

제조업체 방폭설비 적용에 관한 연구

A Study on the Explosionproof devices Installation in the Manufacturing Process

송용식¹⁾, 이준석²⁾, 정현규³⁾, 조원철⁴⁾, 이태식⁵⁾

Song yong sig, Lee jun suk, Jeong hyun gyu, Cho won cheol, Lee tae shik

Abstract

The explosionproof apparatus is a devices that is enclosed in a case capable of withstanding an explosion of a specified gas or vapor that may occur within it and of preventing the ignition of a specified gas or vapor surrounding the enclosure by sparks, flashes, or explosion of the gas or vapor within, and that operates at such an external temperature that a surrounding flammable atmosphere will not be ignited thereby. This kind of explosionproof devices should be installed suitable for the characteristics of the space or process condition that should be protected to prevent explosion or fire. But, due to the lack of information and techniques on the explosionproof technology, some dangerous area is not properly protected from an explosion or it cost too much to implement the explosionproof devices. In this report, the basic guidelines and several case studies of explosionproof devices installation will be introduced to be of help to field safety engineer.

key words : nonincendive, explosionproof, hazardous area, dust explosionproof

1. 서 론

방폭설비와 관련된 기술은 20세기 초 탄광에서의 폭발재해 방지를 목적으로 영국과 독일에서 개발되기 시작하였다. 그 결과 1926년에 BS 229 내압방폭(Flame proof enclosures) 기준과 1933년에 VDE 0170 갱기(Fire damp) 방폭기준이 제정되어 탄광에 적용되기 시작하였고 제2차 세계대전 이후 1947년에 IEC(국제전기표준회의)내에 기술위원회(TC 31)를 설치하여 국제 방폭 규격을 제정하게 되었다. 국제표준 제정 초기에는 「전기기기의 방폭구조」가 우선되어 왔었지만 1950년대 후반부터 석유화학공업의 급속한 발전을 계기로 플랜트에서의 공정, 장치, 시스템 등이 대상의 대부분을 차지하게 되어 국제표준의 방향이 크게 변화되어 왔다. 우리나라의 경우 방폭과 관련해서 현재 IEC(International Electrical Committe)의 기준을 그대로 KS(Korean Standard)로 준용해서 사용하고 있으나 방폭설비의 대부분을 수입에 의존하는 산업 현장의 경우에는 아직도 NEC(National Electrical Codes) 등의 기준에 의한 설비가 부분적으로 사용되고 있어 적지 않게 혼란스러운 상태에 있다고 할 수 있다.

특히 방폭설비의 선정과 관련해서는 현장의 위험 특성에 대한 검토를 충분하게 수행한 후 이에 적합한 사양의 방폭설비를 선정, 설치하기 보다는 비전문가에 의해 방폭설비의 설계와 공사가 이루어지는 경우가 적지 않아 일반 전기설비를 설치하는 것보다 많은 비용을 들이고도 해당 지역의 위험을 효과적으로 제거하지 못하는 경우가 다소 있는 것으로 보여 진다.

본 고에서는 방폭설비의 선정 절차를 간단하게 정리하고 방폭설비가 잘못 적용된 몇 가지의 대표적인 사례를 검토하여 방폭설비의 정확한 선정을 통해 폭발 위험지역의 안전한 관리에 실무적인 도움을 주고자 한다.

1), 2), 3) 연세대학교 공학대학원 방재안전관리전공 석사과정

4) 정회원, 한국방재학회 부회장, 연세대학교 교수, 방재안전관리전공 주임교수

5) 정회원, 연세대학교 겸임교수, 방재안전관리전공 지도교수

2. 본 론

1. 방폭의 기본 원리

폭발성분위기 생성장소에서 전기설비로 인한 화재·폭발이 발생하려면 폭발성분위기와 점화원이 공존하여야 한다. 이 조건이 성립되지 않도록 하는 것이 방폭의 기본이다. 기본적으로 폭발이 일어나기 위해서는 가연물, 조연성가스, 점화원 등 3가지 조건이 모두 만족되어야 한다. 일반적으로 소방분야에서는 주로 3가지 조건 중 조연성 가스를 제거하지만, 방폭설비는 점화원 중에서 전기적인 점화원을 제거하는 방법을 사용한다. 전기적인 점화원을 제거할 수 있는 방법으로는 크게 다음의 세 가지를 들 수 있다.

