

용접작업 공정에서의 위험성과 안전대책

김용수[†] · 권오현^{*}

한국산업안전공단 부산지역본부 안전지원팀 · 부경대학교 안전공학과^{*}

1 서론

용접작업공정은 기본적으로 2개 이상의 부재인 물체나 재료를 상호 접합시키는 공정으로서 산업의 광범위한 분야에 이용되고 있다. 특히, 각종 설비, 교량의 구축 등에 필수적이며, 최근 고강도화, 경량화, 초정밀화를 추구하는 자동차, 항공기, 전자 및 광학기기, 가전제품 및 산업용기기 등의 품질경쟁력이 가공기술에 좌우됨에 따라 첨단 용접가공 프로세스가 개발되어 사용되고 있으나 대부분의 산업현장에서는 아직도 종래의 가스용접 및 전기 용접장치를 많이 사용하고 있다. 따라서 산업현장의 실태는 유해·위험공정인 용접작업에 의하여 여전히 재래식 재해가 발생되어 사망 및 신체장애 재해가 다발하고 있다. 여기서는 교류아아크 용접작업과 CO₂ 아아크 용접작업 재해의 예방기술에 대하여 간략히 소개한다. 게재된 내용은 한국산업 안전공단에서 제공된 자료를 발췌 정리한 것이다.

사용하고 있으나 용접작업이 가장 많은 조선업체의 경우에는 최근 CO₂ 용접이 70~72%로 주류를 이루고 있다. CO₂ 용접은 용접의 속도가 빠르며, 용접흡의 발생이 많다. 마무리 용접 등 CO₂ 용접이 불가한 부위에 대하여서는 전기 아아크용접이 20~23%를 차지하며, 절단작업은 주로 아세틸렌-산소가스용접에 의해 수행된다. 특수알루미늄납선 등의 배관용접시에는 아르곤아아크용접이 주로 이루어지고 있다. 작업별로 구분하면 표 1과 같다.

표 1. 용접작업 구분

구 분	취 급 작 업
육내용접	· 공장내 작업
육외용접	· 야드작업 · 선박외부작업
밀폐공간에서 작업	· Block내부, Bottom Shell, Upper Deck 내부 등 · 선박내부(기관실, 거주구 등)

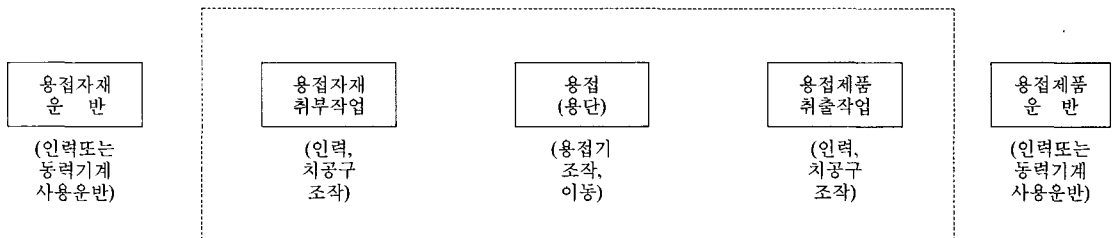
2. 용접작업 및 용접재해의 현황

2.1. 용접작업현황

일반 산업현장에서는 주로 교류아아크용접기를

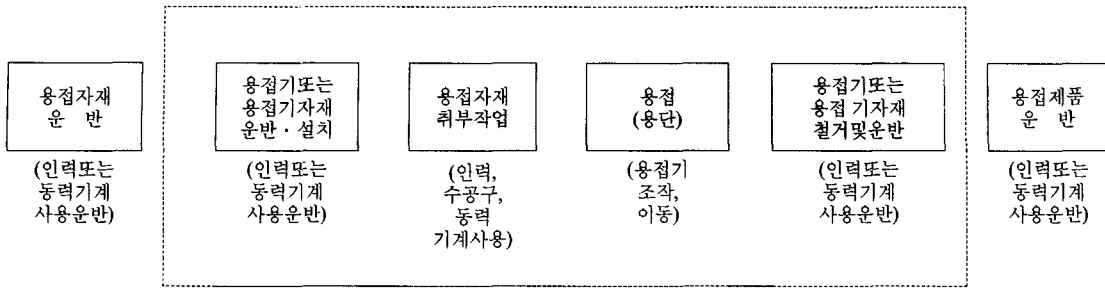
2.2. 용접작업공정 적용범위(작업단계별)

정치식 및 이동식 용접기의 용접작업공정에 대한 적용범위를 작업단계별로 구분하면 그림 1과 같다.



