

산업용 로봇의 작업 안전 등에 관한 기술상의 지침(안)

1991. 10.



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전보건연구원
INDUSTRIAL SAFETY AND HEALTH RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고를 산업재해예방기술의 연구개발 및 보급사업의 일환으로 수행한
“산업용 로봇의 작업 안전 등에 관한 기술상의 지침(안)”에 대한 보고서로 제출합니다.

1991년 10월 일

주관연구부서 : 산업안전보건연구원

기계전기연구실

연구책임자 : 실 장 이 관 형

연구수행자 : 수석연구원 이 관 형

머 리 말

요즈음 우리 사업장에는 위험하고 어렵고 지저분한 작업을 하지 않으려는 소위 3D 기피현상이 유행하여 가뜰이나 어려운 제조업체의 인력난을 가중시키고 있다. 이에 반해 산업용 로봇은 우리 인간이 하기 싫은 일, 하기 어려운 일 등을 대신해 주고 필요할 경우 하루 24시간 쉬지 않고 연속작업까지 수행하는 아주 고마운 기계이다. 또한 최근에는 위험한 작업이나 유해 환경으로부터 초래되는 재해를 막기 위하여 유해·위험 작업의 자동화 Line이 많이 설치·운용되고 있고 산업용 로봇은 여기서 주역을 담당하고 있다.

그러나 이렇게 유용하고 고마운 로봇도 우리가 잘못 취급하여 오동작을 유발시키거나 부주의로 인하여 작동중인 로봇에 접근하여 상해를 당하는 등 사고를 일으킬 소지가 충분히 있음을 인식하여야 한다. 우리나라에서는 아직 산업용 로봇의 보급률이 그다지 높지 않아 다행히 로봇에 의한 중대사고는 보도되고 있지 않으나 최근 보급률이 급격히 증가하고 있어 이에 적절히 대처하지 못하면 산업용 로봇에 의한 재해가 자칫 신종재해로 등장할 우려가 있다. 그러므로 보급 초기 단계인 지금 로봇 안전에 대한 인식을 확고히 하여 완벽한 로봇재해 방호체계를 수립하고 안전로봇작업이 관행으로 정착되어 이러한 것들이 로봇 보급의 확산과 더불어 함께 번져 나갈 때 로봇에 의한 신종 산업재해의 발생은 그 뿌리를 내리지 못하고 소멸될 것이다.

다른 재해와 마찬가지로 산업용로봇에 의한 재해도 로봇 자체의 결함, 작업환경의 결함, 방호장치의 미비 또는 결함 등에 기인한 불안전상태와 작업자의 불안정한 조작, 위험 구역으로의 접근, 방호장치의 기능 제거, 부주의 등을 포함하는 불안정한 행동으로부터 야기된다.

이러한 관점에서 본 지침서에서는 산업용 로봇의 설계·제작으로부터 설치,

사용, 보수유지 등에 이르기까지 관련된 종사자들이 불안정한 상태를 제거하고 작업자의 불안정한 행동을 방지할 수 있도록 하기 위하여 반드시 유의하고 지켜야 할 사항들에 대하여 기술하였다. 따라서 본 지침서는 어느 특정 계층에만 한정되어 있지 않고 로봇을 설계·제작하거나 수입하여 판매하는 제작·판매자와 이를 구입하여 사용하는 사용자, 그리고 해당 로봇 작업공정을 관리하는 관리감독자와 직접 로봇작업을 수행하는 근로자를 모두 대상으로 삼고 있다.

끝으로 본 지침서에서는 그 성격상 그리고 범위가 넓은 관계로 다루지는 않고 있으나, 산업용 로봇의 구조도 안전작업에 있어 매우 중요한 만큼 취급하는 로봇의 종류별로 적절한 교육을 통하여 이해될 수 있도록 하여야 할 것이다.

1991. 10.

산업안전보건연구원장

목 차

1. 총칙	3
1.1. 목적	3
1.2. 적용범위	3
1.3. 용어의 정의	3
2. 설계 · 제작	6
2.1. 일반사항	6
2.2. 구조	6
2.3. 성능	7
3. 설치	12
3.1. 설치 장소 및 환경	12
3.2. 방호장치	13
3.3. 매니플레이터 및 주변장치의 설치	16
4. 사용	18
4.1. 일반사항	18
4.2. 작업개시전 점검	18
4.3. 교시작업	19
4.4. 자동운전	21

5. 사용설명서 등	22
5.1. 일반사항	22
5.2. 안전 취급 지침	22
5.3. 주요 사양	23
6. 보수 유지	24
6.1. 일반사항	24
6.2. 정기점사 및 정기보수	25
6.3. 고장수리 및 보수	26
7. 안전관리자 및 교육	27
7.1. 일반사항	27
7.2. 안전관리자 및 교육담당자	27
7.3. 교육	28
7.4. 기록	28

산업용 로봇의 작업 안전 등에 관한 기술상의 지침 (안)

1. 총칙

1.1 목적

이 지침은 산업용 로봇의 설계 제작, 설치, 사용 등에 관한 안전상의 유의사항을 제시함으로써 산업용 로봇을 사용하는데 있어서 발생할 수 있는 재해를 예방함을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

이 지침은 유해·위험 기계·기구 방호조치 기준(노동부 고시 제91-50호; 이하 “방호기준”이라 한다.) 제37조에서 대상으로 정한 산업용 로봇에 대하여 적용한다.

1.3 용어의 정의

1.3.1 정 의

이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

- (1) 매니플레이터란 2개 이상의 링크(Link)가 회전 또는 직선 운동을 할 수 있는 관절(Joint)에 의하여 연결되어 있는 관절연쇄체(Articulated Chain)로서, 연쇄체의 한 끝은 지지기반(Supporting Base)에 부착되어 있고 다른 끝에는 물체를 파지할 수 있는 파지부(Gripper) 또는 조립, 용접, 도장 등의 작업을 수행할 수 있는 공구(Tool)가 부착되어 있다.
- (2) 위험동작이란 근로자에게 상해를 끼칠 수 있는 위험점이나 위험원의 원인이 되는 동작을 말한다. 여기서 위험점은 협착점, 끼임점,

절단점, 물림점, 충격점 등과 같이 근로자에게 상해를 가할 수 있는 위험물의 부위를 말하며, 위험원은 그곳으로부터 제어할 수 없는 상태로 비산하거나 추락하여 근로자에게 상해를 유발하는 물체들을 발생시킬 수 있는 부분을 말한다.

