

자동식 고압 미분무수 노즐의 화재감지장치 장착기술 개발연구

김 동 석 || 방재설비부 책임연구원

안 병 호 || 방재설비부 연구원

1. 서론

하론 대체(Alternative) 소화방법으로서 미분무수(Water Mist)를 이용한 소화기술은 지난 10년 동안 급속한 발전을 이루었다. 이러한 미분무수 소화기술의 발전은 미분무수 소화설비가 하론 대체 소화설비로서 뿐만 아니라 불활성(Inert) 가스 대체 소화설비와 스프링클러 상당(Equivalent) 소화설비로 적용 분야가 확대되는 결과를 가져왔다.

자동식 고압 미분무수 노즐은 미분무수 소화설비의 배관 말단에 설치하여 평상시 가압된 고압의 물 또는 공기를 막고 있다가 화재시에 발생된 열에 의해 화재감지장치(Heat Responsive Element; 감열체)가 작동하면 노즐이 개방되어 미세화된 물을 방사시키는 역할을 하는 부품을 말한다. 자동식 고압 미분무수 노즐은 기존의 습식, 건식, 준비작동식 스프링클러 소화설비에 사용되는 폐쇄형 스프링클러 헤드와 같은 기능을 한다.

본 고에서는 스프링클러에 상당하는 자동식 미분무수 소화설비의 개발에 필요한 선행기술 개발을 위해 「2002 중소기업청 산학연 컨소시엄 사업」으로 방재시험연구원과 (주)씨플러스가 공

동 수행한 “자동식 고압 미분무수 노즐의 화재감지장치 장착기술 개발” 연구결과를 소개하고자 한다.

2. 개발연구 배경

물방울을 미세하게 분사하여 화재를 진압하는 미분무수 소화기술은 스프링클러 소화설비에 비해 약 1/10의 물량사용으로 2차 피해를 감소시킬 수 있고 설비를 경량화 할 수 있는 등 많은 장점을 갖고 있어 지난 50년간 소화설비로서 사용이 꾸준히 검토되어 왔으나, 고압 설비 및 내식성의 스테인리스 배관의 사용 등 고가의 경비가 소요되어 경제적 인센티브를 갖지 못했다.

1987년에 서명된 몬트리얼 협약(Montreal Protocol on Substances that Deplet the Ozone Layer)에 의거 대부분의 선진국이 오존층을 파괴하는 CFC계열의 화학물질 제조가 1994년부터 금지됨에 따라 Halon 1301로 대표되던 할론 화학소화약제를 대체할 수 있는 소화물질을 찾게되었다. 그 노력의 결과 미국을 중심으로 이너젠 (Inergen), NAF S-III, FM-200 등의 청정소화약제 가스계 소화설비의 개발이 이루어 졌으며, 노르웨이 등 유럽을 중심

으로 미분무수 소화설비의 개발이 이루어지게 되었다. 이러한 배경하에 국제해사기구(IMO)에서는 1990년대 초에 2002년 7월 이후에 건조하는 500톤 이상의 여객선 및 2,000톤 이상의 화물선의 기관실에 대하여 국소방출방식의 고정식 미분무수 소화설비 설치와 36인용 이상의 여객선내의 선실 및 편의시설 등에 스프링클러 소화설비나 수계(미분무수) 소화설비의 설치를 의무화하였다.

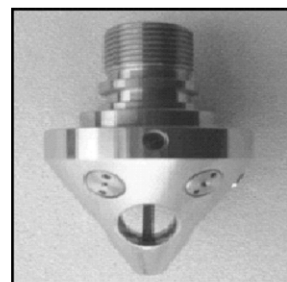
현재 할론 대체 소화설비 개발 필요성과 국제해사기구의 선박에 미분무수 소화설비 설치 의무화는 현재의 자동식 미분무수 소화설비의 개발에 큰 촉진제 역할을 하고 있다. 그러나 국내의 경우 일부 조선기자재 생산업체가 국소 방출 방식에 사용되는 개방형의 미분무수 노즐을 개발하여 선박의 엔진실에 설치하고 있으나 자동식(폐쇄형) 및 전역방출방식의 미분무수 노즐은 아직 개발되지 않고 있는 상태이다.

