

소방기술사 정규반 제 20 강의

: 제 6 장 소방기계시스템

소방기술사 박 성 수, 신 부 환 著

- 문제1) 물분무(Water Spray) 소화설비의 적용기준
- 문제2) 물분무(Water Spray) 소화설비의 소화원리
- 문제3) 물분무(Water Spray) 소화설비의 구성요소와 설계기준
- 문제4) 유입변압기의 화재위험과 방재대책
- 문제5) 초고속형 물분무설비(Ultra-high Speed System)
- 문제6) 미세물분무(Water mist) 소화설비의 정의 및 특성
- 문제7) 미세물분무(Water mist) 소화설비의 종류
- 문제8) NFPA 750 의 기본 개념
- 문제9) 미세물분무(Water mist) 소화설비의 노즐(nozzle)
- 문제10) 수막설비(Water Curtain)
- 문제11) 드렌처 설비(Drencher System)
- 문제12) 방수총 시스템
- 문제13) 포 소화약제
- 문제14) 기계포(Mechanical foam)
- 문제15) 포 방출구(Foam Outlet)
- 문제16) 고정포 방출구

문제1) 물분무(Water Spray) 소화설비의 적용기준

1. 적용기준(NFSC 104)

- (1) 물분무 등 소화설비를 설치하여야 하는 특정소방대상물(가스시설 또는 지하구 제외)
- ① 항공기격납고
 - ② 주차용건축물(기계식주차장을 포함)로서 연면적 800[m²] 이상인 것
 - ③ 건축물내부에 설치된 차고 또는 주차장으로서 사용되는 부분(피로티를 주차용도로 사용하는 경우를 포함)의 바닥면적 합계가 200[m²] 이상인 것
 - ④ 기계식주차장으로서 20대 이상의 차량을 주차할 수 있는 것
 - ⑤ 전기실·발전실·변전실(가연성 절연유와 가연성 피복을 사용하지 않는 전기실·발전실·변전실은 제외)·축전지실·통신기기실 또는 전산실로서 바닥면적이 300 [m²] 이상인 것(동일한 방화구획 내에 2이상의 실이 설치되어 있는 경우 이를 1 개의 실로 보아 바닥면적을 산정함). 다만, 내하구조로 된 공정제어 실내에 설치된 주조정실로서 양압시설이 설치되고 220[V] 이하인 저전압이 사용되고 종업원이 24시간 상주하는 것을 제외
 - ⑥ 소화수를 수집·처리하는 설비가 설치되어 있지 아니한 중·저준위방사성폐기물의 저장시설. 다만, 이 경우 CO₂, Halon, 청정약제소화설비를 설치하여야 한다
 - ⑦ 지하가 중 길이가 3,000[m] 이상으로서 교통량, 경사도 등 터널의 특성을 고려하여 행정자치부령으로 정하는 위험등급 이상에 해당하는 터널. 다만, 이 경우에는 물분무소화설비를 설치하여야 한다
- (2) 설치면제
- : 물분무 등 소화설비를 설치하여야 하는 차고·주차장에 스프링클러설비를 NFSC기준에 적합하게 설치한 경우에는 그 설비의 유효범위안의 부분에서 설치가 면제된다

2. 적응성과 비적응성

(1) 적응성 : NFPA 15

- ① 인화성 가스 및 액체류(B급)
- ② 전기적 위험(유입변압기, 유입개폐기, 케이블트레이, 케이블 노선)(C급)
- ③ 일반 가연물(종이, 목재, 식물)(A급)
- ④ 특정한 위험성이 있는 고체

(2) 비적응성 : NFSC 104

다음의 장소에는 물분무헤드를 설치하지 아니할 수 있다

- ① 물에 심하게 반응하는 물질 또는 물과 반응하여 위험한 물질을 생성하는 물질을 저장 또는 취급하는 장소
- ② 고온의 물질 및 증류범위가 넓어 넘치는 위험이 있는 물질을 저장 또는 취급하는 장소
- ③ 운전 시에 표면의 온도가 260[°C] 이상으로 되는 등 직접 분무를 하는 경우 그 부분에 손상을 입힐 우려가 있는 기계장치 등이 있는 장소

문제2) 물분무(Water Spray) 소화설비의 소화원리 및 효과

1. Sprinkler, Water Spray, Water Mist의 비교

항 목		스프링클러설비	물분무설비	미분무수설비
물 입 자	크기	1~2[mm]	0.2~0.8[mm]	Dv 0.99 = 1,000 μ 이하
	운동량	중력모드	중력모드+속도모드	속도모드
	표면적	작음	중간	최대
소화효과		·넓은 지역의 방호 ·냉각소화 ·질식소화(제한적)	·장비의 표면보호 ·냉각/질식소화 ·유화/희석소화	·소규모 구획실의 방호 ·냉각소화 ·질식소화
적응화재		A급 화재	A급,B급,C급 화재	A급,B급,C급,F급 화재
방사압력		1~12[kgf/cm ²]	20~50[psi]	·저압식:175[psi] 이하 ·중압식:175~500[psi] ·고압식:500[psi] 이상
살수밀도		국내 : 80[lpm]	10~20[lpm/m ²]	0.05~0.5[lpm/m ²] 정도

2. 물분무 설비의 소화원리

(1) 냉각작용

- ① 무상으로 방사된 미립자가 화열에 의해 신속하게 수증기로 된다
- ② 화열로부터 다량의 증발잠열을 흡수하게 되어 강력한 냉각작용으로 소화한다

(2) 질식작용

- ① 화재의 열에 의해 물분무 입자는 증발하여 수증기로 기화하면 체적이 약 1,700배나 팽창하게 된다
- ② 수증기로 연소면을 피복해서 산소의 공급을 차단함으로써 질식에 의해서 소화

(3) 유화작용(에멀전 효과)

- ① 기름 표면에 방사시킴으로써 불연성의 유화층을 형성하게 되므로 유면을 덮는 유화작용을 하게 된다
- ② 석유, 그리스 등 불용성의 가연성액체의 표면에 불연성의 증기층을 형성하여 소화하게 된다

(4) 희석작용

- ① 알코올 등의 수용성 액체는 방수에 의해 열기류를 냉각하면서 수용성액체를 희석시킨다
- ② 농도가 희석되어진 만큼 연소하한계 이하의 농도가 되어 소화된다

3. 물분무 설비의 효과(NFPA 15 Design objectives)

(1) 소화(Fire Extinguishing)

- ① 화재를 완전히 진압시키는 것이다
- ② 물분무 입자에 의한 냉각, 수증기에 의한 질식, 액체의 유화, 희석작용 등의 복합적요인에 따라 연소하고 있는 가연물에 대해 화재를 직접 소화하게 된다

(2) 연소의 제어(Control of Burning)

- ① 소화의 경우는 다량의 물입자의 공급에 의한 완전한 진화를 의미하며, 연소의 제어는 물분무 입자의 가연물에 도달한 양 및 분포가 충분하지 못하여 열방출을 서서히 감소시킨다
- ② 연소가 확대되지 않도록 하여 화세를 제한하는 것으로서 재발화방지에 매우 효과적 이다

(3) 노출부분의 방호(Exposure Protection)

- ① 화열의 전도·대류·복사에 의해 주위에 확산되면 주변의 착화되지 않은 가연물이 연소하게 되거나 구조물을 손상시키게 된다
- ② 화재시 발생하는 열확산을 물분무 입자가 차단하여 이를 방지하도록 하는 것이 노출부분의 방호이다

(4) 출화의 예방(Prevention of Fire)

- ① 화재초기에 화재 요인이 되는 인화성 물질을 용해, 희석, 냉각 및 연소한계 이하로 증기농도를 감소시키는 현상이다
- ② 이로 인하여 화재가 진전되지 않도록 출화를 예방하게 된다

4. 물분무 설비의 장단점

(1) 장점

- ① 소화효과 외에 연소의 제어, 노출부분의 방호, 출화의 예방에도 효과적이다
- ② 수계소화설비이지만, BC급 화재에 적응성이 있다
- ③ 수손피해가 스프링클러설비보다 적다

(2) 단점

- ① 물방울 입자가 작아 화염 침투능력이 낮으므로 스프링클러에 비해 냉각소화능력이 낮다
- ② 물방울 입자가 작으므로, 기류에 의한 영향을 많이 받는다
- ③ 용도에 따라 배수설비를 필수적으로 설치해야 한다(국내 : 차고·주차장)

※ 물분무설비의 C급화재의 적용 이유

- ① 순수한 물(H₂O)은 전기전도성이 없다. 그 이유는 극성공유결합을 하기 때문에 쉽게 이온화 될 수 없는 것이다
- ② 그러나 일반적으로 물에는 전해질(이온)이 녹아 있는데 이 전해질의 이온들이 전자를 이동시켜서 전류가 흐르게 되는 것이다
- ③ 물분무소화설비와 미분무소화설비는 물을 최대한 작은 물입자(순수한 물 H₂O) 상태로 만들기 때문에 물입자간의 단속력이 강해져서 전기가 통하지 않게 되는 것이다

개방밸브	감지기이용(전기적 방식)	자·탐의 감지기를 이용하여 개방
------	---------------	-------------------

(5) 감지기

- ① 주변 환경과 원하는 감지성능에 따라 적절한 형식을 선정한다
- ② 열감지기, 연기감지기, 불꽃감지기 등을 사용한다

(6) 수원 및 가압송수장치

- ① 방호대상의 바닥면적, 표면적 등의 설계면적과 살수밀도, 방사시간을 고려한 충분한 수원을 확보해야한다
- ② 가압송수장치는 물분무 헤드에서 규정된 토출량, 방출압이 나올 수 있도록 한다

(7) 배수설비

- ① BC급 화재에 적용시 유출된 기름과 방사된 물의 혼합 액체나 통전 상태의 물을 안전한 장소로 이송하기 위해서 설치한다(화재확대방지목적)
- ② NFSC 104 설치기준
 - ㉠ 차고·주차장의 경우에 배수설비를 설치한다
 - ㉡ 배수구 : 차량이 주차하는 장소의 적당한 곳에 높이 10[cm] 이상의 경계 턱으로 배수구를 설치할 것
 - ㉢ 기울기 : 차량이 주차하는 바닥은 배수구를 향하여 2/100 이상의 기울기를 유지할 것
 - ㉣ 기름분리장치 : 배수구에는 새어나온 기름을 모아 소화할 수 있도록 길이 40 [m] 이하마다 집수관, 소화피트 등 기름분리장치를 할 것
 - ㉤ 배수설비용량 : 배수설비는 가압송수장치의 최대송수능력의 수량을 유효하게 배수할 수 있는 크기 및 기울기로 할 것
- ③ NFPA 기준의 배수설비 종류 및 용량
 - ㉠ 둔턱 또는 경사(Curbing & Grading)
 - ㉡ 지하배수구 또는 밀폐된 배수구(Underground or Enclosed drains)
 - ㉢ 개방된 트렌치 또는 도랑(Open Trenches or Ditches)
 - ㉣ 제방 또는 저수지(Dike or Impoundment)
 - ㉤ 용량은 폭우나 최대유출 Chemical의 양, 분무되는 물의 양을 고려한다

