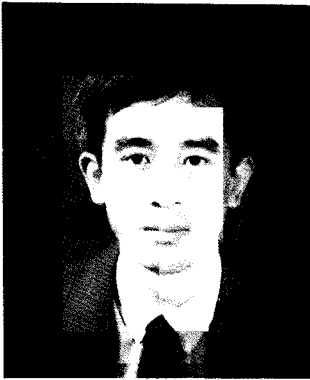


도장 로봇의 개발 기술 동향



김 두 형 (KIMM 로봇공학실)

'82 서울 공대 기계설계학과(학사)
'90 KAIST 생산공학과(석사)
'82-현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 서 론

1970년대로 일본에 있어서 유압식 도장 로봇이 유럽에서 수입되어 기업의 이미지 홍보, 작업 인원의 절감, 생산성향상 및 사용도료의 절약을 목적으로 사용되기 시작하여 1980년대에 들어서는 오염된 환경으로부터 작업자의 해방과 품질의 안정을 목표로 계속 발전 사용되어 오다가, 현재는 작업자부족에 대한 대책, 피 도장물의 품질향상을 위해 필요 불가결한 장치로서 인식되고 있다. 도장 로봇은 언급한 바와 같이 사용자의 도입목적의 변화와 기업의 체질에 맞추어서 그 기능이 변화분화하고 있다. 로봇의 기능면으로서는 피 도장물의 크기와 반송형태, 생산형태를 한정된 전용기적인 도장 로봇과 이동기능을 가지고 모든 반송 및 생산형태에 적용할 수 있는 범용 도장 로봇의 2 종류로 분류된다.

도장 로봇의 기술적인 변천으로는 유압식에서 전동식으로, 전용기적인 사용에서 범용형으로, 직접교시형(lead-through) 방식에서 조작반에 의한 간접교시 프로그래밍 방식으로 발전하고 있다. 1970년대의 직접교시형의 유압식 로봇은 유압작동 관련장치가 고가이고, 교시시작업자의 과대한 노력과 작업의 기술이 필요하여 점차 전동식구동의 도장 로봇의 개발이 요구되었다. 전동식구동 도장 로봇에서는 耐壓式 방폭서보모터가 개발되고 内壓式 방폭기술이 확립된 이후, 현재는 대부분의 로봇이 서보모터 구동형으로서 피 도장체의 반송형태, 생산형태에 한정되지 않는 범용형의 로봇으로 발전하고 있다. 일본의 도장 로봇 생산업체에서는 단순히 도장 로봇 자체의 제작기술 뿐만

아니라 도료색 절환, 도료및 공기분사량 조절, 도료교반과 펌프등 도장 주변설비와 기술을 포함한 시스템으로까지 그 기술이 성숙되어 있다.

여기서는 도장 로봇의 개발시 고려해야 할 로봇의 적용환경에 대한 분석과 도장용 로봇 본체의 개발 기술의 특수성및 그 기술동향을 설명하고자 한다.

2. 도장 로봇의 적용 환경

도장은 피도체의 재질및 도료의 성분에 따라 차이는 있으나, 알루미늄 피도체의 도장공정은 다음과 같다.

이중 도장공정의 도료는 도료자체, 또는 희석용제인 시너(thinner)가 소방법에 의한 제 4류(가연성 액체)의 물질이고, 화재나 폭발의 위험성을 내포하고 있다. 따라서 로봇에 의한 도장 자동화를 고려할 때 필요한 로봇자체의 방폭사양의 관련사항들을 검토하기로 한다.

2.1 전기 설비에 관한 방폭의 기본 사항

2.1.1 용어 정리

(1) 방폭구조

전기 기기가 점화원으로 되어 그 주변의 폭발성 분위기에 점화하지 않도록 전기 기기에 적용하는 기술적인 수법을 말한다.

(2) 정상상태

사양에 정해진 범위 내에서 방폭 전기설비가 사용되고 있는 상태.

(3) 이상상태

정상상태의 범위를 넘는 상태.

(4) 폭발성 가스

폭발성 가스는 가연성 가스 및 가연성 액체의 증기를 말한다.

(5) 폭발성 분위기

폭발성 가스와 공기가 혼합하여 폭발한계 내에 있는 상태의 분위기를 말한다.

