

악 환경 작업에서의 로봇 시스템 적용사례

장 행 남

현대로봇 산업(주) 이사



● 1941년생
● 기계공학을 전공했으며 로봇자동화와 로봇응용에 관심이 있다.

1. 머리 말

80년대 중반 이후부터 국내 시장경제의 흐름은 2차산업에서 3차산업으로의 급격한 변화를 보이면서 수출부진과 시장개방에 따른 경기침체가 가속화되고, 심각한 노사분규에 직면하게 되었다. 이러한 현상은 노동집약 산업에서 고부가가치 산업으로의 전환을 강력히 촉구하고, 생산현장에서 인간의 역할을 축소했으며, 생산성을 향상시키는 방향으로 생산 수단의 전환을 재촉하게 되었다. 나아가, 90년대에 접어들어서는 작업자들의 3D(difficult, dirty, dangerous)작업에 대한 심한 기피현상으로 단순작업 및 기능인력에 대한 심각한 인력난에 봉착하게 되었다.⁽¹⁾

이에 따라, 그 동안 투자가치를 기준으로 국내 가전 및 자동차산업 분야에서 고품질작업을 위한 로봇 시스템(소형부품 조립과 스폿, 아크 용접 및 실링용 등)의 도입이 대기업을 중심으로 활발히 전개되어 왔으나, 90년대에 들어서면서 로봇 적용기술력의 향상과 로봇 시스템가격의 하락에 힘입어 열악한 작업환경에서 작업인력을 대처할 수 있고, 다품종 소량생산에 적용할 다기능 및 지능로봇 시스템의 도입이 활발하게 검토되고 있다.

여기서는 이러한 제조업 분야의 자동화동향

변화에 부응하여, 열악한 작업환경을 지닌 주물공장에서 3D 작업환경을 기피하는 작업자를 대신하고, 공장자동화의 한 셀(CELL)로서 연계자동화에 적용할 수 있는 주물소재의 가스절단 로봇 시스템 및 다버링 로봇 시스템에 대하여 당사의 개발적용 사례를 소개하고자 한다.

2. 주물소재의 자동전달 시스템

주조산업에서 소형부품을 대량생산하기 위하여 MATCH PLATE 조립주형법⁽²⁾을 사용하여 주물을 만들면 각각의 소형부품들을 모체주물에서 떼어내기 위하여 타격법, 절삭절단법 또는 용융절단법을 사용한다. 이러한 절단법들은 주물의 형상과 주물의 재질 등에 따라 적용방법이 달라지고 자동화가 어려워 대부분 수작업에 의존하고 있다. 이와는 반대로 조형라인이나 후처리(형해체, 주물사제거) 공정은 라인 또는 단위(batch)작업 자동화가 이루어졌다. 따라서, 작업환경은 상기의 절단 작업방법에 따라 크게 좌우되고 있다고 하여도 과언이 아니다.

본 시스템은 그림 1과 같은 제조공정중 절단 공정(한 개의 주강주물(표 1참조)에서 6개의 소형부품(이하 EDGE)을 각각 잘라냄)을 자동화한 가스 절단 로봇 시스템으로 당사에서 독자적으로 개발하여 현재 주조공장에서 사용되

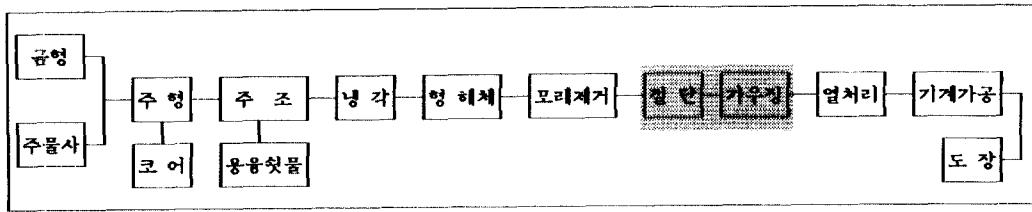


그림 1 콘테이너 EDGE 제조공정

표 1 작업물 사양

WORK 명칭	CONTAINER EDGE (CORNER CASTING)		
재 질	중탄소강(C: 0.23, Mn: 1.2, Si: 0.3%)		
중 량	115kg		
규격	주물	684×433×257mm	
	EDGE	185×165×124mm	
작업물 종류	1종	금형수량	8개
절단 거소	6개소	CYCLE TIME	45초
절단허용오차	0~1.5mm	작업물 오차	±2mm
작업물 형상		절단면 형상	

