

전기방폭

1. 전기방폭의 기본원칙

1) 화재·폭발 및 방폭이론

(1) 화재폭발의 기본 요건

화재폭발이 일어나기 위해서는 가연성물질, 산소공급원, 점화원의 3가지 요소가 필요하다.

(가) 인화점(Flash Point)

공기 중의 인화성 액체에 점화원이 착화시키는데 필요한 농도의 증기를 발생하는 최저의 온도

(나) 발화점(Ignition Point)

물질을 공기 중 또는 산소 중에서 화염이나 점화원이 없이도 발화될 수 있는 최저온도

(다) 연소 범위

① 인화성 물질의 증기 또는 가연성 가스가 산소와 혼합되어 점화에너지를 주었을때 폭발발생시킬수 있는 농도

② 최저농도를 폭발하한계, 최고농도를 폭발상한계라고 한다.

(라) 최소착화에너지

인화성물질의 증기 또는 가연성 가스가 연소범위 내에서 점화시키기에 필요한 최저의 에너지

2) 전기방폭구조

(1) 전기설비의 방폭

위험분위기장소에서 전기설비가 원인이 되어 가연성 가스나 증기 또는 분진에 인화되거나 착화되어 발생하는 폭발사고를 방지하는 것



① 물적 조건 제어

개방계 - 가연성 혼합기의 누설·방류·체류 금지

밀폐계 - MOC(최소산소농도) 이하로 제어, 불활성화

② 에너지 조건 제어

㉠ 전기적 점화원

- ㉡ 정상 상태 - 직류 전동기의 전동자, 개폐기 및 차단기 접점, 고온부 전열기 등
- ㉢ 이상 상태 - 과전류, 단락, 지락, Arc 등

㉣ 전기설비의 방폭화

- ㉤ 점화원의 방폭적 격리
- ㉥ 전기설비의 안전도 증가
- ㉦ 점화능력의 본질적 억제

㉧ 전기설비의 방폭화

㉨ 점화원의 방폭적 격리

㉩ 전기설비에서는 점화원으로 되는 부분을 주위의 가연성 물질과 격리시켜 서로 접촉하지 못하도록 하는 방법

- 압력방폭구조, 유입방폭구조, 충전방폭구조

㉪ 전기설비 내부에서 발생한 폭발이 설비 주변에 존재하는 가연성물질로 파급되지 않도록 실질적으로 격리하는 방법

- 내압방폭구조

㉫ 전기설비의 안전도 증강

㉬ 정상상태에서 점화원으로 되는 전기불꽃의 발생부 및 고온부가 존재하지 않는 전기설비에 대하여 특히 안전도를 증가시켜 고장이 발생할 확률을 0에 가깝게 하는 방법

- 안전중 방폭구조

㉭ 점화능력의 본질적 억제

㉮ 약전류회로의 전기설비와 같이 정상 상태뿐만 아니라 사고시에도 발생하는 전기불꽃 고온부가 최소착화에너지 이하의 값으로 되어 가연물에 착화 할 위험이 없는 것으로 충분히 확인된 것은 본질적으로 점화능력이 억제된 것

- 본질안전방폭구조

3) 방폭지역의 구분

가스방폭지역은 0종, 1종, 2종 장소로 분류하고 있으며, 표를 보면 주요 국가 별로 채택하고 있는 방폭지역의 분류 예를 들었다.

국가별 \ 위험분위기	지속적인 위험분위기	간헐적 위험분위기	이상 상태에서 위험분위기
IEC/CENELEC/유럽	Zone 0	Zone 1	Zone 2
미국	Division 1		Division 2
한국/일본	0종 장소	1종 장소	2종 장소

(1) 0종 장소 (한국, 일본) / ZONE 0 (IEC)

① 계속해서 위험분위기를 발생하거나 또는 발생할 염려가 있는 장소

(인화성 액체의 증기 또는 가연성 가스에 의한 폭발위험이 지속적으로 또는 장기간 존재하는 장소)

② 방폭 전기기기 선정 : 본질안전방폭구조

③ 예

㉠ 탱크 내 액면 상부 공간

㉡ 가연성 가스용기

㉢ 탱크의 내부

㉣ 용기, 장치, 배관 등의 내부 등 (산업안전기준에 관한 규칙 별표 3의4)

(2) 1종 장소 (한국, 일본) / ZONE 1 (IEC)

① 정상상태 하에서 위험분위기를 발생할 염려가 있는 장소

(정상 작동상태에서 인화성 액체의 증기 또는 가연성 가스에 의한 폭발위험분위기가 존재하기 쉬운 장소)

② 방폭 전기기기 선정 : 내압, 유입, 압력, 안전증, 본질안전, 몰드, 충전방폭구조

③ 예

㉠ 탱크로리 등에 인화성액체를 충전 시 개구부 부근

㉡ 릴리프밸브가 가끔 작동하여 가연성가스 또는 증기를 방출하는 경우의 밸브 부근

㉢ 탱크류의 벤트 부근

㉣ 위험성가스가 누출할 염려가 있는 장소 내에 가스가 체류할 수 있는 피트 부근

㉤ 맨홀, 벤트, 피트 등의 주위 (산업안전기준에 관한 규칙 별표 3의4)

(3) 2종 장소 (한국, 일본) / ZONE 2 (IEC)

① 이상상태에서 위험분위기를 발생할 염려가 있는 장소

(정상작동상태에서 인화성 액체의 증기 또는 가연성 가스에 의한 폭발위험분위기가 존재할 우려가 없으나, 존재 할 경우 그 빈도가 아주 적고 단기간만 존재할 수 있는 장소)

② 방폭 전기기기 선정 : 내압, 유입, 압력, 안전증, 본질안전, 비점화, 몰드, 충전방폭구조

③ 예

㉠ 가연성/인화성가스의 용기류가 파손하여 가스 또는 액체가 누출할 염려 있는 장소

㉡ 운전원의 오조작으로 가스 또는 액체가 방출 될 우려가 있는 장소

㉢ 이상반응으로 가스 또는 액체가 분출할 염려가 있는 장소

㉣ 개스킷, 패킹 등의 주위 (산업안전기준에 관한 규칙 별표 3의4)

(4) 비방폭지역

위에서 언급한 방폭지역으로 구분되지 않는 장소로서

㉠ 환기가 충분한 장소에 설치되고 개구부가 없는 상태에서 인화성 또는 가연성 액체가 간헐적으로 사용되는 배관으로 적절한 유지·관리가 될 경우의 배관 주위

㉡ 환기가 불충분한 장소에 설치된 배관으로 밸브, 핏팅, 플렌지등 이상시 누설될 수 있는 부속품이 전혀없고 전부 용접으로 접속된 배관 주위

㉢ 가연성 물질이 완전 밀봉된 수납 용기속에 저장되고 있을 경우의 수납용기 주위

㉣ 보일러, 화로, 가열로, 소각로 등 개방된 표면이나 고온표면의 존재가 불가피한 설비로써 연료 주입 배관상의 밸브, 펌프 등의 위험발생원 주변의 전기기계·기구가 적합한 방폭구조이거나 연료주입 배관 주위에 전기 기계·기구가 없을 경우의 개방화염 또는 고온표면이 있는 설비 주위

2. 전기설비 방폭구조의 종류

방폭은 점화원이 되는 에너지를 감소 또는 차단하는 방법과 가연물과 에너지를 이격하는 방법이 있으며, 전기설비의 점화원을 위험환경 등과 차단하여 위험을 배제하는 방법은 내압 방폭구조, 압력방폭구조, 유압방폭구조, 안전증방폭구조, 본질안전방폭구조 등이 있다.

