

KOSHA GUIDE

P - 35 - 2012

소규모 사업장의 화기작업 안전에 관한 기술지침

2012. 0.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자: 강 미 진

○ 개정자: 최 이 락

○ 제 · 개정 경과

- 2010년 00월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 2012년 0월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- CSB Safety Bulletin (2009-01-SB), "Seven key lessons to prevent worker deaths during hot work in and around tanks", 2009
- INDG 314, "Hot work on small tanks and drums", 1999
- HSG 250, "Guidance on permit-to-work systems: A guide for the petroleum, chemical and allied industries", 2005
- KOSHA GUIDE, "안전작업허가지침"

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자: 2012년 7월 18일

제 정 자: 한국산업안전보건공단 이사장

소규모 사업장의 화기작업 안전에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 소규모 사업장에서 화기작업 시 위험요인과 안전대책 그리고 화기작업으로 인한 각종 사고사례를 제시하여 화기작업으로 인한 화재 등의 사고를 예방하는데 필요한 사항을 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 공정안전관리(PSM) 대상 사업장이 아닌 사업장에서 화기작업이 이루어지는 모든 경우에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다

(가) “화기작업”이라 함은 용접(Welding), 용단(Cutting), 연마(Grinding), 땜(Soldering, Brazing), 드릴(Drill) 등 화염 또는 스파크를 발생시키는 작업 또는 가연성 물질의 점화원이 될 수 있는 모든 기기를 사용하는 작업을 말한다.

(나) “위험지역”이라 함은 폭발위험이 있는 장소의 설정 및 관리에 관한 규정에서 정하는 장소 및 인근지역, 그리고 그 외의 장소에 설치된 설비 및 그 주위에서 화재·폭발을 일으킬 우려가 있는 장소를 말한다.

(다) “작업구역”라 함은 화기작업이 수행되는 설비 및 배관 등을 포함하여 해당 설비 및 배관을 차단할 수 있는 지점까지의 구역을 말한다.

(라) “화기작업 영향구역”이라 함은 화기작업 중 발생하는 용접불티 등이 비산하여 점화원으로 작용할 수 있는 거리 내의 구역을 말한다.

(마) “허용농도”라 함은 가연성 증기나 가스의 경우에는 폭발하한의 10% 이하, 독성 증기나 가스의 경우에는 비상대응 수립절차의 1단계 기준농도(ERPG-1: Emergency response planning guideline-1) 이하의 농도를 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하

고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 의한다.

4. 화기작업의 위험요인

4.1 화재 위험

- (1) 용접, 용단 및 땀 작업은 주변에 인화성 물질이 존재하지 않더라도 고온의 불꽃, 불티의 비산이나 열로 인해 화재를 일으킬 수 있다.
- (2) 연마나 드릴작업은 인화성 물질이 존재하는 경우, 작업 중 발생하는 높은 마찰열이나 스파크가 점화원으로 작용하여 화재를 일으킬 위험이 있다.
- (3) 화기작업 중 발생하는 불티는 신체에 화상 및 손상을 입힐 수 있다.

4.2 화기작업에 대한 위험성평가 시 고려사항

화기작업을 수행하기 전에 다음 사항을 고려하여 위험성 평가를 실시한 후 위험요인을 제거하거나 최소화할 수 있는 방안을 수립하여야 한다.