표 2 절단시스템 구성시 문제점

구분	내 용
주 물	1. 금형에 따른 주물간의 상대오차.
	2. 상하형 결합부 및 코어부의 BURR 발생.
	3. 주물의 절단부 내부에 잔류하는 기공.
	4. 절단면의 주물사 소착.
로 붓	1. 절단작업시 발생하는 열, 불똥, 먼지 등.
	2. 주변장비에서 발생하는 노이즈.
	3. TOOL의 무게 및 충돌시 충격토크.
	4. 높은 재적정도 및 큰 작업반경 요구.
주 변 장 비	1. 절단시 절단작업부에 발생하는 고열전열.
	2. 폭발성 가스의 사용에 따른 안전대책.
	3. 절단후 EDGE의 자세유지 및 탕구 낙하충격
	4. 컨베이어 시스템 이상시 비상조치.

고 있는 것이다.

2.1 시스템 구성시 고려사항

주물절단 시스템의 설계검토시에는 다음과 같은 기본적인 사항들에 대한 정확한 해석을 한 후 여기에 알맞는 절단방법을 선정하여야 한다.

(1) 작업물의 해석: 규격, 중량, 재질, 용도, 종류, 절단면 형상, 상대오차, 절단 허용오차 등.

(2) 작업 해석: 기존의 작업방법, 작업상 문제점, 작업 공간, 단위작업시간, 작업 소요인원, 주변환경 등.

(3) 기타: 사용자의 요구, 전력·공기 등 1차

설비의 용량, 지역적 특성, 전후공정의 자동화 특성 등.

본 시스템에서는 상기 사항과 표 2와 같은 문제점들에 대하여 충분히 검토하여 용융절단의 가스 절단법을 적용하면서, 현장 경험기술을 반영하여 작업물을 안정화시키고 새로운 말단효과장치(end effector, 이하tool)를 개발하여 적용하였다.

2.2 시스템 구성

본 시스템의 구성은 그림 2와 같이 100Kg급 6축 다관절 로봇(HR-8608AM) 1대, 작업물 이송용 컨베이어 8대, 가스 시스템, 5자유도 미세 수동조절 방식의 tool 장비(그림 3) 및 시스템 제어부로 구성되어 있다.

시스템의 동작개요는 다음과 같다.