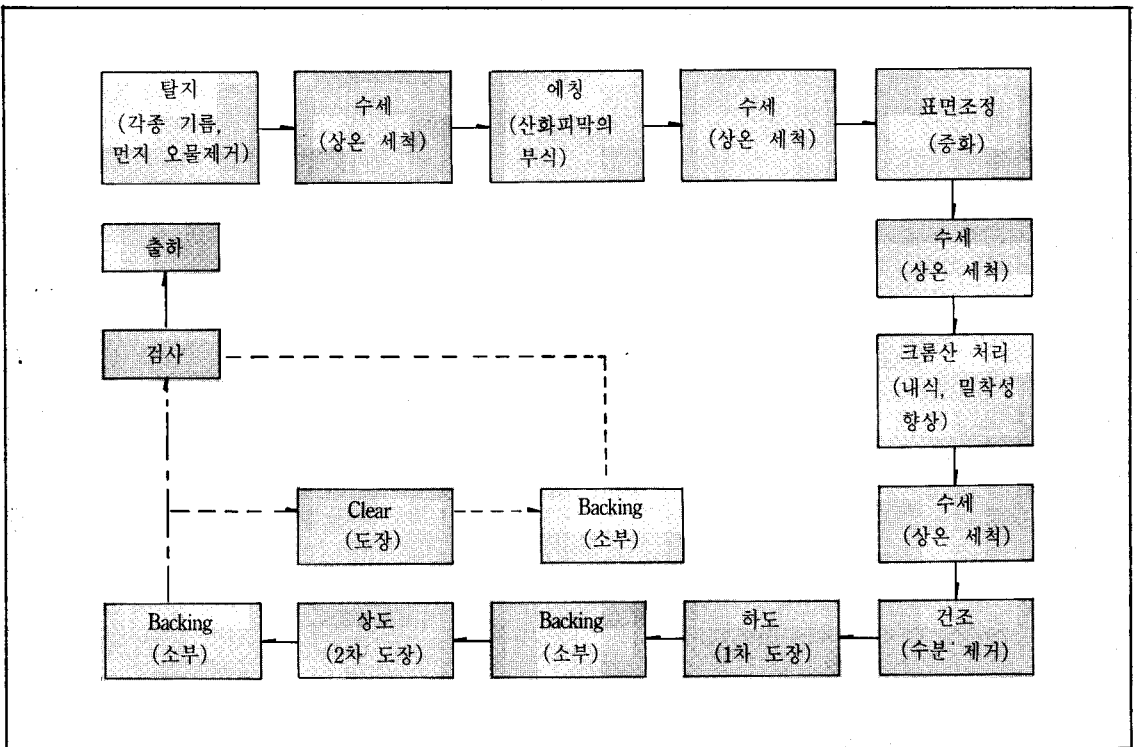


그림 1. 알루미늄의 도장 공정

(6) 발화 온도

폭발성 가스와 공기와의 혼합가스의 온도가 자연분해(셀룰로이드, 래커 에나멜) 및 자연산화(석탄분말, 도료의 걸레)에 의해 발생된 열 또는 외부조건에 의해 상승할 때, 연소 또는 폭발을 일으키는 최저의 온도.

(7) 화염 전달 한계

폭발성 분위기 속에 놓여진 표준용기의 틈새를 통하여 폭발의 화염이 내부에서 외부로 전달되는 것을 저지하기 위한 최대의 틈새.

(8) 최소 점화 전류

폭발성 분위기가 전기불꽃에 의하여 폭발을 일으킬 수 있는 최소의 회로전류.

(9) 폭발 한계

점화원에 의해서 폭발을 일으킬 수 있는 폭발성 가스와 공기와의 혼합가스의 농도 범위의 한계치이며 폭발 下한계와 폭발 上한계가 있고 가스의 종류에 따라 다음 표 1과 같다.

표 1. 폭발 한계

기체 또는 증기	폭발 한계
수 소	4.1~75.0% 용량
아세틸렌	2.3~82.0
메틸 알코올	7.0~37.0
에틸 알코올	3.5~20.0
암모니아	15.7~27.4
프로판	2.1~9.5
아세톤	2.5~13.0
톨루엔	1.2~7.0
메틸 에틸케톤	1.8~11.5
초산 프탈	1.2~7.6
벤 졸	1.4~9.5
가솔린	1.4~8.0

(10) 인화점

공기중에 있어서 가연성액체의 액면근처에서 발생하는 증기가 작은 화염에 의해서 연소를 시작할 때의 가연성 액체의 최저 온도.

2.1.2 위험 장소의 종류

(1) 0종 장소

정상상태에 있어서 폭발성 분위기가 연속하거나

또는 장시간 생성되는 장소.

(2) 1종 장소

정상상태에 있어서 폭발성 분위기가 주기적이고 또는 때때로 생성될 위험이 있는 장소.

(3) 2종 장소

이상상태에 있어서 폭발성 분위기가 생성될 위험성이 있는 장소.

2.1.3 방폭구조의 종류

(1) 耐壓 방폭구조

현저한 또는 잠재적 점화원을 가진 전기 기기의 용기에 대하여 특별한 성능을 가지게 함으로서, 해당 용기내부에서 발생한 폭발을 주위의 폭발성 분위기에 과급시키지 않도록 한 구조.

