개발연구

선박용 국소방출방식 미분무수 소화설비 노즐 개발연구

글_ 이 찬 주(방재설비부 연구원)

1 서론

미분무수 소화설비는 물방울 입자의 크기를 미세화 하여 방호구역 또는 방호대상물에 방출함으로써 미세화된 물방울이 증발되면서 많은 양의 열을 흡수하여 주위 및 가연물을 냉각시키고, 물이 증발될 때의 부피 변화에 의하여 가연물 주위의 산소농도를 희석시키는 작용 등에 의하여 화재를 제어, 진압하는 설비로서 1987년 몬트리얼 의정서 발표에 따른 환경보호차원에서의 하론 소화약제의 사용억제 및 기존의 물 소화설비에 비하여 매우 적은 량의 물을 사용함으로서 제한된 공간(선박, 비행기 등)에서의 사용이 용이하고 기존의 물 소화설비에 비해 월등히 작은 구경의 배관(고압의 경우 최대지름 약 40 mm)을 사용함으로서 설비의 무게를 줄일 수 있는 점과, 물방울 등급, 설비의 방식 및 설비의 사용압력 등의 조건에 따라 A, B, C 급의 화재에 모두 적용 가능한 특성이 있어 주거시설, 인화성액체저장시설 및 전기장치시설 등에 효과가 있어 화재안전설비로서 새롭게 평가되고 있기 때문에 최근에 선진국에서 크게 부각되고 있는 소화설비이다.

2000년 2월 국제해사기구(IMO : International Maritime Organization) 제44차 방화소위원회에서는 해상인명안전국제협약(SOLAS : Safety Of Life At See) 제Ⅱ-2장 규칙 7 「기관구역의 소화장치」의 내용을 전면 개정하여 선박에서의 대형 화재사고예방을 위하여 2002년 7월 1일 이후에 건조되는 총톤수 500톤 이상의 여객선 및 총톤수 2,000톤 이상 화물선의 A류 기관구역(주)의 소화를 위하여 소화설비를 설치하도록 규제(기존 선박은 2005년까지)하기 시작하면서 선진 각국에서는 선박은 물론 육상시설의 화재안전을 위한 소화설비로 스프링클러 소화설비 및 할로겐화물 소화설비에 대체할 수 있는 미분무수 소화설비를 개발하기 시작하였다.

선박의 A류 기관구역에는 화재가 기관구역 전체에 확대되는 경우를 대비하여 전역방출방식의 미분무수 소화설비, 포 소화설비 및 이산화탄소 소화설비 중 하나를 선택하여 설치하고, 주엔진, 보조엔진, 연료탱크 등의 국부지역에 부분적으로 발생되는 화재에 대비하여 추가로 국소방출방식의 미분무수 소화설비의 설치를 의무화하고 있다. 이에 따라, 국내에서도 해상인명안전국제협약(SOLAS) 기준에서 정하는 엔진실의 화재확산 방지를 위해서는 IMO-MSC/Circ.913 소화성능 시험기준에 적합한 미분무수 소화설비의 개발이 필요한 것으로 나타나고 있어, 2001년도 중소기업컨소시엄사업으로 개발된 선박 소화설비용 국소방출방식 미분무수 노즐 개발연구 내용을 요약 소개한다.

(주) "A류기관구역"이라 함은 다음의 장치를 가지는 장소와 이들 장소에 이르는 주통로를 말한다.

1. 주추진용 내연기관, 또는
2. 주추진 이외의 목적에 사용되는 합계출력 375 KW 이상의 내연기관, 또는
3. 기름보일러 또는 연료유장치.

2 개발연구 방법

1. 실험기준

IMO MSC/Circ. 913(국소방출방식 고정 수계 소화설비 시험방법)

가. 실험평가내용

(1) 미분무수 노즐 상호간 최대 이격거리
(2) 미분무수 노즐과 보호위험지역 사이의 최소 및 최대분리거리
(3) 보호 위험지역 외부에 미분무수 노즐을 위치시킬 필요성
(4) 미분무수 노즐 최소 및 최대 작동압력

나. 실험공간

(1) 실험공간은 충분히 넓어야 하며 화재실험 기간동안 자연순환 또는 강제송풍이 가능하도록 하여 국소방출 소화설비가 작동하지 않은 상태에서 산소농도가 20 %(양 기준)이상으로 유지되도록 해야한다.
(2) 실험장소는 면적이 100㎡ 이상으로 실험장소의 높이는 적어도 5m 이상이어 야 한다.