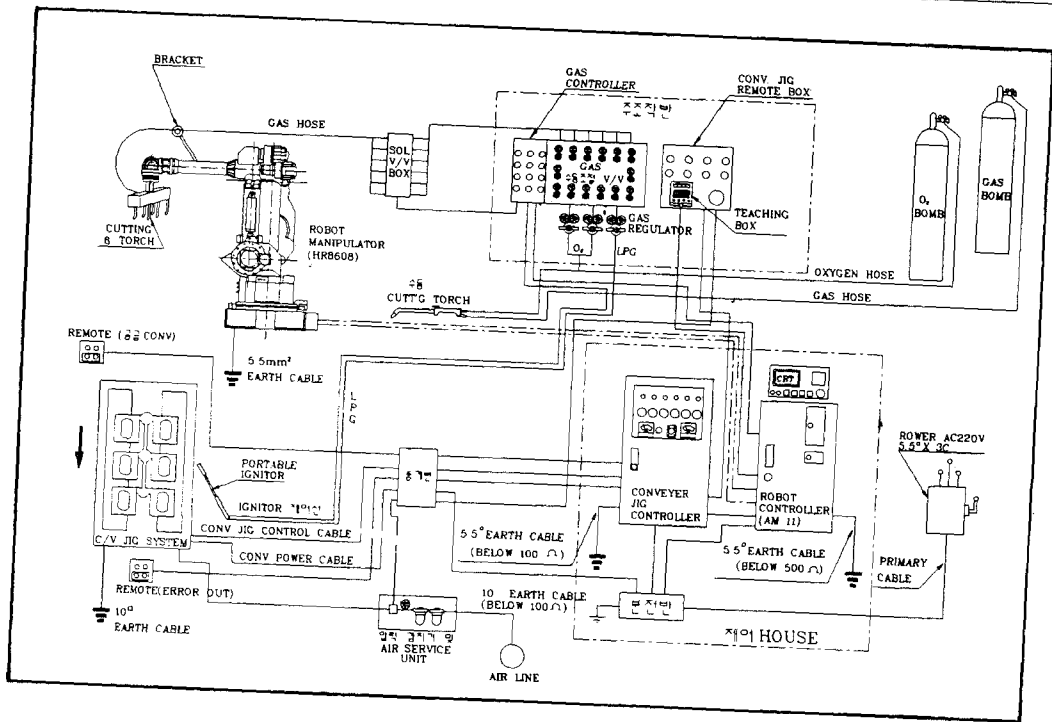
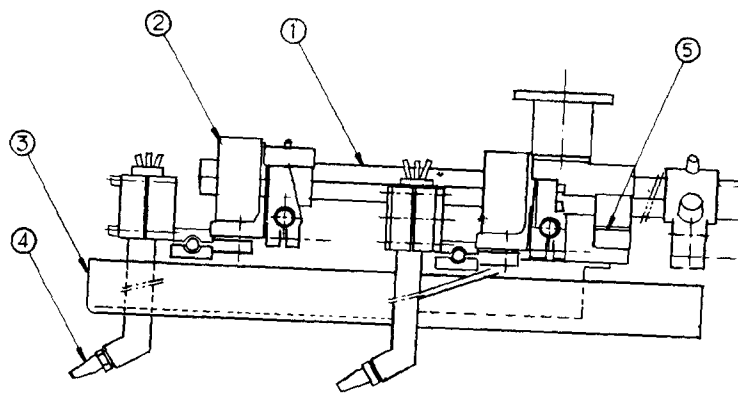


그림 2 가스절단 로봇 시스템 구성도



- ① tool 후레임
- ② 충돌감지센서
- ③ 불뿔 차단판
- ④ 절단 토치
- ⑤ 수준기

그림 3 가스절단용 tool

모래를 제거한 주물을 들출부(이하 BARR) 제거 작업 대기위치로 이송해 오면 그림 4에서 볼 수 있듯이 4명의 작업자가 45초 이내에 1개 이상의 작업물을 디버링한 후, 뒤집어서 공급 컨베이어 위에 공급하고, 작업자는 공급 컨베이어의 작동스위치를 누른다. 이렇게 해서 대

기 컨베이어로 이송된 작업물은 시스템 프로그램에 따라 자동적으로 절단 위치로 이송되어 절단준비를 완료하고, 로봇에 의하여 45초 이내에 절단이 완료된다. 로봇으로부터 절단완료 신호가 떨어지면, 작업 컨베이어가 작동하고 다음 작업물을 절단 준비시킨다. 이 때 작업물