- (3) 가동범위란 선단부에 물건을 파지하거나 공구를 부착한 매니플레이터가 구조상 움직여 도달할 수 있는 최대의 공간을 말한다. 단, 이 구조상 최대 움직임의 범위내에 전기적 또는 기계적 제동물 (Stopper) 이 있는 경우는 당해 제동물에 의해 매니플레이터의 어느 부분도 도달할 수 없는 범위는 제외한다.
- (4) 위험구역이란 가동범위를 포함하여 산업용 로봇과 이에 부착된 공구 또는 산업용 로봇이 다루고 있는 물체에 의하여 근로자에게 상해를 끼칠 수 있는 구역을 말한다.
- (5) 방호구역이란 방책 등의 방호설비에 의하여 사람이 접근을 못하도록 한 산업용 로봇의 주변 구역을 말한다.
- (6) 저감속도란 사람이 발생가능한 위험으로부터 벗어날 수 있도록 충분히 낮아진 물체의 운동 속도를 말하며, 산업용 로봇의 경우 선단부의 속도가 25 cm/s 이하이어야 한다.
- (7) 교시 (Teaching)란 산업용 로봇의 매니플레이터 동작 순서, 동작 경로, 위치 및 속도 등의 설정, 변경 또는 그 결과를 확인하여 원하는 작업을 할 수 있도록 산업용 로봇의 운동 시퀀스를 입력시키는 일을 말한다.
- (8) 자동운전이란 산업용 로봇이 최대 속도를 포함하는 임의의 작업 속도로 미리 입력된 프로그램에 의하여 동작하는 것을 말한다.
- (9) 수동운전이란 상기한 자동운전 외의 모든 형태의 운전을 말하며 다음과 같은 경우를 포함한다.

(가) 교시에 의한 프로그래밍

(나) 시험 (Testing)

(다) 고장 수선

(10) 유지작동제어 (Hold-To-Run Control)란 어떠한 동작이 그 동작과 관련된 버튼 등을 누른 상태에서 해당 제어장치를 발동시키는 동안만 작동하고 동 제어 장치가 방기(放氣)되면 동작이 즉시 정지되는 특성을 갖는 제어방식을 말한다.

(11) 헤일세이프 (Fail-Safe)란 시스템의 고장이나 이상이 생겼을 경우 그로 인해 시스템이 영향을 받지 않도록 하거나 또는 어떠한 위험이나 장애가 초래되지 않는 상태로 이를 변환시키는 기능을 말한다.

(12) 인에이블링 (Enabling) 제어란 스프링 등을 이용한 스위치에 의하여 어떤 동작을 지령하는 명령어가 접촉상태가 유지되는 (Close) 동안은 작동하지 않다가 접촉상태가 해제되면 (Open) 유효하게 되어 지령 동작을 수행하는 제어방식을 말한다. 위험동작을 지령할 때 이 방법을 사용하여 부주의하게 위험운전이 야기되는 것을 방지할 수 있다.

1.3.2 기타용어

기타 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법(이하 “법”이라 한다.), 동법 시행령(이하 “령”이라 한다.), 동법 시행규칙(이하 “규칙”이라 한다.), 산업안전기준에 관한 규칙(이하 “안전규칙”이라 한다.) 및 방호기준에서 정하는 바에 의한다.

2. 설계 · 제작

2.1 일반사항

- (1) 산업용 로봇을 설계 · 제작하거나 산업용 로봇의 사용을 위하여 이를 선정 · 설치하는데 있어서 산업용 로봇의 구조 등은 다음 제함에 적합함과 동시에 한국공업규격 (KS B 7083) “산업용 로봇의 안전통칙”의 4에 정하여진 안전방호의 조치가 취해져야 한다.
- (2) 조작반 등의 조작버튼, 표시램프 등은 원칙적으로 한국공업규격 (KS B 7084) “산업용 로봇의 조작장치 등에 관한 기능식별기호 및 식별색”을 따른다.

2.2 구 조

2.2.1 위험점 방호

산업용 로봇은 근로자가 접근 가능한 위험점이 존재하지 않는 방식으로 설계되어야 하며 이를 위해서 위험점 덮개 등과 같은 방호 장치를 사용하거나 이와 동등한 안전성을 갖는 수단이 강구되어야 한다.

2.2.2 운동범위 제한장치

로봇의 주요축에 대하여는 로봇의 팔이 필요 이상의 범위 밖으로 주행하는 것을 막기 위한 운동 제한장치가 설치되어야 한다. 이를 위해서는 다음 사항이 강구되어야 한다.

- (1) 충분한 강도를 갖도록 설계된 기계적 제동물 (Mechanical Stopper)
- (2) (1)과 동등한 안전성을 갖는 제어적 제동장치

2.2.3 비상 정지 장치

산업용 로봇은 이상 동작 또는 위험 동작이 신속하게 종료될 수

있도록 즉석에서 손쉽게 안전하게 작동시킬 수 있는 비상 정지 장치(이하 “비상정지장치”라 한다.)에 의하여 그 운전이 즉시 정지될 수 있어야 한다. 이경우 비상정지에 의하여 또다른 위험 동작이 야기되어서는 아니되며, 일단 비상정지기능이 작동되면 산업용 로봇의 운전이 자동적으로 복귀하지 않으며 또한 사람의 부주의로 복귀될 수도 없어야 한다.

2.2.4 운반 편의

산업용 로봇에는 적절한 위치에 충분한 개수의 아이볼트 (Eye Bolt) 나 훅 (Hook)을 임의 변경이 불가능하도록 고정되게 설치하여 운반중 야기될 수 있는 사고를 예방하여야 한다.