다. 화재 시나리오

(1) 화재 시나리오는 경 디젤유를 연료로 사용하여 공칭 1 및 6MW 스프레이 화재 로 구성되어야 한다.
(2) 연료 스프레이 노즐은 수평으로 노즐 그리드의 중심을 향하도록 하여 설치해야한다.
(3) 연료 스프레이 노즐은 바닥 위 1 m 상에 설치하고 적어도 공간의 벽에서는 4 m 격리되도록 해야 한다.

라. 실험을 위한 설치 요구사항

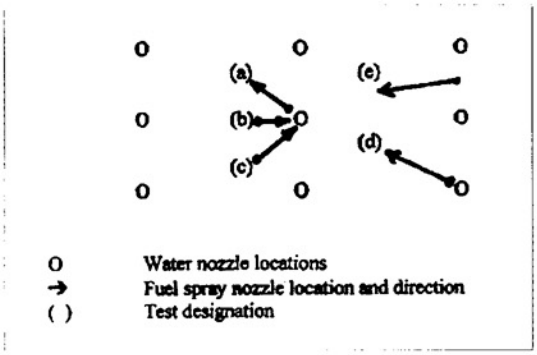
(1) 국소방출설비는 노즐을 균일하게 간격을 지어 하방 수직으로 향하도록 한다.
(2) 본 시스템은 요구되는 경우 2×2 또는 3×3 노즐 그리드로 구성해야 한다.
(3) 노즐은 공간 천장에서 적어도 1 m 하부에 설치해야 한다.
(4) 노즐의 최대 간격은 제조업자의 시스템 설계 및 설치 매뉴얼에 의거해야 한

마. 실험 프로그램

(1) 이 시스템의 소화 능력은 최소 및 최대 분리거리(노즐 그리드와 연료 스프레이 노즐 사이의 거리)로 평가해야 한다. 이 거리는 제조업자의 시스템 설계 및 설치매뉴얼에서 정의한대로 해야 한다.
(2) 각 분리거리는 2개의 화재 시나리오(1 및 6 MW 스프레이 화재)에 대하여 평가 해야 한다. 시험은 다음의 위치에 연료 스프레이 노즐을 수평으로 위치시키고 행 하도록 한다.
(a) 그리드 중심 내에서 한 노즐 아래.
(b) 그리드 중심 내에서 2개의 노즐 사이.
(c) 4개의 노즐 사이.
(d) 그리드의 가장자리(구석) 의 한 개의 노즐 아래.
(e) 그리드 가장자리의 2개의 노즐 사이.

[표 1] 스프레이 화재 특성

스프레이 노즐	스프레이 광각(120도에서 125도)완전 원뿔형	스프레이 광각(80도) 완전 원뿔형
공칭유압	8 bar / 8.16 kgf/㎠	8.5 bar / 8.67 kgf/㎠
유량	0.16±0.01 kg/s	0.03±0.005 kg/s
오일 온도	20±5℃	20±5℃
공칭 열 방출율	6 MW	1 MW



[그림 1] 연료 노즐 위치

바. 실험절차

(1) 사전발화시간

각 연료유 스프레이는 시스템 작동 전에 15초 점화하여 타도록 한다.

(2) 측정

(가) 연료유 스프레이 시스템

① **연료유 스프레이 시스템 내의 연료유 유량 및 압력은 시험 이전에 확인해야 한다.**

② **연료유 스프레이 시스템 압력은 시험 기간 동안 측정해야 한다.**

(나) 화재지역에서의 산소 밀도

산소밀도는 연료유 스프레이 노즐 아래 100 mm 지점에서 측정해야 한다.

(다) 물 분무설비의 압력과 유량

시스템의 물 압력 및 유량은 적합한 장비를 사용하여 측정해야 한다.

(3) 소화설비의 작동

(가) 물 분무설비는 사전발화 시간 범위 내에 작동되어야 한다.

(나) 물 분무설비는 진화 후 적어도 1분 동안 작동해야 한다.