(2) 內壓 방폭구조

현저한 또는 잠재적 점화원을 가진 전기 기기에 대하여 점화원의 부분을 주위의 폭발성 분위기로부터 보호기체에 의하여 격리하고 폭발성 분위기와 점화원과의 공존시키지 않도록 하는 것.

(3) 본질안전 방폭구조

정상상태만이 아니라 상정한 이상상태에 있어서도 전기불꽃 또는 고온부가 폭발성 분위기에 대하여 현저한 또는 잠재적 점화원으로 되지 않도록, 전기회로에 있어서 소비에너지를 억제하는 것. 이 구조의 전기회로에 있어서는 대상으로 하는 폭발성 가스의 최소 점화전류가 기본 data로 필요하다.

(4) 안정增 방폭구조

잠재적 점화원을 가진 전기 기기에 대하여 현저한 점화원을 발생하는 고장이 일어나지 않도록 기계적 및 전기적 안전도를 증가시킨 것.

(5) 油入 방폭구조

현저한 또는 잠재적 점화원을 가진 전기 기기에 대하여, 점화원이 되는 부분을 주위의 폭발성 분위기에서 기름에 의해 격리하고, 폭발성 분위기와 점화원을 공존시키지 않도록 한 것.

2.1.4 방폭 전기 기기의 기호

(1) 방폭 전기 기기의 기호는 다음 표 2에 정리한다.

표 2. 방폭 전기 기기의 기호

표시 항목	기 호	기호의 의미
방폭 구조	Ex	방폭 구조의 Symbol
방폭 구조의 종류	d	耐壓 방폭 구조
	p(구 d)	内壓 방폭 구조
	ia 또는 ib	본질 안전 방폭 구조
	e	안전층 방폭 구조
	o	油入 방폭 구조
	s	특수 방폭 구조
방폭 전기 기기의 Group	II	공장, 사업장용
耐壓 및 본질안전 방폭구조의 전기 기기의 분류된 Group	IIA	공장, 사업장용이고 분류 A의 폭발 가스에 적용
	IIB	공장, 사업장용이고 분류 B의 폭발 가스에 적용
	IIC	공장, 사업장용이고 분류 C의 폭발 가스에 적용
방폭 전기 기기의 온도 등급	T1	최고 표면 온도의 허용치가 450°C 일것
	T2	300°C
	T3	200°C
	T4	135°C
	T5	100°C
	T6	85°C

*기호 예 Ex pIIT4

표 3. 耐壓 방폭구조의 전기 기기의 분류

분 류	IIA	IIB	IIC
폭발성 가스의 분류	A	B	C
화염 전달 한계	0.9mm이상	0.5~0.9	0.5mm이하
메탄 가스에 대한 최소 점화 전류비	0.8초과	0.45~0.8	0.45 미만

2.1.5 방폭 전기 기기 선정의 원칙

- (1) 0종 장소: 본질안전 방폭구조에 적합한 전기 기기 중 ia 기기를 선정.
- (2) 1종 장소: 耐壓, 内壓, 안전층 방폭구조, 본질안전 방폭구조 또는 油入 방폭구조중 적합한 전기기기를 선정.
- (3) 2종 장소: 1종장소의 전기기기 또는 2종 장소에서 사용할 것을 표시한 방폭 전기 기기를 선정.

2.2. 내압 방폭 구조

2.2.1 정의

내압 방폭구조는 용기의 내부에 보호기체를 송입또는 봉입하고, 그 압력을 용기외부의 압력 보다 높게 유지함에 의해서 통전중에 주위의 폭발성 분위기가 용기의 내부에 침입하지 않도록 한 방폭구조.

(1) 보호 기체

용기내부의 압력을 소정의 값으로 유지하기 위해 사용하는 기체(공기, 질소 등).

(2) 소기

통전하기 전에 용기의 내부에 보호기체를 통

과시켜, 통신 정지중에 용기의 내부에 침입한 주위의 폭발성 분위기를 배제하는 것.

(3) 통풍식 内壓 방폭구조

용기의 내부에 연속하여 보호기체를 공급함에 의해 내압을 유지하는 방식.

(4) 봉입식 内壓 방폭구조

용기의 내부에서 외부로의 보호기체의 누설량이 미소할 경우, 누설량에 따라 외부에서 연속 또는 간헐적으로 보호기체를 보충함에 의해 내압을 유지하는 방식.

2.2.2 내압 용기

용기, duct 및 이들을 접속하는 부품은 사용압력치의 1.5배 또는 200Pa(2 mbar)중 높은 압력에 견뎌야 한다. 또한 용기, duct 및 이들을 접속하는 부품은 위험한 변형을 일으킬 위험성이 있는 내압이 사용중에 발생한 경우 적절한 보호장치를 설치해야 한다.

