

전기설비의 방폭에 대한 고찰

송 주 상
(사립소 책임 연구원)

1. 개 설

일반적으로 사용되는 저전압의 전기기구는 회로의 개폐, 배선의 단선, 접촉불량, 누전 또는 전구가 파괴될 때 일어나는 아크방전과 리레이 접점 등의 개폐시 미소한 스파크 방전을 일으킨다.

또한 고전압 전기기구를 사용할 때 전극이 고전위에서 대전하면 주위의 공기가 일부 절연파괴를 일으켜 코로나 방전을 일으키고 다시 전위가 상승하면 스파크 방전이 나타나게 된다.

전기불꽃에 의한 방전에너지는 대개 극히 작기때문에 가연성가스, 인화성액체의 증기, 폭발성분진 등이 있는 위험장소에서만 발화원인이 된다고 볼 수 있다.

따라서 이러한 위험장소에서의 전기설비는 전기불꽃에 의해 인화, 폭발사고를 일으킬 수 있는 위험이 극히 높기 때문에 위험장소별 방폭지침에 따라 시설 및 유지관리가 되어야 한다.

2. 위험장소의 분류

공장 등에 있어 폭발성 혼합가스가 존재할 우려가 있는 장소를 위험의 정도에 따라 분류하면 아래와 같다.

가. 공장의 전기방폭지침

평상시의 상태에서 위험상태가 존재하는 장소를 제1종장소 라고 하며 이는,

○ 폭발성 가스가 보통의 사용상태에서 집적될 수 있는 위험이 있는 장소

○ 수선, 보수 또는 누출로 인해 점차 폭발성 가스가 집적 될 수 있는 위험이 있는 장소

○ 기계장치등의 파괴 또는 작업공정상의 실수로 말미암아 위험한 농도의 폭발성 가스가 방출함과 동시에 전기설비에도 고장이 발생 될 수 있는 위험이 있는 장소

그리고 특수한 상태에서 위험상태가 될 수 있는 장소를 제2종 장소 라고 하며 이는,

○ 가연성 가스나 액체를 항상 보관하는 밀폐용기 또는 설비의 파손이나 오작동으로 인해 위험해 질 수 있는 장소

○ 기계적 환기장치의 이상이나 사고로 인해 위험해 질 수 있는 장소

○ 제1종 장소의 주변 또는 인접한 실내에서 위험한 농도의 폭발성 가스가 가끔 침입할 위험이 있는 장소, 등으로 분류 하고 있다.

나. 미국 석유협회기준

미국석유협회 기준에서는,

○ 가연성가스 또는 증기가 존재하는 장소를

1급위험장소

○ 폭발성 분진이 존재하는 장소를 2급위험장소

○ 가연성섬유 또는 부유물이 존재하는 장소를 3급위험장소로 분류하고 있다.

그리고 1급 위험장소는 다시 정상외 운전상태에서 위험한 장소를 1류 위험장소로, 이상 상태일 때 일시적으로 위험해지는 장소를 2류 위험장소로 분류하며 이는 공장 전기방폭지침의 제1종 위험장소와 제2종 위험장소에 각각 해당하는 것으로 볼 수 있다.

다. 일본 LP 가스 플랜트협회 기준

공장 전기방폭지침에서와 같이 위험장소를 제1종 장소와 제2종 장소로 구분 분류하고 있다.

○ 제1종 장소

평상시의 상태에서 LP 가스가 체류할 위험이 있는 장소 또는 수선 보수 등에 의해 가스누출이 발생, 점차 가스가 체류할 위험이 있는 장소 예) Pump, Compressor 실

용기충전소(높이 2m 범위까지) 지하탱크 실, 그 외 이와 동등하게 볼 수 있는 장소

○ 제2종 장소

밀폐된 압력용기나 시설에 보관된 LP 가스가 그 압력용기나 시설의 사고로 인해 파손 또는 오작동으로 인해 가스가 누출될 위험이 있는 장소

예) LP 가스 용기 설치장

저장탱크, 고압가스설비(배관제외)의 주변 또는 제1종 장소의 경계에서 8m (높이 3m)의 범위, 제1종 장소의 상부에 연속해서 높이 3m 범위 또는 그와 동등하게 볼 수 있는 장소

3. 폭발성 가스의 분류

폭발성 가스는 발화도와 폭발등급의 정도에 따라 분류한다.