1) 방폭구조의 종류

(1) 내압방폭 구조(Flameproof type : d)

① 원리

㉠ 내부 용기에서의 폭발이 외부로 전이되지 않도록 한 구조

② 조건

㉠ 용기가 폭발력에 견뎌야 한다. (8kg/cm²이상)

㉡ 틈새를 통한 화염 전파가 없어야 한다. ⇒ 화염일주 한계

㉢ 폭발에 의해 뜨거워진 용기외부가 주변의 가연성 가스를 점화시키지 않아야 한다.
⇒ 표시온도 등급(T1~T6)

(2) 유압방폭 구조(Oil Immersed type: O)

① 원리

㉠ 점화원의 우려가 있는 부분을 기름 속에 넣어서 상부의 폭발성 가스 및 증기에 인화될 우려가 없도록 한 것

② 조건

㉠ 항상 필요 유량 유지

㉡ 유면 온도 상승에 대한 관리 필요

(3) 압력 방폭 구조 (Pressed type : P)

① 원리

㉠ 용기 내를 불활성 가스로 가압하여 외부 가연성 가스의 침입을 막는 구조

② 조건

㉠ 불활성 가스 주입하여 내압이 일정하도록 관리 하는 것이 매우 중요

㉡ 내압 - 약 50Pa 정도 가압

(4) 안전증 방폭 구조(Increased safety type : e)

① 원리

㉠ 점화원의 우려가 있는 부분을 기계적, 전기적 안전도 및 온도상승에 대한 안전도를 증가시킨 것

② 예

㉠ 절연을 강화하거나 단자대 설치

㉡ 허용전류 이상의 전선 두께 사용

③ 대상기기

㉠ 안전증 변압기, 안전증 접속단자, 안전증 측정기기

④ "e"방폭형과 "N"방폭형과의 차이점은 다음과 같다.

㉢ "N"형 전기기기는 정상 운전상태에서 전기기기의 스파크가 발생하는 부위를 비점화형으

로 하거나 특수 용기로 밀폐시킨 구조이다.

- ㉞ "e"형은 전동기, 변압기 등의 고장시와 과부하 상태를 고려하나 "N"은 고려하지 않는다.
- ㉟ "e"형구조는 온도제한과 전기기기의 전동기 권선 등에서 온도상승 속도를 고려하나, "N"은 고려하지 않는다.
- ㊱ "e"형 구조는 1종지역에서 사용 가능한 방법이나, "N"형은 2종장소용으로 개발된 것이다.

(5) 본질안전 방폭 구조(Intrinsic safety type : i)

① 원리

- ㉞ 정상 시 또는 고장 시 발생하는 전기불꽃 등이 폭발성 가스, 증기에 점화되지 않는 것이 점화시험 등에 의해 확인된 구조

② 장점

- ㉞ 별도의 유지관리가 필요 없는 가장 신뢰도 높은 방식

③ 본질안전방폭구조는 점화능력이 발생되지 못하도록 특수고장을 고려하여 Ex "ia"와 기계설계시 안전요소를 고려한 Ex "ib" 2가지 종류로 구분

㉞ Ex "ia"

- 정상운전 상태에서 단독고장, 각각의 병행고장시 점화원이 발생되지 않도록한 구조로서 안전요소는 단독고장은 1.5, 병행고장시 1.0을 고려한다.
- 0종 장소에 일반적으로 사용하고 있으며 보호용기로 또는 안전요소를 배가시킨 구조이다.

㉟ Ex"ib"

- 정상상태에서 또는 단순고장 상태에서 점화원이 발생되지 않는 구조로 "ib"구조는 0종 장소에서는 사용할 수 없다.

본질안전방폭구조에 사용되는 전원의 제한조건은 다음과 같다.

- 위험지역에서 30V, 50mA 이하가 필요한 기기는 본질안전방폭구조로 가능하다.
- 전원이 50V, 150mA, 3W 이상인 경우 본질안전이 불가능하다.

화학공장의 측정계기에 사용되는 Analogue signal은 일반적으로 30V DC 이하에서 4~20mA범위에서 작동하므로 본질안전방폭구조로서 적합 하다.

(6) 기타구조

① 비점화 방폭구조(Non-sparking type : n)

- ㉞ 정상 작동상태에서 주변의 폭발성 가스 또는 증기에 점화시키지 않고, 점화시킬 수 있는 고장을 일으키지 않는 구조

- ㉞ 구분
 - 스파크가 발생하지 않는 전기기기(Ex nA)
 - 접점이 통기제한 용기 이외의 용기에 보호되는 아크, 스파크 또는 고온 표면을 발생하는 전기기기 (Ex nC)
 - 통기제한 용기 (Ex nC)

- ㉞ 보호방법
 - 수납 차단 기구(Enclosed-break Device)
 - 비점화부품(Non-incendive Component)

- 용융 밀봉기구(Hermetically-sealed Device)
- 밀폐 밀봉기구(Sealed device)
- 에너지 변환기기 및 회로(Energy limited Apparatus and circuit)

② 몰드방폭 구조 (Encapsulation type : m)

- ㉠ 폭발성 가스 또는 증기에 점화시킬 수 있는 전기 불꽃이나 고온 발생부분을 컴파운드로 밀폐시킨 구조
- ㉡ 정격전압 1kV이하의 전기기기에 적용
- ㉢ 컴파운드 - 열경화성 수지, 열가소성 수지, 에폭시 수지, 탄성물질 등과 같은 첨가물 또는 충전재료 사용되는 응고될 수 있는 물질
- ㉣ 사용장소 - 1종, 2종 장소

③ 충전방폭구조(Power filling type : P)

- ㉠ 점화원이 될 수 있는 전기불꽃 또는 아크, 고온 부분을 용기 내부 적정 위치에 고정
→ 그 주위에 충전 물질 충전
- ㉡ 폭발성 가스 및 증기의 유입을 어렵게 하고, 폭발성 가스 또는 증기에 인화되지 않는 구조
- ㉢ 사용장소 : 1종, 2종 장소

2) 가스증기 방폭구조의 공통 사항

(가) 일반사항

방폭전기기기는 용기 내부의 콘덴서 잔류 에너지가 다음에서 정한 값 이하로 방전되기전에 또는 구성부품의 온도가 해당 방폭전기기기의 온도등급에 따라 최고표면온도의 상한값보다 낮게 되기전에 용기를 열 수 있는 구조인 경우는 전원 차단후 일정기간이 지난 다음 용기를 열어야 한다는 주의명판이 부착되어 있어야 한다.

- 그룹 IIA의 방폭전기기기에 대해서는 0.2[mJ]
- 그룹 IIB의 방폭전기기기에 대해서는 0.06[mJ]
- 그룹 IIC의 방폭전기기기에 대해서는 0.02[mJ]

(나) 죄임나사류

- 방폭전기기기의 방폭구조를 구성하는 부분의 죄임부 및 절연되지 않는 충전부분의 접촉을 방지하기 위하여 필요한 부분의 죄임용 나사류는 특수공구를 사용하지 않으면 풀림 또는 분해할 수 없어야 한다.(이를 정체 구조라 한다.)
- 경합금제 용기에 사용되는 죄임나사는 해당 죄임나사의 재료가 용기의 재료로 적합한 경우에는 경합금제 또는 기타의 재료로 할 수 있다.
- 조정, 점검, 기타 작업상의 이유에 의하여 사용중에 열릴 가능성이 있는 뚜껑을 고정하기 위하여 용기에 설치된 나사구멍은 나사산의 형상이 용기의 재료에 적합한 경우에 한해 경합금에 탭을 낸 것으로 할 수 없다.

(다) 인터록 장치

방폭성능을 유지하기 위한 인터록 장치는 일반공구를 사용하여 쉽게 인터록을 해체 할 수 없는 구조이어야 한다.

(라) 접지단자

- 방폭전기기기는 용기의 내측, 접속단자 근처에 접지단자가 있어야 한다.
- 금속제 용기의 방폭전기기기는 (가)의 접지단자 외에 용기 외부에 접지단자가 있어야 한다. 단, 방폭전기기기가 이동하여 사용되고 또한 접지선을 조립한 케이블에 의하여 전력이 공급되는 것에 있어서는 이에 적용되지 않는다.
- 방폭전기기기에 있어서 2중절연의 전기기기로 접지를 필요로 하지 않는 것 또는 금속제 전선관을 금속제 용기에 나사죄임하여 이것을 접지선 대신 사용하는 전기기기로 개별 접지할 필요가 없는 기기에서는 접지단자를 설치하지 않아도 된다.