3. 개발연구 내용

가. 시작품(실험모형) 제작

미분무수 노즐은 본체 및 열을 감지하는 화재 감지장치(감열체) 그리고 물을 미분무화하는 노즐팁과 그 밖에 화재감지장치를 지지하고 수압에 대한 기밀을 유지시키기 위한 각종 부품으로 구성된다. 본체는 스테인리스 재질로 시작품을 제작하였으며, 화재감지장치는 유리벌브를 사용하였으며 그 신뢰성 확보를 위해 국제적 시험·인증기관인 미국의 UL로부터 인증을 받은 제품을 사용하였다. 유리벌브의 작동온도는 68

℃이고 조기반응(Fast Responsive)의 감도특성을 갖는다. 감열체를 지지하고 수압에 대한 기밀을 유지시키기 위한 부품은 피스톤 너트, 가스켓, 피스톤 조립 볼트로 구성하였다. 시작품의 외관 사진은 [그림 1]과 같다.



[그림1] 시작품 외관 사진

나. 성능시험

(1) 성능시험 개요

본 개발연구의 성능 목표는 MSC/Circ. 668의 미분무수 노즐의 성능시험기준을 만족하는 미분무수 노즐의 개발에 필요한 화재감지장치 장착기술을 개발하려는 것으로 화재감지장치의 성능확인에 필요한 본체 강도시험(Body Strength Test), 분해부분 강도시험(Strength Test for Release Elements), 수압강도시험(Hydrostatic Strength Test), 30일 누설시험(30 Day Leakage Test), 수격시험(Water Hammer Test), 진동시험(Vibration Test), 충격시험(Impact Test), 진공시험(Vacuum Test), 기능시험(Function Test)의 9개 항목에 대한 시험을 통해 성능을 확인하였다.

(2) 성능시험 방법

가) 본체강도시험

자동식 노즐에 대해 주위온도에서 인장시험기

를 사용하여 정격사용 압력에 상당하는 힘을 가해 설계하중(Design Load)을 측정하고, 0.01mm의 정밀도를 갖는 변위계를 사용하여 내 하중점 사이의 노즐길이 변화를 측정한다. 시험기의 나사 부상에서의 노즐 나사부(Shank Thread)의 이동은 피하거나 고려하여야 한다. 그리고 수압과 하중을 제거한 후 적절한 방법으로 화재감지장치를 제거한다. 노즐이 주위온도가 되었을 때 인디케이터를 사용하여 2번째 측정을 실시한다. 그 후 노즐에 가해지는 하중은 500 N/min을 초과하지 않는 비율로 초기에 측정된 내하 중점에서의 변위 지시값이 정수압력 하중상태에서 나타난 초기값으로 되돌아 갈 때까지 가해야 한다. 이때 필요한 기계적 하중을 서비스하중으로 한다. 500 N/min을 초과하지 않는 비율로 평균 서비스하중의 2배까지 서서히 하중을 가하여 15±5초 동안 유지하고 이 하중을 제거한 후 영구신장률을 구한다.

상기방법을 사용하여 결정된 평균 서비스하중(Service Load)의 2배를 가했을 때 내 하중점(Load Bearing Point)사이의 영구신장률이 0.2% 이내 이어야 한다.

(나) 분해부분강도실험

가장 낮은 온도등급을 갖는 유리벌브를 스프링클러 부착부를 이용하여 고정장치에 설치한다. 그리고 250 N/s를 초과하지 않는 비율로 유리벌브가 깨어질 때까지 일정한 비율로 가한다. 각 실험은 유리벌브를 새로운 부착부에 설치하여 수행한다. 유리벌브강도에 대한 하한 공차한계(TL₁)를 구한다. 위에서 구한 서비스하중을 사용하여 유리벌브 설계하중에 대한 상한 공차한계(TL₂)를 구한다. 유리벌브강도에 대한 하한

공차한계는 계산된 유리벌브 설계하중의 상한 공차 한계의 2배보다 커야 한다.

(다) 수압강도실험

노즐에 정격작동압력(Rated Working Pressure)의 4배 수압력을 가한다. 압력은 0 bar에서 정격작동압력의 4배까지 가하여 1분간 유지한다. 실험중 노즐은 파괴되지 않아야 하며 작동하거나 부품의 이탈이 없어야 한다.

