요 기능
로봇	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타입: 수직다관절</li> <li>- 축 자유도: 6-axis</li> <li>- 가반하중: 최대 275kg</li> <li>- 반복정밀도: <math>\pm 0.05\text{mm}</math></li> <li>- 리치: 최대 2,701mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업반경 내에서의 반복정밀도 유지</li> <li>- 제어시스템과의 S/W 호환성</li> <li>- 주어진 작업환경에서의 가동 내 구성</li> </ul>
로봇 툴	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타입 : Servo Motor [위치제어 가능]</li> <li>- 타입 : 스피들</li> <li>- Speed : 3,600 RPM</li> <li>- Power : 2Hp (1.5kW)</li> <li>- 전압 220V, 주파수 60Hz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 위치제어 기능 기반의 가공</li> <li>- 파트 소재에 따른 RPM 가변 기능</li> </ul>
제어반	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모델 : KR C4(로봇 컨트롤러)</li> <li>- 크기 무게 : 960 x 792 x 558 mm, 150kg</li> <li>- 통신 : USB3.0, GbE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 로봇 툴과 호환 가능</li> <li>- TCP Auto-Calibration 가능</li> <li>- 통합관리시스템 연동 제어</li> </ul>



[ 제조로봇을 활용한 Drilling 공정 구성 ]

## □ 공정 설계도

## ○ 제조로봇 적용된 공정 운영 설계(안)



## 〈로봇자동화 시스템 구성〉

- ① 다관절로봇
- ② 드릴링 툴
- ③ 공정 대상 파트(Firewall)
- ④ 제품 안착 지그(Jig)

- ① 제품 안착 지그(Jig)에 핀과 볼트로 대상 파트(Firewall)고정 - 작업자
- ② 가공 : 다관절로봇에 장착된 드릴링 툴로 Drilling 작업수행 - 로봇
- ③ 검사 : CMM 측정, 홀 직각도, 홀 지름 공차 등 검사작업 - 작업자
- ④ 지그(Jig)에서 제품 탈거

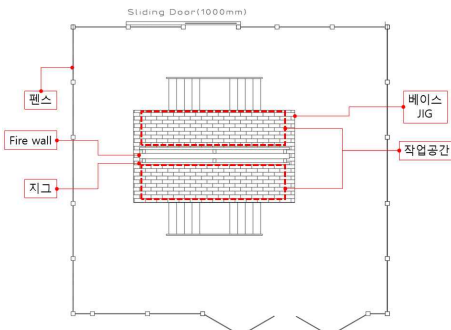
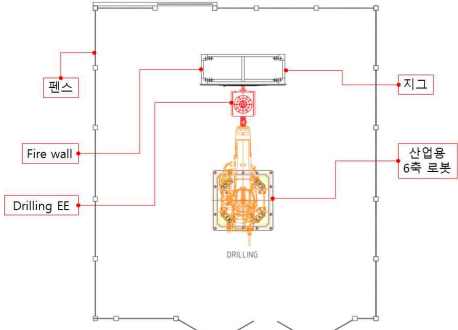
## □ 운영 시나리오

- 표준모델 공정 설계에 따른 운영시나리오 기반으로 OLP(Off-Line Programming)을 활용하여 3D모델링 기반의 제품형상에 따른 로봇을 활용한 드릴링 Tool Path생성 및 로봇 모션 시뮬레이션 이후 로봇 프로그래밍 파일 생성
- 생성된 로봇 프로그래밍 파일을 로봇 제어기에 로딩하여 수동 저속모드에서 드릴링 툴(Drilling Tool) TCP Calibration 및 Tool Path 검증·미세 조정 이후 자동모드에서 로봇 최적의 속도로 운영



[ Drilling 제조로봇 적용 자동화 공정 운영 시나리오 ]

## 2-3. 표준공정모델 실증기준

제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [항공 금속재 부품_평판 Drilling]					
산업 분야	항공	대상업종 (산업분류코드)	항공기용 부품 제조업 (C31322)	적용공정	항공기 금속재 부품 평판 Drilling
공정 소개	공정 정의	<ul style="list-style-type: none"> <li>피 가공물은 준비 된 지그에 작업자가 로딩하고 Drilling 공정은 펜스 내부에서 다관절 로봇을 이용하여 확공 하는 공정. 홀의 위치 및 크기 공차 최소화, 재현성, 생산성 향상 및 생산비 절감 등을 실현하는 공정</li> </ul>			
	핵심(부) 기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>피가공물의 기준 홀을 요구하는 홀 크기로 확공</li> <li>가공품의 정밀도, 재현성 확보</li> <li>가공품의 생산성, 생산비 절감</li> </ul>			
	핵심 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>Drilling을 위한 고사양 스핀들</li> <li>다관절 6축 로봇 및 컨트롤러</li> <li>작업자 안전을 위한 펜스</li> </ul>			
	핵심 성능	<ul style="list-style-type: none"> <li>다품종 소량생산 환경에 따른 OLP 기반의 Easy Programming</li> <li>OLP기반의 로봇 프로그래밍으로 로봇 운영의 간소화</li> <li>단일 프레임에 로봇과 주변 장치가 안착되어 설치 및 이동 용이</li> </ul>			
	필요성/효과	<p>[필요성]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>수작업 시 균일하지 못한 품질</li> <li>단순 반복 작업에 기인한 작업자 피로도 누적</li> </ul>		<p>[도입효과]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>생산성 향상</li> <li>절단면 품질 향상</li> <li>불량률 감소</li> <li>생산비 절감</li> <li>생산성 향상</li> <li>작업자 근골격계 질환 예방</li> </ul>	
	구분	Before		After	
	레이아웃				
	작업순서	<p>피가공물 부품지그 로딩 → 핸드 툴을 이용한 가공(작업자) → 언로딩 및 적재</p>		<p>피가공물 부품지그 로딩 → 드릴링 작업(로봇) → 언로딩 및 적재</p>	