2.2.3 내압의 유지

내압의 값은 용기내부 및 duct 내부의 모든 부분에 있어서도 주위의 압력(대기압) 보다 50Pa(0.5 mbar) 이상 높게 유지해야 한다.

2.2.4 보호 기체의 공급

(1) 보호기체는 청정한 공기 또는 불활성 가스를 사용해야 한다.

(2) 보호기체의 온도는 원칙으로서 용기의 급기구에 있어서 40°C를 초월해서는 안된다.

(3) 소기의 양은 '유량 D로서 T분간 또는 용적 V를 소기 할 것' 등으로 표시해야 한다.

(4) 소기에 필요한 보호기체의 양은 용기 및 duct내 용적의 5배 이상으로 한다.

(5) 내압이 최소규정치 이하로 된 경우, 자동적으로 전원을 차단하고 경보를 발하도록 내압 보호장치를 설치해야 한다.

2.2.5 내압 시험

(1) 통풍식 내압방폭 구조의 경우는, 공시기기에 급기용 duct 및 급기량을 조절할 수 있는 보호기체

송급설비를 접속하고, 보호기체의 급기량을 조정하여 압력을 정격치로 설정한 후, 내압이 적정하게 유지되는가를 확인한다. 또한 회전기는 정지 및 회전상태에 있어서 내압의 적정유지를 확인한다. 이 시험에 있어서는, 압력계를 내압이 가장 낮다고 생각되는 부분 및 공시기기 전후의 급 배기용 duct 등 2개소 이상의 위치에 설치한다.

(2) 소기시 보호기체의 유량은 내압용기 및 duct 내용적의 5배 이상으로 한다.

(3) 내압이 소정치 이하로 저하했을 때 내압 보호장치가 확실하게 동작하는 가를 확인한다.

(4) 내압시험은 원칙적으로서 5회 실시한다.

3. 도장 로봇의 기술 동향

스폿 용접로봇이 유압구동에서 전동으로 전환된 것과 같이 도장분야에서도 방폭사양의 기술적 문제를 해결하고 전동구동으로 전환이 완료된 상태이다.

3.1 기구부의 기술 변천

3.1.1 도장 로봇 도입기

일본에서 도장로봇의 초기개발 모델로 되었던 노르웨이 TRALLFA 도장용 로봇은 관절로봇이고 유압구동으로서 작업자가 로봇선단을 잡고 도장 궤적 및 조건을 교시하는 direct teaching(lead through) 방식을 채용한 본질안전 방폭사양의 로봇이었다. Direct teaching은 로봇의 손목부에 spray gun과 교시용 gripper를 설치하고 이 gripper를 작업자가 쥐고 로봇을 움직여 도장작업을 행하면서 8 channel의 자기 tape에 이 움직임을 기록하여 둔다. 연속반송되는 work에 대한 교시는 work의 동작과 동시에 작업자가 로봇을 추종시키면서 도장작업을 교시하여 두고, 재생시에는 conveyor의 속도 변화에 따라 로봇의 재생속도를 변화시키는 시간 동기방식으로 되어 있었다.

이 교시 방법에서는 부분적인 교시프로그램의 수정은 불가능하여 수정이 필요할 때는 처음부터 교시작업자의 기술로서 gun의 속도, 도료 분무거리, 도장 path 간격을 조정함에 의해 프로그램이 작

성되었다. 작업자의 도장 작업이 그대로 로봇에 치환되므로 교시작업자는 도장의 숙련자일 것을 필요로 하였다. 또한 유압 구동에서 direct teaching을 수행하므로 교시시의 조작력을 줄이기 위하여 접도가 낮은 서보용 동작유를 사용하고 packing의 습동 저항이 적은 기구설계를 필요로 하였다.

3.1.2 전동 구동 로봇의 변화

일본의 도장로봇 1호기는 5 자유도 유압구동 로봇이었다. 그 후 원통 좌표형, 극 좌표형도 나타났다으나 현재에는 다관절 로봇이 주류를 이루고 있고, 일부 직교 좌표형 로봇도 사용되고 있다. 5자유도 로봇으로서는 도료분무 pattern이 원형이 아닐 경우 사용에 무리가 있어, 용도를 한정한다거나 도장의 고품질을 요구하지 않을 경우에만 사용되었다. 때로는 gun의 tilting 기구를 부가시켜 gun의 궤적이 직선만 필요한 work와, work를 table로서 분할회전시키면서 도장하는 형태로 사용하였으나 direct teaching의 폐지와 더불어 5 자유도의 조작성의 장점도 없어지고 6자유도 로봇의 가격인하로서 5자유도 로봇은 범용 도장로봇에서 제외되었다.