2.2.5 표지판

매니플레이터 표면위의 잘 보이는 부분에 다음 사항이 오랫동안 훼손되지 않고 유지가능하도록 표시되어야 한다.

- (1) 제조자 또는 공급자 명
- (2) 제조년월일 및 제조일련번호
- (3) 형식 및 최대부하량
- (4) 사용전원의 사양 (전원종류, 전압, 주파수 및 최대소요전류량)
- (5) 구동용 모터의 정격출력
- (6) 중량

2.3 성능

2.3.1 안정성

산업용 로봇은 고온 다습한 상태에서나 심한 전기적 노이즈가 존재하는 환경에서도 정상 작동이 가능하도록 안정성을 확보하여야 하며 이를 위해 최소한 다음 사항을 만족시켜야 한다.

- (1) 운전중 전원 개폐 (ON/OFF) 테스트를 100회 이상 실시하여 오동작이 발생하지 않아야 한다.
- (2) 다음과 같은 상태에서 12시간이상 계속 가동시켜 오동작이 발생하지 않아야 한다.
 - (가) 상압 80℃
 - (나) 상압 -30℃
 - (다) 상압 40℃, 습도 93%
 - (라) 상압 20℃, 습도 30%
- (3) 정전기에 의한 오동작이 발생하지 않도록 정전기 제전을 위한 접지 등의 필요한 조치를 취할 수 있어야 한다.
- (4) 전자파와 같은 외란으로 인하여 오동작이 발생하지 않도록 제어기가 전자파 장애로부터 적절하게 방호되도록 설계되거나 전자파로부터 충분히 차폐되어야 한다.

2.3.2 안전용 회로

고장이 났을 때 산업용 로봇이 인명에 관한 한 안전상태로 들어갈 수 있도록 다음과 같은 안전목적을 위한 회로(이하 “안전용회로”라 한다.)가 구비되어야 한다.

- (1) 비상정지장치를 위한 회로
- (2) 동작범위 제한장치를 위한 회로
- (3) 방호장치 (출입문 인터록, 압력 감응 매트, 영상처리 감시장치 등)를 위한 회로
- (4) 저감속도를 위한 회로
- (5) 인에이블링 (Enabling) 제어를 위한 회로
- (6) 기타 웨일세이프 (Fail-Safe) 기능을 위한 회로

2.3.3 전원교란에 대한 안전성

정전이나 전압 변동 등과 같은 공급전원의 불안으로 인하여 산업용 로봇이 재해를 유발할 수 있는 위험 상태에 빠지지 않도록 하여야 하며, 특히 다음 사항에 유의하여야 한다.

- (1) 전원 공급 재개에 의한 의도하지 않은 재가동
- (2) 전원 공급 중단으로 유발되는 중력 영향에 의한 의도하지 않은 동작
- (3) 전원 고장으로 인한 파지물의 의도하지 않은 방출

2.3.4 자동 속도 또는 출력 저하

산업용 로봇은 근로자에 대한 위험을 방지하기 위하여 다음과 같은 기능을 갖춰야 한다.

- (1) 운전 상태를 교시의 상태로 전환할 때 매니플레이터의 작동 속도가 자동적으로 저감속도로 저하될 것.
- (2) 출력 조정이 가능한 매니플레이터에 있어서는 운전 상태를 교시의 상태로 전환할 때 당해 출력이 자동적으로 저하될 것.

2.3.5 자동 운전 정지

산업용 로봇은 다음의 경우 자동적으로 운전을 정지할 수 있어야 한다.

- (1) 유압, 공압 또는 전압의 변동에 의하여 오동작의 위험이 발생할 경우
- (2) 정전 등에 의하여 구동 전원이 차단된 경우
- (3) 관련기기에 고장이 발생한 경우
- (4) 제어장치에 이상이 발생한 경우

2.3.6 자동 운전 재개 방지

비상정지 장치 또는 2.3.5의 기능에 의하여 운전이 정지된 경우

근로자가 재가동 조작을 하지 않는 한 운전이 재개되지 않아야 한다.

2.3.7 파지부

- (1) 파지부는 비상정지장치 또는 2.3.5의 기능에 의하여 운전이 정지되는 경우 파지된 물건이 낙하 또는 방출에 의해 근로자에게 위험을 초래하지 않도록 당해 파지물을 안전하게 계속 붙잡고 있을 수 있어야 한다.
- (2) 파지부는 작업상 필요한 부분을 제외하고는 예리한 모서리나 돌기 등의 위험점이 없어야 한다.

2.3.8 조작반

가반형 조작반 (교시반이라고도 한다.) 및 고정형 조작반 (모니터와 키-보드가 부착된 컴퓨터 등)은 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

(1) 공통사항

- (가) 접근이 용이한 위치에 조작하기 쉬운 구조로 된 적색의 비상정지장치용 스위치가 구비되어 있어야 하며, 두개 이상의 조작반을 갖추고 있는 경우는 각각에 이를 설치하여야 한다.
- (나) 조작반상의 여러 스위치들은 오조작의 위험이 없도록 배열, 설치 및 표시되어야 하며, 특히 다음 기능을 가진 스위치는 당해 스위치 기능이 명확하게 표시되어야 한다.

- 1) 전원 스위치의 ON/OFF
- 2) 유압 또는 공압원 스위치의 ON/OFF
- 3) 운전 및 정지 스위치
- 4) 운전상태 (자동, 교시, 시험 등) 전환 스위치

(2) 가반형 조작반

- (가) 한 손 또는 어깨끈을 이용하여 편리한 작동 위치에 유지시킬 수 있도록 적당한 크기로 설계·제작되어야 한다.
- (나) 가반형 조작반에 의하여 산업용 로봇을 조작하고 있는 동안은 타 조작반 또는 장치에 의하여 당해 로봇의 조작 (비상정지장치의 조작은 제외)을 하는 것이 불가능한 구조로 되어 있어야 한다.
- (다) 교시운전 상태에 있어서 사용하는 매니플레이터를 작동시키기 위한 스위치는 누르고 있는 상태에서만 작동하고, 당해 스위치로부터 손을 뗀 경우에는 자동적으로 당해 로봇이 동작을 정지하는 유지작동제어 (Hold-To-Run Control) 구조로 되어야 한다.
- (라) 정상 운동 속도에서의 시험이 행하여질 때에는 인에이블링 제어 스위치가 설치되어야 한다.
- (마) 가반형 조작반에 접속하는 이동전선은 그 손상에 의한 위험을 방지하기 위하여 필요한 강도 및 내마모성을 가져야 한다.

