

DEBURRING 로봇 응용 개발현황 및 적용사례

박 경 독

(현대 로봇트 산업(주) 로봇트 개발부 대리)

1. 머릿말

80년대들어 국내산업의 급성장과 더불어 자동차 산업을 중심으로 산업용 로봇트의 도입이 활발히 이루어져 왔으며 이제까지 주로 SPOT, ARC 및 SEALING등의 용도로 적용되어 왔으나 최근들어 신규 응용분야의 하나로 DEBURRING용으로 로봇트에 의한 자동화의 요구가 늘어나고 있다. 특히 DEBURRING작업은 소음 및 분진등으로 인한 악작업 환경으로서, 작업 환경 개선, 품질의 균일화 및 생산성 향상의 목적으로 공정의 자동화가 시급한 실정이다.

본고에서는 당사에서 그동안 연구해온 DEBURRING 로봇트 응용개발 현황 및 응용사례에 대하여 기술코자 한다.

2. DEBURRING 작업의 자동화 계획

2.1 작업대상 및 정도

DEBURRING작업은 단순히 작업물의 돌출부(BUR)를 제거하는 작업으로 그 작업 대상은 다음과 같다.

- 주물품의 주물 BUR 제거
- 단조품의 단조 BUR 제거

-기계가공에 의한 BUR 제거

-PRESS, 성형 수지품의 BUR 제거

자동화시 요구되는 작업정도는 작업물의 종류 및 BUR의 형상이 다양하고 작업물 형상도 복잡하기 때문에 모든 작업물에 대한 작업정도를 결정하기란 어려우며 적용조건에 따라 달라지나 보통 다이캐스팅 및 주철 주물품에 대해서는 실작업물 기준으로 -0.5mm~1.0mm 정도이다.

2.2 자동화 계획시 고려사항

로봇트에 의한 자동화 계획시 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

1) 작업의 특성에 의한 것

- 구조후 제품의 수축에 따른 제품간의 상대오차
- 금형의 노화 현상에 따른 불규칙적 BUR및 BUR 제거 작업이 어려운 대형 BUR의 발생가능
- 작업물의 형상이 복잡하고 작업물의 위치 고정이나이

2) 로봇트가 갖추어야 할 기능

- 공구의 반력에 견디는 고강성 기구
- 복잡한 작업물 형상에 대응키 위한 높은 자유도
- DEBURRING용 각종 소프트웨어 기능(반력에 따른 속도 및 위치제어 기능, 작업 위치오차 및 공구마모 보상기능, 작업 공구 교환기능 등)

—높은 제작정도

이와 같은 사항으로 인하여 DEBURRING 자동화는 타 응용에 비하여 다소 난이할 뿐만 아니라 현장 경험 기술이 크게 요구되며, TOOLING 장치 개발 및 센서 응용 등의 고도의 응용기술 등 다각적이고 체계적인 검토가 필요하다. 또 절삭성에 영향을 미치는 작업물의 재질 및 형상, 공구의 형상 및 마모량, 공구의 회전수, 절삭 방향, 작업 속도, 절삭유 사용 유무등의 인자를 고려하여 작업조건을 결정하여야 한다.

3. 시스템 구성

DEBURRING 로봇 시스템 구성은 표1에 나타내었다. 작업방법에 따라 공구 취부 방식 그림1과 작업물 취부 방식으로 분류되며 그 특성에 대해서는 표2에 나타내었다. 또 DEBURRING 작업시 발생하는 힘과 토크를 처리하는 방법에 따라 능동적 방식과 수동적 방식으로 분류되며, 능동적 방식은 로봇의 위치 및 속도 제어방식과 로봇 끝단에 부착되는 공구를 제어하는 END EFFECTOR 제어방