(1) 점화원의 실질적 격리

전기기기의 점화원이 되는 부분을 주위 폭발성가스와 격리하여 접촉하지 않도록 하는 방법(압력,유입방폭구조)과 전기기기 내부에서 발생한 폭발이 전기기기 주위 폭발성가스에 파급하지 않도록 점화원을 실질적으로 격리하는 방법(내압방폭구조)이 있다.

(2) 전기기기의 안전도 증가

정상상태에서 점화원인 불꽃이나 고온부가 존재하는 전기기기에 대해서는 특히 안전도를 증가시키고, 고장의 발생을 어렵게 함으로써 종합적으로 고장을 일으킬 확률을 0에 가까운 값으로 할 수 있다. 이러한 방법에 의해 제작된 것이 안전증가 방폭구조이다.

(3) 점화능력의 본질적 억제

낮은 전류 회로의 전기기기는 정상상태뿐만 아니라 사고 시 발생하는 전기불꽃 또는 고온부가 폭발성가스에 점화할 위험성이 없다는 것을 시험 등 기타 방법에 의해 제작된 것으로 본질안전 방폭구조의 전기기기가 있다.

II. 방폭사양의결정

이러한 원리를 이용한 방폭설비는 그 방폭 성능의 달성을 위해 매우 다양한 구조적 특징을 갖게 되며 각각의 구조적 특징에 따라 적용 가능한 위험장소와 적용하여서는 안되는 위험장소가 존재하게 된다. 물론 모든 위험장소에 공통적으로 적용 가능한 방폭형식도 존재하나 현장의 특수한 상황과 설치 원가 절감이라는 실무적 요구를 모두 만족시킬 수 있는 방폭설비는 현재까지 존재하지 않으며 따라서, 보다 적은 비용으로, 해당 위험지역의 전기적 점화원을 제거할 수 있는 방폭설비를 선정하는 과정을 필요로 하게 되는 것이다. 방폭설비의 정확한 선정을 위해서는 일반적으로 다음과 같은 항목에 대해 면밀한 검토 절차를 거쳐야 한다.

(1) 방폭설비 적용여부의 검토

다음과 같은 장소는 방폭 설비의 적용을 검토 한다.

- 인화성물질^{*1}의 증기 또는 가연성 가스가 쉽게 존재할 가능성이 있는 지역.
- 인화점 38℃ 이하의 액체를 저장, 취급하는 지역
- 인화점 65℃ 이하의 액체가 인화점 이상으로 저장, 취급될 수 있는 지역
- 분진^{*2} 등이 발생하거나 분진이 기기의 표면 또는 바닥 등에 퇴적되는 지역

(2) 위험장소 구분 및 방폭기기 종류 결정

방폭설비를 적용하여야 하는 지역은 해당 방폭지역내 모든 설비의 특성을 검토하여 누출 등급을 결정하고 이에 따라 방폭지역의 종류 즉, 위험장소를 구분하게 된다. 위험장소의 구분에 따라 적용 가능한 구조의 방폭설비가 있고 적용하여서는 안되는 구조의 방폭설비가 있으므로 이는 매우 중요한 작업이다. 일반적인 누출 등급에 따른 위험장소의 구분은 다음의 표와 같이 결정된다.

누출등급		위험장소 구분
연속	연속, 장기간 발생하는 누출	0종 장소
1차	정상 작동중 주기적, 또는 때때로 발생하는 누출	1종 장소
2차	정상 작동중에는 발생 않으며 발생시 간헐적이거나 단시간동안 발생하는 누출	2종 장소

이 때, 해당 지역의 모든 설비는 잠재적인 가연성 물질의 누출원으로 간주되어야 하나 용접 배관 등 누출의 우려가 없는 경우에는 이를 누출원으로 고려하지 않는다. 또한 방폭지역의 종별 구분시에는 상기의 표 뿐만 아니라 해당 지역의 환기 상태 등도 역시 고려하여야 하며 환기의 정도와 환기설비의 신뢰도에 따라 위험장소의 등급도 다르게 적용 가능하다는 점에 유의하여야 한다. 이렇게 위험장소의 구분이 끝나게 되면 적용 가능한 방폭 형식이 다음의 표와 같이 결정되게 된다.