(다) 화재는 물 분사 이후 5분내에 진화되어야 한다.

(라) 연료유 스프레이는 진화 후 적어도 15초 동안 작동해야 한다.

(4) 화재실험 동안의 다음의 준수사항을 기록한다.

(가) 점화절차의 시작

(나) 실험의 시작(점화)

(다) 소화 시스템이 작동되는 시간

(라) 화재가 진압되는 시간

(마) 소화 시스템이 정지되는 시간

(바) 재점화 시간

(사) 연료 노즐로 연료의 공급이 정지되는 시간

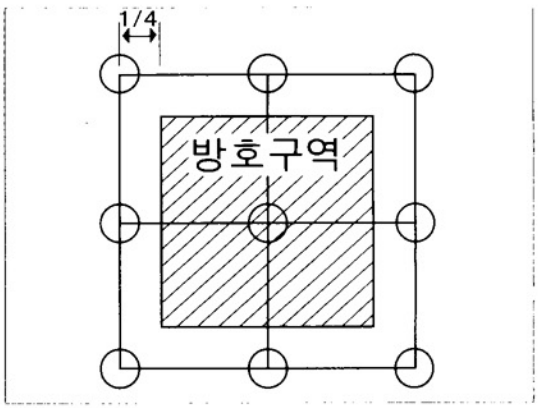
(아) 실험이 완료되는 시간

사. 실험결과 및 해석

(1) 국소방출 소화설비는 실험화재를 물 방출 시작에서 5분 내에 진압할 수 있어야 한다. 이 5분의 물 방사시간 후에 다시 화재가 발생하게 되면 실험은 불합격한것이다.

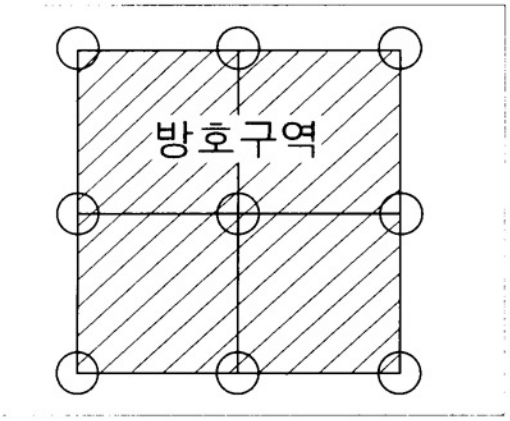
(2) 이 실험의 결과는 다음과 같이 해석하도록 해야 한다.

(가) (a)에서 (c)까지 언급한 화재를 진압하는 시스템(2×2 또는 3×3의 노즐 그리드를 사용)은 외부노즐이 최대 노즐 간격의 최소 $\frac{1}{4}$의 간격으로 보호지역 외부에 설치된다는 조건이라면 기준을 성공적으로 완료한 것이라고 간주한다.



[그림 2] (가) 방호구역

(나) (c)에서 (e)까지 언급된 화재를 진압하는 시스템(2×2 혹은 3×3의 노즐 그리드를 사용)은 기준을 성공적으로 완료한 것이라고 간주되며 외부노즐이 보호지역 가장자리에 있도록 설계할 수 있다. 이는 노즐의 위치를 보호지역외부에 지정하는 것을 금하는 것은 아니다.



[그림 3] (나) 방호구역

(다) (가) 및 (나)에 명시된 소요조건은 최소 및 최대 작동 압력뿐만 아니라 최소 및 최대 분리거리에서도 충족되어야 한다.
(라) 개별 노즐 혹은 단일 노즐열을 사용하여 적합하게 보호되는 설비에는, 효과적인 노즐의 범위(폭과 길이)는 최대 노즐 간격의 $\frac{1}{2}$로 정의된다.