정치식 용접작업공정 적용범위

[†]To whom correspondence should be addressed.
y4485@kosha.net



이동식 용접작업공정 적용범위
그림 1. 작업단계별 용접작업공정 적용범위

표 2. 작업단계별

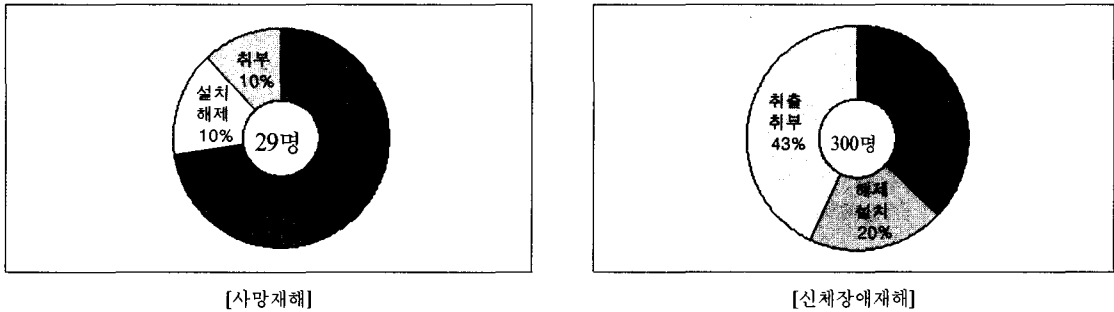


표 3. 규모별

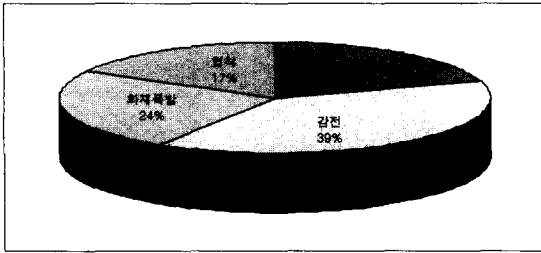
구분	계	5인미만	5~50인미만	50~300인미만	300~1000인미만	1000인 이상
계	329	28	158	75	16	52
사망자	29	4	16	5	1	3
점유율(%)	100	13.8	55.2	17.2	3.4	10.3
신체장애자	300	24	142	70	15	49
점유율(%)	100	8.0	47.3	23.3	5.0	16.3

- 50인 미만 사업장에서 재해의 대부분이 발생
- 사망 : 69.0%(20명), 신체장애 : 55.3%(164명)
- 1,000인 이상의 대기업에서도 다수의 재해자가 발생
- 사망 : 10.3%(3명), 신체장애 : 16.3%(49명)

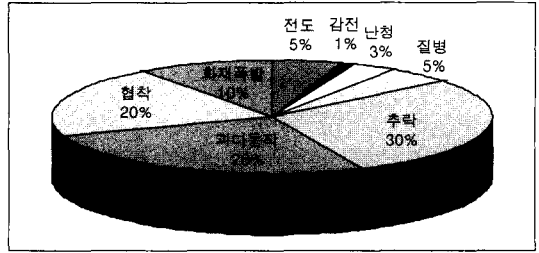
표 4. 발생형태별

구분	계	업무상 사고							업무상 질병					
		소계	추락	협착	전도	감전	화재폭발	과다동작	소계	뇌심혈관질환	신체부담작업	소음성난청	크롬	기타
계	329	311	63	138	10	14	32	54	20	4	4	7	4	1
사망자	29	26	3	5	-	11	7	-	3	3	-	-	-	-
신체장애자	300	283	60	133	10	3	23	54	17	1	4	7	4	1

- 재해유형별
- 사망자 : 업무상사고 26명(89.7%), 업무상 질병 3명(10.3%) 점유
- 신체장애자 : 업무상사고 283명(94.3%), 업무상 질병 17명(5.7%) 점유
- 발생형태별 (업무상 사고)
- 사망자 : 감전 11명, 화재폭발 7명, 협착 5명, 추락 3명 순임.
- 신체장애자 : 협착 133명, 추락 60명, 과다동작 54명, 화재폭발 23명 순임



[사망재해]



[신체장애재해]