표 1. DEBURRING 로봇 개발 시스템 구성도

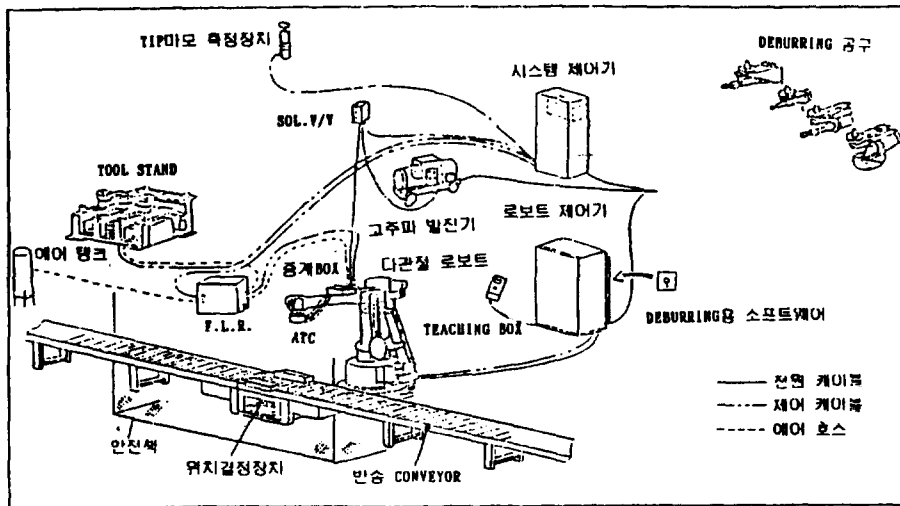
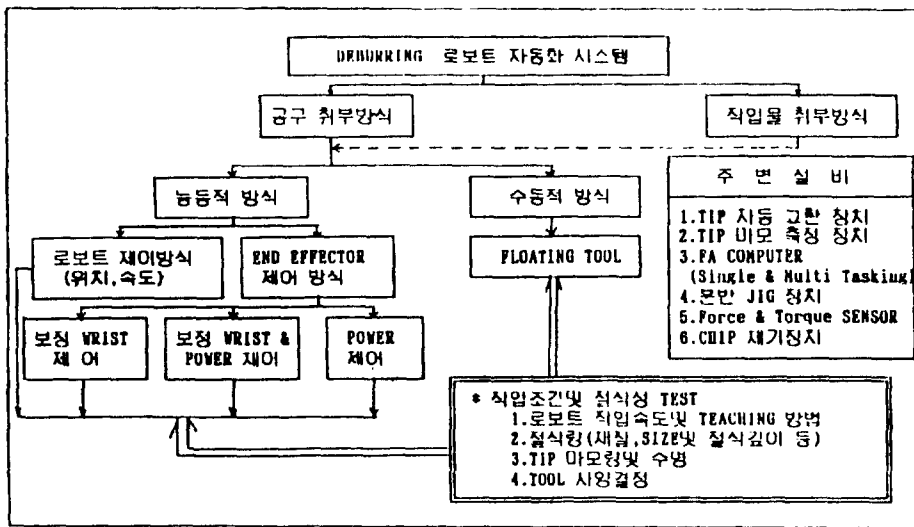


그림 1. 공구취부 방식의 DEBURRING 로봇 시스템

표 2. 공구와 작업물 취부 방식의 특성 비교

구 분	장 점	단 점
1. 공구 취부 방식 (로봇에 공구를 취부하고, 작업물은 치구에 고정)	1. 복잡한 작업물의 향상에 대해 로봇의 작업자 세 취하기가 용이. 2. 다종의 작업물에 대응이 용이. 3. 로봇트 소형화가 가능	1. 자동운반 치구 시스템이 복잡하다. 2. 다종의 공구를 사용하기 위해 ATC 적용이 불가피 하고, 작업 시간 증가 문제 야기
2. 작업물 취부 방식 (로봇에 작업물을 취부하고 공구는 치구에 고정)	1. 자동화 치구 시스템이 단순하다. 2. 다종의 작업공구 사용이 쉽다.	1. 작업물 크기 및 중량이 커짐에 따라 작업에 제한을 받으며 로봇트의 대형화 야기 2. 복잡한 작업물에 대해 로봇트 작업 자세 취하기가 난이 3. 다종의 작업물에 대해 GHIP'G 장치의 구조가 복잡

식으로 분류될 수 있다. 주변 설비로서는 TIP의 파손, 마모 및 TIP 형상 변경에 따른 TIP 자동 교환 장치, TIP 마모 측정 장치, 운반 지그 장치, CHIP 제거 장치, 힘/토오크 센서, ATC(Auto Tool Changer)장치 및 시스템 제어장치 등이 있다.