제조로봇 활용 공정모델 실증기준 [Firewall / 평판 Drilling]		
적용로봇 사양	로봇 종류	산업용 6축 다관절 로봇
	가반 하중	275kg
	작업 반경	2,700mm
	투입 대수	1대
	기타	-
주변 설비 사양	로봇 툴	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 위치제어를 위한 서보 모터 (EZI-SERVO-ALL-60L)</li> <li>■ 드릴링 스피들 (LHV2B150-C)</li> </ul>
	지그	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 소재 안착용 지그 (제품별 형상 맞춤형 지그)</li> </ul>
	S/W	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ OLP기반의 Easy Programming &amp; 3D시뮬레이션</li> </ul>
	제어기	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 모델명 : KR C4 (로봇 컨트롤러)</li> <li>■ 크기 및 무게 : 960 x 792 x 558 mm, 150kg</li> <li>■ USB3.0, GbE, DVI-D, Display Port</li> <li>■ AC 3 x 208v to 3 x 575v</li> </ul>
	안전 설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 안전 펜스(안전센서 포함)</li> </ul>
로봇도입 핵심 고려사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 다품종 대응 가능한 스테이지 구성(JIG)</li> <li>■ 소재의 크기 감안한 로봇의 작업범위를 고려한 레이아웃 설계</li> <li>■ 작업자 안전을 고려한 레이아웃 설계</li> <li>■ 부품(제품)별 3D도면 기반 가공 프로그램 생성 및 시뮬레이션 기능</li> <li>■ 대상 파트 변경시 지그 및 툴(크기)교체가 간편한 구조</li> <li>■ 품질 허용공차를 만족시킬 수 있는 공정 설계</li> <li>■ 생산품의 품질 및 생산성 향상</li> <li>■ 공정 자동화 도입</li> </ul>	
소요예산	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 총사업비 400백만원 내외(정부출연금 200백만원 이내)</li> </ul>	
작성처	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 한국로봇융합연구원 지성철 책임연구원 ☎ 054-279-0441</li> </ul>	

### 3 기대효과 및 고려사항

#### 3-1. 기대효과

□ 표준공정모델 적용에 따른 기대효과

○ 정량적 효과(ROI 분석결과 등)

Benefit flow				
Benefit Drivers	2022	2023	2024	2025
유형 효과 (Tangible Benefits)				
- 노동 생산성 향상	₩0	₩144,000,000	₩144,000,000	₩144,000,000
- 자산 비용 절감	₩0	₩0	₩0	₩0
- 생산프로세스 증대	₩0	₩5,000,000	₩5,000,000	₩5,000,000
- 비즈니스 효과	₩0	₩0	₩0	₩0
Total annual benefits	₩0	₩149,000,000	₩149,000,000	₩149,000,000
Implementation filter	0%	75%	85%	95%
Total benefits realized	₩0	₩111,750,000	₩126,650,000	₩141,550,000

Cost flow				
내용	2022	2023	2024	2025
직접비용 (Direct cost)				
- 구축 인건 비용	₩24,300,000	₩0	₩0	₩0
일회성 간접비용 (Temporary indirect cost)				
- 자본비용 (자산 구매비용)	₩246,000,000	₩0	₩0	₩0
지속성 간접비용 (Continuous indirect cost)				
- 교육 및 유지관리	₩3,500,000	₩6,000,000	₩6,000,000	₩6,000,000
Total	₩273,800,000	₩6,000,000	₩6,000,000	₩6,000,000

Return flow				
내용	2022	2023	2024	2025
Annual benefit flow	₩-273,800,000	₩105,750,000	₩120,650,000	₩135,550,000
Cumulative benefit flow	₩-273,800,000	₩-168,050,000	₩-47,400,000	₩88,150,000

○ 정성적 효과(제조현장 근무환경 개선내용 등)

- 작업자의 안전 확보 및 위험노출 최소화
- 작업환경 개선(소음, 칩)
- 품질, 생산성, 재현성 향상
- 생산비용 절감
- 직접 노동 시간 축소로 작업자 피로도 절감

## 3-2. 고려사항

### □ 표준공정모델 적용 및 공정 운영 시 유의사항 등

#### ○ 공정 배치 공간 확보

- 기업별 공정 구성에 따른 공정 배치 공간 확보
- 공정 순서에 맞게 위치·작업 동선 최적화 필요
- 사용 전력 및 가공제품 적용 가능성 검토 필요

#### ○ 공정 환경 로봇자동화에 최적화

- 칩 제거에 필요한 집진장치
- 공정 운영 중 작업자 안전 확보
- 다품종 대응 가능하도록 유연한 공정 설계 필요
- 부품(제품)별 3D도면 기반 가공 프로그램 생성 및 시뮬레이션 필요

#### ○ 작업자 교육 및 고용

- 로봇 사용 유경험자 고용 필요
- Drilling 공정 운영 작업자 지정 필요(지속적인 재직자 정기교육으로 장비운영의 일관성 및 안전 확보)
- 제품 추가 시 대응가능 하도록 작업자 직무 교육 체계화 필요