(마) 접속단자부 및 단자함 등

외부전선을 접속할 필요가 있는 방폭기기는 본체용기 또는 단자함내에 접속단자부가 설치되어 있어야 한다. 단, 해당 방폭기기에 인출케이블이 접속되어 제작된 경우는 이에 적용되지 않는다.

(바) 외부 전선의 인입부

- 케이블 인입부는 고무탄성체패킹, 경화성수지, 또는 콤파운드, 금속패킹 (금속케이블의 경우)을 이용하는 등의 방법에 의해 확실하게 밀봉되어 있어야 한다.
- 가요성 케이블의 인입부는 케이블을 그 인입축에 대하여 어느 방향이든 90°구부렸을 경우에도 케이블을 손상시키는 날카로운 부분이 없고 구부러진 반경이 해당 케이블 인입부에 사용되는 최대케이블 직경의 $\frac{1}{4}$ 보다 작게 될 염려가 없어야 한다
- 정격사용시에 케이블 또는 절연전선의 온도가 케이블인입부 또는 전선관인입부에서 인입부의 온도가 70[℃] 또는 용기내부에서 선심의 분기부분에 80[℃]를 초과하는 경우에는 케이블 또는 절연전선 선정시 주의사항에 대한 명판을 방폭전기기기의 외면에 부착하여야 한다.

(사) 개폐장치

- 직류회로에서는 기름에 젖는 접점이 있는 개폐장치는 사용하지 않아야 한다.
- 단로기는 그 부근에 부하상태로 조작해서는 안된다는 주의 명판이 부착되어 있어야 한다.
- 단로기가 있는 개폐장치에는 당해 단로기의 모든 극이 동시 차단되고 외부에서 개폐상태를 볼 수 있거나 개로상태가 확실히 표시되어야 한다. 이 경우에 단로기와 개폐장치카바 또는 문 사이에 인터록이 설치되었을 때에만 열 수 있어야 한다.
- 개폐접점이 있고 원격조작으로 작동되는 장치를 수용하는 용기의 카바에 있어서 해당 카바를 열었을 때에 용기 등에 신체 등이 접근할 수 있는 것은 다음의 ①또는 ②의 구조이어야 한다.
 - ① 카바의 개폐가 단로기 개폐와 인터록되어 있어야 한다.
 - ② 통전 중 카바를 열어서는 안된다는 주의명판이 부착되어 있어야 한다.

(아) 퓨즈

퓨즈를 설치하는 용기는 퓨즈링크의 삽입 또는 분해는 무전압일 때에만 실시할 수 있고 또한, 용기가 완전히 닫힐 때까지 퓨즈에 통전되지 않도록 인터록되어 있어야 한다. 단 통전중은 열어서는 안된다는 뜻의 주의 명판을 용기에 부착한 경우는 인터록을 설치하지 않아도 된다.

(자) 접속기

접속기는 접속부가 통전되고 있을 때는 플러그를 분리할 수 없고 또한, 플러그와 리셉터클이 분리되어 있을 때는 접속부에 통전될 수 없게 인터록되어 있어야 한다. 플러그와 리셉터클이 정체되어 있는 고정방법에 의하여 고정하고, 또한 통전중은 분리해서는 안된다는 주의명판이 부착되어 있는 경우에는 적용하지 않는다.

(차) 조명기구

- 조명기구의 광원은 램프보호카바에 의하여 보호되어야 하고 이경우에 광원은 가드에 의하여 보호되는 것이 바람직하다.
- 조명기구는 해당 조명기구의 광원을 설치하는 용기를 여는 경우에 소켓트의 모든 극이 자동적으로 차단되는 장치를 구비한 것이던가 또는 열어서는 안된다는 표시의 주의명판이 부착되어 있어야 한다.

(카) 휴대전등 및 모자등

- 휴대전등 및 모자등 재료는 전지의 전해액에 대하여 화학적으로 견딜 수 있는 것이어야 하고 또한, 휴대전등 및 모자등은 어떠한 경우에도 전해액이 누설될 염려가 없는 구조이어야 한다.
- 광원과 전지가 개별의 용기에 들어 있을 경우에는 케이블 인입 및 접속 케이블은 이들 부분의 방폭성능이 손실되지 않고 150N의 인장하중에 견딜 수 있어야 하고 또 접속케이블은 내유성, 내난연성 시이즈로 보호되어야 한다.

3) 방폭지역 구분의 적용 제외

(가) 방폭지역 내의 제어실

각종 전기기기 및 제어반을 수용하고 있는 변전실, 제어실 등은 가능한 방폭지역으로부터 충분히 이격하여 설치하는 것이 이상적이나, 공간관계로 이격거리를 충분히 확보할 수 없거나 공정제어상 부득이 방폭지역내에 설치하게 될 경우에는 변전실, 제어실의 모든 전기설비를 방폭형으로 하여야 하나, 적합한 방폭형 기기의 제작 곤란과 과중한 경제적 부담으로 현실적이지 못하다. 따라서 방폭지역내에 위치한 제어실에는 실내에 깨끗한 공기를 불어넣어 항상 일정한 수준 이상의 양압을 유지토록 함으로서 외부의 폭발성 가스의 침입을 방지하여 비방폭지역으로 함으로서 방폭형 전기설비를 설치하지 않고 일반형으로 설치하여 사용하는 것이 훨씬 경제적이다.

(나) 양압유지

방폭지역 내에 있는 제어실에 양압을 유지하는 방법으로 냉·난방용 공기조화 설비가 사용되며, 이는 다음과 같이 시설되어야 한다.

- ① 제어실의 개구부를 닫은 상태에의 내부압력을 25파스칼(0.187mmHg, 2.5mmH₂O) 이상

유지

② 개방 가능한 모두 개구부를 개방한 상태에서 0.3m/sec 이상의 속도로 실내의 공기방출

(다) 공기조화 설비

공기조화설비는 제어실의 내부 또는 외부에 설치할 수 있으나 외부 또는 제어실 벽면에 설치할 경우에는 방폭형을 사용하여 다음과 같이 시설되어야 한다.

① 가연성 가스탐지기를 제어실 내에 설치

② 공기조화 설비에 양압이 유지되지 않을 경우 조작에 필요한 팬전동기 및 스위치 설치

③ 양압용 팬전동기의 전원은 제어실 조작전원 스위치보다 상단회로에서 인출

④ 제어실이 1종지역에 위치할 경우에는 양압실패시 강제 송기를 하고, 모든 제어전원의 차단 만약, 공정 특성상 제어전원을 차단하지 못하는 경우에는 양압용 공기조화 설비를 다중화 해야 한다.

⑤ 지속적으로 가스검지기 및 연기 검출기로 가연성가스 또는 유독증기를 검출하여 경보장치가 동작되도록 해야하며, 검출될 경우에는 상황에 따라 공기조화 설비가 작동정지 되도록 하여야 한다.

(라) 공기송급

공기조화 설비의 공기송급은 양압 유지뿐만 아니라 제어실 근로자의 쾌적함과 제어실내의 설비 부식방지 및 폭발성 가스의 침입방지를 위한 것이므로, 다음과 같이 시설되어야 한다.

① 공기조화 설비의 흡입구를 가연성가스, 증기, 기타 오염된 공기가 없는 곳에 설치 만약, 제어실이 공정지역 가운데에 위치한 경우는 비가연성, 비부식성 재질의 덕트를 사용하여 흡입하고,

② 공기중의 부유입자 및 부식성 증기를 흡수하는 필터를 흡기구에 설치

3. 방폭구조의 선정

1) 방폭지역 구분의 절차

(1) 방폭지역의 구분 목적

① 주위 환경을 분석하고 분석된 위험도에 따라 분류하여 가스 또는 분진의 종류 및 온도 등급에 따라 전기설비를 설치하고자 하는 것이다.