(8) 비상전원

: 자가발전설비, 축전지설비, 비상전원 수전설비로서 20분 이상

2. 물분무 시스템의 설계

(1) 방호 목표 결정

- ① 소화(Fire Extinguishing), 연소의 제어(Control of Burning), 노출부분의 방호(Exposure Protection), 출화의 예방(Prevention of Fire) 중 결정한다
- ② 노즐, 살수밀도, 방수시간 등이 이에 따라 결정된다

(2) 헤드의 규정 방사압력, 살수밀도, 이격거리 등의 결정

- ① 방호 대상이나 위험물의 종류 등에 따라 방사압력이나 물입자의 크기가 달라진다

② 국내 기준

㉠ 살수밀도 및 수원

소방대상물	살수밀도	수원의 양	기준 면적
특수가연물의 저장·취급	10[lpm/m ²]	10[lpm]×20분×S	S:바닥면적(50m ² 이하
차고·주차장	20[lpm/m ²]	20[lpm]×20분×S	인 경우 50m ²)
유입식 변압기	10[lpm/m ²]	10[lpm]×20분×S	바닥부분을 제외한 변압기 표면적 합계면적
케이블 트레이, 케이블 덕트	12[lpm/m ²]	12[lpm]×20분×S	투영된 바닥면적
컨베이어 벨트	10[lpm/m ²]	10[lpm]×20분×S	벨트부분의 바닥면적

㉡ 방사압력 : 0.35[Mpa](국내 성능시험기준, 위험물제조소 등의 위험물관리법)

③ NFPA 기준

㉠ 소화(Fire Extinguishing) : 6.1 ~ 20.4[lpm/m²]

- 케이블 트레이·케이블 선로 : 6.1[lpm/m²] 이상
- 컨베이어 벨트 : 10.2[lpm/m²]

㉡ 연소의 제어(Control of Burning)

- 펌프·컴프레서 등 : 20.4[lpm/m²]
- 인화성·가연성 액체의 Pool fire : 12.2[lpm/m²]

㉢ 노출부분의 방호(Exposure Protection)

- 화염차폐물 : 6.1[lpm/m²]
- 구조용 강재 : 수평 4.1[lpm/m²], 수직 1.02[lpm/m²]
- 유입변압기, 용기, 케이블선·트레이 : 12.2[lpm/m²]

㉣ 출화의 예방(Prevention of Fire)

- 현장경험 또는 시험데이터에 기반

④ 물분무 헤드와 고압 전기기기 간의 이격거리(NFSC 104)

전압[kV]	거리[cm]	전압[kV]	거리[cm]
66 이하	70 이상	154 초과 181 이하	180 이상
66 초과 77 이하	80 이상	181 초과 220 이하	210 이상
77 초과 110 이하	110 이상	220 초과 275 이하	260 이상
110 초과 154 이하	150 이상		

(3) 배관의 수리계산

① 헤드간 거리를 규정하지 않으며, 제조사별로 유효사정거리, 유효살수반경이 다르기 때문이다(NFPA 기준 : 노즐간 거리 3m 이내)

② 스프링클러 설비와 유사한 배관기준으로 수리계산에 의해 설계한다

(4) 펌프의 유량, 정격압력을 산정한다

문제4) 유입변압기의 화재위험과 방재대책

1. 유입변압기의 화재·폭발 위험성

(1) 변압기 자체에서의 위험

- ① 열적·전기적 열화
- ② 심한 전압 변동(Voltage Surge)
- ③ 변압기 애자 표면의 오염
- ④ 아크(Arc)
- ⑤ 절연유 유출

(2) 외부요인에 의한 화재

- ① 낙뢰
- ② 외부화재 등

2. 유입변압기의 화재 Mechanism

(1) 초기 화재 발생

: 변압기 내부 3상 단락 등 → 변압기 내 국부적인 아크 발생 → 아크 전류 생성 → 아크 에너지 발생 → 분해가스 발생 → 내부 압력 상승 → 취약부분 파손 → 분해가스 분출 후 초기화재 발생

(2) 분무화재(Spray fire)

- ① 3차원 화재로 절연유가 분출되면서 착화되어 지속적으로 분출되어 나오면서 지속되는 화재이다
- ② 분무화재 지배요소
 - 변압기의 높이
 - 누출되는 절연유의 유량
 - 절연유의 분무 또는 누출되는 각도 및 거리
 - 예비연소시간(착화되기 전에 가열되는 시간)
 - 라디에이터, 콘서베이터를 포함한 변압기 외함의 형상
 - 절연유의 양
 - 절연유의 인화점, 비점 및 점도

(3) 액면화재(Pool fire)

- ① 2차원 화재로 절연유가 누출되어 바닥에 고인 상태에서 착화되어 액면화재를 형성하는 화재이다
- ② 액면화재 지배요소
 - 절연유의 양
 - 절연유의 인화점, 비점 및 점도
 - 변압기 외함의 강도 및 내열성
 - 고장전류에 의한 화재의 경우 전류의 크기

◦ 바닥의 구배

(4) 흐름화재(Cascade fire)

3. 방재대책

: 유입변압기의 화재를 방지하기 위해서는 변압기유의 절연열화를 방지하고, 내부에서의 발열 등의 위험요소를 방지하며, 화재의 발생 시에는 신속한 소화가 대책의 기본목적

(1) 콘서베이터 사용

- ① 변압기 광유가 상부 공기와의 접촉에서 수분을 흡수해서 열화하는 경우가 많다
- ② 콘서베이터를 설치해서 고온의 광유가 공기와 접촉하는 면을 작게 한다

(2) 질소가스 봉입

- ① 변압기에 공기 대신 질소가스를 봉입하면 광유의 열화가 방지 된다
- ② 열분해 된 가스가 상부에 혼입되어도 질소는 불활성 가스이므로 연소하지 않는다

(3) 수분 흡착제 사용

- ① 탱크 내부의 변압기유나 공기는 온도에 따라 팽창하므로 숨을 쉬도록 해 주어야 하는데 이를 Breather라 한다
- ② Breather에 실리카겔 등의 흡습제를 두어서 드나드는 공기가 이를 통과하도록 하여 습기를 제거한다

(4) 절연유 시험

: 정기적인 절연유의 산가시험, 절연파괴시험, 가스분석시험 등을 행하여 절연상태가 나빠진 것이 화인되면 절연유를 여과하거나 교체한다

(5) 과부하 방지

: 과부하 보호계전기를 설치해서 변압기가 과부하로 인해 과열되지 않도록 한다

(6) 피뢰기 설치

: 피뢰기를 설치해서 외부로부터 침입하는 서지를 대지로 방류해서 변압기의 절연파괴를 방지한다

(7) On line가스 분석기 설치

: 가스 분석기의 센서를 유입 변압기의 Drain Valve에 설치하고 분석기를 통해 컴퓨터에서 상시 감시, 진단한다

(8) 물분무 소화설비 설치

: 초고속형 물분무소화설비를 설치

문제5) 초고속형 물분무설비(Ultra-high Speed Water Spray System)

→ NFPA 15 Chapter 9

1. 정의

- ① 초고속형 물분무설비는 매우 빠르게 확산되는 종류의 화재 즉, 민감한 화학물질, 제조공업 process, 풍부한 산소 환경속의 화재에 적용된다
- ② 이 설비의 특징은 전기 광학적 적외선 또는 자외선 감지기와 전자제어이다. 전자제어기는 솔레노이드를 작동시켜 헤드를 개방하고 신속히 일제개방밸브를 개방한다
- ③ 펌프로부터 물분무 헤드까지 전구간이 완전히 물로 차 있어야 하며 배관 중에 공기가 차 있는 부분(Air pocket)이 없어야 한다
- ④ 반응시간은 감지기가 화염을 감지한 순간부터 0.15초 정도이다

2. 적용장소

- ① 민감한 화학물질, 제조공업 process
- ② 풍부한 산소 환경속의 화재
- ③ 화재가 매우 빠르게 확산되는 종류의 화재

3. 동작양상에 따른 종류

(1) 폭죽 작동시스템(U-H-S System using squib-actuated valve)

- ① 구성 : 폭죽작동의 일제살수밸브, 특별한 Cap을 씌운 노즐과 파열판, 화염감지기, 제어반 등으로 구성되는 물(습식배관)이 항상 채워져 있는 일제살수시스템이다
- ② 사용장소 : 탄약적재, 폭발성 분말 건조조작, 고에너지 연료처리, 폭발성 분진집적 및 이송조작 등의 위험성을 위해 사용된다

(2) 솔레노이드 작동시스템(U-H-S System using solenoid operated valves)

- ① 구성 : 솔레노이드밸브, UV·IR 화염감지기, 비상용배터리 및 충전기가 있는 중앙 제어반, Pilot형 헤드, Deluge 밸브
- ② 작동 : 고정식의 파이롯트 작동시스템은 Pilot 불꽃에 의해 작동되는 노즐이 달린 습식파이롯트 시스템이다. 전자제어기기가 솔레노이드 밸브를 작동시켜 Pilot형 헤드를 개방시키고 폭발적으로 Deluge밸브를 개방한다

4. 폭발진압 시스템과의 비교

- ① 폭발진압시스템은 과압이나 폭발의 방출이 주요 관심이 되는 밀폐용기나 이와 유사한 설비를 위한 것이며, 초고속형 물분무시스템은 보통의 방이나 개방지역으로서 과압에 의한 폭발방출이 주요관심이 되지 않는 곳에 적용된다
- ② 폭발진압시스템이 초고속형 물분무시스템 보다 요구되는 방호체적의 공간에 대한 응답시간이 느리며 두 시스템 모두 화염면 이동속도가 음속보다 느린 폭연이나 화재의 진압에는 효과적이나 폭굉이 일어나는 곳의 적용에는 부적합하다

※ 기출문제분석29(물분무설비관련)