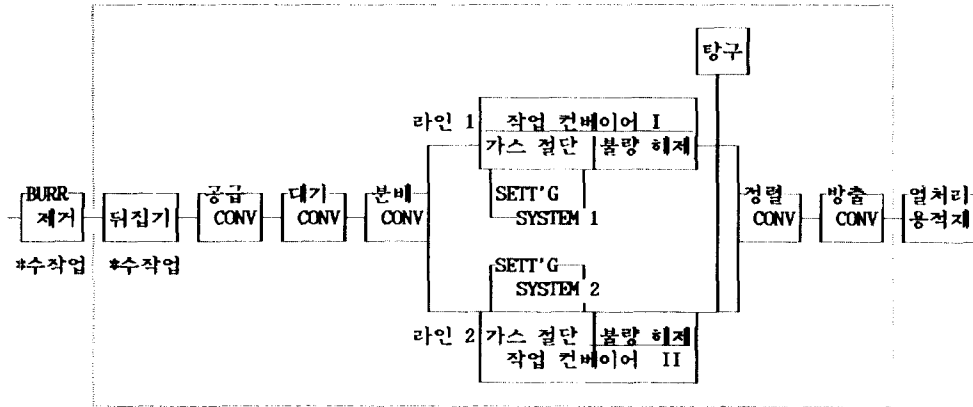


그림 4 절단 시스템의 컨베이어 시스템 구성

의 이상이나, 로봇의 이상 등에 의하여 작업물의 절단불량상태가 발생하면, 불량 감지 센서로 감지하여 경보를 울리게 되고, 동시에 해당 작업 컨베이어는 새로운 작업물을 절단 준비시킨 후 작동이 정지된다. 시스템 운전자는 경보발생 즉시 경보발생 라인에 올라가 절단불량 부위를 수동으로 가스절단한다. 불량 해제가 완료되면 불량해제 스위치를 누름으로써 해당 라인이 다시 정상적으로 작동하게 된다. 절단이 완료되어 작업 컨베이어로부터 배출되는 작업물은 탱구부분과 EDGE부분으로 분리되고, 탱구부분은 탱구취출 컨베이어를 타고 이송되어 용기에 담기고 재사용된다. 또 EDGE 부분은 자세를 유지한 채 방출(unloading) 컨베이어로 이송된 후 용기에 흠어져 담기게 된다.

그림 4의 점선 안의 부분은 한 사람의 작업자가 담당하고, 로봇은 6개의 절단토치를 동시에 작동하여 작업 컨베이어상의 작업물을 교대로 절단하며 작업 컨베이어상의 제반 장치를 절단진행 정도에 따라 제어하는 역할을 한다.

2.3 시스템의 특징

본 시스템의 특징은 수작업 절단보다 절단면이 깨끗하고 정교하여, 절단 후 가우징공정이 필요없으므로 작업공수를 절감하고, 작업환경을 크게 개선하였다. 또한 무인화 추구의 전자

동 라인작업 방식으로 전·후 공정의 자동화가 가능하고, 주간작업만으로 월 10만개의 EDGE를 전달해 낼 수 있게 되었다.

2.4 자동화 효과

본 시스템의 도입효과는 표 3에서 보는 것처럼 노동력 절감, 작업시간 단축, 작업환경 개선, 품질향상, 생산량 증대 등을 통하여 약 30%에 달하는 원가절감을 달성하였고, 파생적으로 각종 유무형 효과를 가져왔다.

(1) 경비절감 : 공정수 감소

표 3 자동화 전후의 생산성비교

절단 구분	C/T (초)	작업 인원(명)		가동률 (%)	생산량	
		작업(명)	절감		EDGE (EA/일)	EDGE (EA/월)
수동	절단	3인×3S		약 70	약 2,920	약 73,000
		총 9명				
작업	가우징	3인×3S		70	3,072	76,800
		총 9명				
ROBOT	45	6인×1S	12명	70	3,072	76,800
작업		총 5명				

참고 : #약어 : S ; SHIFT(1 SHIFT=8시간 작업)

#월간 생산목표량 약 7만 개

로봇 정밀절단을 통하여 가우징 공정을 삭제.

(2) 생산량 증가에 능동대처 가능

특수 설계한 TOOL장치를 사용하여 절단시간을 크게단축.

(3) 라인 자동화 실현

시스템 전체를 라인화하고 시작부와 종단부를 유연성 있게 설계하여 향후 전·후공정 자동화 가능.

(4) 절단제품의 품질의 안정화 실현

다음공정(기계가공)의 안정화에 기여.

(5) 가스절단 숙련 작업자 불필요

(6) 작업환경 및 근무조건 개선

가우징 공정이 불필요하므로 가우징 작업시 발생하는 분진 및 소음 등이 없음.