2. 실험모형

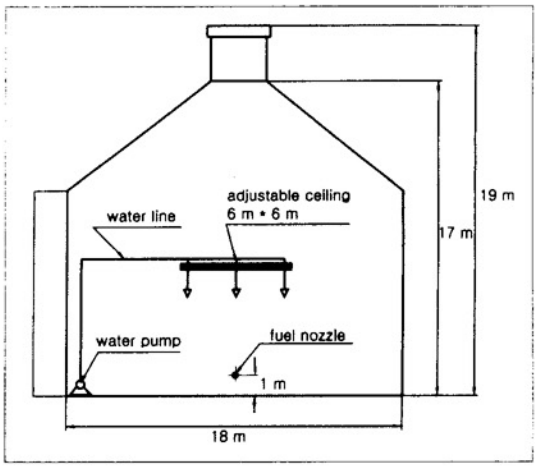
가. 형식 : 개방형
나. 방출방식 : 고압단일유체방식
다. 노즐본체
(1) 재질 : 스테인레스 스틸
(2) 부착나사 : 15 A
(3) 방사각도 : 60도, 80도, 100도(3종)
(4) 방출구 : 7구용(중앙부 1구, 주위부 6구)
라. 노즐팁
(1) 재질 : 스테인레스 스틸
(2) 부착나사 : 8 mm
(3) 팁 구 경 : 0.7 mm, 0.8 mm, 0.9 mm (3종)

3. 소화성능실험

가. 실험압력 : 3.43~14.7 MPa(34.3~147 bars)에서 선정
나. 적용방식 : 국소방출방식
다. 열방출율 : 1 ㎿ 및 6 ㎿
라. 노즐배치 : 3×3 노즐 그리드(Nozzle Grid) 방식
마. 노즐간격 : 2~3 m 이내에서 선정
바. 노즐높이 : 2~8 m 이내에서 선정

4. 실험장치 및 조건

가. 실험실
(1) 바닥면적 : 540 ㎡(18 m × 30 m)
(2) 높이 : 약 17 m
(3) 체적 : 약 7,450 ㎥
(4) 세부내용 : [그림 4] 참조



[그림 4] 시험실 개요도

나. 미분무수 노즐 압력 및 유량측정
(1) 압력측정
(가) 부르돈관 압력계 : 250 kgf/㎠(0.5급, 최소눈금 : 2.0 kgf/㎠)
(나) 압력트렌스 미터 : 250 kgf/㎠
(다) 압력교정설비 : Type 7521 (SUPERB Instrumentation)
(2) 유량측정
(가) 유량계 : VORTEX FLOW METER / DD96182W(OVAL KOREA LIMITED)
(나) 유량범위 : 30 ℓ /min ~ 1,100 ℓ /min × 1 ℓ /min

다. 연료분사 노즐 압력 및 유량측정
(1) 압력측정
(가) 부르돈관 압력계 : 10 kgf/㎠(0.5급, 최소눈금 : 0.1 kgf/㎠)
(나) 압력트렌스 미터 : 10 kgf/㎠
(2) 유량측정 : 저울 60 kgf × 0.01 kgf

(3) 유량측정 내용

노즐타입	기준유량측정	유량열	방출율
LECHLER 460.728.30	0.16±0.01 kg/sec at 8 bar	0.166 kg/sec at 8 bar	6 MW
LECHLER460.446.30	0.03±0.005 kg/sec at 8.5 bar	0.027 kg/sec at 8.5 bar	1 MW

라. 산소농도 측정

산소농도 분석기 : KM-900

5. 실험방법

가. 실험장치 설치 내용

(1) 미분무수 설비를 3×3 형식 노즐 그리드로 구성함.

(2) 미분무수 설비의 노즐은 균일하게 간격을 지어 하방 수직으로 향함.

(3) 미분무수 노즐은 공간 천장에서 1미터 하부에 설치함.

(4) 미분무수 노즐의 간격은 2.5 m × 2.5 m로 설치함.

나. 화재 시나리오

(1) 화재 시나리오는 공칭 1 MW 및 6 MW 스프레이 화재[표 1 참조]로 구성함.

(2) 연료 스프레이 노즐은 수평으로 노즐 그리드의 중심을 향하도록 하여 설치함.

(3) 연료 스프레이 노즐은 바닥 위 1 m 상에 설치하고 적어도 공간의 벽에서는 4m 격리되도록 함.

다. 화재실험 프로그램

(1) 미분무수 소화설비의 소화 능력은 미분무수 노즐의 최소 및 최대작동압력과 미분무수 노즐과 연료분사 노즐의 최소 및 최대 분리거리로 평가함.