가. 발화도

발화도는 발화점에 따라 아래와 같이 5등급으로 분류한다.

발화도의 분류

발 화 도	발 화 점
G1	450℃ 초과
G2	300℃ 초과 450℃ 이하
G3	200℃ 초과 300℃ 이하
G4	135℃ 초과 200℃ 이하
G5	100℃ 초과 135℃ 이하

나. 폭발등급

폭발성가스의 폭발시험시 표준용기의 틈사이 깊이를 일정치(25mm)로 유지하고 틈사이의 크기를 0에서부터 서서히 크게 하여서 틈사이가 몇mm가 되었을 때 화염일주(火炎逸走)가 일어나는가를 조사하고 그 때의 틈사이의 크기에 따라 폭발등급을 3등급으로 분류한다.

폭발등급의 분류

폭발등급	틈사이의 속깊이(25mm)에 있어서 화염일주를 일으키는 최소 틈사이 (mm)
1	0.6mm 초과
2	0.4mm 초과 0.6mm 이하
3	0.4mm 이하

다. 폭발성 가스의 분류

폭발성 가스의 분류에

발화도 폭발 등급	G1	G2	G3	G4	G5
1	아세톤 암모니아 일산화탄소 에 탄 초 산 초산에칠 토루엔 프로판 벤젠 메타놀 메탄	에타놀 초산이소아밀 1-부타놀 부탄 무수질산	가소린 헥산	아세트 알데히드 에칠에틸	
2	석탄가스	에치렌 에치렌옥시드			
3	수성가스 수소	아세치렌			이황화 탄소

폭발성가스의 폭발등급, 발화도 및 위험성

폭발성가스의 명칭	폭 발 등 급	발 화 점	발 화 점 (°C)	인 화 점 (°C)	폭 발 한 계		증기밀도 (공기=1)
					하한[Vol %]	상한[Vol %]	
아 크 리 로 니 트릴	1	G1	481	0	2.8	28.0	1.83
아 세 칠 렌	3	G2	305	가스	1.5	82.0	0.90
아 세 트알데히드	1	G4	140	-37.8	4.0	57.0	1.52
아 세 트 니 트릴	1	G1	524	5.6	4.4	16.0	1.42
아 세 톤	1	G1	537	-19.0	2.5	13.0	2.00
암 모 니 아	1	G1	630	가스	15.0	28.0	0.59
이 소 브 타 놀	1	G2	426	27.0	1.7	10.9	2.55
이 소 브릴메틸케톤	1	G1	475	14.0	1.2	8.0	3.46
일 산 화 탄 소	1	G1	605	가스	12.5	74.0	0.97
에 타 노 울	1	G2	422	11.1	3.5	19.0	1.59
에 타 탄	1	G1	515	가스	3.0	15.5	1.04
에 틸 에 테 르	1	G4	170	-45.0	1.7	48.0	2.55
에 틸 메틸케톤	1	G1	505	-6.1	1.8	11.5	2.48
에 틸 렌	2	G2	425	가스	2.7	34.0	0.97
에 틸 렌 옥 시 드	2	G2	428	가스	3.0	100.0	1.52
0 - 키 시 렌	1	G1	463	17.2	1.0	7.6	3.66
m - 키 시 렌	1	G1	525	25.0	1.1	7.0	3.66
p - 키 세 렌	1	G1	525	25.0	1.1	7.0	3.66
크 톨 벤	1	G1	590	28.0	1.3	11.0	3.88
스 틸 렌	1	G1	490	32.0	1.1	8.0	3.59
톨 루 엔	1	G1	535	4.4	1.2	7.0	3.18
이 황 화 탄 소	3	G5	102	-30.0	1.0	60.0	2.64
부 탄	1	G2	365	가스	1.5	8.5	2.05
프 로 판	1	G1	466	가스	2.1	9.5	1.56
프로피렌옥사이드	2	G2	430	-37.2	1.9	24.0	2.00
해 산	1	G3	233	-21.7	1.2	7.5	2.79
해 프 탄	1	G3	215	-4.0	1.1	6.7	3.46
벤젠	1	G1	555	-11.1	1.2	8.0	2.70
렌 탄	1	G3	285	-40.0	1.4	7.8	2.49
메 탄 오 울	1	G1	455	11.0	5.5	36.0	1.10
가 솔 린	1	G3	280	-42.8	1.4	7.6	3-4