1. 물분무소화설비의 구성에 필요한 주요장치 및 이의 기능에 대하여 설명하시오(37회,20점)
2. 옥외 변압기에 물분무설비를 하고자 한다. 이의 시스템의 구성, 개략장비의 용량, 수원, 노즐의 선정과 설치간격 및 연동 전기설비에 대하여 기술하시오(39회,20점)
3. 물분무설비의 특성을 논하고 장단점을 스프링클러와 비교하라(42회,20점)
4. 물분무소화설비의 효과에 대하여 설명하라(43회,20점)
5. 발전소의 옥외 특별변압기에 대하여는 보통 물분무설비로 설치한다. 이 설비의 설치와 관련하여 다음 물음에 답하라(47회,30점)
물음 ① 물분무설비를 설치하는 기대효과를 기술하라(10점)
② 물분무설비를 설치계획시 설비의 구조 및 작동 측면에서 고려할 점을 기술하라(10점)
③ 물분무설비를 배관 시공 방법 및 유지관리 방법을 기술하라(10점)
6. Tank Area내에 설치되어 있는 위험물저장탱크들의 방호를 위해 탱크외벽에 물분무설비를 설치하는 경우가 있는데 그것은 구체적으로 어떤 목적 때문인지, 그리고 물분무가 그 목적을 달성하는 효과의 배경원리는 무엇인지 설명하시오(54회,20점)
7. 물분무설비에 대해 다음 사항을 설명하시오(59회,20점)
① 물분무설비가 절연성능의 발화로 C급 화재에 적용될 수 있는 이유
② 물분무설비가 복사열을 차단하는 물리적 원리
8. 유입변압기 화재의 발생원인 및 화재메카니즘을 설명하고, 방재대책에 관하여 기술하시오(77회,25점)
9. NFPA-15(Standard for water spray fixed system) 물분무소화설비의 설계적용 목적(Design Objectives)중 실제 다수 적용되는 중요한 목적 4가지를 열거하고, 항목별 내용을 살수밀도(Water Spray Density)중심으로 설명하시오(86회,25점)
10. 물분무소화설비의 헤드(5종)와 소화효과(4가지)에 대해 각각 설명하시오(87회,10점)
11. 물분무소화설비용 소화펌프의 축동력을 결정하기 위한 다음 단계에 대하여 설명하시오(89회,25점)
① 배관의 구간설정 ② 각 구간별 손실수두 계산 ③ 전양정의 계산
④ 펌프의 토출량 산정 ⑤ 펌프의 축동력 계산
12. 물분무소화설비의 ① 설치대상 ② 수원량 ③ 스프링클러설비와 장단점을 비교 설명하시오(93회,25점)
13. 물분무소화설비를 설치하여야 하는 특정소방대상물을 기술하고, 물분무소화설비의 소화원리를 설명하시오(95회,25점)
14. 물분무설비 중에는 초고속형 시스템(Ultra-high Speed System)이라고 부르는 특수한 방식의 것이 있다. 이 시스템의 구성 및 작동방식, 그리고 이 시스템을 적용하는 위험상황에 대해 상술하시오(34회,25점)
15. 고속형 물분무설비(High Speed Water S/p System)에 대하여 약술하시오(47회,20점)
16. 물분무설비 중 초고속형 시스템(Ultra-high Speed System)에 대하여 설명하시오(98회,25점)

문제6) 미세물분무(Water mist) 소화설비의 정의 및 특성

1. 개발동기

(1) 국제해사기구(I.M.O)

: 상업용 선박의 스프링클러설비 대체에 대한 노력으로 저충격, 고성능, 경량화 설비로서 미분무수설비의 개발이 촉진

(2) Halon 소화약제의 사용규제

: Halon설비의 단계적 철수 및 환경에 영향을 주지 않는 전역방출방식의 청정소화약제의 장점을 보존하고자 하는 대체기술의 연구

2. 미세물분무(Water mist) 소화설비의 정의

(1) NFPA 750의 정의

- ① Water mist라 함은 $D_v 0.99 = 1,000\mu\text{m}$ 이하인 것을 말한다
- ② 즉, 노즐에서 방사된 물입자의 99[%]가 $1,000[\mu\text{m}]$ 이하인 것을 말한다

(2) NFSC 104A의 정의

- ① "미분무소화설비"란 가압된 물이 헤드 통과 후 미세한 입자로 분무됨으로써 소화 성능을 가지는 설비를 말하며, 소화력을 증가시키기 위해 강화액 등을 첨가할 수 있다
- ② "미분무"란 물만을 사용하여 소화하는 방식으로 최소설계압력에서 헤드로부터 방출되는 물입자 중 99[%]의 누적체적분포가 $400[\mu\text{m}]$ 이하로 분무되고, A, B, C급 화재에 적응성을 갖는 것을 말한다

(2) $D_v f = N\mu$ 의 의미

- ① D : Droplet(액적) ② V : Volume(체적)
- ③ f : Fraction(분율) ④ N : Number(물방울 크기 수치)
- ⑤ μ : micro-meter $[\mu\text{m}]$
- ⑥ 전체 액적 중에서 직경이 $N[\mu\text{m}]$ 까지인 작은 물방울들의 누적 체적분율이 f[%]라는 의미이다

3. 미세물분무(Water mist) 소화설비의 분류

(1) 물입자 크기에 의한 분류(NFPA 750)

① Class I Water mist

- ㉠ $D_v 0.9 \leq 200 \mu$ 인 가장 작은 물입자 등급
- ㉡ 적응성 : B급 화재(액체연료의 Pool fire), 저인화점 연료에 적합하다
- ㉢ 단점 : A급 화재에 비적응성(화심에 물방울이 도달하지 못함)

② Class II Water mist

- ㉠ $200 \mu \leq D_v 0.9 \leq 400 \mu$ 인 중간 물입자 크기 등급
- ㉡ 적응성 : A급, B급 화재, 고인화점 연료에 적합하다

③ Class III Water mist

㉠ $400 \mu \leq D_v 0.9 \leq 1,000 \mu$ 인 비교적 큰 물입자 크기 등급

㉡ 적응성 : A급, 상황에 따라 B급 화재 적용, 고강도 화재의 냉각에 적합하다

(2) 사용압력범위의 분류(NFSC 104A)

① 저압미분무소화설비 : 최고사용압력이 1.2[Mpa] 이하

② 중압미분무소화설비 : 사용압력이 1.2[Mpa]을 초과하고 3.5[Mpa] 이하

③ 고압미분무소화설비 : 최저사용압력이 3.5[Mpa] 초과

4. 미세물분무(Water mist) 소화설비의 소화 Mechanism

- ① 화재감지기의 작동과 연동되어 설비가 가동되며, 미분무수가 노즐을 통해 화재실로 방사된다
- ② 방사된 물방울이 화염에 도달하기 전에 증발한다
- ③ 일부 물방울은 화염을 관통하여 연소면에 도달된다
- ④ 비열 및 잠열에 의한 냉각효과로 가연물의 열분해를 막고, 증발된 수증기가 산소농도를 감소시킨다
- ⑤ 일부 물방울들은 벽, 바닥, 천장 등으로 분사되어 주변을 냉각시켜 연소 확대를 방지 한다
- ⑥ 물방울이 고속으로 방사되어 그 속도에너지에 의해 주위 공기를 화염 측으로 끌어 들여 가연성 혼합기의 농도를 희석시킨다
- ⑦ 미세한 물방울들이 전역방출방식의 가스계 소화약제처럼 주위 공간을 부유하며 소화 작업을 보조한다

5. 미세물분무(Water mist) 소화설비의 소화원리

(1) 냉각소화(열방출, Heat extraction)

- ① 화염 냉각: 고밀도의 작은 Water mist 입자가 비열, 잠열로 화염 및 가연성 혼합기(화재장소)의 온도를 낮춘다
- ② 가연물 냉각 : 크고 작은 Water mist 입자는 연소면을 접촉하거나 통과하면서 가연물의 온도가 인화점 미만을 낮아지게 한다

(2) 산소농도 저하(산소치환, Oxygen displacement)

- ① 고온의 화재실에서 Water mist가 열을 흡수하면서 증발되어 체적이 팽창하여 Buring Material 외부에 차단벽을 형성, 산소공급을 차단하고 산소의 농도를 낮게 한다
- ② 수증기가 불활성 가스의 역할을 하며 부유하여 가연성 혼합기의 농도를 연소범위 밖으로 희석시킨다

(3) 복사열 감소(Radiation heat reduction)

- ① Water mist는 표면적이 커서 열을 흡수하면 쉽게 상변화하여 기화잠열을 흡수하며 연료표면을 덮어 화염으로부터 복사열(적외선)을 흡수·차단 시킨다
- ② 이는 가연물의 열분해를 줄여 화재가 진압되고 복사열 차단 효과는 물방울 직경

이 작을수록 커진다

(4) 가연성 혼합기의 희석작용(Vapor/Air dilution)

- ① 물방울의 운동에너지가 주위 공기를 화염 속으로 운반하여 온도를 냉각시키고 운반된 공기는 연료를 인화점 이하로 희석시킬 수 있다
- ② Twin fluid 노즐의 경우에는 압축공기가 물방울과 혼합되어 있어서 가연성 혼합기의 농도를 희석시킨다

(5) 운동에너지의 영향(Kinetic effect)

① 화염의 강화

- ㉠ 최초의 Water mist 접촉시 격렬한 화염확대가 발생된다
- ㉡ 이는 화염면에서의 급격한 증발로 인해 발생하는 난류의 혼입으로 인해 연소율이 가속되기 때문이다

② 화염의 소멸

- ㉠ Water mist 에 의해 기상부가 냉각되고 산소농도가 희석된다
- ㉡ 이에 따라 화염속도가 감소되며, 상대적으로 빠른 기체의 흐름으로 인해 연소반응이 영향을 받아 화염 소멸이 가능하다
- ③ 수증기의 화염 내의 강한 화학적 반응을 유발시킨다
: 이러한 화학반응으로 인해, CO 및 그을음 발생을 억제하고 화염온도, CO₂ 발생율은 높아진다

6. 미세물분무(Water mist)의 소화 효과에 영향을 주는 인자

(1) 물방울의 크기와 분배

- ① 물방울이 작을수록 표면적이 커서 소화효과가 우수하고, 가연성 혼합기와 우수한 혼합 특성을 가진다
- ② 그러나, 작은 물방울은 화염 열기류에 의해 연료 표면으로 침투하기 어려울 수 있고 보통 일정한 크기보다는 다양한 크기가 고르게 혼합된 분배를 가진 물입자가 효과적이다

(2) 살수밀도

- ① 단위면적당 분사되는 물입자의 밀도[lpm/m²]로서, 미분무수에서는 보통 0.05 ~ 0.5[lpm/m²] 정도이다
- ② 살수밀도가 클수록 단시간 내에 많은 열을 흡수하고 산소를 신속히 제거할 수 있다[SHAR : (Spray Heat Absorption Ratio) 60[%] 이상시 진화 가능]

(3) 노즐의 특성

- ① 하나의 노즐에서도 중심부에는 살수밀도가 높고, 주위는 살수밀도가 낮다. 따라서, 노즐의 설치위치·방향에 따라 소화효과가 달라진다
- ② 노즐에 따라 방사압, 물입자의 크기도 달라지게 된다

(4) 주위 환경 조건

- ① 설치 장소의 공기 흐름, 화재의 형태에 따라 소화효과가 다르다
- ② 즉, 작은 Water mist는 기류에 대한 영향을 많이 받기 때문이다

(5) 분사운동량

- ① 물입자의 질량 : 질량이 적으면 냉각효과가 줄어든다
- ② 분사속도 : 분사속도가 낮으면, 침투성능이 낮아진다
- ③ 분사방향 : 화염의 중심을 향할 경우에 소화효과가 높아진다

7. 미세물분무(Water mist) 소화설비의 장단점

(1) 장점

- ① 유효수량이 적어 수손 피해가 적다
- ② B급, C급, K급 화재에 적응성이 있다
- ③ 폭발억제설비로도 사용이 가능하다
- ④ 독성이 없고 환경문제를 일으키지 않는다
- ⑤ 각종 수단으로 기동시킬 수 있다

(2) 단점

- ① A급 심부화재는 소화가 불가능하다(백열잔화는 소화시키지 못함)
- ② 차폐되거나 장애가 있는 장소에는 부적합하다(살수밀도·낙하손실 발생)
- ③ 실제 실험을 통하여 성능을 확인한 장소에만 사용이 가능하다
(방호대상물의 특성에 따라 소화효과가 달라짐)