3. 디버링 로봇 시스템

디버링 작업은 작업물의 돌출부(burr)를 제거하는 단순작업으로, 소음 및 분진 등으로 인

한 악환경 및 작업의 권태감 때문에 작업 기피 현상이 초래되어, 품질개선 측면보다 경제성 및 작업환경 개선측면에서 자동화의 필요성이 증대되고 있다.⁽³⁾

작업대상은 주물품, 단조품, 기계가공품, 성형 수지품, 용접품 등 다종다양하며, 로봇에 의한 자동화 시장성이 큰 분야중의 하나로 주목되고 있다.

3.1 시스템 계획시 고려사항

로봇에 의한 자동화 계획시 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 작업의 특성에 의한 것

○주조후, 수축에 따른 제품간의 상대오차.

○금형의 노화 현상에 따른 불규칙적 돌출부 및 돌출부제거 작업이 어려운 대형 돌출부 발생가능.

○작업물의 형상이 복잡하고 작업물의 위치 고정이 난이.

(2) 로봇이 갖추어야 할 기능

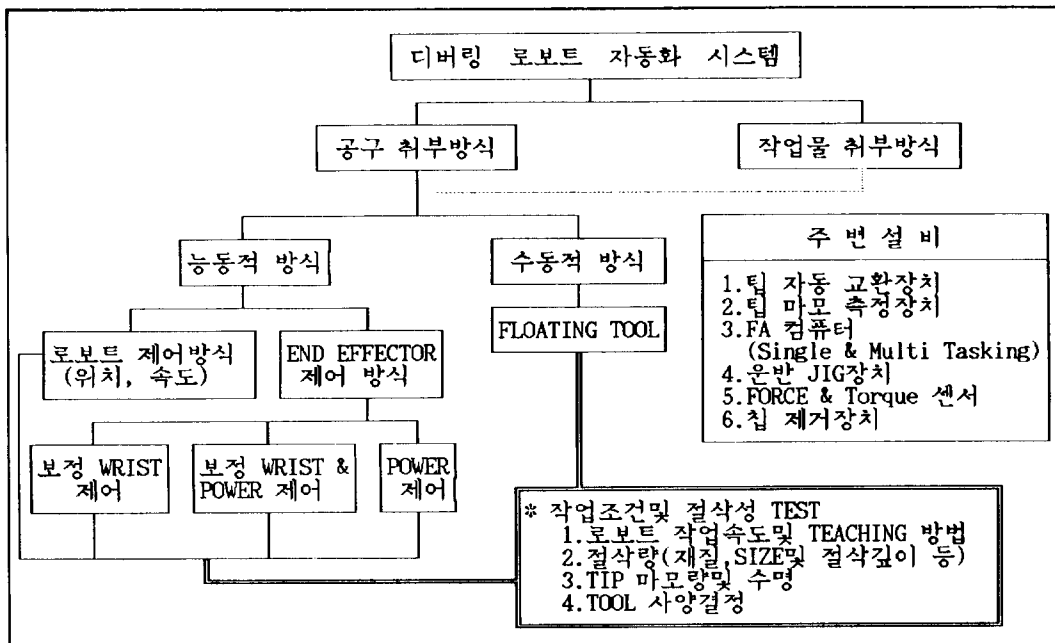
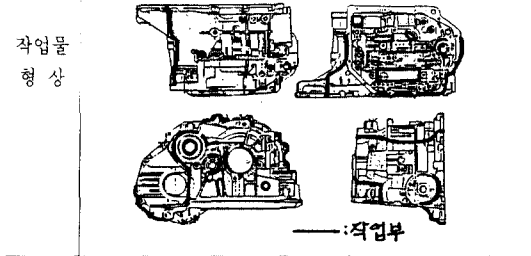


그림 5 디버링 로봇 개발 시스템 구성 알고리즘

표 4 작업 사양

WORK명	ATM CASE	작업길이	1960mm
재질	ACIOB(AL계)	CYCLE TIME	50초
중량	10Kg	작업속도	30~100 ^{mm} /s
종류	4종	작업정도	-0.5~1.0mm



- 공구의 반력에 견디는 고강성 기구.
- 복잡한 형상에 대응키 위한 고자유도.
- 다버링용 각종 소프트웨어 기능(반력에 따른 속도 및 위치 제어기능, 작업 위치오차 및 공구 마모 보상기능, 작업 공구 교환기능 등).

