

제61회 소방설비기술사 시험문제 해설

(2000.5.28 시행)

본 강좌는 의제전기설비연구원(☎ 2632-4541)에서 제공하는 코너입니다. 지난 호에 이어서 제61회 출제문제 중 중요 문제풀이를 계속하여 게재합니다. 출제 문제는 지난 호(제 109 호)에 게재되어 있습니다.

문제 풀이

12. 수성막포(AFFF) 소화약제의 특성에 대하여 설명하시오.

(1) 개요

미군 해군연구소의 R. C. Tube와 3M사가 공동 개발하여 제조하였으며 1964년에 특허를 취득하였다. Light Water라고 부르며 정확한 명칭은 AFFF(Aqueous Film Forming Foam)이다. 불소계 계면활성제를 기제로 하여 안정제 등을 첨가한 것으로 화학적으로 안정하여 보존성과 내약품성이 우수하다.

(2) 수성막포의 원리

기름 위에 수성막포 거품이 방사되면 수용액에 함유되어 있는 불소계 계면활성제의 분자는 물과 기름사이에서 배향배열을 하며, 기름 위에 얇은 불소계 계면활성제의 단분자 막을 형성하고 그 위에 아주 얇게 물의 단분자 막이 형성되는 까닭에 수성막이라 한다.

막위의 거품에서 drain 되어 계속적으로 만들어

지는 액상막이 연료증가를 억누르는 역할을 한다. 따라서 거품이 깨져 버리면 막은 더 이상 형성되지 않는다.

(3) 장점

- ① 유동성이 좋은 거품과 수성막이 형성되어 초기소화속도가 빨라서 유출류 화재에 적합하다. 소화작용이 매우 신속하다.
- ② 기름에 오염되지 않아 SSI 방출방식에 의한 설비를 할 수 있다.
- ③ 내약품성으로 불화단백포 소화약제 및 분말 소화약제와 Twin Agent System이 가능하다.(병용성이 우수)
- ④ 경년기간이 반영구적이다.
- ⑤ 포형성이 용이하여 Aspirating nozzle이 아닌 전통적 방법으로도 가능하다.
- ⑥ 자기 치유성이 우수하여 포의 막이 깨어져도 막이 서로 합쳐져 연료표면을 다시 seal 한다.

(4) 단점

- ① 수성막은 단분자 상태의 얇은 막으로 되어

기름의 기화 증기압에 견디지 못하는 단점이 있어 30℃ 이상의 휘발유, hexan 등 휘발성이 높은 석유류에서는 증기압으로 인해 수성막이 파괴되어 막을 이루지 못한다.

- ② 내열성이 아주 약하다. 즉 높은 온도에서는 막이 형성되지 않는다.
- ③ 내열성이 약해서 탱크 내벽을 따라 잔불이 남게 되는 환모양의 Ring Fire 현상이 일어날 염려가 있다. 따라서 탱크설비시 탱크 측면에 Water Spray와 병행 설치하여 Ring Fire 현상을 방지할 수 있다. 소방법 기술기준에 관한 규칙에서는 특형 방출구에 수성막포의 사용을 금하고 있다.
- ④ 가격이 비싸다.

(5) 성능

- ① 단백포에 비해 약3~5배의 소화효과를 나타낸다. 빠른 소화특성은 용액의 저점도와 낮은 표면장력에 기인된다.
- ② 얇은 수성막이 장시간 지속되므로 인접해 있는 기름에 연소되는 것을 방지할 수 있다. 수성막포는 침투성을 지니고 있어서 A급 화재에도 사용이 가능하다.
- ③ 누출화재나 항공기 지상화재에서 소화성능 면에서 가장 효과가 빠른 포이다.
- ④ 가연성 액체 저장 랙크식 창고에서 스프링클러와 함께 이용될 수 있는 유일한 포이다. (NFPA 인정)

(6) 적용의 제한성

- ① 액화가스 화재에는 적용성이 없으며, 전기(C)화재에도 수용액의 전도성 때문에 사용이 불가능하다.
- ② 물과 격렬하게 반응(예: 금속나트륨)하여 위험물이 되는 물질의 화재에는 사용이 불가능하다.