(3) 고정형 조작반

- (가) 자동운전 상태 및 교시, 점점 등의 수동운전 상태의 선택 스위치가 설치되어 있어야 하며 이 선택스위치 조작이외의 방법으로 운전상태를 전환할 수 없어야 한다.
- (나) 각각의 운전상태를 명확하게 표시하는 램프가 설치되어야 한다.
- (다) 접지용 단자가 설치되어야 한다.
- (라) 비상정지용 이외의 스위치는 사용하는 근로자의 의도가 아닌 불의의 동작을 방지하기 위하여 허가 없는 타인의 접근이 불가능하도록 하여야 한다. (필요하면 방책 등 설치)

- (마) 자동운전중의 고의 또는 실수로 인한 조작을 방지하기 위한 잠금장치가 설치되어야 한다.

3. 설치

3.1 설치 장소 및 환경

3.1.1 설치장소의 크기 및 구조

- (1) 산업용 로봇은 안전한 작업을 수행하기 위해 필요한 작업공간이 확보될 수 있도록 설치하여야 한다.
- (2) 산업용 로봇의 방호구역을 이루는 방책 등은 가동범위로부터 최소한 1m 이상 떨어지게 하여 갑작스런 오동작시에 근로자가 충분히 대피할 수 있는 공간을 확보하여야 하며, 로봇 및 방호장치 등을 포함한 주변설비는 부상자 등의 구출이 신속하고 용이하게 이루어질 수 있는 구조로 배치하여야 한다.

3.1.2 설치장소 환경조건과의 적합성

- (1) 오동작을 방지하기 위하여 설치장소의 전자파장해, 온도, 습도, 진동 등의 환경조건에 적합한 성능을 갖는 산업용 로봇을 설치하여야 한다.
- (2) 인화성 물질의 증기, 가연성가스 또는 가연성분진이 폭발위험이 있는 농도에 도달할 가능성이 있는 장소에서 사용하는 산업용 로봇은 당해 증기, 가스 또는 분진에 대해 그 종류별로 대응하는 방폭 성능을 가져야 한다.

3.1.3 설치장소의 보안

산업용 로봇의 설치장소는 보안이 잘 되어 도난을 당하거나 훼손될 우려가 없어야 하며 특히 작업 프로그램 및 데이터의 손실이나

고의적 또는 우발적인 변조가 불가능하도록 하여야 한다.

3.1.4 설치장소의 조명

작업상 전체의 조명이외에 필요한 경우 국부조명을 위한 시설을 갖추어야 하며 조도는 한국공업규격 조도기준 (KS A 3011)에 따른다.

3.2 방호장치

3.2.1 방호장치의 설치 및 기능

(1) 산업용 로봇에는 위험점 및 위험원에 대한 방호를 위하여 주변 상황에 따른 적절한 방호장치가 설치되어야 하며 이러한 방호장치는 3.2.2의 하나에 의한 단일 방호물 또는 3.2.2의 여러 방호물의 조합에 의하여 이루어질 수 있다.

(2) 적절한 방호장치의 선택은 다음 사항 등을 분석하여 결정한다.

(가) 취급하는 작업과 그에 따른 위험성

(나) 근로자의 위험구역내로의 접근 필요성 또는 가능성 및 그에 따른 위험 정도

(다) 일어날 가능성이 있는 오동작과 그의 안전성에 대한 영향

(라) 위험성의 제거 내지는 최소화할 수 있는 방호 전략

(마) 제반 규정상 요구되는 안전성 확보의 정도

(3) 위험동작이 방호장치의 발동에 의하여 정지됐을 때, 로봇 동작의 재작동은 방호장치의 안전 기능이 다시 유효해지고 새 작동신호가 발생하지 않는 한 불가능하여야 한다.

3.2.2 적합한 방호장치

3.2.2.1 격리형 방호장치

(1) 산업용 로봇의 모든 위험점에 근로자의 신체 어느 부분도 접근이

불가능하도록 당해 로봇이 설치된 위험구역 주위에 내구성이 있는 재료로 만들어진 2m 이상 높이의 방책이 견고하게 고정 설치되어야 하며 그 자체에 예리한 모서리나 돌기 등의 위험 부분이 없어야 한다.

- (2) 위험구역내로의 통상적인 접근을 위하여는 방책에 인터록 장치가 된 미닫이식 또는 경첩식 출입문이 설치되거나 3.2.2.2의 1에 의한 접근 감지 트립장치에 의하여 방호되는 출입구가 설치되어야 한다.
- (3) 출입구에는 잘 보이는 곳에 “위험; 운전중 출입금지”란 표지를 부착하여야 한다.
- (4) 정기검사나 고장수리 등을 위하여 방호구역내에서 작업할 경우에는 안전한 작업구역과 타 로봇이나 기계 등이 작동하는 위험구역을 구분하는 임시 방책을 동 방호구역내에 추가로 설치하여야 한다.

3.2.2.2 트립 (Trip) 장치

산업용 로봇의 위험구역내로 근로자가 접근할 경우 이를 감지하여 당해 로봇이 동작을 중지하도록 다음 각 호의 1에 해당하는 트립장치를 설치하여야 한다.

(1) 광선식 안전시스템

이 광선식 무형의 장벽은 요구되는 안전방호를 충족시키기 위하여 필요에 따라 단일 줄기의 광선이나 여러 줄기의 광선 또는 이들의 복합으로 이루어질 수 있다. 광선 장막은 연속적인 고정 광속이나 스캐닝 (Scanning) 시스템 등에 의하여 변조된 (Modulated) 주사광속으로 생성될 수 있다. 광선은 눈에 보이거나 또는 적외선 같이 보이지 않을 수 있으며, 투광기에서 조사된 것 이외의 광선에 수광기가 감응하지 않도록 해야 한다.