○높은 제적정도.

위와 같은 사항으로 인하여 디버링 자동화는 타응용에 비하여 다소 난이할 뿐만 아니라 현장 경험 기술이 크게 요구되며, tool 장치의 개발, 센서응용 등 고도의 응용기술의 다각적이고 체계적인 검토가 필요하다. 또, 절삭성에 영향을 미치는 작업물의 재질 및 형상, 공구의 형상 및 마모량, 공구의 회전수, 절삭방향, 작업속도, 절삭유의 사용 유무 등의 인자를 고려하여, 작업조건을 결정하여야 한다.

3.2 시스템 구성

일반적으로 디버링 로봇 시스템의 구성은 그림 5와 같으며, 본 적용 시스템은 기구적 장치(floating tool)를 사용하여 다이캐스팅 주조품(자동차 부품)의 돌출부를 제거하는 디버링 로봇 작업 시스템으로 작업 사양은 표 4와 같다. 전체 시스템 구성(그림 6)은 50kg급 6축 다관절 로봇(HR 8609)AM) 4대, tool 장치

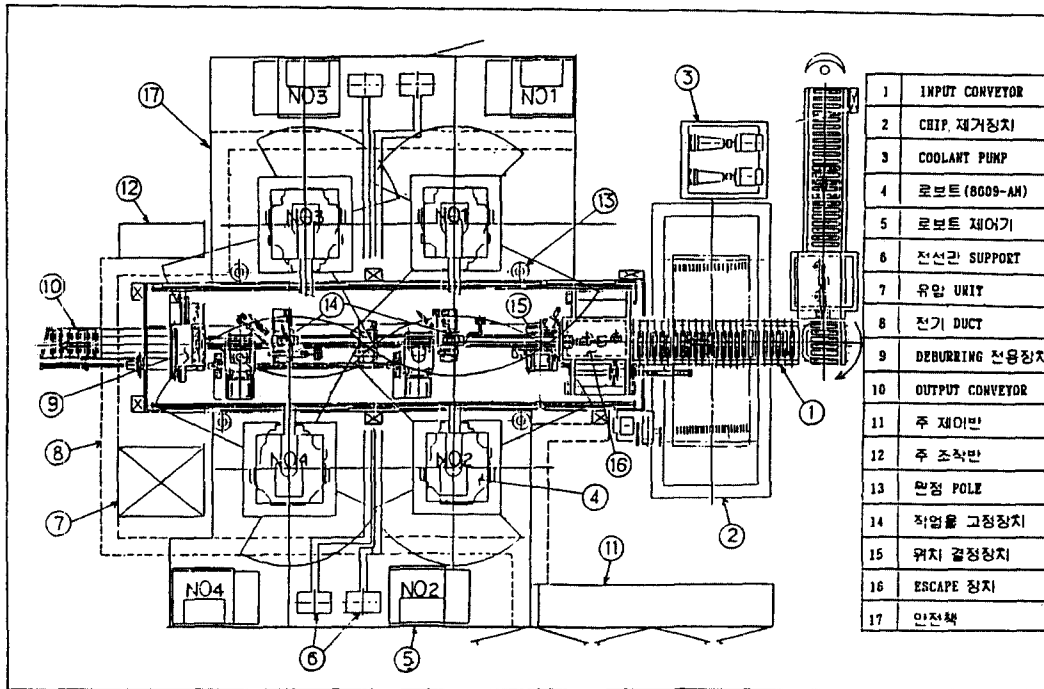


그림 6 디버링 로봇 시스템 배치도

표 5 악 환경 작업에서 로봇 적용 예

구분	환경조건	적용공정	적용사례	로봇 적용 특성
공해환경	1. 유독 가스	도장라인	차체도장	방폭구조 및 컨베이어와 동기제어 위치고정, TOOLING 및 센서 응용기술
	2. 중금속 분진 및 먼지	주단조 공장	주물품 가스절단 및 디버링	
	3. 소 음	기계가공라인	중장비 부품 및 대형 버스용 프레임의 프라즈마 절단	노이즈 대책
위험작업	1. 고열중 작업	제철소	연주공장에서의 자동온도 측정및 정보분석	용탕높이 계측을 통한 로봇 궤적제어 및 시스템 모니터링
	2. 중하중물 취급	주물공장및 유통업 등	건축자재박스(개당60Kg)의 적재 실린더 헤드(주물)의 이재	비전 센서적용 위치보정