- (1) 밀폐된 지역에서의 수행 여부
 - (가) 작업 전 및 작업 중 산소농도와 유해가스 농도 측정
 - (나) 환기의 필요성 및 필요한 환기유량 파악
- (2) 화기작업 대상 설비 및 배관의 상태
 - (가) 대상 설비 및 배관 비우기: 내부 물질의 배출
 - (나) 대상 설비 및 배관의 청소와 잔류물질 확인
- (3) 작업구역 인근설비의 가동 여부
 - (가) 작업구역 인근설비에서 취급하는 물질의 종류 및 위험성
 - (나) 인근설비에 유해물질이 잔류할 가능성
 - (다) 인근설비와의 차단

(4) 인화성 물질 및 독성 물질의 발생 여부

(가) 작업 중 유해물질의 발생 가능성

(나) 유해물질의 처리방법

(다) 필요한 개인보호구의 종류

(5) 출입제한 구역 설정 여부

(6) 소화 장비 비치 및 사용방법

(7) 작업 중 감독자 필요 여부

(8) 기타 <부록 1>의 화기작업 시 사고사례 및 각 사고사례의 문제점을 참조하여 화기작업의 위험성평가 시 고려하도록 한다.

5. 화기작업 시 안전대책

5.1 작업 전 안전대책

(1) 화기작업을 수행하기 전에 주변 상황을 고려하여 위험요인을 찾아낸 후 다음 사항을 포함한 안전대책을 적절히 수립하여 이행하여야 한다.

(가) 화기작업이 이루어지는 지역 인근에 인화성 물질이나 독성 물질이 존재하는지 가스농도를 측정하여 허용농도를 초과할 경우 작업을 시작하지 않아야 한다.

(나) 대상 설비 및 배관 인근의 설비와 차단이 필요한 경우에는 연결배관을 해체하는 것이 바람직하다.

(다) 대상 설비 및 배관 인근의 설비와의 연결배관을 해체할 수 없는 경우에는 차단 밸브를 잠그고, 밸브잠금 표시 및 맹판 설치 표지를 부착하여 실수에 의한 개방을 방지하여야 한다.

(라) 밀폐공간에서 작업하는 경우 환기유량이 충분한지 확인하여야 한다. 이때 통풍이나 환기를 위하여 산소를 사용하여서는 안된다.

(마) 화기작업용 가스공급배관이 눌림이나 꼬임 등에 의해 파손되지 않도록 하여야 한다.

- (2) 인화성 물질을 취급하는 설비나 배관 및 그 주변에서의 화기작업은 가능한 한 피하는 것이 좋다.
- (3) 인화성 물질을 취급하였던 설비나 배관이 화기작업의 대상이 되는 경우에는 화기작업 전에 설비 및 배관을 적합한 상태로 준비하여야 한다.
- (가) 배관 및 설비 내부의 물질을 안전한 장소로 배관을 통해 완전히 비워야 한다. 이때 하수로나 개방된 공간으로 누출되지 않도록 하여야 한다.
- (나) 배관 및 설비 내부를 물, 스팀 혹은 적합한 용제를 사용하여 청소하여야 한다. 이때 세정이 안전하게 수행되도록 위험성평가를 통해 안전한 관리방법 및 대책을 수립하는 것이 바람직하다.
- (다) 배관 및 설비 내부의 휘발성 물질 및 가스는 공기나 스팀을 불어넣어 제거하고 가스검지기로 농도를 측정하여 허용농도 이하임을 확인하여야 한다.
- (라) 배관 및 설비 내부에 고체나 비휘발성 물질의 잔류여부는 거울이나 손전등 등을 이용하여 확인하는 것이 바람직하다.
- (마) 화기작업 시작 전에 가스농도를 확인하였다고 할지라도 화기작업의 열 혹은 복사열 등으로 인화성 증기가 발생할 수 있으므로 작업 중 정기적으로 가스농도를 측정하여 허용농도 이하임을 확인하여야 한다. 만일 가스농도가 허용농도를 넘어설 경우에는 작업을 중지하여야 한다.
- (4) 배관 및 설비에 인접하여 화기작업이 이루어지는 경우, 인근 배관 및 설비 내의 위험물질을 완전히 비우거나 연결 배관을 해체하는 것이 바람직하다. 만일 완전히 비우거나 배관 해체가 어려울 경우에는 차단밸브를 잠그고 작업 중 개방되지 않도록 잠금표지 및 접근금지조치를 하여야 한다.
- (5) 화기작업을 수행하기 전에 <부록 2>와 같은 화기작업허가서를 발행하는 것이 바람직하다.