따라서 현재는 CAD data로서 off-line-teaching이 가능한 전동구동식 6 자유도의 다관절로봇이 주류를 이루고 있다.

3.1.3 도장 로봇 특유의 필요 기술

도장로봇은 이름 그대로 도장작업에 용도를 한정하고 있다. 3축 직교좌표형과 같은 전용기계 도장로봇은 그 용도도 한정되어 있으므로 도장 수단으로서의 기구와 생산 라인에의 적용이 비교적 쉽다. 범용 도장로봇은 모든 도장작업을 대상으로 하고 있으므로, 아주 어려운 면이 있으나 그 응용에는 한도가 있다.

도장품위 향상에 관한 기술로는 궤도정도의 향상, 도장속도의 안정, 도장조건외의 제어기능, 조작성 및 관리에 관한 기술을 들 수 있고 이들은 대부분 일반 6축 로봇 개발시에도 필요한 공통적인 기술이라 할 수 있겠다. 도장로봇의 기구에서 고

려해야 할 도장품질 향상책으로서로는 로봇자체에 묻어 있는 도료 방울의 낙하방지 기술이 필요하다. 일반적으로 로봇 기구관절에 도료의 침입을 방지하기 위해 덮어씌우는 대전방지 cover를 얹고, 관절을 밀폐 seal 구조로 한다든가, 로봇팔은 도장하지 않고 원래의 재질 그대로 사용하며 선단부는 부착된 도료의 세정을 위해서 teflon coating 처리를 하고, 가능한 한 로봇 외부에 cable이 노출되지 않도록 기구부를 설계한다. 이와 함께 로봇 운동시의 진동에 의한 도료방울의 낙하방지와 도장 gun의 진동 방지 기술도 필요하다.

도장로봇은 고 응답성을 요구하므로 가감속 능력을 높게 설정하나 이 능력이 설비와 맞지 않은 경우도 발생한다. 로봇은 결코 고속으로 동작할 필요는 없고 도착효율을 무시하여 도장면의 선명성을 추구하여도 0.8~1.0m/sec의 속도로 동작해도 좋다. 도장작업에서의 정지, 방향전환 등의 시간 loss를 어떻게 단축시킬 것인가가 작업 효율을 올리는 지표로 되나 과도한 급 가감속은 로봇 설치기초의 흔들림, gun취부부의 진동을 유발하여 도장면에 악영향을 끼치는 원인으로 된다. 따라서 가감속시간과 궤적을 자동연산하는 smoothing 보간과, 가감속을 떨어뜨리고 속도에 의해서 가감속을 자동적으로 변화시켜 도장 gun에서의 도료의 on/off의 시간응답 지연의 범위 내에서 가감속을 행하는 등의 연구가 필요하다.

3.2 도장 기기의 고려

도장 gun은 水系도료, 메탈릭용 정전 gun, 회전 무화 gun, 2 head 정전 gun등 그 형상, 중량에 있어서 점점 대형화되고 있다. 또한 도료의 토출량 제어, 도료색 절환 시간, 폐기도료 및 용제의 감량화에서 로봇에의 탑재하중의 증가, 도료와 공압 호스수의 증가는 피할 수 없다. 따라서 손목부의 부가하중 10kgf, 로봇 탑재 하중 20kgf 정도가 필요하다. 이들의 기기, tubing재료, 오염방지 등이 로봇 maker에서 고려해야 하나, 전체의 도장시스템을 로봇생산의 한 업체에서 고려함은 그 능력에 한계가 있으므로 도장 gun, 도료량 제어 시스템

등의 주변설비 제작업체와 로봇 생산업체들 간의 기술적인 협조 작업이 바람직하다.

3.3 제어 기능 추이

로봇의 기구보다도 제어 기능의 진보가 현저한 상태이다. 기억 메모리 매체도 자기 tape에서 시작하여 자기 disk, core memory, bubble memory, 그리고 현재는 IC memory로 정착하였다. 도장용도 대응으로서는 도장용의 로봇 언어, 시각센서와 화상 처리기술이 필요하며 로봇의 성능향상, man-machine interface로서의 기능은 타용도 로봇에도 공통적인 항목이다.

디지털 서보, AI, fuzzy제어, compliance제어, 통신 net, EWS에의 CAD 등의 기능을 부가하고자 하는 업체의 능력을 가진 maker가 아니면 도장로봇을 상품으로서 존속시키는 것이 곤란하다고 할 수 있다. 로봇 자체만이 아니라 주변기기도 포함한 시스템화 지향도 하나의 장래 사업수단이나 이를 위해서도 로봇은 하나의 기기라는 생각에 입각하여, 도장설비, 도장기술을 망라하는 기술을 가져야 한다. 로봇 이용기술, 도장 gun과 도장조건 제어기능을 로봇 제어장치에 집약시키는 것도 급후의 동향이라 하겠다.