② 폭발성가스의 생성확률이 적은 장소에서는 낮은 규격의 전기설비를 설치하고자 하는 것이다.

(2) 구분의 기본 방침

방폭지역 구분의 기본은 위험물질의 누출원과 누출정도를 평가하는 것이다

① 가연성 물질의 존재를 파악하는 것이 필요

② 공정내 어떤 기기가 가연성 물질을 취급하느냐와 누출의 가능성을 검토

(3) 방폭지역 범위 결정 요소

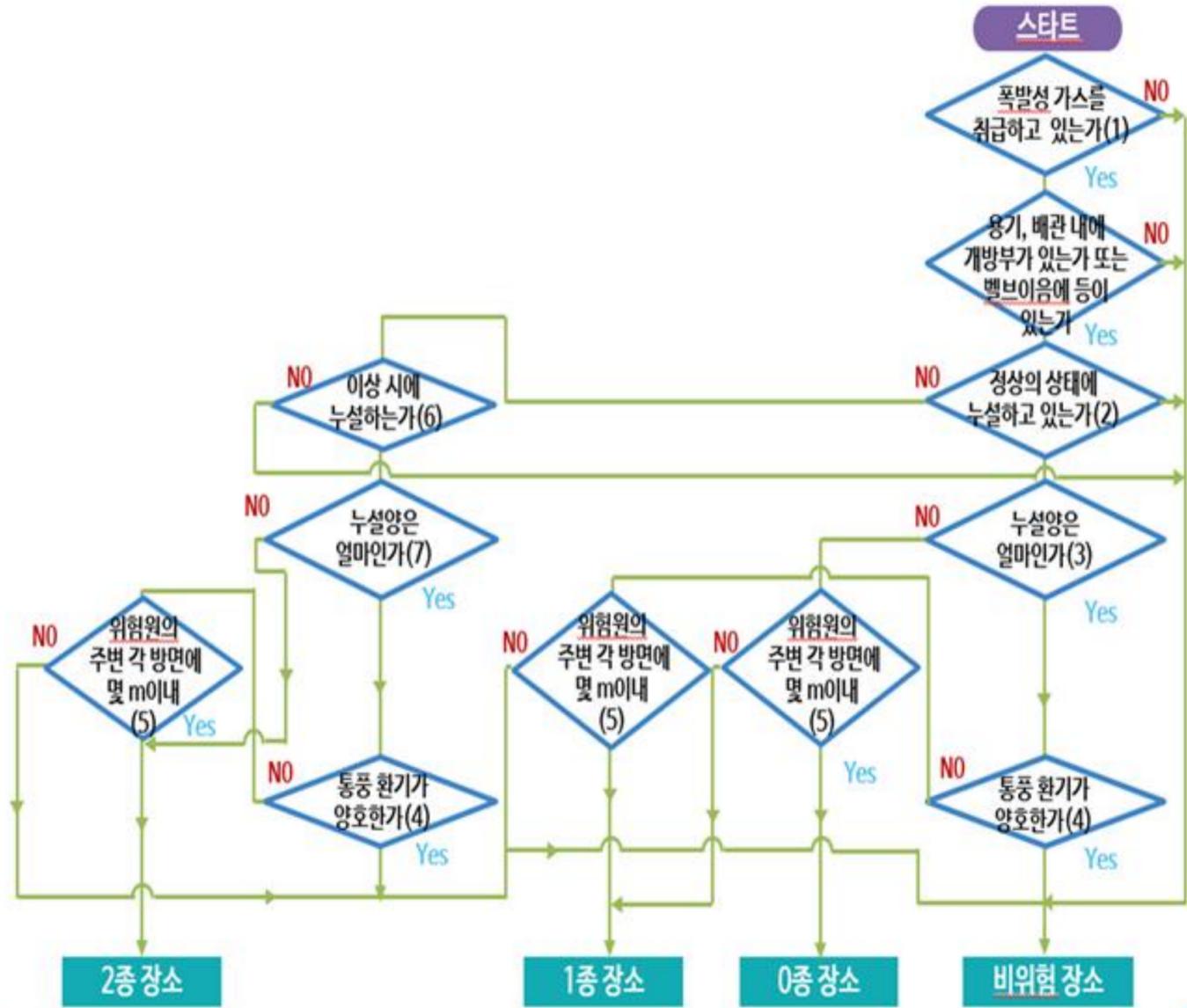
㉠ 가연성 또는 폭발성 물질의 취급량

㉡ 물질의 증기 밀도

㉢ 물질의 온도

- ㉔ 처리 또는 저장압력
- ㉕ 누출규모
- ㉖ 환기
- ㉗ 취급물질의 특성, 환기 및 휘발성, 건물의 특성 등

※ 방폭지역 결정을 위한 Flow Chart



- (주) (1) 폭발성가스의 종류 및 위험원마다 측정한다.
- (2) 정상상태에서 누설하고 있다는 것은 탱크의 상부, 밸브류의 그랜드 등을 말한다.
- (3) ① 밸브의 그랜드와 같이 극히 적은 것은 YES로 될 수 있다.
 ② 누설량은 폭발성가스의 종류마다 사용자가 결정한다.
- (4) 통풍, 환기의 양호 또는 불량은 위험원마다 환경에 의해 결정한다.
- (5) 거리는 폭발성가스의 종류마다 사용자가 안전측면에서 정한다.
- (6) ① 이상상태로 되는 빈도는 위험원마다 다르기 때문에 신중하게 검토한다.
 ② 지진, 탕풍은 고려하지 않는다.
 ③ 이상상태시 누설되는 것으로서의 배관의 프랜지부 등이 있다.
- (7) 일반적으로는 대량 누설될 가능성은 없다.

2) 방폭지역 여부 결정

(1) 위의 기본개념에 따라 다음의 장소는 방폭지역으로 구분하여야 한다.

- ① 인화성 또는 가연성의 가스나 증기가 쉽게 존재할 가능성이 있는 지역
- ② 인화점 40[℃]이하의 액체가 저장·취급되고 있는 지역
- ③ 인화점 65[℃]이하의 액체가 인화점이상으로 저장·취급될 수 있는 지역
- ④ 인화점 100[℃]이하 액체의 경우 해당 액체의 인화점 이상으로 저장·취급되고 있는 지역

(2) 인화성/가연성 액체의 분류

㉞ 인화점 40[℃] 이하의 액체

- ① 누설되면 인화점이 낮은 액체일수록 빠르게 기화되고 공기와 혼합하여 위험분위기를 생성

② 방폭지역 설정 검토

㉟ 인화점 40[℃] 초과 65[℃] 이하의 액체

- ① 상온의 이들 액체는 누설되어도 위험분위기를 없음
- ② 인화점 이상의 환경에서 방폭지역 설정을 검토

㊱ 인화점 65[℃] 초과 100[℃] 이하의 액체

- ① 상온의 이들 액체는 누설되어도 위험분위기를 없음
- ② 인화점 이상의 액체가 누설되면 위험분위기의 생성이 어려움

㊲ 인화점 100[℃] 이상의 액체

- ① 인화점 이상으로 취급되더라도 설비 주위의 방폭지역은 고려하지 않음
- ② 설비의 내부만 방폭지역 설정을 검토

(3) 방폭구조 선정시 고려사항

① 사용장소

옥내와 옥외의 구분

② 기후조건

주위온도 (최고, 최저 등), 상대습도 등

③ 환경조건

① 대기압, 습기, 부식성 가스, 분진 등

② 진동의 유무

(4) 위험장소의 종별과 폭발성 가스 또는 분진 등의 명칭

(가) 방폭 전기기기의 선정요건

① 방폭 지역의 위험 등급 : 0종, 1종, 2종 장소

② 가스 등의 발화 온도

③ 내압 방폭 구조의 경우 : 최대 안전률새

④ 본질 안전 방폭 구조의 경우 : 최소 점화 전류

⑤ 압력, 유입, 안전중 방폭 구조 : 최고 표면 온도

⑥ 주변의 온도, 표고, 상대습도 변화, 부식성 가스 또는 습기 환경조건

⑦ 가스 등의 발화온도 분류와 적절히 대응하는 온도 등급의 것

⑧ 2종류 이상의 가스 존재 시 가장 위험도 높은 물질의 위험 특성과 적절히 대응하는

방폭구조

㉑ 방폭 성능에 영향을 줄 우려가 있는 전기기기는 사전에 적절한 전기적 보호 장치 설치

(나) 선정원칙

① 가스방폭 구조

㉒ 0종 장소

㉓ 본질안전방폭구조(ia)