(2) 전자 감응식 안전시스템

이 전자감응 방식은 위험동작으로의 사람이나 물체의 접근을 탐지하는 원리에 의한 트립장치 또는 사람이나 원하지 않는 물체가 탐지되어 있는 한 위험한 부분의 동작이 개시되지 않도록 하는 존재감지장치로서 사용될 수 있다. 이 방식은 재래식 방책과 병용되어 필요한 접근을 허용하면서 높은 수준의 안전성을 확보할 수 있고 또한 재래식 방호수단이 실용적이지 못한 상황에서의 사용이 적합할 수도 있다.

(3) 압력 감응식 매트

이 압력감응식 매트는 그 위에 서 있는 사람에 의하여 인가되는 압력을 감지하여 위험한 동작을 정지시킬 수 있도록 압력 감응 표면이 위에 놓이도록 위험지역의 내부와 전면(前面) 바닥에 고정 설치하여야 한다. 매트의 크기와 설치위치는 근로자의 접근 속도, 최대 보폭 그리고 안전시스템의 전반적인 반응 시간을 고려하여 적절하게 정해져야 한다. 또한 우회하거나 뛰어넘을 수 없도록 하여 매트를 작동시키지 않고는 어떠한 접근도 허용하지 않도록 유의하여야 하며 매트의 전면(全面)에 걸쳐 반응성이 양호하여야 한다.

3.2.2.3 기타 방호 장치

(1) 양수 조작시 제어 장치

이 방식은 동력 프레스에 많이 사용하는 것으로서 다른 방호장치의 설치가 부적합할 경우 적용될 수 있다.

(2) 브레이크

이 장치는 수직다관절형 로봇처럼 동력원이 끊겼을 때 로봇 팔을 붙잡아 중력에 의한 로봇 팔 (Arm)의 낙하를 방지하기 위하여 설치되어야 한다. 이 브레이크는 로봇 팔과 사용되는 연장 (Tool) 또는

작업편의 무게를 충분히 떠받칠 수 있어야 한다.

(3) 덮개

필요하다면 공구나 작업편 등의 비산물이 날리지 않고 섬광, 방사선, 소음 등이 근로자에게 상해를 끼치지 않도록 위험원에 덮개나 적절한 포집형 방호장치를 설치하여야 하는데 이 경우 덮개 내부가 보일 수 있도록 덮개는 철망 또는 투명한 물체로 만들어져야 한다.

3.3 매니플레이터 및 주변장치의 설치

3.3.1 매니플레이터

- (1) 매니플레이터의 몸통은 최대출력으로 가동시에도 흔들리지 않도록 견고하고 평평한 바탕위에 적절하게 배열된 3개 이상의 충분한 강도 및 굵기와 크기를 가진 볼트로 고정되어야 한다. 특히 작업편의 상거꾸로 매달리게 설치할 때는 비고의적인 어떠한 경우에도 떨어지지 않고 안전성있게 유지되도록 유의하여야 한다.
- (2) 매니플레이터를 받침대 위에 설치할 경우에는 받침대가 건물 바닥에 견고하게 고정되어야 한다. 단, 이동식 받침대의 경우에는 산업용 로봇의 가동시 받침대가 흔들리거나 쓰러지지 않도록 받침대의 중량과 크기가 충분히 크고 안정한 상태를 유지할 수 있어야 한다.

3.3.2 제어 캐비닛 및 고정형 조작반

- (1) 제어 캐비닛 및 고정형 조작반은 위험구역 밖에 가능한 한 멀리 떨어져도록 배치시키되 이를 취급하는 근로자가 산업용 로봇의 작동을 잘 볼 수 있는 장소에 설치하여야 한다.

- (2) 제어 캐비넷이나 고정형 조작반상의 모든 표시 램프 및 신호는 보기 용이하도록 설치되어야 한다.

3.3.3 계기류

공압계, 유압계, 압력계 기타 필요한 계기는 쉽게 파손되지 않고 잘 보이는 곳에 설치하여야 한다.

3.3.4 배선 및 배관

전기배선, 공기 및 오일의 배관 등은 매니플레이터나 근로자 등에 의하여 손상을 받지 않도록 설치하여야 한다.

3.3.5 비상정지 스위치

비상시 비상정지장치를 유효하고 신속하게 작동시키는 것이 가능하도록 하기 위하여 필요에 따라 비상정지용 스위치를 조작반 이외에 장소에 설치하여야 한다.

3.3.6 가동 표시 램프 등

산업용 로봇이 가동중일 때는 가동중임을 나타내는 가동표시램프를, 비상정지나 제어상의 기능 작동에 의하여 운전이 정지됐을 때는 이를 나타내는 정지표시램프를 보기 용이한 장소에 설치하여야 한다.

3.3.7 가동범위 한계

산업용 로봇의 가동범위는 조정 가능한 스톱퍼 등을 사용하여 특정한 작업에 따라 필요 이상의 범위 밖으로 움직이는 것을 제한하여야 한다.

3.3.8 설치후 시험

산업용 로봇을 새로 제작 또는 구입하여 설치하거나 사용 장소를 옮겨 설치할 경우 당해 산업용 로봇의 작동, 방호장치의 성능, 관련기기와의 연동 상황, 스톱퍼의 기능 등에 관하여 이상이 없는

것을 시험을 통하여 확인하여야 한다.

4. 사용

4.1 일반사항

- (1) 방호구역내에 사람이 있을 때에는 산업용 로봇을 가동시켜서는 안된다. 단, 특수한 경우의 교시 작업을 저감속도에서 실시할 때는 예외로 한다.
- (2) 작업 개시전에는 방호장치가 정상적인 성능을 발휘하고 있는지의 여부 등을 점검하여 운전중 사람이 방호구역내로 들어갈 수 없도록 하여야 한다.

4.2 작업개시전 점검

4.2.1 구동전원 투입전 점검

산업용 로봇을 구동하기 위한 전원을 넣기 전에 다음의 사항을 점검하여야 한다.