(2) 최소 및 최대 분리거리는 2개의 화재 시나리오(1 MW 및 6 MW 스프레이 화재)에 대하여 평가함.

(3) 화재실험은 다음의 위치[그림 5 참조]에 연료노즐을 수평으로 위치시키고 실 시함.

(가) 위치 a : 그리드 중심 내에서 1개의 노즐 아래.

(나) 위치 b : 그리드 중심 내에서 2개의 노즐 사이.

(다) 위치 c : 4 개의 노즐 사이

라. 실험절차

(1) 연료분사 노즐에 점화하여 15초 동안 자유연소시킨다.

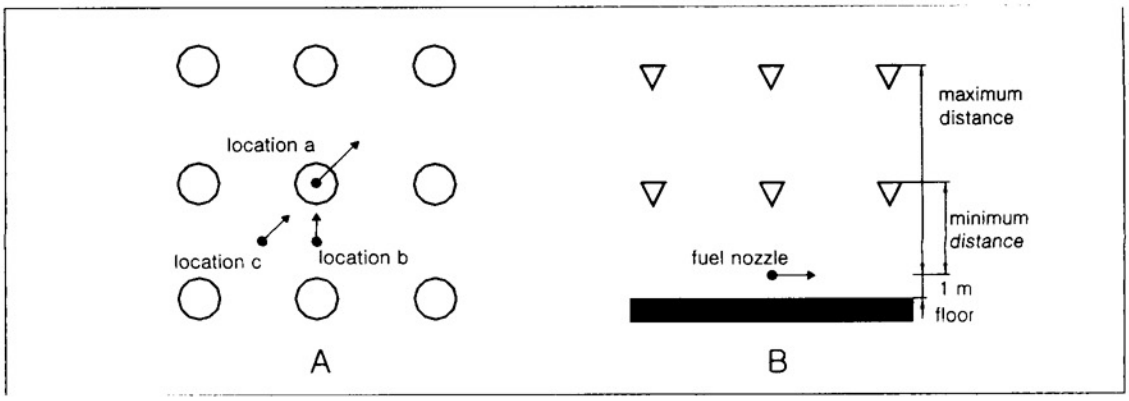
(2) 15초 자유연소 후 미분무수를 방사한다.

(3) 화재가 진화되는 시간을 측정한다.

(4) 연료분사 노즐을 진화 후 15초 동안 작동시키면서 재 점화 여부를 확인한다.

(5) 미분무수 노즐을 진화 후 1분 동안 작동시킨다.