㉔ 0종 장소에서 허가된 방폭구조

㉕ 1종 장소

㉖ 0종 장소 방폭전기기기

㉗ 내압방폭구조(d)

㉘ 압력방폭구조(p)

㉙ 안전증 방폭구조(e)

㉚ 유입 방폭구조(o)

㉛ 본질안전 방폭구조

㉜ 충전 방폭구조(q)

㉝ 몰드 방폭구조(m)

㉞ 1종 장소에서 허가된 방폭구조

㉟ 2종 장소

㊱ 0종 및 1종 장소 방폭전기기기

㊲ 비점화 방폭구조(n)

㊳ 슬립링, 정류자 등 스파크를 발생시키는 부분이 없는 회전기

㊴ 스타터 등 스파크를 발생시키는 스위치류가 없는 고정설치된 조명기구

㊵ 2종 장소에서 허가된 방폭구조

② 본질안전방폭구조를 대상으로 하는 가스 또는 증기의 분류

가스 또는 증기의 최소점화전류비의 범위	가스 또는 증기의 분류
0.8초과	II A
0.45이상 0.8이하	II B
0.45미만	II C

③ 인화성 물질의 증기 및 가연성가스의 분류

발화도 폭발등급	T1	T2	T3	T4	T5	T6
II A	아세톤 암모니아 일산화탄소 에탄 초산 초산에틸 톨루엔 프로판 벤젠 메타놀 메탄	에타놀 초산인펜틸 1-부타놀 무수초산 부탄 클로로벤젠 에틸렌 초산비닐 프로필렌	가솔린 핵산 2-부타놀 이소프렌 헵탄 염화부틸 이소프렌	아세트 알데히드, 디에틸 에틸르, 옥탄		아질산에틸
II B	석탄가스 부타디엔	에틸렌 에틸렌옥시드	황화수소			
II C	수성가스 ,수소	아세틸렌			이황화탄소	질산에틸

(5) 방폭구조 및 등급 : 방폭구조의 종별과 폭발등급, 발화도

① 방폭전기기계기구 KS코드

KS code	제목
KS C IEC 60079-0	일반사항
KS C IEC 60079-1	제1부 내압방폭구조
KS C IEC 60079-2	제2부 압력방폭구조
KS C IEC 60079-5	제5부 충전방폭구조
KS C IEC 60079-6	제6부 유입방폭구조
KS C IEC 60079-7	제7부 안전증방폭구조
KS C IEC 60079-11	제11부 본질안전방폭구조
KS C IEC 60079-15	제15부 비점화방폭구조
KS C IEC 60079-18	제18부 몰드방폭구조

② 폭발성가스의 발화도

발화도 등급		발화점 [°C]
KSC 0906	IEC 79	
G1	T1	450초과
G2	T2	300~450
G3	T3	200~300
G4	T4	135~200
G5	T5	100~135
-	T6	85~100

③ 내압방폭구조 대상으로 하는 가스 또는 증기의 분류

KSC	폭발등급	1	2	3
	틈의 폭[mm]	$W > 0.6$	$0.6 \geq W \geq 0.4$	$W < 0.4$
IEC	폭발등급	II A	II B	II C
	틈의 폭[mm]	$W \geq 0.9$	$0.9 > W > 0.5$	$W \leq 0.5$

(6) 전기특성 (상의 수, 전압, 전류, 주파수, 용량), 공급전원특성

(7) 운전정격 : 연속정격, 단시간정격, 간헐상요 정격, 반복정격

(8) 보호장치

① 통풍장치의 고장, 냉각수의 단수, 감수시의 경보 또는 운전정지용

② 기기 각부의 온도가 고온이 된 경우의 경보 또는 운전정지용

3) 방폭전기기기의 표시방법

① 제조자의 이름 또는 등록 상표

② 제조자의 형식 식별

③ 전기기기가 KS규격에 의한 한 가지 이상의 방폭구조에 해당됨을 나타내는 Ex기호

④ 사용되는 방폭구조에 대한 기호

⑤ 전기기기의 그룹기호

⑥ 그룹II전기기기의 경우, 온도등급을 나타내는 기호

⑦ 일련번호

⑧ 인증서 발급기관이나 마크와 인증번호

⑨ 안전한 사용을 위한 특별한 조건

⑩ 기타표시

(1) 방폭전기기기의 표시방법

방폭전기기기는 라벨, 금속박판 또는 각인 등 잘 지워지지 않는 방법으로 전기기기 외함

의 보기 쉬운 곳에 부착해야 하고, 표시방법은 다음과 같음

Ex		II						
방폭구조		기호		분류		기호		
내	압	산업용 II	가스 · 증 기	A	온도등급	T1 T2 T3 T4 T5 T6		
압	력			B			보호등급	IP ○○
안	전			C				
유	입		분진	11			기타사항	
본	질	12						
특	수	13						
특	수							
보	통							
방	진							
특	수							

(2) 표시 예

EX d IIB T₃

EX d - 내압방폭구조

IIB - 공장, 사업장용으로 폭발등급 B 등급

T₃ - 발화온도 200℃ 초과 300℃ 미만

(3) 사용되는 각 방폭구조에 대한 기호

① 폭발위험장소에 설치하기 적합한 관련 전기기기의 경우, 방폭구조의 기호를 []로 표시한다.

예) EX d[ia] IIC T₃

② 폭발위험장소에 설치하기 부적합한 관련 전기기기의 경우, EX기호와 방폭구조의 기호를 모두 []로 표시한다.

예) [EX ia] IIC

㉞ 폭발위험장소에 설치하기 부적합한 관련 전기기기의 경우, 온도 등급을 넣지 않는다.

㉟ 이 규격 또는 동등한 안전성이 요구되는 KS C IEC 60079의 다른 규격을 완전히 만족시키지 못하는 전기기기는 'S'기호로 표시해야 한다.

(4) 전기기기의 그룹 기호

① 전기기기의 그룹 기호

㉞ 폭발성 메탄가스의 광산용 전기기기 : 그룹 I

㉟ 폭발성 메탄가스의 광산 이외의 폭발성 가스 분위기에서 사용하는 전기기기 : 그룹 II 또는 그룹 IIA, 또는 IIB, 또는 IIC

㊱ 특정한 가스에만 사용하는 전기기기의 경우, 기호 II다음에는 화학식 또는 가스명을 괄호로 표시해야 한다.

③ 전기기기가 특정 그룹의 전기기기에 사용하기 적합한 것에 추가하여 특정가스용으로 사용하는 경우 그룹 다음에 "+"기호를 넣고 그 다음에 화학식을 표기한다.

예) "IIB+H₂"

④ "IIB" 표시가 되어있는 전기기기는 그룹 II A 전기기기의 용도에 적합하다.

"IIC" 표시가 되어있는 전기기기는 그룹 II A, II B 전기기기의 사용장소에 적합하다.