8. 적용가능성 및 관련 연구 분야

- ① 해사분야 : 숙소 공간, 가스·증기터빈, 기계류 설치 공간
- ② 전기설비 설치 공간 : 통신기기, 컴퓨터실의 바닥 공간
- ③ 가연성액체 저장 시설 : 도장부스, 페인트 락카실
- ④ 물에 민감한 장소 : 박물관, 도서관, 지하철, 예술품·희귀서적 저장소 등
- ⑤ 항공기 : 화물칸, 승무원실 및 객실, 엔진
- ⑥ 주택
- ⑦ 경급 및 중급 위험지역(소화용수의 급수가 제한되는 지역)
- ⑧ 폭발 억제
- ⑨ 현재 사용 장소
 - ㉠ 선박기계실, 주거공간, 전기설비, 비행기 등
 - ㉡ 원자력발전소, 지하공동구, 터널 등

9. 추가 연구 사항

(1) 방호구역 효과

- ① 방호구역 상부층에 축적되는 고온의 무효화 가스는 Mist와 처음 접촉하면서 급격히 냉각된다
- ② 무효화 가스와 수증기 혼합물은 분무액(Spray)에 의해 화재 저부로 밀려나면서 산소고갈을 통한 소화에 기여하게 된다

(2) 순환(Pulsing)

- ① 미분무 작동의 on/off를 반복하는 방식을 Pulsing이라 하며 방호구역에 Pulsing을 적용한 경우 연속적인 Mist 방출에 비해 소화속도가 빨라지는 반면 물 사용량은 감소한다
- ② 최초 off상태에서 재성장한 화재는 방호구역 내부의 산소농도 저하로 고온의 무효화 가스를 발생시키고 뒤이은 분무액에 의해 무효화 가스를 발생시키고 뒤이은 분무액에 의해 무효화 가스가 냉각되어 수증기와 혼합 산소를 고갈시켜 소화를 촉진한다
- ③ 이러한 순환방식은 정상상태의 분무에 비해 유효증발량 및 산소 감소량을 증가시켜 미분무수의 화재 진압 효과를 증대시킨다

(3) 폭발위험 완화

- ① 미분무수를 활용해 폭발위험을 완화시키는 가능성이 존재하며 실제 알래스카 북극 유전에 설치된 가스컴프레셔에 사용되는 할론 1301을 대체하는 미분무수가 설치된 바 있다
- ② 연구에 따르면 폭발을 억제 또는 활성화하는 데는 분무특성 차이가 중요한 역할을 하며 미분무수 방출과 관련된 세부사항에 주의를 기울일 경우 폭발억제의 이점이 생긴다

(4) 기타 연구사항

- ① 개방 환경에서 운동량이 큰 물분무는 가스 연무 상태로 공기를 혼입시켜 희석시킴으로써 가연성 가스의 농도를 LFL 이하로 떨어뜨릴 수 있다
- ② 고온에서는 저온의 경우보다 농도가 높은 수증기가 형성되므로 차가운 Mist보다는 따뜻한 Mist가 더 효과적일 가능성이 있다
- ③ 화염속도가 매우 높고 충격파가 함께 발생할 경우 충격파가 액적의 크기를 $1[\mu\text{m}]$ 정도의 미세 분무액으로 분할 함으로써 분무액이 폭연 압력을 떨어뜨려 화염을 소화할 수 있다. 이렇게 크기가 작은 액적은 짧은 시간에 증발해 폭연 중에 방출되는 에너지 중 현저한 비율을 흡수할 수 있다

문제7) 미세물분무(Water mist) 소화설비의 종류

1. 방출방식에 따른 구분

(1) 전역방출방식(TCA, Total Compartment Application)

- ① 구획실 전체에 개방형 노즐을 설치하여 화재 발생 시 모든 노즐에서 물이 분사 되도록 설계한 방식이다
- ② 이 방식은 방호구역 효과로 인한 열 회수, 수증기 격리, 산소고갈, 가스의 재순환 등의 이점을 갖고 있다
- ③ 화재를 유효하게 제어하기 위해서는 충분한 시간동안 미분무수가 지속적으로 분사 되어야 하며 구획실에 상당히 큰 개구부가 있어도 효과를 유지할 수 있다
- ④ 이 방식의 가장 큰 단점은 많은 양의 물을 필요로 하는 것이며 이 때문에 방호구역 내 유출수 제거도 고려되어야 한다

(2) 국소방출방식(LA, Local Application)

- ① 이 설비는 완전밀폐, 부분밀폐, 개방형 옥외지역에 있는 사물이나 위험에 직접 방출 되도록 헤드를 배치한다
- ② 열, 수증기, 무효화가스 등이 거의 격리되지 않을 수도 있으므로 소화 작용은 거의 기상냉각이나 가연물 적심현상에만 의존하게 된다
- ③ 화재를 소화하기 위해서 화재가 지속될 수 있는 전체영역에 Water mist를 직접 분사하거나, 복사열로 인한 발화나 장치손상을 방지할 정도의 차단막 형성을 위한 정도의 Water mist분사도 충분할 수 있다
- ④ TCA방식이 필요한 경우라도 구획실 천장이 너무 높은 경우의 특정장치의 보호는 LA방식으로 한다

(3) 구역방출방식(ZA, Zone Application)

- ① 이 설비는 방호구역의 특정부분에 존재하는 위험요소를 방호하도록 설계된 설비로 전체 구획실에 대한 일제살수를 배제함으로써 물 사용량을 TCA방식 대비 1/4~1/3 수준으로 줄일 수 있다
- ② 소화방법은 LA방식과 비슷하지만 방호구역 효과가 작용할 수 있다
- ③ 열에 의해 개별적으로 작동하는 노즐로 구성되므로 각 노즐은 감지기와 제어밸브가 통합되어 있는 형태를 하고 있다

2. 프리엔지니어드 / 엔지니어드 설비

(1) 프리엔지니어드 설비(Pre-engineered System)

- ① 해당 구획실에 해당하는 제한된 크기의 위험요소와 일관성 있는 특성에 맞도록 개발된 설비이다
- ② 노즐의 수와 위치, 저장해 두어야 할 물의 양, 배관의 직경 및 최대길이 등이 모두 공학적으로 미리 계산되어 있는 설비이다
- ③ 프리엔지니어 설비의 감지시의 감지시간 및 화재크기는 예측이 가능하다

(2) 엔지니어드 설비(Engineered System)

- ① 다양한 구획실 및 화재위험에 대해 기본 노즐간격을 규정한 뒤 수력계산에 의해 최소 노즐압력 및 설비유량을 충족시키는지 확인된 설비이다
- ② 수리적 성능을 계산해야 하며 감지시간, 작동시간에 주는 영향도 평가해야 한다

※ 모듈러 방식(Modular System)

- ① 기계설비를 설계할 때 알려진 자료와 이론을 근거로 해서 전체적으로 설계하는 방법과, 각 부분을 따로 나누어 부분적으로 설계하고 부분적으로 시험해서 조립하는 방법이 있는데, 후자를 Modular Design이라고 한다
- ② 가스계 소화설비에서 Modular System이라고 하는 것은 소화약제 저장용기, 기동용기, 제어반, 선택밸브, 압력스위치, 집합관, 분사헤드, 등을 별도로 설계, 제작, 시험한 후 이들을 조립해서 전체 시스템을 완성하는 기법을 말한다

문제8) NFPA 750 의 기본 개념

1. System의 성능목표

- (1) 소화(Fire extinguishment)
: 불에 타고 있는 가연물이 없도록 화재를 완전히 진압하는 것을 의미한다
- (2) 화재억제(Fire suppression)
: 화재의 발열율(Heat Release Rate)을 급격히 감소시키고 화재의 재성장을 방지하는 것을 의미한다
- (3) 화재제어(Fire conteol)
: 주의의 가연물을 미리 물에 젖게 하여 화재의 성장을 제한하고, 천장의 가스온도를 제어하여 구조적 충격을 방지하는 것
- (4) 온도제어(Temperature control)
: 화재 이외의 온도상승에 따른 위험요소를 배제하기 위하여 사용되는 시스템의 목적을 기술하기 위한 것으로 미분무수의 상대적으로 큰 비표면적의 특성에 기인한다
- (5) 노출방호(Exposure protection)
: 가연물이 들어있는 탱크의 표면을 냉각시켜 화재 및 폭발 위험에 대비하기 위한 것으로 "고정식 물분무 설비"의 기능에 해당한다

2. System의 작동압력에 따른 분류

- (1) 고압시스템(High pressure system)
: 배관내의 압력이 500psi(34.5bar)이상인 시스템
- (2) 중압시스템(Intermediate pressure system)
: 배관내의 압력이 175psi(12.1bar)이상 500psi(34.5bar)미만인 시스템
- (3) 저압시스템(Low pressure system)
: 배관내의 압력이 175psi(12.1bar)이하인 시스템

3. System의 일반사항

: 미분무수 시스템은 다음 네 가지의 변수에 의하여 기술되어야 한다

- (1) 시스템의 적용(System application)
- (2) 노즐형식(Nozzle type)
- (3) 시스템의 작동방법(System operation method)
- (4) 시스템 매체 종류(System media type)

4. System의 적용

: 적용방법에는 다음 세 가지의 종류가 있으며, 그 중 하나로 구성된다

- (1) 국소보호시스템(Local-application System)
 - ① 방호대상물 또는 위험요소 주의를 미분무수로 완전히 둘러 쌓도록 설계되어야 한

다

- ② 국소보호시스템은 밀폐공간(Enclosed), 실내의 개방공간(Unenclosed), 외부개방공간(Open outdoor space)에 있는 방호대상물 또는 위험요소를 보호할 수 있도록 설계되어야 한다
- ③ 국소보호시스템은 폐쇄형 노즐(Automatic)이나 별도의 화재탐지장치에 의하여 기동되어야 한다

(2) 전역보호시스템(Total compartment application System)

- ① 전역보호시스템은 밀폐공간이나 특정한 공간 전체를 완전히 보호할 수 있도록 설계되고 설치되어야 한다
- ② 공간의 완전방호는 수동 또는 자동적인 수단에 의하여 모든 노즐이 동시에 작동함에 의하여 이루어진다

(3) 구역보호시스템(Zoned application System)

- ① 구역보호시스템은 구획 또는 공간의 일정부분을 보호할 수 있도록 설계되어야 하고 설치되어야 한다
- ② 구역보호시스템은 폐쇄형 노즐이나 별도의 화재탐지장치에 의하여 기동되어야 한다

5. 노즐의 형식

: 미분무수노즐은 다음 세 가지 중 하나로 분류되어야 한다

(1) 폐쇄형(Automatic)

: 별도의 화재탐지장치에 의하지 않고 내장된 기동장치에 의해 자동적으로 유로가 개방되는 노즐

(2) 개방형(Nonautomatic, Open)

: 별도의 화재탐지장치에 의해 기동되는 유로가 개방되어 있는 노즐

(3) 조합형(Hybrid)

: 폐쇄형과 개방형 어느 것으로도 사용될 수 있는 노즐

6. System의 작동방법

: 미분무수 시스템은 다음 중 한가지 수단으로 작동되어야 한다

(1) 일제개방식(Deluge)

(2) 습식(Wet pipe)

(3) 준비작동식(Preaction)

(4) 건식(Dry pipe)