(7) 결론

- ① 수성막포는 개방된 지역의 기술린화재 소화에 단백포 보다 약 3배 이상의 효율성을 지니고 있다.
- ② 수성막포는 흘러나온 유류화재를 예방하고 이의 제거작업 기간 중 화재위험으로부터 보호할 수 있다.
- ③ 수성막포는 유독하지 않으며, 부식성이 없고 pH가 중성이며, 화학적으로 안정되며, 생물학적으로 분해가 쉽다.
- ④ 수성막포는 다른 Foam이나 Dry Chemical 혹은 CO₂와 같이 병용하여 사용이 가능하다.
- ⑤ 수성막포는 화학제품이나 용매의 화재에 효과적으로 사용된다.
- ⑥ 수성막포는 A급 화재에도 효과적이며 탁월한 침투성과 습윤성 때문에 목재나 섬유, 고무와 같이 연소가 깊은 곳에 있는 화재에 사용되어 신속히 소화된다.

13. 화재·폭발에 대한 정전기 발생에서 대전에 관해 기술하고 도체와 부도체를 구분하여 발화한계를 설명하시오.

(1) 정전기 대전현상

- ① 마찰대전 : 물체가 마찰을 일으킬 때 마찰에 의해서 접촉의 위치가 이동하고 전하분리가 일어나서 정전기가 발생하는 현상이다.
- ② 박리대전 : 상호 밀착해 있는 물체가 벗겨질 때 전하분리가 일어나서 정전기가 발생하는 현상이다.
- ③ 유동대전 : 액체류를 파이프 등으로 수송할 때 정전기가 발생하는 현상이다.
- ④ 분출대전 : 분체류, 액체류, 기체류가 단면적

이 작은 개구부(노즐, 균열 등)에서 분출할 때 마찰이 일어나서 정전기가 발생하는 현상이다.

- ⑤ 충돌대전 : 분체류에 의한 입자끼리 또는 입자와 고체(예: 용기벽)와의 충돌에 의해서 빠르게 접촉, 분리가 일어나기 때문에 정전기가 발생하는 현상이다.
- ⑥ 유도대전 : 대전물체의 부근에 전열된 도체가 있을 때 정전유도를 받아 전하의 분포가 불균일하게 되어 대전한 것과 등가로 되는 현상이다.
- ⑦ 비말대전 : 공기 중에 분출한 액체류가 미세하게 비산되어 분리하고, 크고 작은 방울로 될 때 새로운 표면을 형성하기 때문에 정전기가 발생하는 현상이다.
- ⑧ 적하대전 : 고체 표면에 부착해 있는 액체류가 성장하고 이것이 자중으로 액적, 물방울로 되어 떨어질 때, 전하분리가 일어나서 정전기가 발생하는 현상이다.
- ⑨ 기타, 침강 또는 부상대전, 동결대전 등이 있다.

(2) 방전에너지와 착화한계

(가) 도체로부터의 방전

대전물체가 도체인 경우에는 방전이 발생할 때 거의 대부분의 전하가 모두 방출된다. 따라서 정전유도에 의해 축적되어 있던 정전기 에너지가 최소 착화에너지와 같은 경우에 화재 및 폭발이 발생한다고 보면 이 에너지를 가지는 대전전위 혹은 대전전하량을 구할 수 있다.

이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{Q^2}{2C} \quad (J)$$

- 여기서 W : 정전기에너지(J)
- C : 도체의 정전용량(F)
- V : 대전전위(V)
- Q : 대전전하량(C)

윗 식에서 대전전위 V는

$$V = \sqrt{2WC} \quad (V)$$

또한 대전전하량 Q는

$$Q = \sqrt{2CW} \quad (C)$$

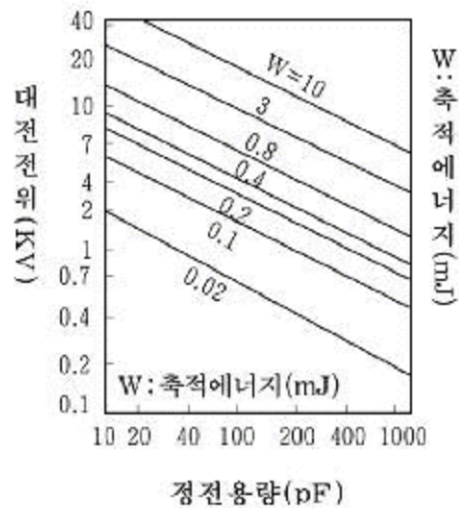
이 된다.

여기서 주어지는 도체의 정전용량은 정전용량 측정기에 실측할 수 있고 물체의 대전전위나 대전전하량은 대전전위 측정기나 대전전하량 측정기로부터 어느 하나만을 실측하면

$$Q=CV(C)$$

의 관계에서 나머지의 것도 계산할 수 있다.