[그림 5]A : 미분무수 노즐 그리드 하부에 설치된 연료노즐 위치 평면도
B : 미분무수 노즐의 최소-최대 간격 및 연료노즐 위치 정면도

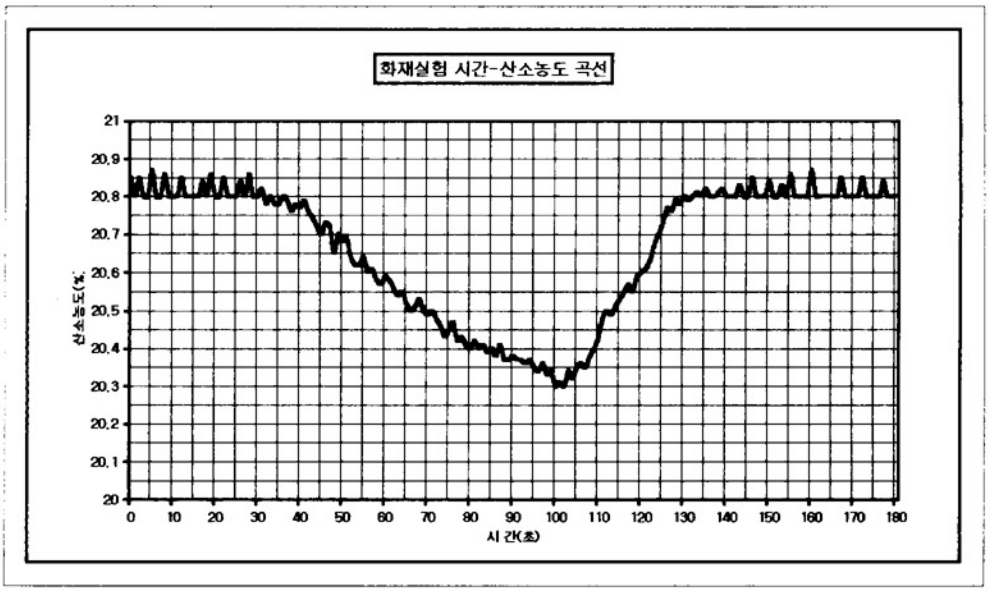


6. 실험결과

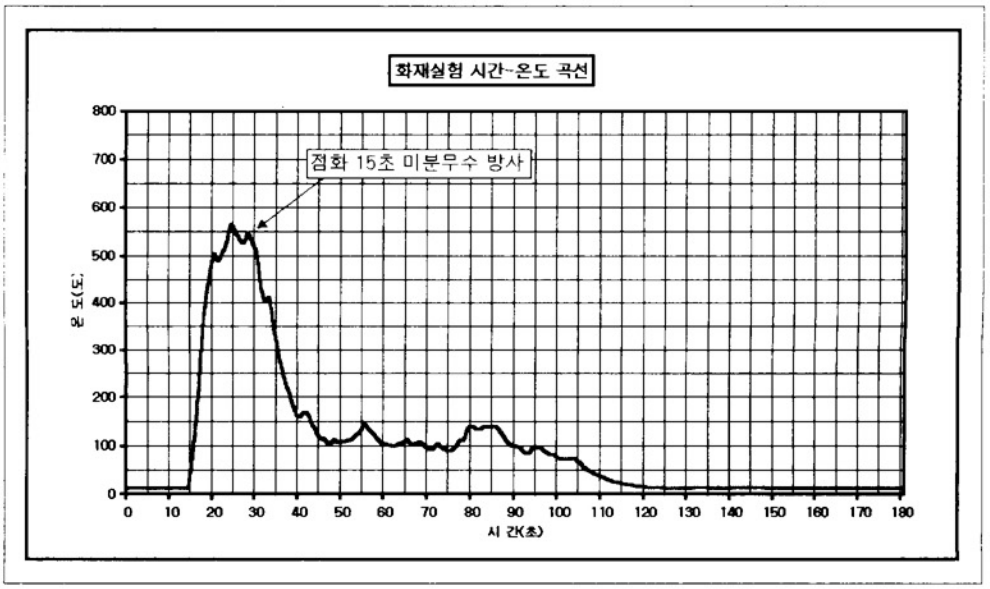
가. 실험결과

노즐높이(m)	방사압력(bars)	1 MW 소화시간 (초)			6 MW 소화시간 (초)		
		a	b	c	a	b	c
최소높이4	90	38	42	35	95	89	100
최대높이6	90	45	50	47	106	115	122

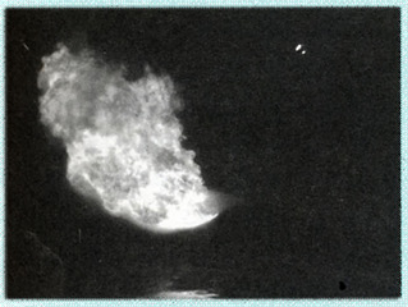
나. 화재실험 시간-온도 곡선



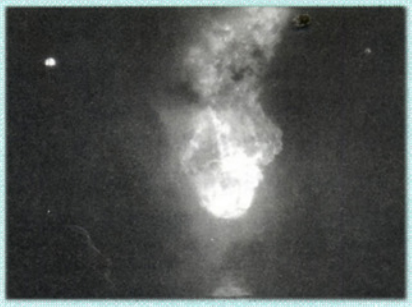
다. 화재실험 시간-산소농도 곡선



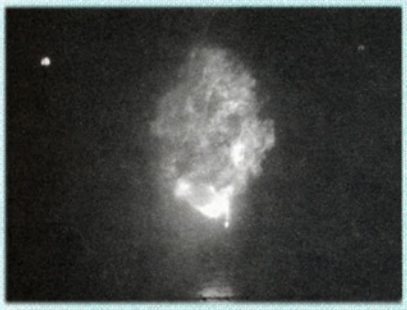
라. 화재실험사진



[6 MW 점화]



[미분무수 방사]



[소화과정]

[화재 소화]