(라) 30일 누설실험

노즐을 20±5 °C의 주위온도에서 정수압력실험 배관에 연결하여 정격작동압력의 2배 압력을 가한 상태에서 30일간 유지한다. 실험시 누설이 없어야 하며 비틀림 또는 다른 기계적 피해가 없어야 한다. 30일 실험 후 노즐은 정격작동압력의 2배의 수압을 가하여 누설유무를 확인하는 누설실험 및 수압강도실험의 성능기준을 만족하여야 한다.

(마) 수격실험

노즐과 실험장치로부터 공기를 제거한 후 4±2 bar(0.4±0.2 MPa)로부터 정격작동 압력의 2배까지의 압력을 3,000 cycles 발생시킨다. 압력상승속도는 60±10 bar/s의 비율로 4 bar에서 정격압력의 2배까지 상승시킨다. 최소 분당 30 cycles의 압력을 발생시킨다. 노즐은 누설 및 기계적 피해가 없어야 한다.

(바) 진동실험

진동테이블에 수직으로 노즐을 고정시킨다. 그리고 주위온도에서 정현파 진동을 가한다. 진동방향은 연결 나사부의 축을 따라야 한다. 노즐은 5 Hz에서 40 Hz까지 최대 5 min/octave, 진폭 1 mm(1/2 peak to peak)로 계속 진동시킨다. 만일 하나 이상의 공진점이 발견된다면 40 Hz에 다다른 후 노즐은 120 h/number의

공진에 대해 각각의 공진 주파수로 진동시킨다. 공진점이 발견되지 않으면 5 Hz에서 40 Hz까지 진동을 120 시간 동안 계속한다. 노즐은 성능저하 없이 진동의 영향에 견딜 수 있어야 하며 진동실험 후 육안에 의한 검사시 성능저하가 없어야 하고 최소작동압력에서 기능실험과 누설 및 수압 강도실험의 성능 요건을 만족하여야 한다.

(사) 충격실험

노즐의 수로축 중심선을 따라 노즐에 질량을 떨어뜨려 실험한다. 충격점에서의 낙하질량물의 운동에너지는 1 m 높이로부터 떨어지는 실험 노즐의 운동에너지와 동일한 질량에 상당한 것이어야 한다. 이 실험 후 육안으로 파괴, 변형, 및 다른 결함을 검사한다. 만일 아무런 결함이 발견되지 않는다면 누설실험과 기능실험을 실시한다. 노즐은 취급, 이송, 설치와 관련된 충격에 성능과 신뢰성의 저하 없이 견딜 수 있는 적절한 강도를 가져야 한다.

(아) 진공실험

노즐에 460 mmHg의 진공압을 주위온도 20 ± 5 °C에서 1분 동안 가한다. 이 시험 후 각 실험체는 변형이나 기계적 피해가 일어나지 않았는지 검사하고, 누설실험을 만족하는지를 검사한다.

(자) 기능실험

78 °C 이하의 공칭작동온도를 갖는 노즐은 오븐에서 작동되도록 가열된다. 가열되는 동안 압구축은 규정된 수압을 받도록 한다. 오븐의 온도는 노즐 인근에서의 온도가 3분에 400 ± 20 °C로 상승하도록 증가시켜야 한다. 최소작동압력에 상당하는 압력, 정격작동압력에 상당하는 압력, 그리고 평균 작동압력에 상당하는 압력에서 정상 설치상태로 하여 실험한다. 흐름 압력은 최소 초기작동압력의 75%여야 한다. 실험시 노즐은 개방되어야 하며 감열부 이탈 후 5초 이내에

만족스럽게 동작해야 한다. 조기응답형 감열부는 어떤 로지먼트(Lodgement)도 10초 이내에 제거되어야 한다.

다. 개발기술 정립

유리밸브를 사용하는 자동 화재감지장치의 장착기술에 대한 신뢰성을 객관적으로 확인할 수 있도록 관련 전문분야의 기술자문을 실시였으며, 관련자료조사 및 실험체의 관련 성능실험 결과, 전문가 기술자문 내용 등을 분석하여 국제해사기구 기준에 적합한 자동식 고압 미분무수 노즐의 화재감지장치 장착기술을 개발하여 그 내용을 정립하였다.