(C₆H₁₂C₆H₁₀)

4. 방폭구조의 분류

가. 방폭구조 종류

가스, 증기 위험장소에서 사용할 수 있는 전기기기의 방폭구조로서는 내압(耐壓)방폭구조, 내압(內壓)방폭구조, 유입방폭구조, 안전증 방폭구조, 본질안전 방폭구조, 특수방폭구조의 6 종류가 인정되고 있으나 그 중에서 내압(耐壓)

방폭구조와 안전증 방폭구조 2종류를 많이 사용하고 동력, 조명관계의 기기는 대부분 이 구조를 적용하고 있다.

계장용기기의 경우에는 본질안전 방폭구조를 사용하며, 위험 장소는 아니지만 일반기구의 사용이 염려되는 경우에는 밀폐형 전기 기구를 사용하는 것이 좋다. 그러나 밀폐형 기구는 방폭 성능이 없으므로 사용시에는 충분한 검토가 필요하다.

방폭구조의 기호

	구 분	기 호	비 고
방폭구조의 종류	내압(耐壓)방폭구조	d	
	유입방폭구조	o	
	내압(內壓)방폭구조	f	
	안전중방폭구조	e	
	본질안전방폭구조	i	
	특수방폭구조	s	
폭발등급	폭발등급 1	1	
	폭발등급 2	2	
		3a	수성가스 수소
		3b	이황화탄소
	폭발등급 3	3c	아세치렌
3n		모든가스 또는 증기를 대상으로 하는 것	
발화도	발화도 G1	G1	
	발화도 G2	G2	
	발화도 G3	G3	
	발화도 G4	G4	
	발화도 G5	G5	

나. 내압(耐壓)방폭 구조

전기기구 및 배선을 완전히 케이스 또는 전선관 속에 넣어 밀폐한다. 그러나 여하히 밀폐를 하여도 안팎의 온도차에 의하여 케이스 내부의 공기 팽창, 수축이 일어나고 구조 틈으로부터의 호흡 작용 때문에 외부의 폭발성 혼합가스의 침입을 방지하기는 쉬운 것이 아니다.

따라서 전동기의 외함, 조명등 분전반 등을 전폐 구조의 용기로 하여 그 내부의 전기 불꽃으로 인한 가스 폭발이 일어나도 용기는 이러한 압력(대략 8kg/cm²)에 견딜 수 있게 되어있다.

· 더우기 폭발성 가스가 용기의 틈으로부터 밖으로 누출되는 중에 냉각되어 실내의 폭발성 혼합가스에 착화하지 않는 구조로 되어 있다. 이때에 용기의 접합부에 패킹을 사용하면 용기 내에서의 가스 폭발시 패킹은 내압으로 인해서 파괴되기 때문에 접합부는 모두 관용평행 나사로 한다.

폭발 생성 가스는 이 나사면의 틈을 통과하는

사이에 냉각되어 그 온도가 혼합 가스의 발화점 이하로 저하하기 때문에 전파가 저지된다. 따라서, 사용하는 폭발성 가스의 폭발 등급의 발화도에 따라 방폭구조의 필요한 형식을 선정해야만 한다.