3.4 도장의 보조 작업 로봇

도장분야에 있어서 로봇에는 앞서 기술한 도장로봇 이외에, 도장은 하지 않으나 보조적 작업을 수행하는 로봇이다. 이들 로봇은 기본구조는 비슷하나 사용자의 생산 형태, work의 형상, 파지부의 차이, 치구의 유무, work의 반송정도, work의 취급정도에 따라 각기 다르므로 동종의 것은 없다고 해도 과언이 아니다. 최근의 방향으로서는 work의 취급 확인센서를 도료색의 영향을 받기 쉬운 광학식에서 변경하고, 취급회수를 늘리고, 자동세정이 쉬운 형상으로 변경되고 있다.

4. 도장 로봇의 개발 예

한국기계연구원 로봇 공학실에서는 공업기반 기술과제로서 도장용로봇의 개발연구를 수행하고 있다. 여기에 그 내용을 소개하고자 한다.

4.1 기구부 개발

4.1.1 로봇 사양

도장용 로봇의 개발 사양 및 그 외관을 다음 표 4와 그림 2에 나타낸다.

표 4. 도장용 로봇 사양

구 조	수직다관절형					
자 유 도	6 자유도					
가 반 중 량	8 kgf					
위치반복정밀도	± 1mm					
선단최대속도	6.73 m/sec					
각 축 사 양	1 축	2 축	3 축	4 축	5 축	6 축
구 동 원	AC servo	AC servo	AC servo	AC servo	AC servo	AC servo
감 속 기	C/D	C/D	C/D	H/D	H/D	H/D
감 속 비	119 : 1	119 : 1	119 : 1	80 : 1	50 : 1	50 : 1
동 작 범 위	±115°	+90° -45°	+135° -45°	±180°이상	±180°	±180°
동 작 속 도	100°/sec	100°/sec	100°/sec	225°/sec	360°/sec	360°/sec
이론정밀도	0.0015°	0.0015°	0.0015°	0.0022°	0.0035°	0.0035°
방 폭 사 양	내압방폭구조 pIIT4					
본 체 중 량	약 400kgf					

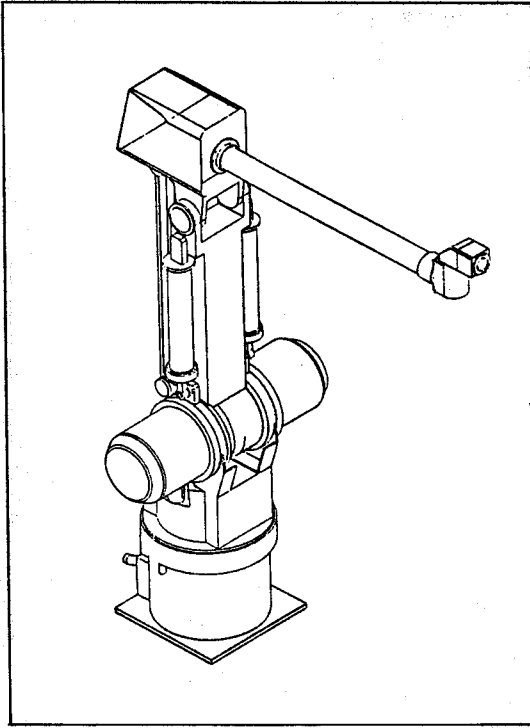


그림 2. 개발 도장 로봇의 외관

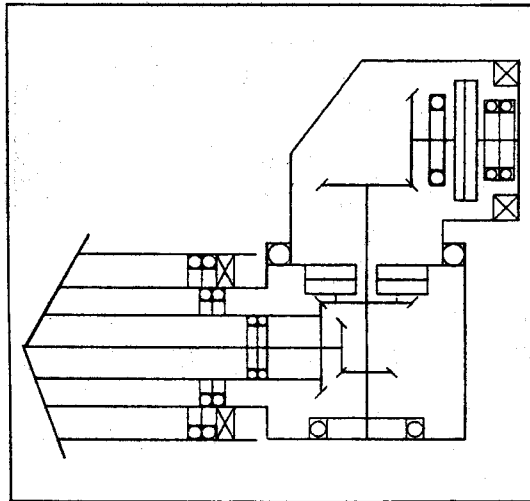


그림 3. Offset 구조의 손목

도장용 로봇은 폭발성분위기 내에서 사용되므로 로봇 기구부설계시 점화원이 될 수 있는 각종 스위치류는 배제하였고, 기내 cabling을 위한 connector류는 air chamber내에 설치하였다.