7. System 매체의 종류

: 미분무수 시스템은 다음 두 가지에 의하여 분류하여야 한다

(1) 단일유체(Single fluid)

: 미분무수 노즐내부에 오직 소화수만이 있는 경우이다

(2) 이유헤(Twin fluid)

: 미분무수 노즐 내부에서 질소, 공기와 같은 압축성 가스와 소화수가 혼합되어 미분무수가 만들어지는 방식을 의미하며, 따라서 별도의 가스배관이 필요하게 된다

문제9) 미세물분무(Water mist) 소화설비의 노즐(nozzle)

1. 분무특성요소

: 다양한 노즐에 의해 만들어지는 분무액의 특성에 따라 성능차이가 생기며, 분무특성은 노즐 설치간격 뿐 아니라 천장높이 제한을 결정하는 요인으로 작용한다

(1) 액적크기 분포

- ① 컴퓨터 모델링으로 미분무수 설비의 액적크기의 분포 변수를 활용할 수 있다
- ② 액적크기 분포에 대한 정보로 증발속도, 장애물이 분무에 미치는 영향, 분무와 화재와의 상관관계가 갖는 역학적 특성 등 설비의 성능을 알 수 있다

(2) 분무각도

- ① 시중의 인증을 거친 노즐의 분무각도는 모두 90° 또는 120° 이다
- ② 분무형태는 준공 원추형이 아닌 속이 찬 원추형이다

(3) 분무속도

- ① 분무의 방향과 크기를 말하며, 분출속도의 크기는 오리피스로부터 물이 나와 분무되기 시작하는 속도를 의미한다
- ② 분무 시 주변 대기에 대한 개별 분출속도의 전이가 일어난다

(4) 방출량

- ① 노즐의 방출량은 오리피스의 총 단면적 및 수압의 함수이다
- ② 동일한 화재시험 시나리오에 대해서도 방출량은 제조업체마다 다르다

(5) 분무 운동량

- ① “분무운동량 = (물방울의 질량+혼입공기질량) × 미분무수입자속도 × 혼입공기속도” 로 표현된다
- ② 질량 방출량이 일정할 경우 분무속도가 증가하면 공기 혼합율이 증가하게 되면서 분무액의 운동량을 상승시킨다
- ③ 분무방향이 Fire plume방향과 반대일 경우 분무수에 대해 화염이 관통되고 화염 내부에서 형성되는 임의의 수증기가 화염 저부로 전달될 수 있다
- ④ 반면, 방향이 동일한 유동은 증발 및 냉각을 촉진시키는데 필요한 난류화염과 미분무수 혼합을 형성하지 못하며, 형성되는 수증기는 밑으로 내려가기 보다는 가연물 표면으로부터 먼 곳으로 전달된다
- ⑤ 미분무수의 소화성능을 향상시키기 위해서는 분출속도의 크기와 운동량을 형성하는 방향성분을 고려해야 하며, 혼입공기는 현저한 비율의 질량유량을 형성하므로 전체적인 분무 원추의 운동량을 상승시킨다

2. 분무생성방식

(1) 단일유체(Single Fluid)노즐

- ① 물이 1개 이상의 오리피스를 통해 분사된 뒤, 분쇄되어 물 분출과 주위 공기간의 속도차로 인해 미분무수가 되는 압력분출 노즐과 충돌표면에 의한 충격에 의해

미립자가 되는 충돌노즐이 있다

- ② 이중유체노즐에 비해 보다 광범위하게 사용되고 있다

(2) 이중유체(Twin Fluid)노즐

- ① 물과 함께 분무과정에 사용되는 압축가스(공기, 질소 등)까지 2개의 유체를 사용하는 노즐이다
- ② NFPA 750에 인용된 분무매체인 압축가스의 에너지를 이용하여 물을 분사하므로 오리피스 구경이 증가하면서 단일유체 노즐에 비해 막힘 현상은 줄어들었다

(3) 과열된 물을 갑자기 증발시켜 Water mist를 발생하는 방법

- ① 자체 가압용기에서 과열된 물을 대기 중에 방출하면 방출된 물의 일부는 갑작스런 증발을 통해 기체 상태가 되고, 증기운이 냉각되어 분무크기($20\mu\text{m}$ 이하)의 입자로 응결된다
- ② 해당 액체의 갑작스런 증발로 동적에너지의 방출이 일어나고 나머지 물을 분쇄해 비교적 미세한 분무액($Dv0.9=300\mu\text{m}$)을 형성한다
- ③ 노즐을 필요로 하지 않으므로 방호공간 전역으로 미스트+연무가 급속히 전파되며, 기계적 분무액 보다 더욱 미세하다

3. 미세물분무(Water mist) 소화설비의 노즐의 종류

(1) 충돌(Impingement)노즐

- ① 하나의 유체를 사요하며, 디플렉터와 직경이 큰 오리피스로 구성된다
- ② 물의 고속 분사로 큰 오리피스로부터 디플렉터를 쳐서 Water mist를 생성한다
- ③ 디플렉터의 형태 및 분사속도에 따라 물방울의 크기, 분배, 방사각, 유량밀도 및 운동량이 결정된다
- ④ 작동 압력은 저압 ~ 중압의 범위로 $60^\circ \sim 120^\circ$ 의 방사각을 가진다
- ⑤ 비교적 단순한 형태로 제작비용이 저렴하다
- ⑥ 종류 : 내부충돌형, 외부충돌형

(2) 압력분사 노즐

- ① 하나의 유체를 사용하며, 직경이 작은 오리피스 또는 Swirl(소용돌이) 챔버로 구성된다
- ② 물은 고속으로 오리피스에서 방사하여 Water mist를 생성한다
- ③ 압력 분사 노즐은 고른 물방울, 폭넓은 분사각, 우수한 분사 추진을 낸다
- ④ 작동 압력이 높을수록 물방울의 분배는 더 우수해지고, 운동량도 작동 압력에 따라 결정된다
- ⑤ 고압 분사를 통해 요구되는 물의 양을 상당히 줄일 수 있다
- ⑥ 다른 형태의 노즐에 비해 기계실 화재의 진압에 효과적이다
- ⑦ 종류 : 단공노즐형, 선형분무노즐형, 와류분무조절형 등

(3) 2유체(Twin-fluid) 노즐

- ① 압축공기(질소, 공기 등)와 물로 작동하며, 공기 흡입구 및 내부 챔버로 구성된다
- ② 챔버 내의 물이 압축 공기에 의해 갈라지고 불안정하게 되어 mist가 생성된다

- ③ 작동 압력은 175[psi] 이하의 저압이다
- ④ 물방울의 크기, cone각도, 분사운동에너지 및 방사율의 효과적인 조절이 가능하다
- ⑤ 압축 공기의 역할
 - ㉠ 작은 물방울들을 연소영역으로 운반한다
 - ㉡ 저압으로도 고른 Water mist를 생성한다
- ⑥ 이 노즐은 신뢰도가 높고 분사특성이 우수하며, 저압에서도 작동가능하다. 또한, 장애가 거의 없는 큰 오리피스를 가진다
- ⑦ 가스계 하론의 대체 설비로 사용이 가능하다
- ⑧ 물과 공기의 충분한 저장과 균형 유지가 필요하다

※ 기타

- 저압용 : 2유체(Twin-fluid) 노즐 또는 충돌(Impingement)노즐
- 중압용 : 충돌(Impingement)노즐
- 고압용 : 압력분사 노즐
- 분진폭발억제장치 : 과열된 물을 갑자기 증발시켜 Water mist를 발생하는 방법

※ 기출문제분석30(미분무설비관련)

1. 미분무(Water Mist)설비의 기술동향, 장·단점, System 구성요소에 대하여 논하시오(65회,25점)
2. $D_v f = N\mu m$ 의 의미를 설명하시오(68회,10점)
3. NFPA 기준 미분무수의 고압, 중압, 저압의 압력범위를 설명하시오(68회,10점)
4. 미분무소화설비(Water mist system)의 소화특성 및 Mechanism에 대해 설명하시오(71회,25점)
5. 미세물분무소화설비(Water Mist)의 물입자 액적(Droplet)표기에 있어 " $D_v 32\ 50\sim 100\mu m$ "의 수치는 무엇을 의미하는가(75회,10점)
6. 미세물분무(Water Mist) 소화설비의 소화메카니즘에 대하여 기술하고 현재 국내에서 적용되는 방호공간에 대하여 설명하시오(75회,25점)
7. Water mist system의 가압송수장치에 사용되는 Plunger pump와 Piston pump의 차이점에 대해 설명하시오(77회,10점)
8. 미분무수 소화설비(Water mist system)의 소화 메카니즘을 설명하고, 국내 외 적용실태 및 향후전망에 관하여 기술하시오(80회,25점)
9. 미분무 소화설비(water mist fire suppression system)에 있어서 미분무수의 개념, 소화효과 및 특성, 현행기술, 장단점 및 적용대상에 대하여 기술하시오(83회,25점)
10. 옥내변전소 주변압기실 내 유입식 변압기의 화재방호를 위해 전역방출방식의 미분무수(Water mist)소화설비를 설치하려고 한다. 발생 가능한 B급(유류)화재의 가연물 유형을 2차원 화재와 3차원 화재로 구분하여 설명하고 이 두 가지 화재를 지배하는 변수들을 각각 기술하시오(87회,25점)
11. 미분무소화설비의 개요(특징), 사용압력범위, 적용목적 및 소화효과에 대하여 설명하시오(97회,10점)
12. 물/공기 혼합분무 소화시스템에 대하여 설명하시오(96회,10점)
13. 미분무(Water mist)노즐의 종류와 분사성능 시험방법을 설명하시오(96회,25점)

문제10) 수막설비(Water Curtain)

1. 사용목적

(1) 방사열의 차단

: 방사열의 강도를 안전한계 이하로 저하시켜 연소의 확대 및 구조부의 강도 저하를 방지한다

(2) 가스확산의 억제

: 노즐에서의 방수에 의하여 주위의 공기를 끌어들여 가스농도를 희석시킨다

(3) 민심의 안정

: 시각적인 수막설비의 작동효과로 패닉 등의 발생을 방지한다

2. 설치장소

① 탱크 yard간의 경계

② 저장탱크·반응탑의 주위

③ 방유제

④ 공장·위험물 저장소와 민가간의 경계

⑤ 저장탱크간의 경계

3. 수막설비의 구성 및 노즐의 종류

(1) 구성요소 : 가압송수장치, 선택밸브, 배관, 노즐, 제어반 등

(2) 노즐의 종류

구 분	봉상 방수노즐	편평 방수노즐	분무 방수노즐
방수형태	원형 방수구에서 제트상으로 방수	방수각이 15°~18°로서 막상이 부채상으로 방수	분무원추상으로 방수 (물입자가 미세)
복사열 차단	小	中	大
바람의 영향	小	中	大
방수높이	높다	중간	낮다

4. 주의사항

(1) 수격현상 방지

① 관로의 길이가 길다

② 선택밸브 이후의 빈 관에 많은 물이 급격히 이송된다

(2) 균일한 수막의 형성

① 이를 위해서는 각 수막노즐의 방수압이 일정하게 되도록 수리 계산해야 한다

문제11) 드렌처 설비(Drencher System)