장 소	본질안전		내압	압력	안전증	유입
	ia	ib				
0종 장소	○	-	-	-	-	-
1종 장소	○	○	○	○	△	○
2종 장소	○	○	○	○	○	○

(3) 방폭설비의 기기분류

해당 방폭설비가 적용되는 대상에 따라 다음과 같이 방폭설비의 분류가 이루어진다. 이는 관습적인 것으로서 적용대상에 따라 결정되는 것이다.

기기분류	적용대상
I	탄광용
II	공장 및 산업용

(4) 폭발성 가스 등급 분류

기기의 분류가 끝나면 일부 방폭 구조는 누출 가능한 위험물의 연소 특성에 따라 해당 위험물을 분류해 주어야 한다. 내압방폭 구조의 경우에는 최대안전틈새(MESG, Maximum Experimental Safety Gap)을, 본질안전 구조의 경우에는 최소점화전류비에 따라 위험물을 분류하고 해당 가스 등급에 맞는 설비를 선정하도록 하여야 한다.

폭발성 가스의 분류	A	B	C
최대안전 틈새범위 (내압)	0.9mm 이상	0.5mm 초과 0.9mm 미만	0.5mm 이하
최소점화전류비 (본질안전)	0.8 초과	0.45 이상 0.8 이하	0.45 미만
적용기기 (내압, 본질안전, 비점화)	IIA	IIB	IIC
대표적 가스	암모니아, 일산화탄소, 벤젠, 아세톤, 에탄올, 메탄올, 프로판	부타디엔, 에틸렌, diethyl ether, 에틸렌옥사이드, 도시가스	아세틸렌, 수소, 유화탄소

(5) 최고 표면온도에 따른 온도등급 결정

해당 방폭기기가 사용되는 환경에 따라 방폭기기의 정상 운전 및 고장시 온도 상승의 허용 범위를 결정한다. 이는 누출 대상 위험물의 발화점에 의해 결정되는 것으로서 방폭설비의 표면 온도가 누출 가능한 위험물의 발화점보다 낮은 것을 선정하여야 하며 온도등급이 높을수록 해당 위험물의 발화점이 낮아 상대적으로 위험하다는 것을 의미한다.

최고표면온도의 범위 (°C)	온도등급
300 초과 450 이하	T1
200 초과 300 이하	T2
135 초과 200 이하	T3
100 초과 135 이하	T4
85 초과 100 이하	T5
85 이하	T6

지금까지 방폭설비의 사양 결정을 위한 일반적인 절차를 간단하게 살펴보았다. 실무적으로는 방폭지역의 구분과 방폭설비의 사양 결정에 매우 많은 변수가 추가적으로 검토되어야 하며 자세한 자료는 KS 및 IEC, 그리고 NEC 등을 참조하여야 할 것이다. 이렇게 결정된 방폭사양은 IEC 및 KS 규격에 의한 경우 다음과 같이 표현된다.

Ex	d	II	B	T4	IP44
방폭기기	방폭구조	기기분류	가스등급	온도등급	보호등급
방폭 기기	내압 방폭 구조	산업용	가스 등급 B	최고표면온도100°C 초과 135°C 이하	Ø1mm의 고체와 튀기는 물에 대해 보호

제일 마지막에 표현된 IP Grade의 경우는 실무적으로 표현되지 않는 경우도 많고 직접적으로 방폭과 관련된 성능을 표현하지 않는 경우도 있으므로 참고하도록 한다.