4. DEBURRING 응용 개발 현황

당사에서는 앞에서 기술한 수동적 방식 및 능동적 방식을 개발 진행중이며, 여기서는 우선 개발 완료된 FLOATING TOOL을 사용한 수동적 방식에 대하여 기술코자 한다.





4.1 DEBURRING 공구

DEBURRING을 위한 작업공구는 로타리 공구, CHIPPER, 자동돌 등 다양한 공구가 있으나 널리

표 3. 공기압 및 고주파 전동 공구의 사양 비교

구 분	공기압 공구	고주파 공구
1. 공구회전 수	20,000~85,000	5,000~20,000
2. 소 음	대	소
3. 토오크세팅	난 이	용 이
4. 작업성	과부하시 회전수가 급격히 저하되며 정지현상 발생	과부하시 거의 일정 출력을 유지하므로 공기압 공구보다 작업성우수(5배 정도)
5. 공구 수명	6개월~1년	2년 6개월~3년
6. COST	저 가	고가(고주파 발전기 필요)
7. 기 타		비교적 BUR가 크거나 주철 및 STEEL 작업시 유리

표 4. 공구 TIP 사양 및 용도

TIP 사양	형 식	용 도	비 고
1) ROTARY BAR		AL. DEBURRING 용	TIP 형상은 다종다양하며 작업물형상물상세 검토후 선택해야함. (SPECIAL TIP 도 다양함)
		ST. DEBURRING 용	
2) 솟 돌		ST. 연삭 및 DEBURRING 용	
3) SANDPAPER		ST. 연삭용	

사용되고 있는 로타리 공구에 대해서 검토한다.

로타리 공구는 공구의 구동부와 TIP부로 구성되어 있으며, 구동원에 따라 공기압 구동방식과, 고주파 전동 방식으로 분류되며 관련 공구 및 용도는 표 3, 표4와 같다.

4.2 FLOATING TOOL 및 DEBURRING 반력 해석

FLOATING TOOL은 DEBURRING작업시 공구 TIP과 작업물 사이의 접촉에 의한 힘을 흡수하고, 작업물간의 위치 오차를 보정하여 주는 장치이다.

대부분 구조품은 형상이 복잡하고, BUR 발생이

불규칙하여 DEBURRING 작업시 로봇트 작업 자세 변화가 심하고, 로봇트의 동작과 동시에 평면의 모든 방향에 대하여 대응이 가능한 장치이어야만 작업이 용이하다. 이에 대응하기 위해서는 스프링, 실린더 등의 요소로 구성된 FLOATING TOOL 및 DEBURRING 작업시 반력의 분석이 필요하다.

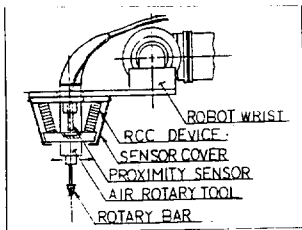
4.2.1 FLOATING TOOL 사양 및 특성

1) RCC(Remote Center of Compliance) 장치

RCC는 3개의 고무 스프링으로 구성되어 있으며, 사양은 그림2에 나타내었다. 완충 변위량에 따라 비례적으로 힘이 작용되고, 평면의 모든 방향으로 균일하게 완충역활을 수행하는 다방향 FLOATING TOOL이다.