(5) 그룹 II 전기기기의 경우, 온도등급을 나타내는 기호

① 제조자가 최고표면온도를 두 온도등급 사이에 지정하고자 할 때는 최고 표면온도만 °C로 표현하거나 또는 최고표면온도를 °C로 표현하고 최고온도 등급을 괄호 안에 표시할 수 있다.

예) T1 또는 350°C 또는 350°C(T1)

② 최고표면온도가 450°C보다 높은 그룹 II 전기기기의 경우에는 최고표면온도만 표시한다

예) 600°C

참고)

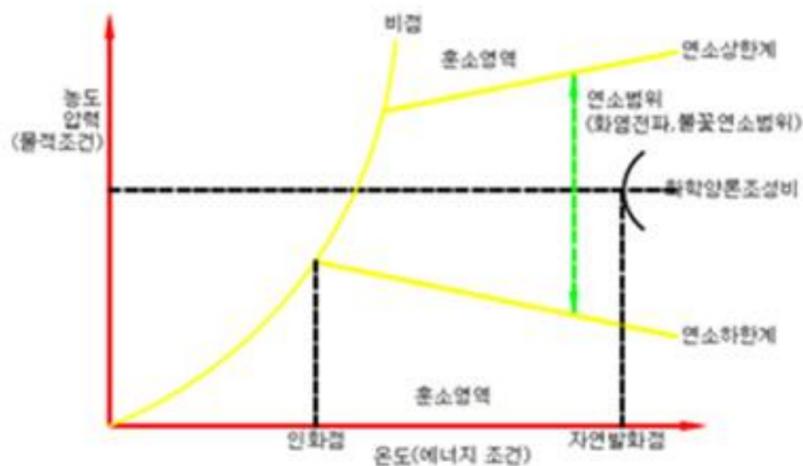
연소한계

1. 개요

- ① 물질이 발화연소하기 위해서는 물적조건과 에너지조건이 필요한데,
- ② 물적조건은 연소범위와 에너지조건은 발화온도, 발화에너지와 관련이 있다.
- ③ 연소한계는 발화, 연소에서 폭발에 이르기까지 물적조건을 기초가 되므로 대단히 중요하며
- ④ 연소한계는 그것에 영향을 주는 요인을 토대로 화재 및 폭발 재해를 예방하고 제어할 수 있는 대책을 수립할 수 있다.

2. 연소한계

1) 정의



- ① 외부 입열로 인해 계내 온도가 상승하면 물적 조건인 농도 압력은 상승하게 되는데 일정한 농도인 연소범위에 도달하게 되면 화염은 전파하게 된다. 이때의 만나는 점이 물적 조건과 에너지 조건의 최소값이 된다.(이때 에너지의 최소값이 인화점이다.)
- ② 상한계와 하한계가 있으며, 그 사이 공간을 화염전파공간이라 한다.
- ③ 연소하한계 이하에서도 용이하게 산화되지만, 산화에 따른 반응열이 작아 가연물의 분해 증발율이 낮아 기상반응이 아닌 표면반응 즉, 작열 연소를 하기 때문에 화염전파가 일어나지 않는다.

2) 영향요소와 이를 통한 제어대책

(1) 영향요소

- ① 온도영향

- ㉞ 아레니우스식(반응속도) $V = C \cdot e^{-\frac{E}{RT}}$
 화학반응을 온도가 10℃ 상승하면 반응속도가 2배로 증가되고 폭발범위도 온도상승에 따라 확대되는 경향
- ㉟ 즉, 물적조건은 에너지조건에 따라 변하므로, 어떤 온도에서 연소범위에 들지 않았던 상태가 온도상승에 따라 연소범위를 형성
- ㊱ 온도상승에 따른 연소범위 변화식
 $LFL = LFL_{25℃} \times \{1 - 0.0008(t - 25)\}$
 $UFL = UFL_{25℃} \times \{1 + 0.0008(t - 25)\}$
- ② 압력변화
 - ㉞ $\frac{PV}{T} = C$ (보일샤를의 법칙)에서 온도와 압력은 밀접한 관계
 - ㉟ 압력이 상승하면 분자 내 유효 충돌 횟수 증가로 연소범위 넓어짐
- ③ 산소농도
 - ㉞ 공기 중 산소농도는 약 21%이며, 농도가 높아지면 연소범위가 넓어지고 농도가 작아지면 불활성화가 된다.(연소범위 축소 및 소멸)
- ④ 불활성 기체
 - ㉞ 공기 중 불활성 기체를 투입하면 산소농도 감소로 불활성화(연소범위 축소, 소멸)

(2) 제어대책

- ① 온도
 - ㉞ 석유화학공장에서 활성화에너지가 낮은 정촉매의 사용은 반응을 가속시켜 계내 온도의 급격한 상승을 유발하여 반응폭주 발생.
 - ㉟ 공정 내에 적절한 냉각을 통해 온도제어가 필요.
- ② 압력
 - ㉞ 석유화학공장의 저장탱크가 외부 입열에 의해 계내 부피팽창으로 압력이 상승하면 낮은 온도에서도 발화, 연소 위험발생
 - ㉟ 탱크 주변의 냉각을 위해 물분무, 수막설비 필요
- ③ 산소, 불활성 가스
 - ㉞ 화재 및 폭발의 예방을 위해 최소산소농도(MOC)이하로 하여 연소범위 형성을 제어

3. 결론

- ① 가연물의 농도와 산소의 농도를 조절하여 연소범위를 제어하는 것을 불활성화라 한다.
- ② 화재, 폭발예방을 위한 불활성화도 연소범위를 활용한 것이므로, 연소범위는 소방에서 대단히 중요하다.

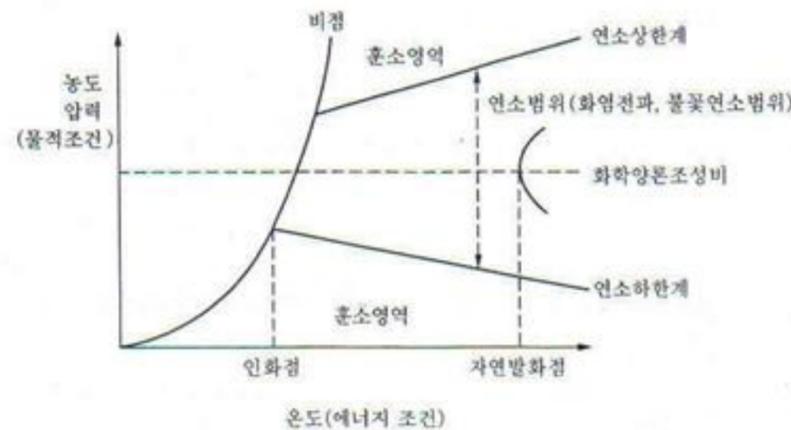
인화점과 폭발한계와의 관계

1. 개요

- ① 연소한계(폭발한계)는 발화·연소에서 폭발에 이르기까지 물적조건의 기초가 되므로 화재소방분야에서 대단히 중요하다.
- ② 인화점은 인화성액체가 외부점화원에 의해 가열되어 연소한계(폭발한계)를 형성하면서 순간 발화하는 최저온도이기 때문에
- ③ 인화점은 액체가연물의 화재위험성을 평가하는 중요한 척도가 된다.

2. 인화점과 폭발한계와의 관계

1) 폭발한계



- ① 외부 입열로 인해 계내 온도가 상승하면 물적 조건인 농도 압력은 상승하게 되는데 일정한 농도인 연소범위에 도달하게 되면 화염은 전파하게 된다. 이때의 만나는 점이 물적 조건과 에너지 조건의 최소값이 된다.(이때 에너지의 최소값이 인화점이다.)
- ② 상한계와 하한계가 있으며, 그 사이 공간을 화염전파공간이라 한다.
- ③ 연소하한계 이하에서도 용이하게 산화되지만, 산화에 따른 반응열이 작아 가연물의 분해 증발율이 낮아 기상반응이 아닌 표면반응 즉, 작열 연소를 하기 때문에 화염전파가 일어나지 않는다.