(그림 7) 언더셔틀(under shuttle)구조로 된 작업물 이송장치, 위치 결정장치, 디버링 전용장치, 절삭유에 의한 자동 칩제거장치 등으로 구성되어 있으며, tool 장치는 공구의 수명 및 작업성이 우수한 고주파 디버링 공구와 작업 방향으로 완충역활은 물론 완충 변위량과 무관하게 기구적으로 일정한 절삭력을 제공하는 다방향 유연(floating)장치로 구성되어 있다.

작업방법은 작업자가 작업물을 컨베이어 위에 올려놓으면 공급 컨베이어에 의하여 위치결정장치로 이송된다. 위치결정 후 작업물 이송장치에 의하여 각공정으로 작업물을 이송시키고, 4대의 로봇 및 전용기에 의하여 동시에 디

버링 작업을 수행한 후 다음 작업공정으로 이송한다.

3.3 자동화 효과

디버링 수작업, 제품의 이송 등에 총 12명(3대의 다이 캐스팅기 X 4명)이 작업하였으나 로봇 시스템을 도입함으로써 장비운용에 1명, 타 장비에 5명이 소요되어 총 6명의 인원 절감 효과를 가져왔다.

(2) 작업 환경 개선

디버링시에는 인체에 해로운 칩이 발생되나, 칩 제거장치에 의하여 자동제거 시킴으로써 작업성을 크게 개선하였고, 단순노동 및 작업지루성에 의한 작업자의 작업기피문제도 해결 가능하였다.

(3) 기타

자동화에 의하여 균질의 제품을 생산함으로써, 품질향상 및 생산관리 측면에서도 많은 효과를 가져왔다.

4. 맺음말

이 글에서는 열악한 작업환경 아래에서 작업환경을 개선하고, 수작업을 대신하여 자동화에 적용된 로봇 시스템에 대하여 시스템 구성시 고려사항과 시스템 구성 및 생산성향상 효과에 대하여 간략히 서술하였다.

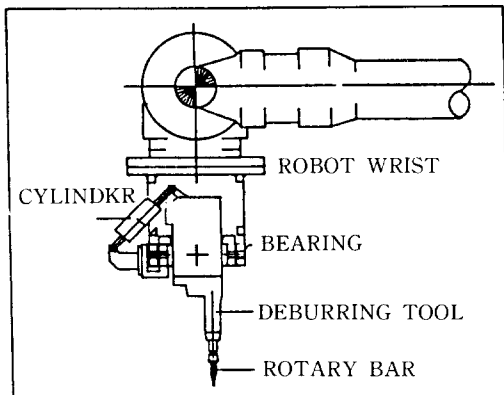


그림 7 디버링용 TOOL 장치

향후엔 센서응용 및 주변장비들의 기술발전
에 따라, 위험하고 열악한 작업환경에서 사람
을 대신해 작업을 하며, 생산성 향상에 기여할
수 있는 새로운 로봇 시스템의 개발이 확대되
리라 생각된다.

참고로 열악한 작업환경에 적용되고 있는 당
사 개발 로봇 시스템을 표 5에서 간략히 소개
한다.

참 고 문 헌

- (1) 김장호, 1991, "국내 공장자동화의 현황과 대책
(중소기업 중심)", '91로보틱스 및 자동화연구회
WORKSHOP, pp.6~10.
- (2) 엄영하, 1988, "신편 기계공작법", 동명사 pp. 13
~57.
- (3) (주)일본 산업용 로봇 공업회, 1987, "로봇", No.
55, pp.12~81. 