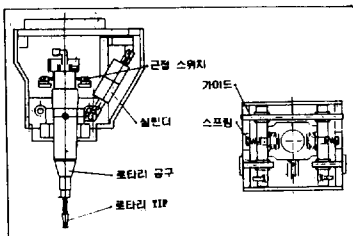
2) 2방향 FLOATING TOOL

당사에서 개발 사용중인 모델은 그림3에 보인바와 같이 완충허용 범위는 실린더 방향으로 $\pm 10 \sim \pm 20$ mm, 스프링 방향으로 $\pm 3 \sim \pm 5$ mm 정도이다. 스프링 방향으로는 단지 완충 역할만 실행하고, 실린더 방향으로는 완충 변위량과 무관하게 거의 일정한 절삭력 제공 및 완충 역할을 실행하는 것이 특징이며 공기압 조절에 의해 절삭력 조절도 가능하다.



- 3개의 고무 RING으로 구성
- 다방향 완충 가능한 FLOATING TOOL
- 완충범위 : ± 4 mm 정도
- 비례적인 힘이 작용

그림 2. RCC(Remote Center of Compliance) 장치의 사양



- 실린더, 스프링 및 GUIDE로 구성
- 스프링 방향은 단지 완충 역할만 수행하고 실린더 방향은 절삭력 제공 및 완충 역할 수행 (공기압에 의하여 절삭력 조절가능)
- 실린더 방향은 거의 일정한 절삭력 제공가능
- 완충범위
 - 스프링 방향 : 3mm ~ 5mm
 - 실린더 방향 : 10mm ~ 20mm
- 당사에서 개발된 FLOATING TOOL

그림 3. 2방향 FLOATING TOOL 장치의 사양

4.2.2 DEBURRING 반력 테스트 및 해석

힘/토오크 센서, RCC장치를 로봇트에 부착하여 DEBURRING시 반력을 PERSONAL COMPUTER로서 샘플링 데이터를 얻었으며, 그 결과의 일부는 그림 4에 나타내었다. 이로서 RCC사용시 절삭속도,