3 개발연구 결과

1. 미분무수 노즐 사양

가. 형식 : 개방형

나. 방출방식 : 고압단일유체방식

다. 작동압력 : 90 bars

라. 노즐본체

(1) 재질 : 스테인레스 스틸

(2) 방사각도 : 60 도

(3) 방출구 : 7구용(중앙부 1구, 주위부 6구)

(4) 부착나사 : 15 A

마. 노 즐 팁

(1) 재질 : 스테인레스 스틸

(2) 팁 구 경 : 0.9 mm

(3) 부착나사 : 8 mm

바. 노즐설치높이

(1) 최소높이 : 4 m

(2) 최대높이 : 6 m

사. 노즐 그리드의 노즐 간격 : 2.5m × 2.5m

아. 노즐배치 : 3×3 노즐 그리드방식

2. 개발연구 효과

국제해사기구(IMO)에서 정하는 500톤 이상의 여객선 및 2,000톤 이상 화물선 A류 기관구역의 화재확산방지를 위하여 IMO MSC/Circ.913 시험기준에 적합한 소화성능이 있는 일정 범위의 국소방출방식의 개방형 고압 미분무수 노즐을 개발함으로서 국내에서 제조되는 선박의 소화설비를 선진국의 고가 미분무수 소화설비를 수입하지 않고, 국내 제품으로 대체할 수 있어, 많은 금액의 수입대체 효과 및 국내 선박의 화재안전 소화설비 발전에 기여할 것으로 판단됨.

4 결 론

미분무수 소화설비는 환경친화적인 측면, 방호대상물의 조건 및 물방울 등급에 따라 A, B, C급 화재에 모두 적용 가능한 점, 시스템 전체의 중량이 적고 배관을 간단한 조립방법으로 할 수 있는 설치의 간결성, 비열피해를 줄일 수 있는 장점 등으로 인하여 소방선진국에서는 선박의 화재안전설비를 중심으로 1990년대 초부터 국가적인 연구개발의 재정적인 지

원 등의 적극적인 개발을 통하여 현재는 선박은 물론 육상시설의 화재안전 소화설비로 발전하고 있다.

미분무수 소화설비가 A, B, C급 화재에 모두 적용 가능하나 이 소화설비는 방호 대상물의 조건에 따른 화재실험을 통하여 방호대상물의 특성별 적합성을 확인하여 방호범위를 확인한 후 설치하여야 한다. 이는 미분무수 소화설비의 특징이 방호대상물에 따른 방출방식의 종류, 방호대상물의 소화에 적합한 물방울의 크기, 살수밀도, 방사압력, 가연물의 종류, 연료의 인화점 등 많은 매개변수로 인하여 방호대상물의 조건에 따라 매우 다르기 때문이다.

지구의 오존층 파괴에 따른 하론계열의 가스계 소화설비의 사용 금지에 따라 개발되기 시작한 미분무수 소화설비는 환경친화적이고, 소화설비의 작동에 의한 부차적 피해가 매우 적은 소화설비로 앞으로 국내에서도 이 설비를 이용한 화재안전 소화설비의 설치는 증가될 것으로 사료되며, 이번 개발연구를 통하여 축적된 미분무수 소화설비용 노즐 제작기술을 활용하는 경우 해상 및 육상의 각종 방호대상물에 적합한 미분무수 소화설비의 개발 및 미분무수 소화설비 발전에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다. (FILK)

[참 고 문 헌]

○ 해상인명안전국제협약 (SOLAS) 제Ⅱ - 2장 Reg.10
- Fixed Pressure Water - Spraying Fire Extinguishing System in Machinery Spaces.

○ 국제해사기구 (IMO) MSC / Circ. 668 (30 December 1994)
- Alternative Arrangements for Halon Fire Extinguishing System in Machinery Spaces and Pump - Rooms.

○ 국제해사기구 (IMO) MSC / Circ. 913 (4 June 1999)
- Guidelines for the Approval of Fixed Water - Based Local Application Fire Fighting Systems for Use in Category a Machinery Spaces.

○ NFPA 750 (2000 Edition)
- Standard on Water Mist Fire Protection Systems.

○ NFPA Handbook Eighteenth Edition
(1997 년도) Section 6/Chapter 15
- Water Mist Fire Protection Systems.