2) 인화점

- ① 인화점은 인화성 액체가 외부점화원에 의해 가열되어 가연성 혼합기를 형성하면서 순간 발화하는 최저온도를 의미한다. 즉 물적 조건을 형성하는 최저온도

3) 인화점의 소방·방재측면에서의 의미

(1) 화재·폭발 예방

- ① 위험물 저장, 취급시설 또는 대단위 석유화학공장의 경우 내부적으로 많은 점화원이 존재한다.
- ② 취급하는 액체가연물의 인화점을 알게 되면 인화점 이하로의 물적, 에너지조건 제어를 통해 화재·폭발위험을 사전에 예방할 수 있다.

(2) 위험도 판정

- ① $H = \frac{UFL - LFL}{LFL}$ (UFL : 연소상한계, LFL : 연소하한계)
- ② 인화점이 낮을수록 연소범위가 넓을수록 위험하다.
- ③ 따라서, 인화점(LFL)은 인화성액체의 화재, 폭발위험성을 평가하는 중요한 척도가 된다.

(3) 석유류의 인화점과 저장탱크

- ① 상온에서의 액온이 인화점 이상일 때
 - ㉠ 탱크 상부에 항상 연소범위를 형성하고 있어 예혼합연소 형태를 띠므로 연소속도가 대단히 빠르며, 종종 폭발로 전이
 - ㉡ 때문에, 인화점이 상온보다 낮은 석유류의 경우에는 FRT 에 저장
- ② 상온에서의 액온이 인화점 미만
 - ㉠ 가열이 되어야만 연소범위를 형성하므로 예열형 연소형태를 띠며 연소는 맥동적이다.
 - ㉡ 때문에, 인화점이 상온보다 높은 석유류의 경우에는 CRT 에 저장

4) 인화점과 폭발한계와의 관계

- ① 인화점은 인화성 액체가 외부점화원에 의해 가열되어 가연성 혼합기를 형성하면서 순간 발화하는 최저온도를 의미한다. 즉 물적 조건을 형성하는 최저온도.
- ② 연소범위에서 연소하한계가 인화점이 되는데, 이는 액체가연물의 고유한 특성이며,
- ③ 인화점은 액체가연물의 화재 위험성을 평가하는 중요한 척도이다.
- ④ 따라서, 액체가연물은 점화원 관리가 중요하며, 주변시설물 및 전기기계/기구로부터 발생하는 온도 및 스파크 에너지를 인화점이하로 제어하게 되면 화재 및 폭발을 사전에 예방할 수 있다.

3. 결론

- ① 인화점은 점화원을 제거하면 연소가 중단되므로 연소를 지속하기 위해서는 5~10℃ 높은 연소점으로 가열이 필요하다.
- ② 하지만, 인화점은 화재의 시발점인 발화와 관계있으므로 보수적인 관점에서 화재예방의 기준으로 삼을 필요가 있다.

가연성 도표

1. 개요

- ① 가연성가스의 가연성은 일반적으로 가연성 도표 (삼각형 도표)를 통하여 나타낼 수 있다.
- ② 가연성가스와 산소(공기), 질소의 농도를 기준으로 삼각형 도표를 통해 농도를 나타낸다.

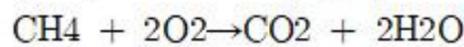
2. 작성방법

① 공기선 작성

- 산소 농도가 0인 꼭지점에서 질소농도 79%인 지점을 연결하는 선을 작성

② MOC선 작성

- 메탄의 완전 연소방정식



- $\text{MOC} = \text{LFL} \times \text{O}_2\text{몰수} = 5 \times 2 = 10\%$ (CH₄의 LFL: 5%)
- 산소축 상의 MOC에서 가연성가스선과 평행한 선을 긋는다.

③ Cst 선 작성

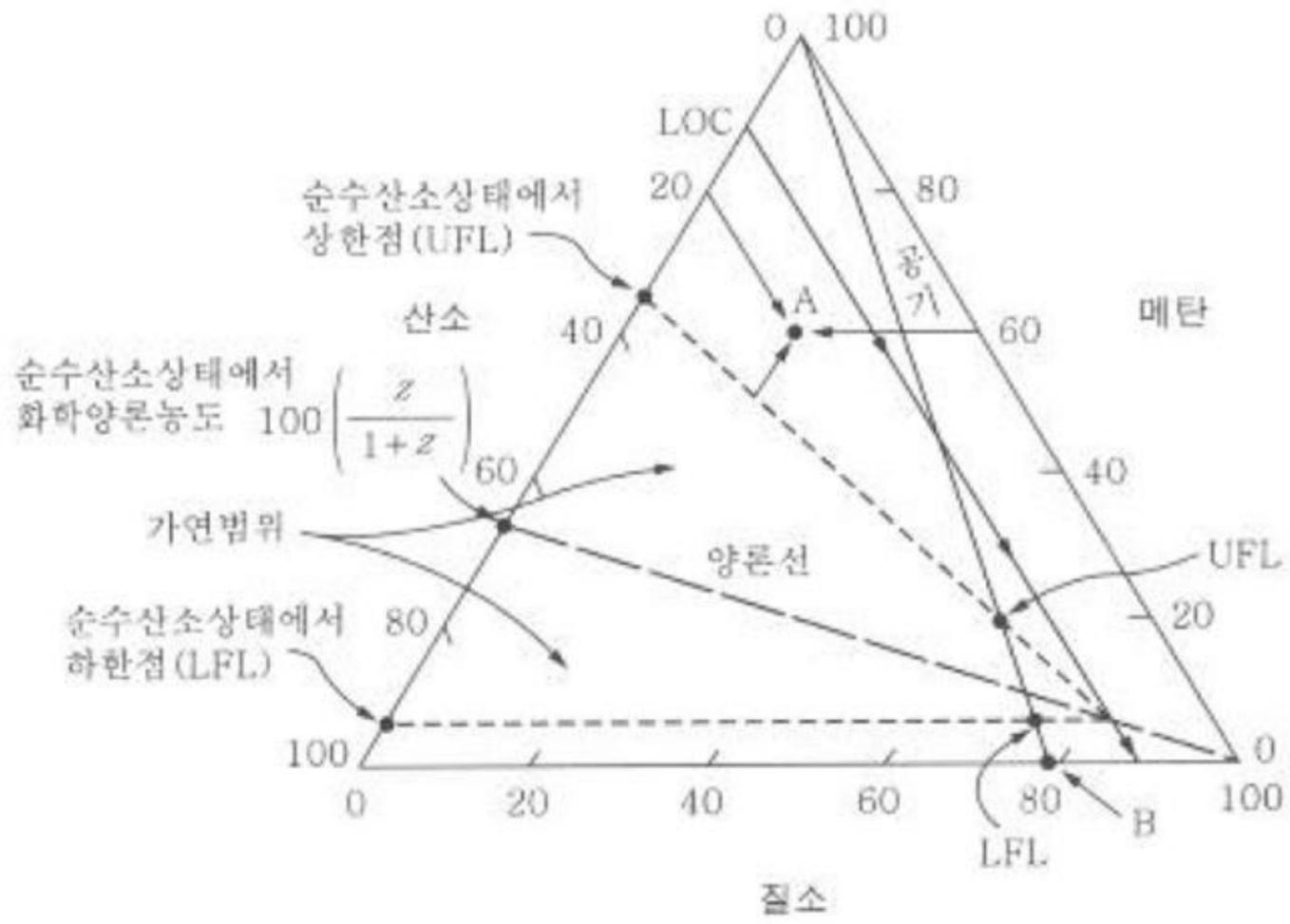
- 산소축 상의 Cst를 구하 100%의 질소점과 선을 그린다.

$$\text{산소의 Cst} = \frac{\text{O}_2\text{의 몰수}}{\text{O}_2\text{몰수} + \text{연료몰수}} \times 100 = \frac{2}{2+1} \times 100 = 66.67\%$$

④ 순수한 산소중 연소한계선 작성

- 산소축 상에 순수한 산소의 연소한계를 표시하고 MOC와 만나는 점까지 선을 그린다.