- (1) 외부 전선의 피복 등의 손상 유무
- (2) 공급 전압, 공압 및 유압의 이상 유무
- (3) 배관의 파손 및 공기 또는 오일의 누설 유무
- (4) 3.2.2.1의 방책의 이상 여부와 출입구 인터록의 성능
- (5) 각종 표시램프의 이상 유무

4.2.2 구동전원 투입후 점검

구동 전원을 넣은 후에는 다음의 사항에 대한 점검을 방호구역 밖에서 실시하여야 한다.

- (1) 산업용 로봇의 이상 작동 여부

- (2) 이상음 또는 이상진동의 발생 여부
- (3) 3.2.2.2의 방호장치의 성능
- (4) 3.2.2.3을 포함한 기타 방호장치의 성능
- (5) 비상정지장치의 성능
- (6) 각종 표시램프의 이상 유무

4.3 교시 작업

4.3.1 방호구역의 작업의 원칙

교시 운전을 위한 작업은 원칙적으로 제반 방호장치에 의하여 격리되는 방호구역 밖의 장소에서 동 장치들의 기능이 발효하는 상태에서 실시하여야 한다.

4.3.2 방호구역내 작업시 조치사항

- (1) 교시 운전 작업을 방호구역내의 산업용 로봇에 근접한 위치에서 실시할 때는 안전 방호장치들의 효력을 일시적으로 정지시킬 수 있으나, 이 경우 다음 사항에 관해서 규정을 정하고 이에 부합되게 작업을 하여야 한다.
 - (가) 잠금 열쇠에 의한 모드 선택 스위치를 교시 위치로 놓아 당해 매니퓰레이터가 저감속도의 운전 상태가 되게 할 것
 - (나) 특별히 훈련되고 허가된 근로자만이 작업을 하도록 할 것
 - (다) 기동방법, 스위치 취급방법 등 작업상 필요로 하는 산업용 로봇의 조작 방법 및 순서
 - (라) 이상시 근로자가 취할 이상 내용에 따른 조치
 - (마) 비상정지장치 등이 작동하여 운전이 정지된 후 재기동시키기 위하여 필요한 이상상태 해제 확인, 안전 확인 등의 조치
 - (바) 복수 근로자에 의한 작업의 경우 이들 상호간의 신호 방법

- (2) 작업 규정은 산업용 로봇의 종류, 설치장소, 작업내용 등에 따라 적절한 것으로 하여야 하며, 이를 작성하는데 있어서는 관련 근로자, 제작사의 기술자, 안전관리 전문가 등의 의견을 구하여야 한다.
- (3) 작업중에는 당해 작업에 종사하고 있는 근로자외의 자가 기동스위치, 모드 전환스위치 등을 조작하는 것을 방지하기 위하여 당해 스위치 등에 “작업중; 손대지 말것”이란 표지를 적절하게 부착하거나 또는 조작반 덮개 시진 등의 조치를 강구하여야 한다.
- (4) 방호구역내에서 작업을 하는 자의 안전을 확보하기 위하여 이상이 발생하면 즉시 산업용 로봇의 운전을 정지하는 것이 가능하도록 비상정지장치용 스위치를 방호구역내에 있는 근로자가 갖고 있도록 하여야 하며, 산업용 로봇의 가동부분 전체의 작동 상태를 근로자가 파악할 수 없는 상태에서는 별도의 감시인을 매니플레이터의 작동이 잘 보이는 위치에 배치하여 다음 사항을 수행하도록 하여야 한다.
 - (가) 이상 발견시 즉시 비상정지장치를 작동시킬 것
 - (나) 작업에 종사하는 자 이외의 사람을 방호구역내에 출입시키지 않도록 할 것
- (5) 방호구역내에서는 매니플레이터 구동부에 전원이 인가된 상태에서 용접건, 도장용 노즐 등의 작업 공구의 청소나 교환 등의 작업을 하지 말아야 하며, 이러한 작업이 가능한 한 자동적으로 행해지도록 하여 가동범위내에 근로자가 들어가는 기회가 될 수 있는 한 적게 하는 것이 바람직하다.

4.3.3 가반형 조작반에 의한 교시

- (1) 프로그래밍시 가반형 조작반상의 제어 장치들은 저감속도에서 유지 작동제어 (Hold-to-Run Control) 모드로만 작동되도록 하여야 한다.

- (2) 고속에서 프로그램의 확인 운전할 때에는 방호구역 밖에서 유지 작동제어 모드로 실시하여야 한다.

4.3.4 가반형 조작반 외의 수단에 의한 교시

- (1) 가반형 조작반 외의 수단에 의한 교시는 다음과 같은 방법 등으로 실시될 수 있다.
 - (가) 매니플레이터 팔의 수동 조정
 - (나) 모의 로봇에 의한 방법
- (2) 위 호에 의한 작업시 근로자에게 어떠한 위험 상황도 초래되지 않도록 다음 사항을 준수하여야 한다.
 - (가) 매니플레이터 구동 모터의 전원 차단
 - (나) 저감속도 모드 선택
 - (다) 인에이블링 제어 및 비상정지장치 구비

4.4 자동 운전

4.4.1 기동시 조치

산업용 로봇을 기동시킬 때는 우선 다음 사항을 확인한 후 일정한 신호방법을 정하여 관련 근로자에게 신호를 행하여야 한다.

- (1) 방호장치 또는 설비의 기능이 발효되고 있을 것
- (2) 방호 장치에 의하여 격리된 방호구역 (가동범위 포함)내에 사람이 없을 것
- (3) 산업용 로봇 또는 주변기기의 이상을 나타내는 램프에 불이 켜져 있지 않을 것

4.4.2 자동운전시 및 이상 발생시 조치

- (1) 산업용 로봇의 기동후 램프 등에 의한 자동운전중에 있음을 나타내는 표시가 되어 있는지를 확인하여야 한다.