표 5. 업종별

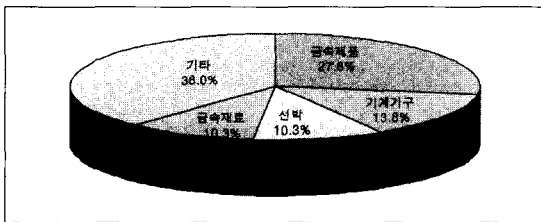
대업종명	중업종명	사 망 자		Z 신 체 장 애 자	
		인원	점유율(%)	인원	점유율(%)
	합 계	29	100	300	100
제조업	소 계	25	86.2	291	97.0
	금속제품제조업	8	27.6	65	21.7
	기계기구제조업	4	13.8	55	18.3
	선박건조및수리업	3	10.3	58	19.3
	금속재료제조업	3	10.3	4	1.3
	수송용기계기구제조업(갑)	2	6.9	9	3.0
	화학제품제조업	2	6.9	4	1.3
	수송용기계기구제조업(을)	-	-	76	25.3
	기타 제조업종	3	10.2	20	6.7
타 업종		4	13.8	9	3.0

- 사망재해자

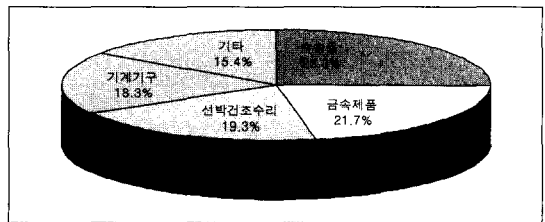
· 금속제품제조업 8명(27.6%), 기계기구제조업 4명(13.8%), 선박건조 및 수리업 3명(10.3%), 금속재료제조업 3명(10.3%) 순으로 발생함.

- 신체장애자

· 수송용기계기구제조업(을) 76명(25.3%), 금속제품제조업 65명(21.7%), 선박건조 및 수리업 58명(19.3%), 기계기구제조업 55명(18.3%) 순으로 발생함.



[사망재해]



[신체장애재해]

2.3. 재해발생 현황

용접작업공정에 대하여 재해발생현황을 작업단계별, 규모별, 발생형태별 및 업종별로 표 2-5에 나타낸다.

사망재해는 용접용단작업중, 신체장애재해는 용접용단작업 및 취부·취출작업시 주로 발생되고 있다.

3. 재해예방대책

3.1. 재해 발생 주요요인 및 대책

사망재해와 신체장애발생의 주요요인에 대한 개

선대책을 표 6 및 7에 나타낸다.

3.2. 용접 설비 및 작업공정에 대한 문제 및 구체적 재해예방대책

3.2.1. 용접전선(CO₂ Single Cable) 자동 송급·회수장치 설치

(1) 현실태 및 문제점

CO₂ 용접기는 설치가능한 위치로부터 35~50미터 정도의 케이블을 좌우·상하로 운반하여 사용하게

되며, 이때 사용하는 CO₂ 용접기의 Single Cable 무게가 최대 45~50kg 달하고 있어, CO₂ Single Cable을 풀거나 감아올릴 때 2~3명의 인원이 소요된다. 특히 고소에서 무리한 동작에 의한 추락재해 발생위험이 높으며 용접기 다량 사용시는 케이블에 의해 어지러운 작업장 바닥이 형성되어 작업자의 발이 걸려 넘어지는 등 전도위험과 운반시 케이블 무게에 의한 요통재해위험이 매우 높다. 또한 CO₂ Single Cable을 용접기 운반구 측면에 감아 사용하거나 별도 분리하여 운반함으로써 쉽게 피복이 손상될 우려가 높으며, 작업준비를 위한 소요시간이 길다.

(2) 재해예방대책

용접장치(CO₂ 용접기, 와이어피더 등)를 내장하고, 이의 상부에 용접전선(CO₂ Single Cable) 송급·회수 구동부 및 용접전선 수납부를 형성하여 용접시 용접전선을 자동으로 입출시키고 작업후에는 용접전선을 수납부에 자동 회수하여 용접전선을 간편하게 정리정돈할 수 있도록 개발된 자동 송급·회수장치를 설치·사용한다.

그림 3의 용접전선 자동송급·회수장치의 주요 기능은 조작판넬의 스위치 조작만으로 케이블을 공급하거나 회수한다. 케이블을 회수하던중 중간에 걸리면 로울러 사이에 슬립현상이 발생하거나 구동모터의 전원이 차단되어 케이블 손상이 방지되며 케이블 인입구에 안내 로울러를 설치하여 케이블 손상을



그림 2. CO₂ 용접작업장 실태 및 케이블 회수

방지한다. 또한 조작 및 부품 구성이 간단하고 Remote Control 및 Cable 교환이 용이하다. 케이블이 자연 수납될 수 있는 용접전선 수납부 채택한다.