4.1.2 손목 3축 구조

로봇 손목 자체로서는 무한회전이 가능하도록 하기 위하여 하모닉드라이버의 감속기와 베벨기어를 이용하여 읍셋 형태로 설계하였다.

아래의 그림 3에 손목 구조의 개략도를 나타내었다.

읍셋 구조의 로봇손목은 기구학적으로 작업공간간의 직교좌표계에서 로봇의 관절좌표계로 좌표변환을 행할 때, 해석적인 해가 존재하지 않으므로 일반적으로 수치해석을 이용한 반복연산에 의하여 계산해야 하는 불편함이 있으나, 비교적 구조가 간단하고 소형이며 특히 손목 회전범위가 360° 이상으로 제한받지 않아, 도장용과 같이 빈번한 자세변화에 대응하기 위해 로봇의 손목구조를 소형화 해야 하고 연속적인 자세수정이 가능하도록 하기 위해서는 읍셋구조가 적합하리라 판단된다. 단 손목의 세정을 위해 smooth한 곡면 처리와 cable류의 처리가 문제로 남아 있다.

4.1.3 주 3축 설계

일반 산업용과 도장용 로봇의 중요한 차이점을 든다면 앞에서 서술한 바와 같이 방폭사양의 구조이다. 耐壓 방폭구조의 경우에는 구동 motor는 耐壓 사양으로 하고 cable처리를 内壓으로 하면 가능하나, 耐壓 motor는 중량과 부피및 가격면에서 로봇에 사용이 적당한 것이 없다. 따라서 로봇내부에 内壓실을 만들고 여기에 모터와 cable류가 내장되도록 耐壓 방폭사양으로 설계하였다.

전체적 구조는 그림 2와 같이 평행 링크식의 3축 구조이다.

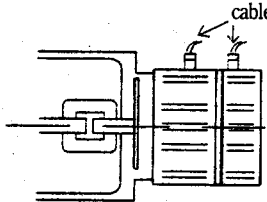
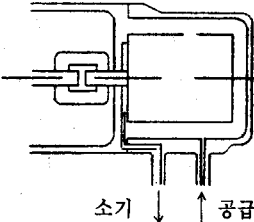
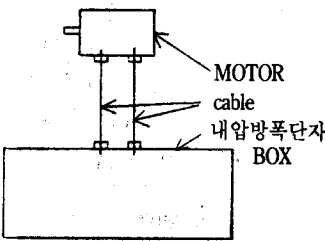
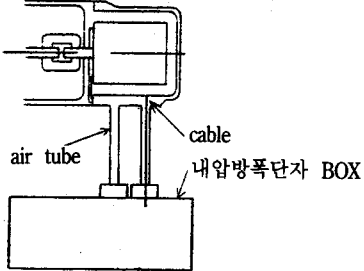
4.2 방폭 구조 설계

도장용 로봇의 방폭구조를 설명하기 위해서 각 축 방폭구조와 전체적인 内壓용 공압설계로 나누어 기술한다.

4.2.1 각 축 방폭구조

다관절 6축의 각 축 구조에 있어서 그 방폭사

표 5. 전동 도장 로봇의 방폭 방식의 비교

방 식	耐壓 방폭 방식	内壓 방폭 방식
<p>모터의 방폭 구조</p>	 <p>모터 내부에 폭발이 발생하여도 모터는 이를 견딜 수 있는 강도를 가지고, 주위의 폭발성가스에 인화하지 않는 견고한 구조로 되어 있다.</p>	 <p>fresh air의 경로에 내압검출기가 설치되어 있고 내압의 확인이 로봇운전의 조건으로 되어 있다. 내압 유지: 로봇 운전 OK 내압 감소: 로봇 운전 STOP</p>
<p>배선용 cable</p>	 <p>모터와 단자박스를 접속하는 cable은 로봇의 동작에 의해 굴곡이 발생한다. 만일 내구성 면에서 cable의 외피가 벗겨지고 단선이 발생할 경우, spark를 발생시켜 화재사고를 일으킬 가능성이 있고, 보수관리를 충분히 행할 필요가 있다.</p>	 <p>모터배선용 cable은 특수 air tube내에 넣고, 이 내부에 fresh air를 공급하여 외피와 위험가스와의 접촉을 완전히 차단하고 있다. 만일 cable의 외피가 손상되어도 cover등에 접촉할 수 없고, 또 내부전원이 차단, 단락을 일으켜 spark를 발생하여도 특수 air tube로 보호되고 있기 때문에 외부의 위험가스에 발화할 염려는 없다. 또한 특수 tube가 손상되어도 배관경로에 설치된 내압검출기의 압력감소를 검출하고 모터전원을 차단하는 안전대책이 되어있다.</p>

양은 비슷하므로 아래 표에 단일 축의 방폭구조를 정리하였다.