- (2) 산업용 로봇 또는 관련 기기에 이상이 발생할 경우에 있어서 응급 조치 등을 수행하기 위하여 방호구역내에 들어갈 때는 들어가기 전에 산업용 로봇의 운전을 정지시키고, 또한 안전 플러그를 휴대하거나 기동 스위치에 작업중에 있음을 나타내는 것 등에 의하여 해당 작업을 수행하는 근로자 이외의 자가 산업용 로봇을 조작하는 것을 방지하기 위한 조치를 강구하여야 한다.

5. 사용설명서 등

5.1 일반사항

- (1) 산업용 로봇의 제작자, 공급자 또는 수입업자는 각각 산업용 로봇과 그 주변장치, 부대시설을 운반, 설치하고 사용하는데 있어서 안전취급 방법과 안전상 유의하여야 할 사항에 대한 설명서를 다음 5.2 및 5.3에 의거하여 한글로 작성하여 사용자에게 제공하여야 한다.
- (2) (1)의 설명서는 작업 종류에 따라 설치설명서, 사용설명서, 보수설명서 등으로 세분하여 공급할 수 있다. (이러한 설명서들을 총칭하여 이하 “사용설명서 등” 이라 한다.)
- (3) 사용설명서 등에는 해당 산업용 로봇에 대한 안전방호대책 및 적합한 방호장치에 대한 유의사항을 상세히 기술하여야 한다.

5.2 안전 취급 지침

- (1) 사용설명서 등에는 다음 사항에 대하여 취급 또는 작업 방법과 이러한 작업을 행할 때 일어날 수 있는 위험의 예방에 관한 안전지침 및 유의사항을 상세히 설명하여야 한다.
 - (가) 자동 운전

(나) 교시 작업

(다) 검사, 보수, 조정, 청소 등의 작업

(라) 운반 작업

(마) 설치 및 해체 작업

(2) 사용설명서 등에는 다음 사항에 관한 안전상 유의점을 설명하여야 한다.

(가) 이 지침에 의한 안전상의 의무 사항

(나) 위험 작업 조건 및 이를 회피 또는 제거하는 방법

(다) 불규칙적인 운전상태 또는 이상 동작을 인지하고 이를 교정하거나 정지시키는 방법

(라) 안전기능의 종류 및 성능

(마) 위험동작과 관련한 가드의 상호작용 및 인터록, 방호장치의 설계 및 설치

(바) 제어 및 전원 회로의 연결을 위한 인터페이스

(사) 특정 작업과 관련한 동작범위의 설정을 위한 각 축의 스톱퍼 조절

(아) 작업 개시전 점검, 정기검사의 항목 (특히 마모 등으로 안전에 관련이 큰 부품 포함), 방법, 판정기준 및 실시 시기

(자) 연결이 안되어 비상정지장치가 작동하지 않는 가반형조작반은 눈에 띄지 않는 장소에 보관토록 하는 유의사항

(차) 모든 운전은 사용설명서에 나와 있는 지침에 의해서만 실시되도록 하여야 한다는 유의사항

5.3 주요 사양

사용설명서 등에는 다음 사항에 관한 명세가 포함되어져야 한다.

(가) 제조자명

- (나) 형식
- (다) 구조 (주요 부품명 포함) 및 작동원리 (제어방식, 구동방식 등)
- (라) 구동형 모터의 정격출력
- (마) 정격 가반 중량
- (바) 자동운전중 및 교시운전중 각각의 매니플레이터 선단부의 최대 속도
- (사) 매니플레이터의 최대 힘 또는 모멘트
- (아) 가동범위
- (자) 유압 (필요시), 공압 (필요시) 및 전압의 허용 변동범위
- (차) 소음 레벨

6. 보수 유지

6.1 일반사항

- (1) 산업용 로봇의 보수작업에 종사하는 근로자 (이하 “보수작업자”라 한다.)는 당해 로봇에 관하여 충분한 지식과 적절한 수준의 기술을 가진 자이어야 하며, 당해 보수 작업이 수반하는 위험에 대하여 충분히 교육받고 훈련되어 있어야 한다.
- (2) 작업 개시전 점검시, 정기점검시 또는 가동중에 이상을 발견하였을 때는 즉시 보수나 부품의 교환 등 필요한 조치를 강구하여야 한다.
- (3) 산업용 로봇의 설치시 보수에 대한 책임구분을 명확하게 정하여야 하며, 제작사 직원에 의한 보수 작업시에도 동일한 안전방호기준이 적용되어야 한다.
- (4) 산업용 로봇과 그 주위는 항상 청결하게 유지하고 방호장치로 방호되는 구역내에는 불필요한 물체가 있지 않도록 한다.

6.2 정기검사 및 정기보수

- (1) 정기검사는 다음 사항에 관하여 설치장소, 사용빈도, 부품의 내구성 등을 감안하여 검사항목, 검사방법, 판정기준, 실시시기 등의 검사기준을 미리 정하고 이에 의하여 실시하여야 한다.
 - (가) 3.1.2.2 및 3.1.2.3 중에서 사용하고 있는 안전 방호장치, 시설 및 기기의 성능
 - (나) 비상정지장치 및 제동장치의 성능
 - (다) 2.3.3 내지 2.3.7을 포함하는 각종 안전 성능
 - (라) 매니플레이터의 고정 볼트와 주요부품 볼트의 풀림 유무
 - (마) 가동부분의 윤활상태 및 기타 가동부분의 이상 유무
 - (바) 동력전달부분의 이상 유무
 - (사) 사용되는 유압 또는 공압 계통의 이상 유무
 - (아) 전원의 안정성, 릴레이 성능, 케이블 손상 여부 등을 포함한 전기 계통의 이상 유무
 - (자) 엔코더 등 센서의 이상 유무
 - (차) 서보계통의 이상 유무
 - (카) 고정형조작반 및 가반형조작반의 이상 유무
 - (타) 스톱퍼(Stopper)의 이상 유무
 - (파) 작동 이상을 검출하는 기능의 이상 유무
- (2) 정기보수는 정기검사이시 발견되는 이상 상태를 보수하여 정상 상태로 환원하는 것 이외에 마모성이 있는 기계부품이나 내구성이 약한 전자 부품, 전기배선 등을 품목과 교환시기를 정하여 새 것으로 바꾸고 시간의 경과에 따라 성능이 저하되는 볼트의 조임, 운동부위의 윤활 등은 적절한 상태로 유지될 수 있도록 조치하는 일을 포함하여야 한다.