1. 개요

- ① 드렌처(Drencher)란, 물로 흠뻑 적시는 것이라는 의미로서, 드렌처 설비는 소화 목적 보다는 방사열 차단(연소확대 방지)이나 냉각의 목적으로 사용된다
- ② 드렌처설비는 실내에 설치하는 것과 옥외에 설치하는 것이 있다

2. 실내에 설치하는 드렌처 설비

(1) 대상

- ① 연소할 우려가 있는 개구부
 - ㉠ 방화구획을 관통하는 컨베이어, 에스컬레이터 등 방화구획할 수 없는 부분
 - ㉡ 개방형 헤드를 설치하도록 규정하고 있다
- ② 방화셔터나 유리벽 등에 방수하는 것
 - ㉠ 화재시 방화셔터가 가열되어 복사열로 인해 연소가 확대되는 것을 방지하기 위하여 셔터를 냉각시키는 용도
 - ㉡ 아트리움과 층간 경계에 설치된 망입 또는 적층 유리의 방호용도
 - ㉢ NFPA 101 유리벽 방호용 스프링클러가 설치된 유리벽은 방화구획으로 인정

(2) 설치목적

- ① 방화구획 부분의 개구부에 수막을 형성시켜 연소확대를 방지하고, 열·연기를 차단하기 위한 것이다
- ② 방화셔터, 유리벽을 냉각시켜 복사열로 인한 연소의 확대를 방지하기 위한 것이다

(3) 설치기준(NFSC 103)

- ① 드렌처 헤드 간격 : 개구부 위측에 2.5[m] 이내마다 설치할 것
- ② 제어밸브 : 층마다 바닥면에서 0.8 ~ 1.5[m] 이하의 위치에 설치할 것
- ③ 수원의 양 : 최대설치층의 헤드개수 × 1.6[m³] 이상
- ④ 헤드의 기준 : 방수압력 0.1[Mpa] 이상, 방수량 80[lpm] 이상
- ⑤ 가압송수장치 : 점검이 쉽고 재해로 인한 피해우려가 없는 장소에 설치할 것

3. 옥외에 설치하는 드렌처 설비

(1) 대상

- ① 방화지구내 건축물의 연소할 우려가 있는 부분
- ② 연면적 1,000[m²] 이상의 목조건축물의 외벽, 처마 밑의 연소할 우려가 있는 부분

(2) 설치목적

- ① 인접건물이나 산림화재로부터의 복사열, 비화 등에 의해 발화되는 것을 방지하기 위하여 지상, 외벽, 창, 출입구 등 외부 전부가 물을 뒤집어 쓰도록 하여 연소를 방지하는 것이다
- ② 근접건물, 위험물 시설, 중요 문화재 등에 설치하여 개방형 드렌처 헤드로 외부를

냉각시키는 것이다

(3) 설치기준

- ① 건축법에서는 소방법에 적합한 드렌처 설비를 설치하도록 규정하고 있다
- ② 그러나, 소방법에는 이에 적합한 드렌처 설비의 설치규정이 없다(문제점)

문제12) 방수총 시스템

1. 개요

- ① 최근 증가하고 있는 아트리움, 대형 공항이나 Dome경기장 등과 같이 넓은 경계구역과 높은 천장을 가진 대규모 공간에서는 일반적인 스프링클러설비나 화재감지기로는 효과적인 소화 및 감시가 거의 불가능하다
- ② 방수총 시스템은 주사형 화재감지기를 채용한 인텔리전트 화재감지·소화시스템으로 대공간에서의 화재감지 및 소화를 위해 도입된 설비이다

2. 구성

(1) 화재검출시스템

- ① 2개 이상의 주사형 불꽃감지기(Scanning type fire detector)를 설치한다
- ② 주사형 감지기는 약 230[m] 떨어진 지점에서의 화재감지가 가능하며, 화재 발생 위치의 식별도 가능하다(방호공간을 24시간 감시-수평+수직)

(2) 소화시스템

- ① 방수총
 - ㉠ 중거리 방수총 : 방호거리 약 65[m] 정도
 - ㉡ 대거리 방수총 : 방호거리 약 95[m] 정도
- ② 방수총 제어반 : 방수총의 선회·사정거리 제어
- ③ 현장 조작반 : 현장조작시에 사용
- ④ 수원공급설비 : 수조, 펌프, 배관 등

(3) 제어시스템

- ① 수신기 : 화재감지신호의 수신 및 경보 발령
- ② CRT : 모든 감시상황과 제어상황을 화면으로 표시
- ③ 시스템 제어반 : 감지기와 방수총 소화시스템의 제어
- ④ 중앙조작반 : 감지기의 감도조정, 방수총의 원격조작

3. 동작원리(Sequence)

(1) 주사형 감지기

→ 화재의 발생을 주사형 감지기가 감지하고, 화재대표신호 및 위치정보를 송신한다

(2) 시스템 제어반

→ 화재 위치정보를 연산하고 화점위치를 결정하여 방재센터로 송신하고 방수총은 자동으로 세팅된다

(3) 방재센터

→ 화재위치, 방수총선택, 방수거리 등의 정보가 CRT 화면에 표시된다

(4) 화재판단 및 펌프기동

→ 방재요원이 현장을 직접 확인하여 현장에서 방수총을 조작하거나, 방재실에서 원

격 조작으로 조작한다

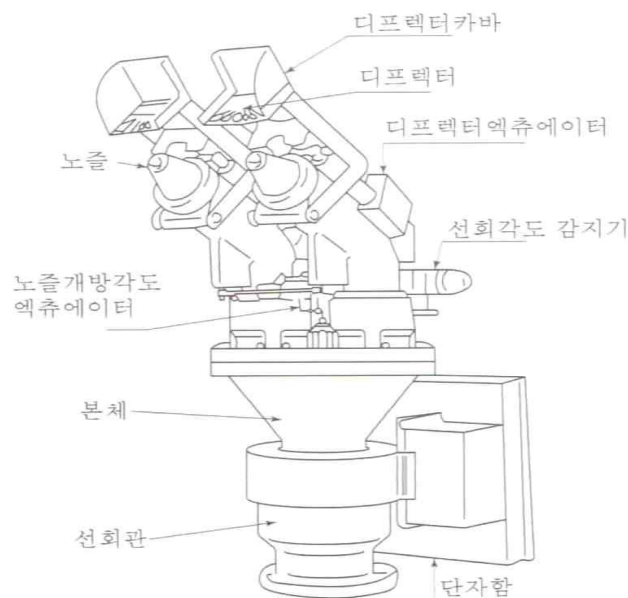
(5) 방수총의 방수개시

4. 장점

- ① 높은 천장을 가지 대공간에서의 소화가 가능하다
- ② 적절한 압력과 유량만으로 진화가 가능하므로, 수손 피해가 최소화된다
- ③ 화재에 적절한 살수로 단시간 내에 진화가 가능하다
- ④ 소화설비의 설치공간을 줄일 수 있다

5. 기능상·구조상 특징

- ① Twin Nozzle 방식 채용
: 소규경의 두 노즐을 가지며, 방수시 2개의 수류에 끼인 부분에서는 방수에 수반하는 공기의 반주식 상승효과에 의하여 비교적 멀리 그리고 광범위하게 살수할 수 있다
- ② 두 개의 노즐 협각이 가변적이다
: 상시 두 개의 노즐은 같은 양각(올려본 각)으로 병행하고 멀리 조정되었을 경우에는 평행으로, 방사거리 설정이 짧아짐에 따라 두 개의 노즐을 개방하도록 조정되어 있다
- ③ 가변 디플렉터의 채용
: 방수제어 설정이 근거리 및 직근인 경우에 한하여 그 때의 방수제어 설정 정보에 의하여 방수 수류에 대한 디플렉터의 분사도를 제어하여 넓은 살수 폭을 얻도록 하고 있다
- ④ 컴팩트화(Compact)로 설치공간을 절감할 수 있다



중규모 방수총장치 구조도

※ 기출문제분석31(수막설비관련)

1. 수막 설비의 목적을 설명하시오(45회,10점)
2. 수막설비(Water Curtain)의 설치 장소와 설계 기준에 대해 설명하시오(60회,25점)
3. 화재확대방지시스템의 워터커튼의 노즐 종류 및 특징을 쓰시오(66회,10점)
4. 방수총의 적용과 구조, 설치방법에 대해 설명하시오(66회,25점)

문제13) 포 소화약제

1. 포 소화약제의 구비조건

- (1) 내유성 : 포의 유류에 오염되지 않는 능력
- (2) 내열성 : 화염 및 화열에 대한 내력으로 내열성이 커야 화재 시 포가 파괴되지 않음
- (3) 유동성 : 포가 연소 면에서 확산되는 능력
- (4) 점착성 : 포의 유면에 대한 흡착능력으로 질식효과를 좌우한다
- (5) 부패·변질성 : 경년기간이 길어야 한다

2. 성분에 따른 분류

(1) 화학포(Chemical foam)

- ① 황산알루미늄과 중탄산나트륨으로 이루어지며, 2가지 약제의 반응으로 생성되는 CO₂에 의해 포를 발생시킨다
- ② 약제의 유지관리상 고정식 설비에서는 사용하지 않는다

(2) 기계포(Mechanical foam)=공기포(Air foam)

→ 원액을 물에 혼합하여 방사할 때 공기를 흡입하여 포를 발생시키는 것

- ① 단백포 : 단백질을 가수분해한 것을 주원료로 하는 포소화약제
- ② 불화단백포 : 단백포에 불소(F)계의 계면활성제를 첨가한 포소화약제
- ③ 합성계면활성제포 : 수성막포를 제외한 합성계면활성제를 주원료로 하는 포
- ④ 수성막포 : 합성계면활성제를 주원료로 하는 포소화약제 중 유면에서 수성막을 형성하는 포
- ⑥ 알코올형 포 : 단백질의 가수분해물이나 합성계면활성제 중에 지방산금속염이나 다른 계통의 계면활성제 또는 고분자 Gel생성물 등을 첨가한 포소화약제로서 수용성 용제의 소화에 사용하는 포

	단백포	불화단백포	합성계면 활성제포	수성막포	알코올형 포
①내유성	×	○	×	○	
②내열성	○	○	○	×	
③유동성	×	○	○	○	
④안전성	○	○	○	○	
⑤부패,변질성	×	○	○	○	
⑥고발포	×	×	○	×	
⑦최저사용온도	-5[°C]	-5[°C]	-10[°C]	-20[°C]	
⑧적 용	·탱크화재 ·pool fire	·대형탱크 의 SSI	·고발포 ·A급화재	·항공기화재 (CDC)	·수용성 액체위험물

3. 팽창비에 따른 분류

(1) 팽창비

$$\text{① 팽창비} = \frac{\text{발포된 포의 부피}}{\text{포수용액의 부피}}$$

- ② 포는 팽창비에 따라 저발포, (중발포), 고발포로 구분할 수 있으며, 저발포는 자연 발포에 의해 고발포는 강제발포(발포기 이용)에 의해 생성시킨다