현재 제작되고 있는 것에는 전동기, 개폐기, 변압기, 분전반, 제어반, 조명등, 투광기, 벨 등이 만들어지고 있다.

전기 배선상에 내압(耐壓) 방폭 구조로 할 필요가 있을 때에는 후강전선관 속에 전선을 넣고 나사는 5터 이상 되도록 해서 관내에서 불꽃이 생겨 폭발이 일어나도 이것이 외부로 파급되지 않도록 한다.

다. 내압(內壓)방폭 구조

전기 기구를 전폐 구조의 용기 또는 외피(外被)중에 넣어서 그 내부에 위험한 가스가 스며드는 것을 방지하기 위해 깨끗한 공기 또는 불활성 가스를 주입하여 내부의 압력을 높인 것이다. 내압(內壓)이 저하할 때는 외부 가스가 스며들 위험이 있기 때문에 내압(內壓)이 저하되면 자동적으로 경보를 발하고 운전이 정지되도록 감시 장치가 붙어 있는 것도 있다.

폭발 등급 3, 발화도 C 또는 D의 가스에 대해서는 앞서 언급한 내압(內壓)방폭 구조가 곤란하기 때문에 이 경우에는 내압(內壓)방폭구조를 택하여야 한다. 또한 전기계기, 전기식 자동 제어장치 등 에서도 내압(內壓)방폭구조로 된 것이 많다.

라. 유입 방폭 구조

개폐기, 제동기, 변압기, 정류기 등의 본체를 절연유 속에 침적시킨 것으로서 유면에서 위험 부분까지의 거리가 10mm 이상으로 하여야 할 필요가 있다. 이러한 경우에 기름의 누설 등에 의한 유면의 저하는 상당히 위험하기 때문에 항상 유면계 등 으로서 감시를 하여야 한다. 유입 개폐기에 있어서는 개폐시에 일어나는 호광에 의

해서 기름이 열분해되어 수소를 주성분으로 하는 가연성 가스가 발생하기 때문에 가스를 배출할 수 있는 구멍을 설치할 필요가 있다. 종종 유입 개폐기의 폭발사고가 잘 일어나는데 이것은 기름의 분해 가스 축적에 의한 폭발이 주된 원인으로 되고 있다.

마. 안전증 방폭 구조

이 구조는 실제로 방폭 구조라고 할 수는 없으나 차선택으로서 정상 운전 중에 과열 또는 전기 불꽃 발생이 쉬운 부분의 구조를 보통 기구보다도 절연 등을 강화한 것이다.

현재 유도 전동기, 기동기, 저항기, 변압기, 조명등, 형광등, 축전지 등이 안전증 방폭 구조로 제작되어 나오지만 과열, 소손 또는 절연 열화에 대한 충분한 경계가 꼭 필요하다.

바. 특수 방폭 구조

이것은 앞에서 언급한 이외의 구조로서 폭발성 가스의 인화를 확실히 방지할 수 있도록 한 것이 실험 결과로서 확인되는 구조를 말한다.

사. 본질 안전 방폭 구조

각종 프로세스의 계측 또는 제어를 하는데 전자 기기를 사용 하는 경우에 앞서 말한 방폭 구조를 그대로 적용시키는 것은 기술적, 경제적으로 곤란한 경우가 많다. 그러나 이러한 경우에 사용 전압이나 전류를 미소하게 해서 비록 작은 불꽃이나 아크가 발생해도 폭발성 가스의 발화원이 되지 못할 정도로 작게 할 수가 있다. 이러한 것이 점화시험, 기타의 방법에 따라서 확인된 구조를 말한다.

또한 이러한 안전성을 시험하기 위한 불꽃 발생 장치가 영국, 독일 등에서 제작되고 있다.