5.2 작업 중 안전대책

- (1) 인근 설비나 배관에서 인화성 물질이 취급되는 경우에는 작업 전 및 작업 중 인화성 물질의 가스농도를 4시간마다 반복적으로 측정하여 폭발하한의 10%에 도달할 경우 화기작업을 중단하여야 한다.

- (2) 화기작업 중 휴식 등의 이유로 작업을 중단하였다면 작업을 다시 시작하기 전에 인화성 물질의 가스농도를 측정하여 허용농도 이하임을 확인하여야 한다.
- (3) 화기작업이 이루어지는 지역을 설정한 후 다음과 같이 관리하여야 한다.
 - (가) 관계자 외의 출입을 금지하고, 표지판을 설치하여야 한다.
 - (나) 불필요한 가연성 물질은 화기작업 영향구역 밖으로 이동하고, 개방된 맨홀과 하수구 등을 밀폐하여야 한다.
 - (다) 작업 중 용접불티 등에 의한 화재가 발생하지 않도록 비산불티차단막 또는 불받이포를 설치하여야 한다.
 - (라) 밀폐공간에서 화기작업이 이루어지는 경우, 환기설비를 가동하여 신선한 공기를 공급하고 작업 중 발생할 수 있는 유해가스의 농도를 정기적으로 측정하여야 한다.

5.3 비상대책 및 교육

- (1) 비상대책 마련
 - (가) 작업 중 화재가 발생한 경우 신속하게 소화할 수 있는 장비를 비치하여야 한다.
 - (나) 작업 중 화재가 발생한 경우 신속한 대피방법을 숙지하고, 대피로 등을 확인한 후 작업을 시작하여야 한다.
- (2) 화기작업을 수행하기 전에 다음 사항이 포함된 작업계획서를 작성하고, 근로자에게 충분한 교육을 실시하여야 한다.
 - (가) 화기작업 영향구역 내에서 취급되는 물질에 대한 정보
 - (나) 화기작업 영향구역 내에서 차단이 필요한 설비, 배관, 맨홀 및 하수구 등에 대한 정보
 - (다) 화기작업 위험성평가 결과에 따른 위험요인과 안전대책
 - (라) 작업시간 및 작업 표지의 내용과 부착
 - (마) 필요한 개인보호구, 비산불티차단막 및 소화장비 등의 수량
 - (바) 비상조치 및 대피방법

- (3) 외부 협력업체 근로자가 화기작업을 실시하는 경우, 화기작업계획서의 내용과 근로자가 그 내용을 충분히 숙지하고 있는지 확인하고 감독자를 배치한 후에 작업이 진행되도록 하여야 한다.

<부록 1>

화기작업 중 사고사례

1. 연료탱크 용접 중 사고사례

(1) 발생 일시: 2009년 3월

(2) 작업 내용: 연료탱크 상부에서 아세틸렌 용접작업

(3) 화기작업이 시작되기 전에 연료탱크 내부를 완전히 청소하지 않아 탄화수소 찌꺼기가 남아있었으나 근로자들이 알지 못하였음. 작업이 시작되어 탱크에 열이 전달되자 폭발하였으며 근로자는 화상을 입음.

(4) 문제점

(가) 화기작업에 대한 안전절차가 없었으며, 작업 전 가스농도 측정이 필요하다는 것도 인지하지 못하였음.

(나) 언어소통이 원활하지 못한 외국인 근로자들이 작업하였으나, 이들에 대한 교육이 없었고 그들의 언어로 작성된 화기작업 절차나 가스감지기 사용서가 없었음.