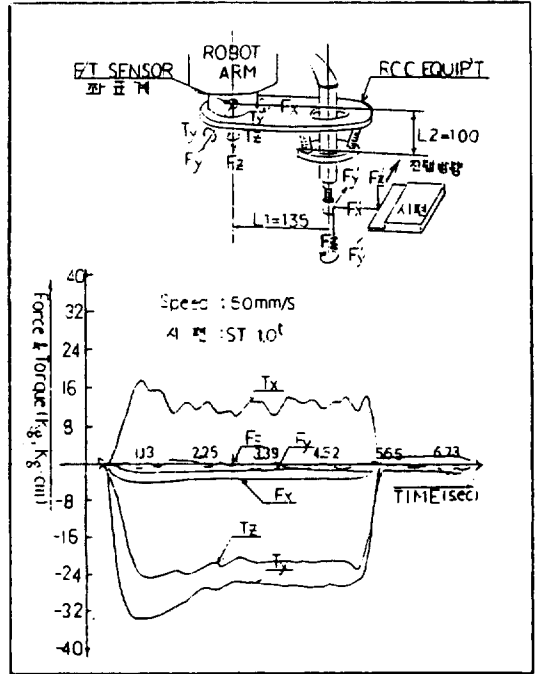


그림 4. F/T 센서 좌표계 및 절삭 반력

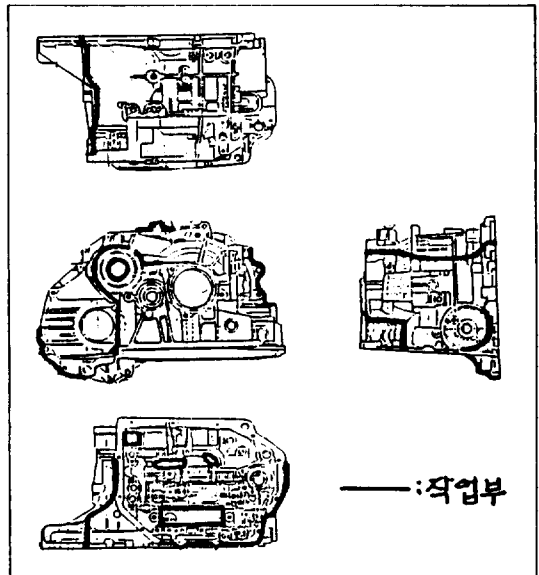


그림 5. ATM CASE의 DEBURRING 작업부

표 5. FLOATING TOOL의 성능비교

TOOL 장치명	테스트 사양	장 단 점	비 고
1. RCC 장치(다방향 FLOATING TOOL)	1. 작업물 ; ATM부속품 ; ATM CASE 2. 재질 ; STEEL, AL계 3. 공구 ; 공기압, 로타리 공구	1. 장 점 1) 모든 방향이 균일하게 완충가능하므로 로봇트 작업자세 취하기가 용이 2) 1,2방향 FLOATING TOOL보다 작업시간 단축 가능 3) 구조가 간단하다(고무 스프링 3개) 2. 단 점 1) 다방향 완충가능 장치로 인하여 작업진행방향으로 공구 TIP 밀림현상 발생(2~3mm) 즉, 절삭력이 너무 강함⇒TEACHING 위치 수정으로 해결가능 2) 로봇트의 궤적 오차로 인하여 절삭력 증감문제가 야기되어 절삭정도가 달라짐 ; 로봇트의 XYZ-SHIFT기능 및 TEACHING 위치를 반복 수정하여 요구절삭정도를 맞춤(반복 수정시간이 많이 걸림)	-가공 BUR 및 DIE CASTING주물 BUR 제거 작업시 절삭력은 0.3kg~1.0kg정도이면 작업 가능 -작업속도는 30mm~100mm로 결정(부위에 따라 달라짐) -가공품외의 제품간 위치오차 발생 가능성이 있는 주물품에 대해서는 적용상의 문제가 있는 것으로 예측됨
2. 1방향 FLOATING TOOL장치	1. 작업물 ; ATM CASE 2. 재질 ; AL계 3. 공구 ; 공기압, 로타리 공구	1. 장 점 1) 실린더 FOATING TOOL 특징에 의해서 RCC장치보다 절삭정도 아주 양호 2) RCC장치와 같이 절삭정도를 맞추기 위하여 반복 수정 TEACHING 작업이 거의 없다. 2. 단 점 1) 코너부 TEACHING이 난이 2) RCC장치보다 작업시간이 많이 걸리고 초기 로봇트 작업 경로 TEACHING이 난이(항상 FLOATING방향 TOOL자세 유지) 3) FLOATING수직 방향으로 힘이 작용시 공구에 치명적인 손상의 위험성이 있고, 가공 작업이 둔탁하다.	-절삭력은 공기압에 의해서 조절가능
3. 2방향 FLOATING TOOL장치	1. 작업물 ; ATM CASE 2. 재질 ; AL계 3. 공구 ; 공기압, 로타리 공구	1. 장 점 1) 2향의 장점 2) 2향의 1), 3)향 단점 문제 보완 2. 단 점 1) RCC장치보다 작업시간이 많이 걸리고 초기 로봇트 작업 경로 TEACHING이 난이(항상 FLOATING방향 TOOL자세 유지) 2) TOOL구조가 복잡하다.	-절삭력은 공기압에 의해서 조절 가능 -TEACHING의 난이성보다 절삭성이 중요하므로 최종 공구 사양으로 결정

5.3 적용 로봇 사양

여기에 사용된 로봇은 기반중량 50kg급, 6축 다관절형인 HR 8609AM으로서 본체 및 제어기의 기본 사양은 그림6, 표6, 표7에 나타난 바와 같다.