(2) 저발포약제, 고발포약제의 비교

	저발포 약제	고발포 약제
팽창비	20 이하	80 이상 1,000 미만
발포 형식	자연발포	강제발포(별도의 발포장치)
약 제	합성계면활성제포를 제외한 모든 포약제	합성계면활성제포만 해당
포방출구	·Foam head ·Foam water s/p head	고발포용 고정포방출구
적용	·포헤드 방식 ·주차장에 사용하는 포소화전 또는 호스릴포	그 밖의 포방출 방식

(3) 고발포의 장단점

① 장점

- ㉠ 고팽창 또는 빠른 시간에 포가 채워지므로 넓은 장소의 신속한 소화 및 소방대의 진입이 곤란한 장소 등에 매우 효과적이다
- ㉡ 열에 의한 냉각 및 신속하게 고팽창의 포를 침투시킬 수 있으므로 지하 LNG탱크 화재시 효과적으로 제어할 수 있다
- ㉢ 포의 수분 함량이 적어 수손피해를 최소화할 수 있다
- ㉣ 화재현장에 신선한 공기를 공급하여 화재를 소화하므로 질식의 우려가 적어 지하공간의 화재진압에 적합하다

② 단점

- ① 고발포는 수분이 매우 적어서 유류에 대한 내성 및 바람에 대한 저항력이 약함
- ② 옥내에서는 효과가 있으나 옥외설비에서는 기후(온도, 바람, 습도 등)의 영향이 크다
- ③ B급 화재에서는 수분이 적고 내유성이 나빠서 가연성액체의 화재에는 소화효과가 떨어진다
- ④ 사용하는 포약제는 합성계면활성제포 약제만 가능하다

(4) 고발포 포 발생기(High Expansion Foam Generator)

흡입식(Aspirator type)=흡출식	압입식(Blower type)=송출식
① 포수용액이 분사될 때, 공기가 포의 고속유입에 의한 압력차로 흡입된다	① 포수용액이 분사될 때, 송풍기로 공기를 강제 압입하여 포스크린으로 포수용액을 통과시킨다
② 분사된 포 수용액이 포스크린에 부딪히며 약 250배의 중팽창로를 생성함	② 약 500 ~ 1,000배의 고팽창포를 생성한다
③ 발포기, 포스크린, 포컨크롤러 등으로 구성되며, 발포기는 고정식 또는 이동식으로도 적용할 수 있다	

4. NFPA의 포소화약제 분류

- ① 단백질포(Protein Foam)
- ② 불화단백포(Fluorprotein Foam)
- ③ 막형성 불화단백포(FFFP, Film Forming Fluorprotein Foam)
- ③ 수성막포(AFFF, Aqueous Film Forming Foam)
- ④ 알코올형 포(Alcohol-resistant Foam)
- ⑤ 중·고팽창포(Medium & Expansion Foam)
- ⑥ 기타 합성포(Other Synthetic Hydrocarbon Surfactant Foam)

문제14) 기계포(Mechanical foam)

1. 단백포(Protein foam) → 양친매성

(1) 특징

- ① 동물의 뼈 등 단백질을 가성소다로 분해·중화·농축시킨 포
- ② 흑갈색의 특이한 냄새가 나는 점도가 있는 포
- ③ 탱크화재, Poll fire에 주로 이용된다

(2) 장점

- ① 내열성이 우수하여 유면에 오래 남아 있으므로, 재발화가 방지된다
- ② 안전성이 높고, 값이 싸다

(3) 단점

- ① 내유성이 낮아 유류 접촉시 오염되므로, 표면하 주입식에는 부적합하다
- ② 유동성이 적어 소화속도가 늦다
- ③ 부패·변질 우려가 있어 장기보관이 불가능하다

(4) 설비특성

- ① 사용농도 : 3[%], 6[%]
- ② 팽창비 : 6 ~ 20배

2. 불화단백포 → 단친매성

(1) 특징 및 장점

- ① 불소계의 계면활성제를 소량 단백포에 첨가하여 내유성·유동성·내부팽창을 개선한 포 약제다
- ② 내유성이 강하고, 내열성도 우수하여 대형 유류 탱크에 가장 적합하다
- ③ 표면하주입식으로의 사용이 가능하다
- ④ 내유성·유동성은 단백포보다 우수하고, 내열성은 수성막포보다 우수하다
- ⑤ 보존 기한이 9 ~ 10년 정도로 길다

(2) 단점 : 단백포에 비해 고가

(3) 사용농도 : 3[%], 6[%]

3. 합성계면활성제 포 → 양친매성

(1) 특징

- ① 액체의 표면 장력을 낮추어 줄 수 있는 물질을 계면활성제(Surface Active Agent)라 한다
- ② 기포제인 계면활성제와 배수시간의 지연을 위한 고분자형의 알코올류, 안정제, 부동제 등으로 구성된다

(3) 장점

- ① 인체에 무해하다

- ② 유동성이 우수하다
- ③ 수명이 반영구적이다
- ④ 유류화재 이외에 A급 화재에도 적용이 가능하다
- ⑤ 유출유 화재에 적합하다

(3) 단점

- ① 내유성과 내열성이 불량하여 윤화 현상이 발생할 우려가 있다
- ② 음이온계 계면활성제가 양이온과 접촉하면 친수성을 잃어 발포성능이 저하된다
- ③ 용이하게 분해되지 않아 세제와 같이 환경오염을 유발한다

4. 수성막포(AFFF) → 단친매성

(1) 특징

- ① 탄화수소계 계면활성제의 알킬기에 있는 수소원자의 일부 또는 전부를 불소로 치환한 불소계 계면활성제가 주성분이다
- ② 방출시 유면에 얇은 물의 막인 수성막을 형성하여 가연성 증기 발생을 억제한다
- ③ 수성막의 거품은 내유성·유동성이 우수하여 항공기 화재 등의 유출유 화재에 적합하다

(2) 원리

- ① 유면에 수성막을 방사한다
- ② 수성막포가 유면에 도달되면, 포 수용액 내에 함유된 불소계 계면활성제 분자는 물과 기름 사이에서 배향 배열된다
- ③ 기름위에 얇은 불소계 계면활성제의 단분자막을 형성하고, 그 위에 얇게 물의 단분자막을 형성시킨다
- ④ 막 위의 거품에서 Drain되어 계속적으로 만들어지는 액상막(수성막)이 연료 발생을 억누르는 역할을 하여 소화한다
- ⑤ 거품이 깨지면 막형성이 안되므로, 지속적인 포 공급이 필요하다

(3) 장점

- ① 유동성이 좋은 수성막과 거품 형성으로 소화효과가 뛰어나다
- ② 수성막이 장기간 지속되므로, 재 발화 방지에 유효하다
- ③ 내유성이 우수하여 표면하 주입식으로도 적용이 가능하다
- ④ 내약품성으로 불화단백포, 분말 소화약제 및 CO₂와 함께 사용가능하다
- ⑤ 수명이 반영구적이다
- ⑥ 수성막포는 탁월한 유동성(침투성)으로 인해 A급 심부화재에도 사용된다
- ⑦ 가연성액체 저장 랙크식 창고에서 스프링클러설비와 함께 이용 가능한 유일한 포약제이다(NFPA)

(4) 단점

- ① 내열성이 약하여 탱크 벽면을 따라 잔화가 남는 윤화현상(Ring fire)이 발생한다(특형에는 부적합함)
- ② 휘발성이 큰 석유류(휘발유, hexan 등)의 화재에는 부적합하다

- ③ 가격이 비싸고, 고발포로는 사용할 수 없다
 - ④ Pressure proportioner 혼합방식에 부적합하다
 - ⑤ C급 화재에는 사용이 곤란하다
- (5) 사용농도 : 3[%], 6[%]

5. 알코올형 포

(1) 파포현상

- ① 포 수용액은 94[%] ~ 97[%]가 수분으로 되어 있다
- ② 포가 수용성 가연성 액체에 접하면 포에 함유되어 있던 수분이 재빨리 수용성 액체 쪽으로 녹아들어가 포가 쭈글쭈글 작아져 소멸되는 현상을 파포현상이라 한다

(2) 금속비누형 → 양친매성

- ① 단백포에 알코올을 거부하는 성질이 있는 지방산금속염(금속비누)을 첨가한 것
- ② 내화성이 좋고, 가격이 저렴하다
- ③ 유동성이 불량하며, 금속비누의 분리·침전으로 인해 경년기간이 짧다
- ④ Transit time(이전시간)이 짧다 : 물과 포 약제의 혼합 후, 발포까지의 시간

(3) 고분자 Gell형

- ① 알킬산 나트륨 수용액 액체와 접촉하면 불용성의 Gell(불소계계면활성제 포함)로 되는 성질을 이용한 것
- ② 소화에의 적용범위가 넓다
- ③ 고점도이므로, 5[°C] 이하에서는 사용할 수 없으므로, 별도의 원액가열 장치가 필요하다(검정기준 : 5~30°C에서 사용 가능할 것)

(4) 불화단백형 → 단친매성

- ① 특징
 - ㉠ 불화단백포의 일종으로 단백포에 알코올류를 배척하는 성질이 강한 불소계 계면활성제를 첨가한 것이다
 - ㉡ 수용성 액체, 석유류 화재 모두에 적용 가능하다
 - ㉢ 주로 대형 알코올류 저장 탱크에 사용한다
- ② 장점
 - ㉠ 윤화가 일어나지 않는다
 - ㉡ 표면하 주입식으로도 사용 가능하다
 - ㉢ 내유성이 우수하여 석유류 화재에도 적용 가능하다
 - ㉣ Transit time의 제한이 없어 배관 설계가 용이하다
 - ㉤ 내한성이어서 원액 가열 장치가 필요 없다
 - ㉥ 수명이 길다
- ③ 단점 : 고가

※ 기출문제분석32(포소화약제관련)

1. 포 소화약제에 있어, 화학포와 기계포를 설명하시오(35회,10점)
2. 포소화약제에서 Oil, 물과 계면활성제 사이의 계면활성 작용에 의한 소화작용에 대해 설명하시오(59회,5점)
3. 금속비누계 및 불화단백포계 내알콜포의 기능, 효과 및 응용측면에 대하여 포괄적으로 비교 설명하시오(52회,20점)
4. 합성계면 활성제 포소화제 적용화재와 장단점을 기술하시오(54회,20점)
5. 수성막포 소화약제의 특성에 대해 설명하시오(61회,25점)
6. 율화(Ring fire)현상을 설명하고 그 발생원인 및 대책을 기술하시오(87회,10점)
7. 포소화약제의 환경유해성 및 최근 규제 동향에 대하여 설명하시오(97회,10점)
8. 친환경 포소화약제와 고팡창포 소화설비의 설계 시 고려사항 및 제한사항을 국가화재안전기준과 NFPA 기준을 비교하여 설명하시오(98회,25점)
9. ISO 7203-1에 규정된 포채집기(Foam Collector)를 이용한 포수용액 팽창비(Expansion Ration) 측정방법과 25% 환원시간(Drainage Time) 측정방법을 설명하시오(97회,25점)

문제15) 포 방출구(Foam Outlet)