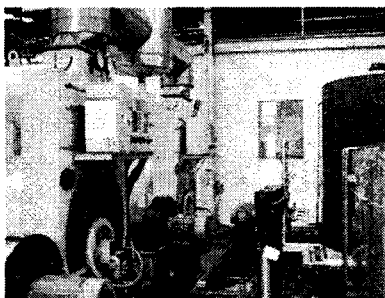
III. 방폭설비의 오적용 사례

통상 방폭설비는 그 설치비용이 일반 전기설비에 비해 상당히 고가일 뿐만 아니라 방폭지역의 공정 특성과 누출이 예상되는 위험물의 물성에 적합한 것이 설치되지 않았을 경우 폭발의 위험을 적절하게 제거할 수 없게 되는 문제가 발생하게 된다. 다시 말해 많은 비용을 들이고도 안전성을 확보하지 못하는 경우가 발생하게 되는 것이다. 다음은 이렇게 방폭설비가 정확하게 적용되지 못하고 있는 대표적인 사례들이다.

(1) 방폭지역 미적용

취급되는 위험물의 특성으로 보아 당연히 방폭지역으로 관리가 되고 해당 전기설비가 방폭성능을 갖고 있어야 하나 비방폭 설비로 관리가 이루어지는 경우이다.

- 공정명 : Poly-urethane 발포
- 위험물 : Cyclo-Pentane
- 적용 방폭설비 사양 : 일반 전기설비

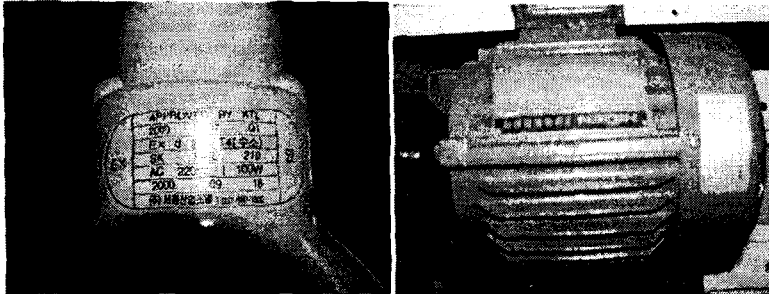


본 지역에서 사용되는 cyclo-pentane은 인화점 -37°C, 발화점 36°C, 폭발범위 1.1 ~ 8.7%인 전형적인 폭발 위험을 갖고 있는 위험물로서 방폭설비의 시공과 관리가 이루어져야 하는 공정이나 방폭설비가 아닌 일반 전기설비가 설치되어 있는 경우로서 위험물 누출시 전기적 점화원에 의한 폭발사고의 위험이 그대로 존재하는 경우라 할 수 있다.

(2) 방폭설비 혼용

폭발 위험을 야기하는 위험물은 한 종류이나 전기계장 설비와 전동기 등에 내압 및 안전중 구조의 방폭설비가 특별한 구분 없이 혼재된 채 설치되어 있는 경우이다.

- 공정명 : 위험물 창고
- 위험물 : 톨루엔 등 신너류
- 적용 방폭설비 사양 : Exd IIC T4, Exe II T1 등



특히 이 경우는 2종 방폭 지역으로 볼 수 있으나 등기구 및 스위치류는 내압 방폭을, 일부 전동기에는 안전중 구조의 것을 사용하여 등기구 및 스위치의 경우는 과도한 사양의 설비가 들어간 것으로 보여진다. 물론 안전성을 확보한다는 측면에서는 충분히 이러한 형태로 방폭사양을 결정할 수 있으나

등기구와 전동기류에 대해 통일된 방폭사양이 적용되지 않은 것으로 보아 방폭지역 구분과 위험물 특성에 대한 고려는 충분하지 않았던 것으로 추측된다. 또한 위험물의 종류가 신너류 임에도 불구하고 가스등급이 C인 설비를 사용함으로써 가스등급 역시 잘못 적용된 것으로 판단된다.

(3) 가스등급 오적용

수소 가스를 분위기 가스로 이용하는 열처리로의 전기 설비이다. 수소가스를 사용하고 있으므로 가스등급이 C인 설비가 설치되어 있어야 하나 B인 방폭설비가 적용되고 있다.