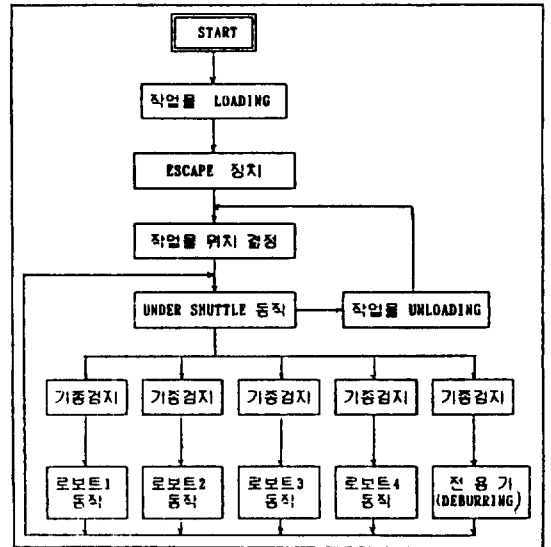
DEBURRING작업에 필요한 소프트웨어 기능으로서 직선보간, 원호보간, XYZ SHIFT 기능등이 사용되었다.

5.4 응용 시스템 구성 및 작업 방법

전체 시스템은 그림7, 그림8에 나타내었다. 이 시스템은 로봇 4대, FLOATING TOOL, WORK 이동장치, DEBURRING전용기, 위치 결정장치, CHIP 제거장치 등으로 구성되어 있다.

작업 방법은 표8에 나타난 바와 같이 작업자가 작업물을 CONVEYOR위에 올려 놓으면, INPUT CONVEYOR에 의해서 위치 결정 장치로 이송된다. 위치 결정후 WORK 이송장치에 의해서 각 공정으

표 8. DEBURRING 로봇 시스템 작업순서 및 방법



로 작업물을 자동 이송시키고 4대의 로봇 및 전용

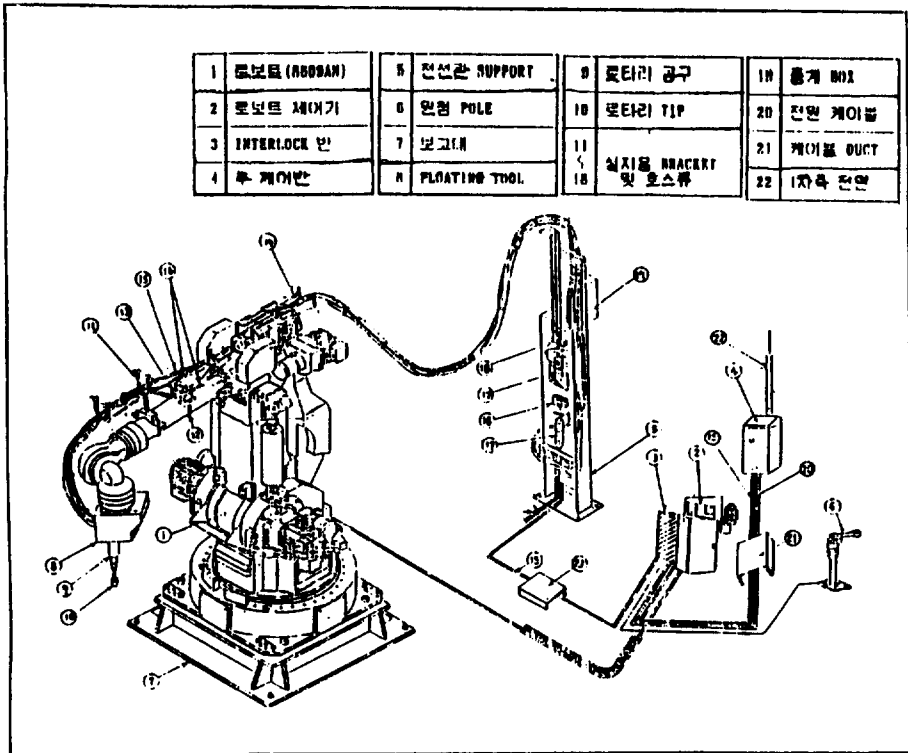


그림 7. DEBURRING 로봇의 설치도