1. 고정포 방출구

- (1) 폼챔버(Foam chamber)를 설치하여 포를 방출하는 방식의 방출구로서 옥외위험물탱크, 공장, 창고, 주차장, 항공기격납고 등에 설치한다
- (2) 탱크의 직경, 포방출구의 종류에 따라 일정한 수의 방출구를 탱크 측면에 설치한다. 주로 고정포방출구의 접속배관은 건식으로 하며 펌프는 수동으로 작동할 수도 있다
- (3) 폼챔버(Foam chamber)의 종류
 - ① I형 방출구 : CRT에 사용하는 통·Tube 등의 부대시설이 있는 방출구
 - ② II형 방출구 : 반사판이 있는 방출구
 - ③ III형 방출구 : 표면하 주입식 방출구
 - ④ IV형 방출구 : 반표면하 주입식 방출구
 - ⑤ 특형 방출구 : FRT에 사용하는 방출구

2. 포 헤드

- (1) 방호대상물에 고정식 배관을 설치하고 배관에 접속된 포헤드를 이용하여 포를 방출하는 방식의 방출구이다
- (2) 주로 위험물저장소, 항공기격납고 등에 사용한다
- (3) 포헤드의 종류
 - ① Foam head
 - ㉠ 가장 일반적인 포소화설비용 헤드로서 저발포용으로 사용한다
 - ㉡ 포가 형성되는 과정은 배관내에서는 포수용액 상태로 흐르다가 헤드에서 방출시 공기흡입구에서 공기를 흡입하여 헤드 그물망(Screen)에 부딪힌 후 포를 생성하게 된다
 - ② Foam water sprinkler head
 - ㉠ 항공기격납고 등에서 사용하는 디플렉터가 있는 포헤드이다
 - ㉡ 포수용액을 방출할 때 헤드 내에 흡입된 공기에 의해 포를 형성하며 발생된 포를 디플렉터로 방출시킨다
 - ㉢ 개방형 스프링클러 헤드와 유사하며, 차이점은 포 생성을 위한 공기 흡입구가 있다는 것만이 다르다
 - ㉣ NFPA 409에서는 비행기 격납고에 수성막포를 사용할 때에는 개방형 스프링클러헤드를 사용할 수 있다고 규정하고 있다

3. 포소화전

- (1) 고정식 배관을 설치하고 소화전과 같이 포 호스를 사용하여 포 노즐을 통해 사람이 직접 포를 방출하는 방식의 방출구이다
- (2) 주로 개방된 주차장, 옥외탱크저장소의 보조 포설비용으로 사용한다

4. 호스릴 포

- (1) 포를 직접 방출하는 호스릴을 이용한 이동식 포방출방식의 방출구이다
- (2) 방출량이 적고 취급이 간편한 간이설비이다

5. 포 모니터(Foam monitor)

- (1) 취치가 고정된 노즐의 방출각도를 수동 또는 자동으로 조준하여 포를 대량으로 방출하는데 사용하는 방출구로서 NFPA에서는 일명 Canon이라고 한다
- (2) 고정식 배관 또는 호스를 접속하여 포수용액을 공급하고 모니터 노즐을 이용하여 방유제 주변 등에서 사용하는 일종의 보조 포설비로서 화재현장에 대한 화재진압 외에 냉각효과도 발휘한다
- (3) 종류
 - ① 이동식 : 바퀴가 달린 차륜식 형태의 모니터
 - ② 고정식 : 대규모의 포수용액을 방출하기 위해 바닥에 고정·부착되어 있는 포모니터
- (4) 주로 위험물 옥외저장탱크, 이송취급소의 펌프설비 등을 방호하기 위하여 설치한다

문제16) 고정포 방출구

1. I 형 방출구

- (1) 방출된 포가 유면 상에서 신속히 전개되어 유면을 덮어 소화작용을 하도록 통(Foam trough), 튜브(Tube) 등의 부속 설비가 있는 포 방출구이다
- (2) 방출된 포가 액면 위에서 전개될 수 있도록 탱크 내부에 포의 통로가 있는 설비로서, Cone roof tank에 설치한다
- (3) I 형의 부대설비(SFPE)
 - ① Foam trough(통)
 - ㉠ 내유성·내식성이 있는 얇은 철판으로 포의 활강로를 만들어서 이를 탱크 바닥에서 1.2[m] 높이까지 달아 내려서 고정 설치한다
 - ㉡ 포가 방사되면, 이러한 나선형 경로를 따라 유면 속으로 방사된다
 - ㉢ 유면의 심부에서 포를 방사하므로, 포가 아래에서 부유하면서 질식효과를 높여 주며 소화효과를 증대시켜준다(CRT에만 사용 가능)
 - ② Porous tube(다공성 튜브)
 - ㉠ Foam chamber속에 튜브를 말아서 챔버 내에 넣고 한쪽은 챔버 흡입측에 연결하여 다이어프램으로 밀봉하고, 말단은 개방상태로 둔다
 - ㉡ 포가 방사되면 압력에 의해 다이어프램이 파괴되고 튜브가 펼쳐져 유면으로 떨어지고 포의 부력으로 튜브가 유표면으로 상승하여 유면 위에서 튜브의 기공을 통해 포가 방출된다
 - ③ Chute(계단)
 - ㉠ 화학포 설비에 사용하는 것으로 탱크 내측면에 부채꼴 모양(원의 1/4)의 포방출구를 다수 설치한 Chute를 이용하여 탱크의 밑면에서 상부에 이르는 각 부위에서 포를 방출하는 형태이다
 - ㉡ 현재 화학포 설비는 국제적으로 사용하지 않고 있다

2. II형 방출구

- (1) 반사판(Deflector)을 부착하여 방출된 포가 반사판에 부딪혀 탱크 벽면을 따라 흘러 들어가 유면을 덮도록 한 방출구이다
- (2) Cone roof tank 또는 부상덮개부착고정지붕구조의 탱크(IFRT)에 설치한다

3. 특형 방출구

- (1) Floating roof 위에서 탱크 내측면에서 1.2[m] 떨어진 지점에 높이 0.9[m] 이상의 금속재 굽도리판(Circular foam dam)을 설치하고, 양 쪽 사이의 환형 부분에 포를 방사하는 구조의 포 방출구이다
- (2) Floating roof tank에 설치한다

4. Ⅲ형 방출구

→ 표면하주입식(SSl, Sub-Surface foam Injection method)

(1) 표면하주입식 방출방식의 필요성

- ① 표면 주입식의 경우, 옥외 탱크 화재시 압력 상승에 의한 지붕파손으로 인하여 탱크 측면에 설치된 Foam chamber가 파손될 수 있는 단점이 있다
- ② 포 약제의 유동성(유효방호거리 : 30m 이내) 제한으로 인하여 직경 60[m] 이상의 초대형 탱크에서는 소화가 유효하지 못하다

(2) 표면하주입식의 특징

- ① Cone roof tank와 같은 대기압 탱크에 가장 효과적이다
- ② 포 방출량 및 방출시간은 표면 주입식의 Ⅱ형과 같다
- ③ 포가 액의 내부에서 부상하므로, 유류에 오염되는 포는 사용할 수 없다
- ④ 고배압 발포기(High back pressure foam maker)를 사용한다
- ⑤ 포 방출구의 높이는 탱크 바닥의 물에 의해 포가 파괴되지 않도록 바닥에서 30 [cm] 이상 이격시켜야 한다

(3) 표면하 주입식의 장점

- ① 화재시 탱크가 변형되어도 포 주입에 영향이 적다
- ② 포가 하부에서 부상하므로, 가연성 액체의 대류현상으로 유면의 유온이 저하된다
- ③ 포가 유면 상에 고르고 신속하게 확산된다

(4) 표면하주입식을 적용할 수 없는 경우

- ① Floating roof tank
: 유면이 개방되어 있지 않아 포를 화재 부분인 seal에 균일하게 전달하지 못한다
- ② 수용성 액체 위험물 저장 탱크(알코올, 케톤, 에스테르, 알데히드 등)
: 포가 부상하는 동안 액체에 녹아 포가 파괴되기 쉽다
- ③ 점도가 높은 액체 위험물
: 포가 위험물을 뚫고 부상해야 하는데, 점도가 높아 불균일하게 부상하거나 기름에 오염되기 쉽다
- ④ Class I A 탄화수소 액체
: 낮은 비점과 인화점의 액체이므로, 재발화의 위험이 높아 포가 저속으로 계속적으로 방사되어야 하기 때문이다

5. Ⅳ형 방출구

→ 반표면하주입식(SSSI, Semi-Sub-Surface foam Injection method)

(1) 원리

- ① 내유성이 있는 호스가 Container 속에 넣어져 Cap으로 봉합되어 탱크 내 액체로부터 보호된다
- ② 호스 입·출구는 Air shock pipe로 by-pass되어 있다가 화재시 배관 내에 포가 공급되면, 공기가 압축되어 Cap을 깨뜨리게 된다
- ③ 이 때 포의 부력에 의해 호스가 액체 표면에 떠올라 포를 액면에 방출한다

(2) 반표면하 주입식의 특징

- ① 고점도의 액체 위험물에는 적합하지 않다
- ② 평소 유지관리 및 점검이 어렵다
- ③ 고배압 발포기(High back pressure foam maker)를 사용한다
- ④ 단백포 등 모든 포의 적용이 가능하다(단, 수용성 위험물은 알코올형 포에 한함)
- ⑤ 수용성 액체 위험물에도 적용이 가능하다
- ⑥ 포 방출시 탱크 바닥의 물에 의해 파괴될 위험이 없다
- ⑦ 대형 탱크에 적용가능, 탱크 파손에 대한 영향 적다
- ⑧ 포가 유류에 오염·파괴되는 것이 방지된다

(3) 고배압 발포기(High back pressure foam maker)

- ① 표면하 주입식은 액체의 높이에 비례한 압력이 발포기에 배압(Back pressure)으로 걸리게 된다
- ② 이 발포기는 벤츨리작용으로 공기를 흡입하여 포를 만들므로 입구측 압력은 높아야 하기 때문에 포수용액의 공급은 매우 높은 압력으로 하여야 한다
- ③ 고배압 발포기란 포를 방출할 때 배압으로 인한 장애를 제거해 주고 포가 적절하게 방출될 수 있도록 해주는 장치를 말한다
- ④ 포 수용액 공급압력 = 벤츨리관 손실 압력(공기흡입손실)
 - + 액체높이의 낙차 손실 압력
 - + 포 공급 배관의 마찰 손실 압력
 - + 방사압력

※ 기출문제분석33(포방출구관련)

1. 위험물 저장탱크의 포 소화설비에 사용되는 고정포 방출구에 대하여 이의 종류와 원리를 각각 기술하시오(39회,20점)
2. 고발포기를 설명하시오(44회,10점)
3. 위험물저장탱크의 포소화설비에 사용되는 고정포 방출방식에서 포 방출구의5가지 종류를 각각 설명하시오(76회,25점)
4. 위험물을 저장 또는 취급하는 탱크 화재를 소화하기 위하여 설치하는 포방출구에 대하여 위험물안전관리 세부기준에서 규정하고 있는 고정식 포방출구의 종류별 설명과 특징에 대하여 기술하시오(79회,25점)
5. 포소화설비의 Subsurface Injection Method와 Semi-Subsurface Injection Method에 대하여 설명하시오(41회,30점)
6. 위험물탱크의 포소화설비 중 표면하 주입방식(SSI)의 단점을 기술하시오(51회,25점)
7. 포 소화설비에서 액면하 주입방식에 대해 설명하시오(61회,25점)