가연성 가스	순수한 산소의 연소한계	
	하한계 (LFL)	상한계 (UFL)
메탄	5.1	61
에탄	3.0	66
수소	4.0	94



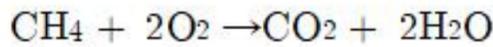
예제) 메탄이 LOC(limiting oxygen concentration)가 12 Vol% , 공기 중 LFL(lower flammable limit)는 5 Vol%, UFL(upper flammable limit)는 15 Vol%, 순수한 산소내 LOL(lower oxygen limit)는 5 Vol%, UOL(upper oxygen limit)는 60 Vol%이다. 메탄-산소-질소 삼각형 조성도표를 그리고 도표내에 가연성 범위를 표시하시오

1. 삼각형 조성도표 작성 방법

- (1) 공기 중 연소한계와 MOC(LOC), 순수산소 중 연소한계를 주어진 경우
 - ① 가연성가스, O₂ , N₂를 나타내는 삼각형 도표 작도
 - ② O₂ 0%인 점에서 N₂ 79%인 공기선 작도
 - ③ 공기선내 공기 중 연소한계(LFL, UFL) 표기
 - ④ 산소선내 순수 산소 중 연소한계(LFL, UFL) 표기
 - ⑤ 산소에 대한 화학 양론조성비를 구해 N₂ 100%인 점과 연결
 - ⑥ MOC점에서 가연성 가스선과 평행한 선을 O₂ 중 Cst과 만나도록 작도
 - ⑦ MOC선과 O₂ 중 Cst의 교점에서 각 점 연결

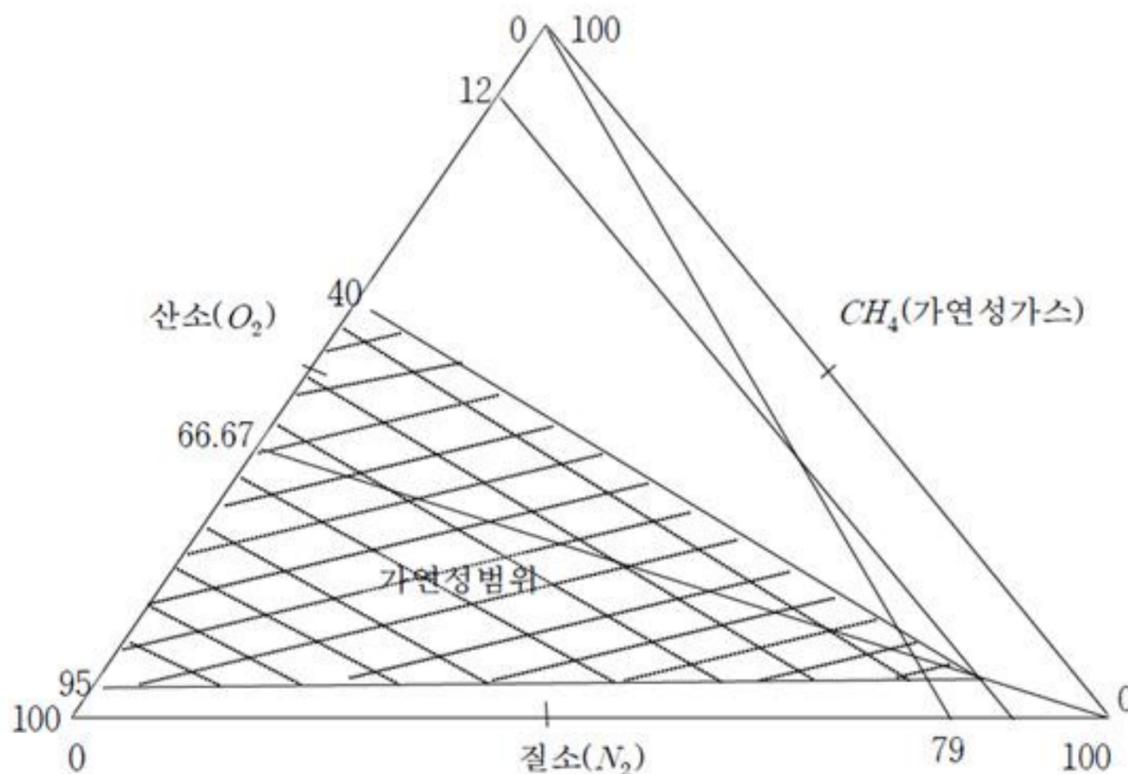
2. 삼각형 조성도표 작성

- ① 공기 중 메탄 CH₄의 연소한계 - LFL : 5 Vol% UFL : 15 Vol%
- ② O₂ 중 메탄 CH₄의 연소한계 - LFL : 5 Vol% UFL : 60 Vol%
- ③ O₂ 에 대한 화학양론조성계수 : 약 66.67Vol%



$$\text{O}_2 = \frac{\text{O}_2\text{의 물수}}{\text{O}_2\text{물수} + \text{연료물수}} \times 100 = \frac{2}{2+1} \times 100 = 66.67\%$$

- ④ MOC (LOC) = 12 Vol%
- ⑤ 삼각형 조성도표



최소발화에너지(Minimum Ignition Energy : MIE)

1. 개요

- ① 전기적 점화원에 의한 발화는 열에 의한 발화와 전기 불꽃에 의한 발화 두 가지가 있다.
- ② 전기불꽃은 에너지 강도가 높은 착화원으로 가연성 가스·증기를 발화시키기에 충분하다.
- ③ 최소발화 에너지는 가연성 가스·증기를 발화시키는데 필요한 최소에너지로 전기불꽃에 의한 인화의 발생 용이도의 기준이 된다.

2. 최소발화에너지(Minimum Ignition Energy : MIE)

1) 정의

- ① 가연성 가스·증기 등을 발화시키는데 필요한 최소에너지로서 전기불꽃에 의한 인화의 발생 용이도의 기준이 된다.

2) 측정

- ① 폭발용기에 피측정 가스를 넣은 후 축전기를 천천히 충전하면 전압이 상승하여 어느 순간에 불꽃이 생기면서 발화
- ② 그때의 전압을 측정하여 최소발화에너지를 구한다.

$$E = \frac{1}{2} C (V_1 - V_2)^2$$

(C : 콘덴서 용량 V_1 : 기체 절연파괴 전압 V_2 : 방전 종료 후 전압)

- ③ 정전용량을 연속적으로 변화시켜서 최소발화에너지를 측정할 수 있으며 또한 소염거리를 알 수 있다.

3) 영향요소

(1) 온도

- 온도가 상승하면 분자 간 운동 활발해져 MIE 작아진다.

(2) 압력

- 압력이 상승하면 분자간 거리 가까워져 MIE 작아진다.

(3) 농도

- 화학양론조성비에서 최소

(4) 난류

- 같은 유속에서도 난류의 강도 커지며 MIE 증가

(5) 소염거리

- 소염거리 이하에서는 아무리 큰 방전에너지 부여해도 방열에 의해 인화하지 않는다.

(6) 전극의 형태

- 전극의 형태에 따라 MIE가 영향 받는다.

(7) 불활성가스

- 불활성 가스 있으면 MIE 커진다.

3. 결론

- ① 최소발화에너지를 폭발예방 대책인 방폭 설비에 응용한 것이 본질안전 방폭 설비인데
- ② 이는 석유화학공장에서 폭발분위기가 조성된 장소에 사용하는 방폭 전기설비로서 발생하는 전기불꽃, 스파크를 최소발화에너지 이하로 본질적으로 방폭하는 것이다.
- ③ 이는 신뢰도는 높으나, 아직은 비경제적이며 또한 약전이 아닌 강전에서는 활용이 어려워 지속적 연구개발이 필요하다.