4.2.2 Air 방폭 System

아래 그림은 도장로봇의 内壓방폭을 위한 fresh air 공급 및 소기의 배관도를 나타낸다. 이의 동작 순서는 다음과 같다.
 (1) 로봇의 동작전에 준비단계로서 4 bar의 공기를

공급하여 air chamber 내부의 가스혼합가능 공기를 일정 시간 소기 한다.

- (2) Flow switch에서 소기량을 확인한다.
- (3) Air pannel에서 0.3 bar를 공급하여 air chamber 내부를 내압실로 한다.
- (4) 압력을 확인한 후 로봇을 동작시킨다.
- (5) 로봇동작 중 압력을 계속확인하여 이상 유무를 control box에 전송한다.

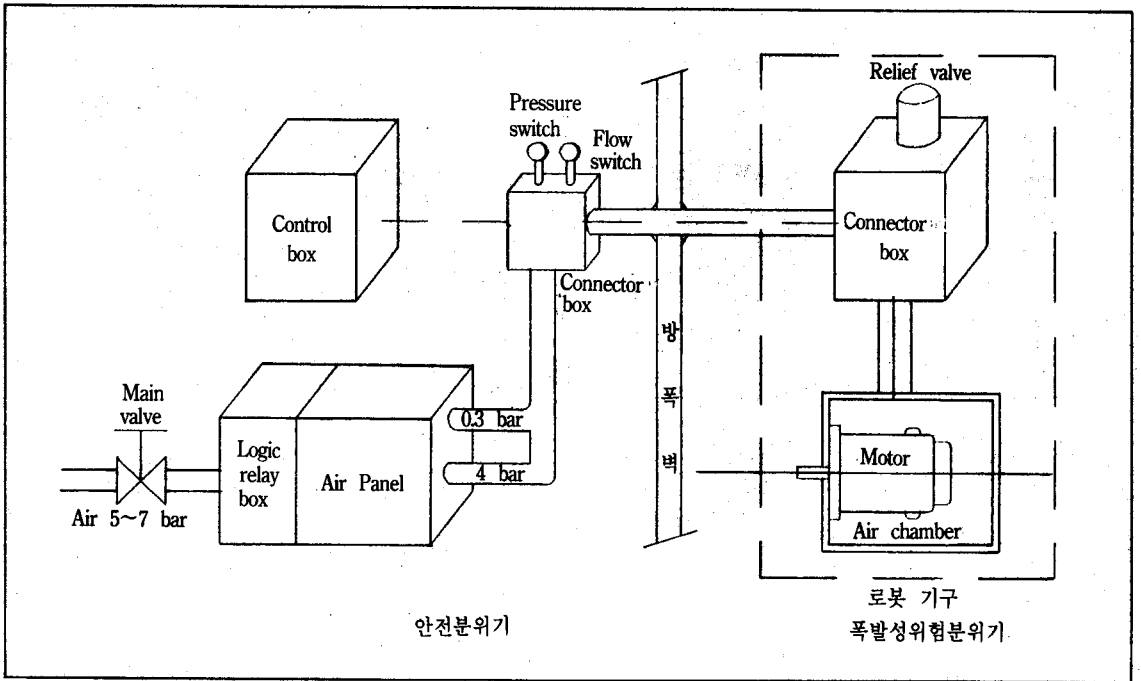


그림 4. Air 방폭 System 배관도

단 만일의 경우에 대비하기 위하여 로봇 기내배선 cable은 정기적인 점검과 교환이 필요하다.

5. 결 론

도장로봇 개발을 위하여 주위환경에 관한 관련 규격과 도장로봇 개발기술의 추이 및 개발 예를 소개하였다. 도장로봇은 로봇자체의 성능은 물론 안전성 확보에 최대의 역점을 두어 설계해야 할 것이다. 따라서 개발 및 생산자의 입장에서는 내구성과 안전성 시험을 위한 별도의 설비를 갖추어 정상 상태에서의 내구성 시험과 내압실 내부에서의

인위적인 불꽃 발생으로 인한 폭발에 대한 안정성 시험을 거쳐야 할 것이다.

도장용 로봇은 주변설비로서 도료혼합, 교반 및 펌프장치, 도료 및 공기 분사장치, 도료색 절환장치 등 타용도의 로봇보다 많은 주변장치를 필요로 하므로 로봇의 개발시 이들 관련 업체와의 기술적인 협조도 필요할 것이다. 아울러 도장로봇 적용의 목표인 도장자동화, 도장품질 향상을 위해서는 로봇과 피 도장체 및 주변기기도 포함하여 도장의 역학관계를 고려한 로봇궤적의 자동프로그래밍 system 개발도 필요할 것이다.