2. 탱크차량 배관 용접 중 사고사례

(1) 발생 일시: 2008년 12월

(2) 작업 내용: 오일 탱크차량의 이송배관 용접

(3) 차량 뒷부분의 차량용 탱크에서 누출된 탄화수소 증기가 점화하면서 폭발하여 1명 사망, 1명 부상을 입음.

(4) 문제점

(가) 화기작업에 문제가 없다는 도급업체의 말만 믿고 협력업체 화기작업 근로자가 가스농도 측정을 하지 않았음.

(나) 도급업체는 밀폐공간 작업의 경우에만 가스농도를 측정하였음.

(다) 화기작업에 대한 작업허가절차나 감독시스템이 없었음.

3. 임시 금속클램프 용접 중 사고사례

(1) 발생 일시: 2008년 7월

(2) 작업 내용: 폐섬유용액 저장탱크 상단에 위치한 플랜지에 임시 금속클램프 용접 중 폭발

(3) 섬유보드(Fiberboard)제조 중 발생한 폐섬유를 재활용하기 위한 폐섬유용액을 오랫동안 반복적으로 사용함에 따라 폐섬유용액 저장탱크 내부에서 혐기성 박테리아가 발생하였으며, 이들 박테리아가 수소를 발생시켜 용접 중 수소가스로 인해 폭발. 3명이 사망하고 1명이 부상당함.

(4) 문제점

(가) 폐섬유용액 저장탱크내부 유기물질이 분해하여 인화성 가스를 생성하였다는 것을 몰랐음.

(나) 인화성 가스의 축적 가능성을 몰랐기 때문에 작업 전 가스농도 측정이 필요하다는 것을 몰랐음.

(다) 폐섬유용액 저장탱크에 대한 위험성평가가 이루어지지 않았음

4. 폐수처리설비의 메탄올 저장탱크 용단 중 사고사례

(1) 발생 일시: 2006년 1월

(2) 작업 내용: 폐수처리설비의 메탄올 저장탱크 벤트 위에서 금속지붕 용단 작업 중 폭발

(3) 메탄올 저장탱크 상부에 설치된 벤트 바로 위에서 금속지붕을 용단하던 중 벤트에서 새어나온 메탄올 증기가 불티로 점화되면서 화구(Fireball) 발생. 화구의 화염과 공기가 저장탱크 내부로 유입되면서 폭발, 2명의 근로자가 사망하고 1명은 심각한 부상을 입음.

(4) 문제점

(가) 메탄올 저장탱크 벤트에 설치된 역화방지기(Flame arrestor)가 부식되어 외부에서 발생한 화염을 막지 못하였음.

(나) 폐수처리설비를 보유한 업체에 화기작업이나 비정기 유지보수 작업에 대한 정

형화된 시스템을 갖추지 못하였음.

(다) 작업을 수행하던 근로자는 지난 10년 동안 메탄올의 위험성에 대해 아무런 교육을 받지 못하였음.

(라) 인화성 가스농도를 측정하여야 한다는 요구사항이 없었기 때문에 측정이 이루어지지 않았음.

5. 식품회사 폐수탱크 용접 중 사고사례

(1) 발생 일시: 2009년 2월

(2) 작업 내용: 폐수탱크 내부에서 용접 중 폭발

(3) 감자세척 작업공정에서 사용된 폐수 찌꺼기를 분리하기 위해 사용하던 탱크의 지붕을 개방한 상태에서 내부에서 용접 중이었음. 탱크를 지지하기 위해 설치한 스커트(Skirt) 내부 공간으로 폐수가 누수되었으며, 잔류 폐수에서 발생한 박테리아로 인해 생성된 인화성 가스가 용접 중 열을 받아 폭발하면서 내부탱크 구조물이 찌그러짐. 작업 중이던 근로자 1명 사망.

(4) 문제점

(가) 작업 전 탱크 내부의 인화성 가스농도를 측정하였으나 탱크 입구에서만 측정함.

(나) 용접 전에 크랙(Crack)이 발생한 곳이나 인화성 가스가 존재하는 인근 공간에 대해서는 가스농도를 측정하지 않음.