아. 저압 전기기기의 방폭구조 선정 예

방폭구조의 종류		제1종 장소			제2종 장소		
		내압	유입	안전증	내압	유입	안전증
기기의 종류							
회전기	스리프링, 정류자동이 있는 것	○	○	○	○	○	○
	스리프링 정류자동이 없는 것	○	○	△	○	○	○

변압기	유입변압기 전식변압기	○					○	○
휴즈	기중형 휴즈	○				○		
저항기, 리액터		○				○		○
액체저항기								○
반도체정유기		○	○				○	△
축전지								○
계측기류		○	○				○	○
신호, 경보, 통신장치		○	○				○	○
백열전 등	정착등	○				○		
	이동등	△				○		
형광등		○				○		○
고압수은등		○				○		○
전시부후대전등		○				○		
표시등류		○				○		○
콘센트	인터록을 외부에서 확인 할 수 있는 것	○				○		
	플러점 인터록을 외부에서 확인 할 수 없는 것						○	
전선관용	부속품류	○				○		○

5. 전기 방폭대책

제1종 위험장소에 있어서는 될 수 있으면 전기 기구의 사용을 피하는 것이 근본 대책이나 만약 전기 기구를 설치시 될 수 있는 대로 위험 장소 외부에 설치할 수 있도록 계획한다. 위험 장소의 내부에 설치하는 경우에는 전동, 전동기 개폐기 등의 설치수를 될 수 있는 한 최소로 줄이고 가스의 위험성에 따라 방폭 구조를 선택하도록 한다. 또한 위험성이 서로 다른 2종류 이상의 가스가 존재할 때는 위험성이 높은 쪽에 적합한 것을 선택하도록 한다. 이 경우 방폭구조는 일반적으로 내압(耐壓) 혹은 내압(內壓)방폭구조의 것으로 한다.

유입 방폭 구조의 것은 제1종 위험 장소에서는 사용하지 않는다. 또한 안전증 방폭 구조의 것은 위험성이 높은 장소에서는 사용을 피하고 기기의 종류, 주위조건 등을 고려하여 꼭 필요한 최소한 장소에만 사용하도록 해야 한다. 만약, 전기 기구가 방폭 구조로 되어 있어도 누전 상

태가 되면 외피에 접속된 유전체와의 사이에 전기 불꽃을 일으켜 착화원이 되기 때문에 전체 금속제 외함 후레임, 캐비닛, 전선관등은 수도관등을 이용해서 확실히 접지해서 접지저항을 1-3 Ω 이하로 유지하도록 하여야 한다.

제1종 위험장소에서는 위험한 가스가 정체하지 않도록 충분한 능력을 가지는 환기설비를 설치하고 또한 전기 기구의 설치 장소는 공기보다 비중이 무거운 가연성 증기가 있는 장소에서는 될 수 있는 대로 실내의 높은 곳에 설치하고 반대로 공기 보다 가벼운 가연성 가스가 있는 장소에서는 될 수 있는 대로 낮은 곳을 선택하도록 한다. 제1종 위험장소에서는 비방폭구조의

선풍기, 전화기, 라디오 전기 시계, 벨, 전기냉장고, 자동 제어 접점, 축전지 등을 비치하지 않도록 한다. 그렇지 않으면 작업실 내에 적절한 방폭 구조를 시설하였어도 선풍기나 전기시계등 한대를 가설했기 때문에 모든 설비가 수포로 돌아가 버리는 때가 왕왕 있을 수 있다. 또한, 공기 소제기도 위험 가스가 발생되지 않는다고 확인되었을 때만 사용하도록 해야 한다.

여기에 대해서 제2종 위험 장소에서는 운전중에 전기 불꽃을 발생 할 우려가 없는 전기 기기는 전폐 구조로 하거나 안전증 방폭구조의 것으로 사용해도 지장은 없다고 본다. 또한 배선은 얇은 금속 전선관을 사용해도 좋다.