표 6. 사망재해발생 주요요인 및 개선책

발생형태	요 인	사망자수	개선대책
감 전	2차측 용접전선, 용접홀더, 용접봉 등 충전부 접촉	8	· 자동전격방지기 · 이상시 경보장치
	1차측 용접전선 전원연결, 분리작업중 감전	3	· 용접기 외함 접지 · 작업시 전원 차단
화 재 폭 발	인화성액체, 증기가 채워진 밀폐공간에서 용접용단 작업중 불꽃비산 화재폭발	6	· 불꽃비산방지장치 · 휴대용 가스검지기
추 락	안전난간, 발판설치 부적합 상태에서 고소 용접작업	3	· 안전난간 및 작업발판 · 그네식 안전대
협 착	대형 용접 자재 취부·취출작업시 협착	3	· 중량물 취급 안전수칙

표 7. 신체장애재해 발생 주요요인 및 개선책

발생형태	요 인	사망자수	개선대책
과 다 동 작	용접기, 피더, 전선 등을 인력으로 취급작업중 요통	36	· 용접전선송급회수장치
화 재 폭 발	인화성, 가연성물질 주변에서 용접작업중 용접불꽃 비산으로 화재폭발	23	· 불꽃비산방지장치 · 휴대용 가스검지기
추 락	작업발판, 안전난간 부적합 설치	22	· 안전난간 및 작업발판 · 그네식 안전대
	용접기자재 인력 운반 또는 취급중 추락	21	· 전용 운반구

운반이 용이하도록 Lifting Lug 및 지게차 포크 받침판도 설치되어 있다. 그림 4는 장치의 구성도이다. 산업재해예방 기여도는 용접준비 작업 및 용접작업 종료 후 정리작업시 40~60kg의 무거운 용접전선 송급·회수하는 인력작업을 자동화시킴으로서 이를 취급하는 과정에서 발생하는 추락, 전도, 감전, 요통재해를 예방할 수 있다. 또한 용접준비작업 및 작업장 정리정돈 성력화로 생산성 향상 및 품질 향상에 기여한다.

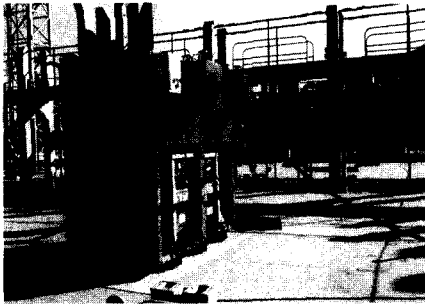
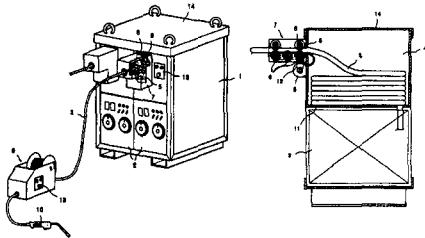


그림 3. 용접전선 자동송급·회수장치



- 1:본체 2:용접장치 3:용접전선 4:용접전선수납부
- 5:구동모터 6:로울러 7:용접전선피더 8:출입구
- 9:송급장치 10:용접 토오치 11:받침판
- 12:체인 13:스위치 14:뚜껑

그림 4. 구성도

3.2.2. 자석을 이용한 용접불반이포 설치방법 개발

(1) 현실태 및 문제점

철구조물이나 선박건조 및 수리작업시 높은 장소에서 용접·용단작업을 할때 아래 또는 사방으로 튀는 용접불꽃에 의해 화재가 발생하거나, 인근 작업자의 화상, 중요 기계의 소손 등 위험요인이 있다. 현재에는 불반이포를 바닥에 펼치거나 중요 기계에 덮어 사용함에 따라 용접불꽃 비산방지가 어렵고, 넓은 불반이포가 필요하여 설치를 앓고 작업을 하는 실정이다.