(다) 특정한 인화성 가스감지기의 사용법에 대해 교육을 받지 못하였음.

(라) 용접작업 전에 작업허가서가 발행되지 않았음.

6. 유지가공제품 작업장 용단 중 사고사례

(1) 발생 일시: 2006년 7월

(2) 작업 내용: 유지저장탱크 해체를 위한 용단 중 폭발

(3) 노후된 유지저장탱크 해체를 위해 탱크 상부에 부착된 벤트를 산소절단기로 절단하던 중 탱크 내부에 체류되어 있던 메탄 등의 인화성 가스에 용단불티가 튀어 폭발함. 작업 중이던 근로자 2명 사망.

(4) 문제점

(가) 작업 전 탱크 내부에 인화성 가스가 존재할 우려가 있음에도 인화성 가스의 체류여부를 확인하지 않았음.

(나) 작업책임자가 화기작업 허가서를 발급하고 승인하여야 하나 화기작업에 대한 사전절차 없이 작업이 시작되었음.

(다) 저장탱크와 같은 화학설비를 해체, 분해, 이동하는 작업은 위험한 작업이므로 작업책임자를 지정하여야 하나 작업책임자가 없었음.

(라) 화기작업 전 작업자에 대해 작업의 방법과 순서를 사전에 교육하여야 하나 교육을 실시하지 않았음.

<부록 2>

화기작업허가서 예시

※ 본 작업허가서는 작업 중 반드시 현장에 게시할 것.

화재신고: xxx-xxxx 구급신고: xxx-xxxx

화기작업허가서				허가일자					
				허가번호					
				표기법		필요시 ☑, 확인 시 ●			
신청인: 부서				직책					
성명									
작업수행시간		()월 ()일 ()시부터 ()시까지							
작업 장소 및 설비(기기)	작업지역			작업 종류	□ 용접/용단, □ 점화, 기타 ()				
	장치번호			작업 내용					
	장치명								
안전 조치 요구 사항	공정 및 기기 내 물질 방출 및 처리 (내용물 제거)			□	○	필요한 안전기구			
	불활성 가스 치환 (Line 및 Tank 내 Purge)			□	○	보안경 □			
	밸브 차단 및 차단표시 부착 (가스 및 위험물 차단)			□	○	안면보호구 □			
	맹판 설치 및 표식 부착 (수량:)			□	○	소음보호구 □			
	용기 개방 및 압력방출			□	○	가스마스크 □			
	용기 내부 세정			□	○	분진마스크 □			
	전원차단, 잠금 및 위험표지 부착			□	○	공기마스크 □			
	불꽃 비산방지용 소방담요 등의 설치			□	○	고무장갑 □			
	작업장 주위에 경계표지 및 안전표지			□	○	안전벨트 □			
	작업장 주위 인화성 물질 제거			□	○	내산복 □			
	가스 점검 ()시간 마다 ()회			□	○	안전로프 □			
	작업장 주위 소화기 준비 및 소화시설 기능 확인			□	○	소방담요 □			
	고소작업 시 안전벨트 착용 및 안전망 설치			□	○	비계 또는 사다리 □			
	작업에 따른 공정상의 위험성에 대한 안전교육			□	○	기타			
	기타 특별 요구사항:								
첨부서류: 차단밸브 및 맹판 설치 위치표시 도면 □ 소화기 목록 □									
가스 점검	※ 가스검지는 작업시작 전, 휴식 및 점심시간 후, 교대근무변경 시 반드시 실시								
	가스명	농도	점검시간	점검자/서명	가스명	농도	점검시간	점검자/서명	
			시 분				시 분	(인)	
								시 분	(인)
안전조치 확인				작업완료 확인					
감독자: (인)				완료시간: 월 일 시 분					
안전담당자: (인)				확인자: (인)					
비고									