- 공정명 : 열처리로
- 위험물 : 수소(H₂)
- 적용 방폭설비 사양 : Exd IIB T4



수소가스는 발화점 500℃, 폭발범위 4 ~ 75%인 가스로서 다른 가연성 가스와 비교해 볼 때, 폭발 범위가 매우 넓고 최소점화전류와 최소점화에너지가 현저히 낮아 폭발 사고의 위험이 매우 높으므로 정확한 사양의 방폭설비가 사용되어야 하며 이 경우에는 Exd IIC T4 구조의 방폭설비가 사용되어야 할 것으로 보여진다.

Item	Explosion Limits(vol. %)	Concentration of min. Ignition limit(vol %)	Min. Ignition Current(mA)	Min. Ignition Energy(mJ)
Methane	5 ~ 15	8.3	165	0.28
Propane	2.1 ~ 9.5	5.25	148	0.25
Ethylene	2.7 ~ 36	7.8	115	0.083
Hydrogen	4.0 ~ 75	22	82	0.019

(4) 분진방폭 지역에 유기용제 방폭 적용

분체 도장이 이루어지는 공정으로서 퇴적 분진의 폭발 방호를 위해 분진 방폭설비가 설치되어야 하나 일반 유기용제용의 방폭설비가 설치되어 있는 사례이다.

- 공정명 : 분체도장
- 위험물 : 가연성 분체

- 적용 방폭설비 사양 : Exd IIB T4



본 도장공정에 사용되는 분체 도료의 입도는 38 ~ 43 마이크론 정도이며 설비에 퇴적된 양도 상당하여 Zone 20 또는 Zone 21 정도로 구분되며 분진 방폭설비의 적용이 필요한 설비임에도 불구하고 가스 방폭설비가 설치되어 있는 상황이다. 이 경우는 특히 분진 방폭에 대한 이해가 부족하여 발생한 경우로서 분진 방폭 성능이 있는 방폭설비로의 교체 검토가 필요하다고 할 것이다. 이 때 주의하여야 할 사항으로는 방폭설비의 경우 특정 조건에 사용이 가능하도록 공인 기관의 인증을 받은 것을 사용하여야 하므로 분진 방폭지역의 경우 해당 분진 방폭지역에 사용이 가능한 것으로 승인받은 것을 사용하여야 한다는 것이다.

3. 결 론

이렇게 방폭설비가 현장에 제대로 적용되지 않는 이유는 우선 방폭설비에 대한 안전관계자들의 기술적인 이해가 아직 부족하다는 것이 가장 큰 원인이라 할 수 있다. 물론 고가의 방폭설비를 적용하기 보다는 보다 값싼 저사양의 설비를 적용하고자 하는 시공업자의 근시안적인 행태와 현장에 적용가능한 방폭설비의 제조와 공급이 원활하지 않은데에도 또 다른 원인이 있다 할 것이다. 물론 방폭설비가 해당 위험지역의 모든 폭발 위험을 제거할 수 있는 것은 아니지만 위험지역에 대한 기본적인 안전조치로서 하루 속히 그 자리를 찾아야 할 것이다. 이 밖에도 현장에서의 방폭설비 적용에 있어 사양의 결정 뿐만 아니라 방폭형식에 맞는 적절한 시공이 이루어지고 있는지에 대한 검토 역시 향후에 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. FM Global Property Loss Prevention Data Sheet 5-1 Electrical Equipment in Hazardous(Classified) Locations
2. NEC Article 500 Hazardous(Classified) Locations, Classes I, II, and III, Divisions 1 and 2
3. NFPA Handbook Section 6 Chapter 1 Electrical Systems and Appliances
4. KS C IEC 60079-0 방폭 전기기계기구 - 제10부 : 일반 요구 사항
5. KS C IEC 60079-10 방폭 전기기계기구 - 제10부 : 폭발 위험 장소의 구분
6. KS C IEC 61241-3 분진 방폭 전기 기계기구 - 제3부 : 분진 위험 장소의 구분