(2) 재해예방대책

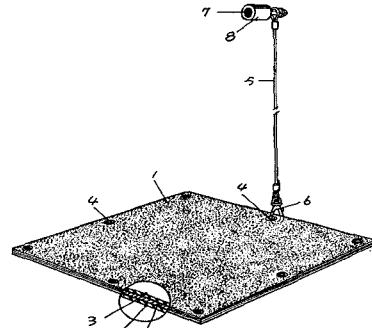
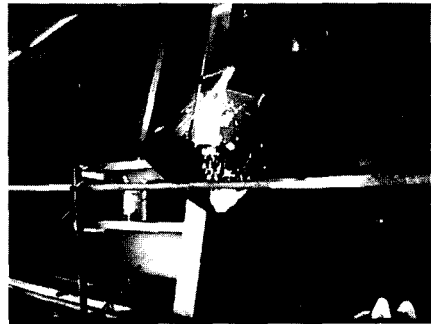
용접·용단작업 장소에서 가까운 하단에 용접불꽃 비산 방지용 불반이포를 쉽게 탈·부착할 수 있도록 자석을 사용하여 설치한다. 탄화섬유 불반이포의 테두리에 여러개의 아이릿(Eyelet)을 제작하고 와이어의 상부 끝부분에는 영구자석이 매설된 자석홀더를 설치, 하단 끝부분에는 걸고리를 설치한다. 걸고리를 아이릿에 체결하여 불반이포를 구조물 사이에 수평(평형)으로 설치하거나 수직(원추형)으로 세우고 자석홀더를 용접부위의 하단부 가까이 있는 금속체에 부착하여 사용한다.

용접작업시 발생하는 용접불꽃이나 용접똥에 의한 화재폭발, 화상 등 재해예방을 용접불반이포 설치작업 성력화로 생산성 향상 및 품질 향상에 기여할 수 있다.

3.2.3. 원스톱 용접운반구(교류아아크 용접장치 전용운반구)

(1) 현실태 및 문제점

교류아아크 용접기는 중·소형조선소, 철구조물



- 1. 용접불반이포 2. 낚연시트
- 3. 탄화섬유부직포 4. 아이릿
- 5. 와이어 6. 걸고리
- 7. 영구자석 8. 자석홀더

그림 5. 자석을 이용한 불반이포를 설치하여 작업하고 있는 모습

제작업체, 사업장내 공무부서 등 출장용접, 이동용접작업이 필요한 사업장에서 주로 사용되고 있으며 용접기, 용접전선 등 중량물을 용접 작업장소로 운반하는 과정에서 협착, 요통 재해가 다발하고 있다. 또한 용접작업에 필요한 보호구, 소화기, 용접공구 등을 구비하지 않은 상태에서 용접작업이 이루어짐으로서 화재, 화상, 안질 등의 재해위험이 높다.

용접전선을 손잡이 등에 감아 사용하거나 별도로 분리 취급함으로써 쉽게 피복이 손상될 우려가 높으며, 용접 홀더 관리불량에 의한 절연덮개 등이 파손되어 충전부가 노출되어 감전위험이 높고 작업준비 시간이 길다.

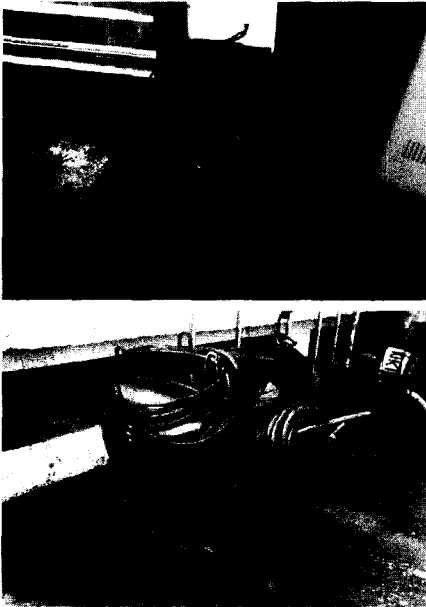


그림 6. 현장에서 사용되고 있는 교류아아크 용접기 사용실태

(2) 재해예방대책

이동용 교류아아크 용접기의 케이블, 홀더 등의 부속설비와 용접보안면 등의 개인보호구를 편리하고 안전하게 관리할 수 있는 전용의 운반구를 제작한다.

원스톱 용접운반구는 용접작업상 필요한 용접기, 제반 용접 기자재, 안전설비 및 안전보호구까지를 일체화하여 준비해 놓은 운반구로서 이동 즉시 용접작업이 이루어질 수 있고 용접작업 준비를 위한 별도의 인원과 관리인원이 불필요하며, 작업 능력의 극대화와 불안정한 운반작업의 배제로 안전사고를 현저히 줄일 수 있다. 또한, 용접을 위한 용접전원

및 단자의 연결 시 발생이 되는 감전재해 및 불안정한 접속으로 인한 화재 등을 예방할 수 있으며, 간단한 이동장소에서의 작업에만 핸들만 밀고 이동하면 혼자서도 이동이 가능하며, 원거리 이동작업에는 지게차 및 크레인 등을 이용하여 쉽게 운반될 수 있는 구조로 되어 있다.