위의 식에 의해 구해진 대전물체가 갖는 축적에너지 W의 일례를 대전전위와 정전용량으로 나타내면 다음의 그림과 같다.



(나) 부도체로부터의 방전

대전물체가 부도체인 경우에는 방전이 발생하더라도 축적된 모든 에너지가 전부 방출되는 것은 아니다. 따라서 화재 및 폭발에 대한 일반적인 지표는 얻을 수 없다.

그러나 30(KV)정도로 대전되어 있는 대전물체가 기중방전을 일으켰을 때 수백 μJ의 방전에너지가 방출되어 착화원으로 되는 수도 있다.

따라서 이와 같은 결과를 참고로 한 폭발, 화재

의 발생한계에는 다음과 같은 대전상태가 제시될 수 있다.

- ① 최소착화에너지가 수십 μ J인 가연성 물질에 대해서는 대전전위가 약 1(KV) 이상이거나 대전전하밀도가 약 1×10^{-7} (C/m²) 이상인 대전상태
- ② 최소착화에너지가 수백 μ J인 가연성 물질에 대해서는 대전전위가 약 5(KV) 이상이거나 대전전하밀도가 약 1×10^{-6} (C/m²) 이상인 대전상태
- ③ 대전하고 있는 물체에 인체가 접근했을 때 전격을 느끼는 정도의 대전 상태
- ④ 대전하고 있는 물체에 직경 30(mm) 이상의 접지된 금속구를 접근시켰을 때 파괴음 및 발광을 동반하는 방전을 발생시키는 대전 상태

일반적으로 부도체인 경우에는 대전전하의 분포 및 대전전위의 분포가 물체의 각 부분마다 모두 달라지므로 과거의 자료를 조사하여 사용하거나 실측을 통한 지속적인 감시에 의해 화재 및 폭발의 발생을 억제하도록 노력해야 한다.

(3) 정전기 대전 방지대책

(가) 도체의 대전 방지 : 접지와 분당

① 개요

도체와 대지와와의 사이를 전기적으로 접속해서 대지와 등전위 함으로써 정전기 축적을 방지하는 방법이다.

② 접지의 목적

- 정전기 축적 방지
- 정전유도 방지
- 전위상승 및 방전억제

③ 접지저항

정전기대책을 위한 접지는 $1 \times 10^6 \Omega$ 이하면 족하다. 본당의 저항은 $1 \times 10^3 \Omega$ 미만으로 유

지시킨다.

④ 본당의 실시

본당은 부도체로 격리되어 있는 금속 도체 상호간을 확실하게 접속하기 위해 실시한다.

(나) 부도체의 대전방지

① 부도체의 사용금지

많은 양의 대전이 우려되는 다음 개소는 가능한 금속재료를 사용하고 접지 또는 본당을 실시한다.

- 마찰 등에 의해 지속적으로 정전기가 발생하는 부분 또는 장치
- 정전기가 대전되어 있는 물질을 다량 취급하는 용기
- 이동식 또는 운반형의 장치 등

② 도전성 재료의 사용

금속도체의 사용이 불가능한 경우에는 도전성 재료 또는 대전방지 처리된 것을 사용한다.

③ 대전방지제의 사용

(다) 대전물체의 차폐

① 대전물체의 표면을 금속 또는 도전성 물질로 덮는 것을 차폐라 한다.

② 정전 차폐 효과

- 전기적 작용 억제에 의한 대전방지 효과
- 대전물체의 전위상승 억제 효과
- 대전되는 정전기에 의한 역학현상 억제 및 방전억제 효과

③ 차폐제 사용

- 금속제 또는 도전성 테이프 등

(라) 기습

플라스틱 제품 등은 습도가 증가되면 표면 저항값이 저하되므로 대전방지를 위하여 다음의 방법을 이용한다.

- 물의 분무
- 기습기 사용
- 증발법

(마) 정지사간

대전물체가 인화성 물질이고 폭발위험 분위기를 조성 또는 그 가능성이 있는 경우에는 정지사간을 두어 정전기의 발생을 억제한다.

(바) 체전기에 의한 대전방지

체전은 물체에 대한 대전된 정전기를 이용하여 중화시키는 것이다.

체전기에는 ①전압인가식 체전기 ② 자기방전식 체전기 ③방사선식 체전기가 있다.