6.3 고장수리 및 보수

- (1) 고장수리 또는 보수작업 (이하 “보수작업” 이라 한다.)을 실시할 때는 다음 사항에 유의하여야 한다.
 - (가) 보수작업전에 불필요한 동력원을 차단하고 잔류 동력은 소멸시켜야 하며 해당 로봇은 물리적으로 가장 안정된 상태에 놓여져야 한다.
 - (나) 보수작업은 합리적인 순서를 정하여 실시하고 크고 복잡한 시설물에 대하여 2인 이상이 공동 작업을 수행할 경우는 보수작업자 상호간의 명확한 의사 전달방법을 강구하여 상호간의 작업 진행상황을 수시로 파악할 수 있어야 한다. 이경우 각 보수 작업자는 비상정지장치의 즉각적인 접근이 가능하여야 한다.
 - (다) 보수작업자는 주변에서 작동중인 타 로봇이나 기계로부터 오는 위험이 없도록 임시 방책의 설치 등 적절한 방호수단을 강구하여 충분히 방호되어야 한다.
 - (라) 산업용 로봇의 고장이 발생하여 제어부 하드웨어나 구동 프로그램상의 잘못을 찾기 위하여 당해 로봇의 운전을 시도할 때는 보수작업자는 모든 방호장치가 작동하는 상황하에서 안전한 장소에서 이를 수행하여야 한다.
 - (마) 산업용 로봇이 동작을 정지하여 근로자가 위험구역내로 접근할 때는 인터록이 설치된 출입문이나 기타 방호장치에 의하여 방호되는 출입구를 통한 정상적인 접근절차를 준수하여야 한다.
- (2) 보수작업자는 해당 보수작업에 적합한 기계나 연장을 공급받아 사용할 수 있어야 하며 안전방호설비에 의하여 보호받는 외에 안전모 등의 개인용 보호구를 지급받아 착용하여야 한다.
- (3) 보수작업의 허가 등을 포함하는 제반 절차와 작업종류별로 감독, 작

업 또는 접근이 허가된 근로자 등을 정하는 보수작업 절차규정이 확립되어야 한다.

- (4) 보수작업 후에 산업용 로봇의 운전을 재개하고자 할 때는 방호장치의 성능 확인 시험이 선행되어야 한다.

6.4 기록

점사일지, 보수일지 등을 만들어 정기검사나 보수 등을 실시하였을 때의 내용과 이상을 발견하여 조치한 내용 등을 상세히 기록하여 3년이상 보존하여야 한다.

7. 안전관리자 및 교육

7.1 일반사항

- (1) 사업주는 산업안전보건법 제15조 및 동법시행령 제12조에 의한 안전관리자를 선임하여 안전업무를 담당시키고, 동법 제31조 및 관련 규정에 의한 안전교육을 실시하여야 한다.
- (2) 제작자 및 공급자도 효과적인 안전 교육 프로그램을 마련하는데 사용자와 협력하여야 하며 일정한 시기마다 재검토하여 교육 프로그램 내용을 새로운 여건 변화에 적합하도록 보완해 나가야 한다.

7.2 안전관리자 및 교육담당자

- (1) 안전관리자는 다음에 정해진 직무를 수행하여야 한다.
 - (가) 방호시설 및 장치의 설치 및 유지에 관한 지도 감독
 - (나) 정기검사, 작업전 검사 등의 지도 감독 및 안전관련 기록의 유지 또는 점검

- (다) 안전교육 계획의 수립 및 실시
- (라) 기타 영 제13조 등에 정해진 것중 산업용 로봇과 관련된 사항
- (2) 안전교육의 담당자는 산업용 로봇에 관한 지식과 작업에 관한 경험을 가진 자를 선임하여 실시하고 필요에 따라서 제작업체의 기술자, 산업안전 전문가 등 해당분야의 전문 지식을 가진 자를 활용한다.

7.3 교육

- (1) 교육은 이론교육과 현장실기교육에 의하여 실시하고 당해 근로자의 수준 및 종사하는 작업에 적합한 내용 및 시간수로 하되 다음의 내용이 반드시 포함되어야 한다.
 - (가) 작업내용 및 작업중 발생할 수 있는 위험에 관한 사항
 - (나) 산업용 로봇에 이상이 발생한 경우에 있어서 취해야 할 조치에 관한 사항
 - (다) 비상정지장치의 위치 및 이를 작동시키는 방법
 - (라) 방호장치의 기능 및 이의 작동 여부를 식별하는 방법
 - (마) 기타 안전 작업 방법에 관한 사항
- (2) 산업용 로봇에 접근하여 교육할 때는 효과적인 방호 및 감독하에 엄격한 통제에 따라 행동하여야 한다.
- (3) 로봇 작업시 종사하지 않는 근로자에 대해서도 안전 표시의 중요성, 위험구역으로의 접근 금지, 보수작업시의 유의사항 등에 관하여 일반적인 안전교육을 실시하여야 한다.

7.4 기록

- (1) 안전관리자는 정기적으로 점검표를 작성 유지하고 산업용 로봇에 의한 작업을 할 때에는 작업 기록을 일별로 작성 유지하여야 한다.

- (2) 안전관리자는 안전 교육을 실시하였을 때는 교육담당자, 수강자, 교육내용 등에 관해서 기록하여야 한다.
- (3) (1) 및 (2)의 기록은 3년이상 보존하여야 한다.

부 칙

- (1) 이 지침은 199×년 ×월 ×일부터 시행한다.

산업용로봇의작업안전등에관한기술상의지침 (기연 91-081-07)

발행일 : 1991. 12

발행인 : 원장 김 원 갑

연구책임자 실 장 이 관 형

연구수행자 수석연구원 이 관 형

발행처 : 한국산업안전공단

산업안전보건연구원

기계전기연구실

주 소 : 인천직할시 북구 구산동 34-4

TEL : (032) 518-6484~6

(02) 742-0230

<비매품>