그림 7. 원스톱 용접운반구

1, 2차 측 용접케이블을 쉽고 안전한 상태로 보관하기 위해 케이블릴을 설치한다. 1차 측 전선릴은 1차 측 전원연결을 20M 자동권치 Reel로서 고정하고 전원 콘센트만 있으면 곧바로 플러그를 꽂으면 1차 측 전원의 연결이 완료되게 한다. 용접작업 종료 후 콘센트로부터 플러그를 뽑으면 Reel에 자동으로 감기게 된다. 2차 측 용접홀더 릴은 용접작업 시 용접릴에 감겨 있는 전선을 인출하여 사용하고 용접작업이 끝나면 2차 측 용접홀더 릴에 권취시킨다. 용접보안면 및 용접장갑 등의 보호구를 항상 깨끗하고 양호한 상태로 보존시키기 위한 공간 마련하고 용접작업시 운반구가 움직이지 않도록 바퀴에 Stopper 설치한다. 크레인 등으로 운반할 수 있도록 아이볼트를 설치하고 용접관련 일체의 기자재 및 소화기를 장착한다.

3.2.4. 자동전격방지기 고장경보장치

(1) 현실태 및 문제점

교류아아크 용접기에 자동전격방지기 미설치 또는 결선 해지, 고장이 발생된 채로 작업함으로써 작업자의 신체가 홀더, 용접케이블, 케이블 연결단자 등에 접촉되어 감전재해가 발생한다. 정치식 교류아아크 용접기의 대부분이 공간을 적게 차지하는 구석이나 선반에 설치·사용되고 있으며, 감전예방을 위

한 자동전격방지기를 용접기의 후면이나 측면에 설치함으로써 전격방지기의 고장여부 확인이 곤란한 실정이다. 자동전격방지기 내부에 설치된 마그네트 등에 의해 고장이 발생할 경우 이격된 장소에서 작업자가 알기 쉽지 않아 고장난 상태로 교류아아크용접기를 사용하기도 한다.

(2) 재해예방대책

산안법에 의한 방호장치 성능검정에 합격한 자동전격방지기 설치·사용한다. 자동전격방지기의 고장유무를 쉽게 알수 있는 고장경보장치 설치하고 자동전격방지기의 결선에 문제가 발생하거나, 마그네트 고장등으로 자동전격방지기가 무효화된 것을 누구나 쉽게 점검할 수 있도록 제작한다. 교류아아크 용접기의 2차측 전압을 감지하여 자동전격방지기의 최대 출력전압인 25볼트 이상이 검출될 경우에 Lamp가 점등되면서 경보음이 발생되며, 고장경보장치는 용접기의 상부 또는 전면 등 관리자나 작업자가 보기 쉬운 장소에 설치하여 수시 점검이 가능하게 한다.

4. 결론

현재 대부분의 제조업체 및 건설현장 등에서 사용되고 있는 용접장치는 그 수가 무수하며 각종 2차재해의 원인이 되고 있다. 여기서는 이러한 위험기계기구인 용접장치의 재해실태를 들고 그 대책에 대하여 몇 가지 구체적 예를 제시하였다. 본 자료가 안전관리자 및 산업현장 작업자에 유용이 활용될 수 있기를 기대한다.

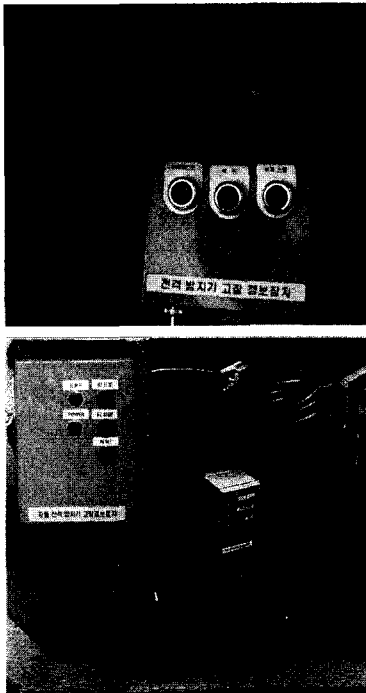


그림 8. 자동전격방지기 고장경보장치 : 릴레이식 및 전자식