(사) 작업자의 대전방지

대전되어 있는 인체에서의 방전 시에는 생체장애의 전격 재해뿐만 아니라 폭발위험 분위기에서는 점화원이 될 수도 있으므로 손목 접지대 등을 이용하여 인체에 접지한다.

14. 전기방폭구조의 종류, 표준환경조건, 등급기준의 기호 및 의미를 설명하시오.

(1) 전기방폭구조의 종류

① 내압방폭구조 : “d”

전기기계기구에서 점화원이 될 우려가 있는 부분, 즉 불꽃, 아아크 또는 과열이 생길 우려가 있는 부분을 전폐 구조인 기구에 넣어 외부의 폭발성 가스가 내부로 침입하여 폭발한 경우에도 용기가 그 압력에 견디고 파손되지 않으며 폭발한 고온가스나 화염이 접합부 틈으로 새어나가는 동안 냉각되어 외부의 폭발성 가스에 화염이 과급될 우려가 없도록 한 구조

② 유입방폭구조 : “o”

전기기기의 불꽃 또는 아아크 등을 발생해서 폭발성 가스에 점화할 우려가 있는 부분을 오일 중에 넣고 유면상의 폭발성 가스에 인화될 우려가 없도록 한 구조

③ 압력방폭구조 : “p”

점화원이 될 우려가 있는 부분을 용기내에 넣고 신선한 공기 또는 불연성 가스 등의 보호기체를 용기 내부에 압입함으로써 내부에 압력을 유지하여 폭발성 가스가 침입하지 않도록 한 구조

④ 안전증방폭구조 : “e”

전기기구의 권선, Air Gap, 접점부, 단자부 등과 같은 부분이 정상적인 운전 중에는 불꽃, 아아크 또는 과열이 생겨서 안될 부분에 대하여 이를 방지하기 위한 구조와 온도 상승에 대해서 특히 안전도를 증가시킨 구조

⑤ 본질안전방폭구조 : “i”

폭발성 가스 또는 증기 등의 혼합물이 점화되어 폭발을 일으키려면 최소한의 에너지가 필요하다. 즉, 단선이나 단락에 의해 전기회로 중에 전기불꽃이 생겨도 폭발성 혼합기를 결코 점화시키지 않는다면 본질적으로 안전한 것이 된다. 따라서 본질안전 방폭구조는 불꽃 점화시험에 의해 폭발이 일어나지 않고 본질적으로 안전하다는 것이 확인된 구조이다.

(2) 표준 환경조건

방폭전기설비의 표준 환경조건은 다음과 같으며 원칙적으로 방폭구조의 방폭 성능에 대해 표준적인 환경조건 하에 설치하는 것을 전제로 한다.

※ IEC의 경우

- ① 압력: 80Kpa(0.8bar)~110Kpa(1.1bar)
- ② 온도: -20~+40℃
- ③ 표고: 1000m 이하
- ④ 상대습도: 45~85%
- ⑤ 공해, 부식성 가스, 진동 등이 존재하지 않는 환경

(3) 방폭전기기기 등급기준의 기호 및 의미

표시 품 목	기 호	기호의 의미
방폭구조	Ex	방폭구조의 심별
	d	내압방폭구조
	p	압력방폭구조
	e	안전증방폭구조
방폭구조의 종류	ia 또는 ib	본질안전방폭구조
	o	유입방폭구조
	s	특수방폭구조
	N	비점화성방폭구조
방폭전기기기의 Group	II	공장·사업장용인 것
내압방폭구조 및 본질안전 방폭구조의 전기기기의 분류	IIA	공장·사업장용인 것에서 분류 A의 폭발성 가스에 적용할 수 있다.
	IIB	공장·사업장용인 것에서 분류 B의 폭발성 가스에 적용할 수 있다.
	IIC	공장·사업장용인 것에서 분류 C의 폭발성 가스에 적용할 수 있다.
방폭전기기기의 온도등급	T ₁	최고표면온도의 허용치가 450℃이하인 것
	T ₂	최고표면온도의 허용치가 300℃이하인 것
	T ₃	최고표면온도의 허용치가 200℃이하인 것
	T ₄	최고표면온도의 허용치가 135℃이하인 것
	T ₅	최고표면온도의 허용치가 100℃이하인 것
	T ₆	최고표면온도의 허용치가 85℃이하인 것



— 제공: 의제전기설비연구원
 (☎ 2632-4541, Fax 2632-4549)
 원장 정용기·전기·소방기술사
 이창욱·가스·소방기술사