4. 실험결과 및 분석

가. 실험결과

실험 항목	실험 결과
본체강도실험	평균 서비스하중의 2배 하중인 80 kg을 15 ± 5 초 동안 유지한 후 제거하였을 때 영구 신장률은 없었음
분해부분강도실험	분해부분의 파괴하중은 341 ~ 381 kgf 임
수압강도실험	정격작동압력의 4배의 정수압력 (400 bar)에서 파괴, 작동, 부품의 이탈이 없었음
30일 누설실험	정격작동압력의 2배의 수압력(200 bar)으로 30일간 가하여도 누설이 없었음
수격 실험	4 ~ 200 bar의 수격압력을 3,000회 가했을 때 누설 및 기계적 피해가 없었음
진동 실험	진폭 1 mm, 5 ~ 40 Hz의 진동을 120 시간 가했을 때 누설 및 기계적 피해가 없었음
충격 실험	1 m 높이에서 300 g의 추를 낙하하여 충격을 가했을 때 파괴, 변형 및 누설이 없었음
진공 실험	460 mmHg의 진공압력을 1분간 가했을 때 변형, 기계적 피해 및 누설이 없었음
기능 실험	최소작동압력 등 3개 압력에서의 기능실험에 정상적으로 작동하였으며, 로지먼트가 발생되지 않았음

나. 실험결과 분석

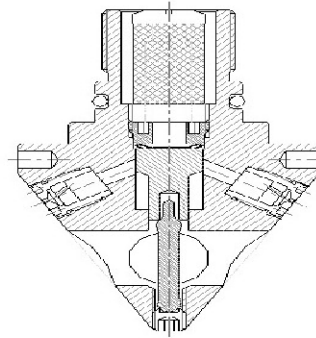
실험모형을 성능실험 방법에 따라 부품성능실험을 실시한 결과 화재감지장치 장착기술과 관련된 모든 실험항목의 성능기준을 만족하는 것으로 나타났다.

5. 개발연구 결과

가. 개발내용 요약

미분무수 노즐은 물이 공급되는 배관말단에 설치하여 평상시 수압 또는 공기압에 대한 기밀을 유지하고 화재시 미분무수 노즐이 작동하여 물을 방호공간에 방사함으로써 화재를 소화하는 목적을 갖는다. 미분무수 노즐이 평상시 노즐 1차축에 걸리는 가압유체의 흐름을 막고, 화재시 열의 감지에 의해 유체가 흐를 수 있도록 하기 위해서 노즐내에 물이 흐르는 수로부에 피스톤 너트 등의 부품으로 화재감지장치를 고정시켰다. 조립볼트에 의해 가해지는 조립하중은 물막개 피스톤(Piston)을 피스톤 너트에 밀착시켜 기밀을 유지하고 화재시 유리밸브가 열에 의해 파열되면 압축하중이 제거되어 피스톤이 이탈되면서 유체가 흐를 수 있도록 하였다. 개발된 시작품의 주요 사항은 다음과 같다.

- 참여업체 : (주) 씨플러스
- 형식 : 폐쇄형 고압방출방식
- 화재감지장치 형식 : 유리밸브형
- 최대사용압력 : 100 bar
- 본체 재질 : 스테인리스



[도면] 시작품 외관 도면

나. 개발기술 특징

(1) 슬라이딩 방식의 피스톤

미분무수 방사시 피스톤은 하부 안착부에 테이퍼 형태의 면접촉 상태로 안착되어 노즐에서 하부로 물이 누설되는 것을 방지하도록 하였다.

(2) 경사형 가스켓

판 스프링 가스켓을 사용하여 고압의 물에 대한 기밀강도를 향상시켰다.

(3) 파스칼 원리를 적용한 피스톤 너트

파스칼의 원리를 적용 피스톤에 걸리는 하중을 작게 하였다.

(4) 로지먼트가 없는 구조

화재에 의해 발생된 열에 의해 노즐을 막고 있는 부품이 이탈될 때 후레임 및 디플렉터 등에 부품이 체류하여 살수를 방해하는 로지먼트 현상이 없는 구조로 개발 하였다.

(5) 저압, 중압, 고압의 모든 미분무수 소화설비에 적용가능

상기와 같은 구조로 화재감지장치를 장착할 경우 저압, 중압, 고압의 모든 압력범위를 갖는 미분무수 소화설비에 적용이 가능하다.

6. 결론

고압 미분무수 노즐의 화재감지장치 장착을 위한 기술개발을 위하여 시작품을 제작하고, 국제해사기구의 MSC/Circ. 668 및 Res. 800 시험기준에서 정한 관련 성능실험을 통해 자동식 폐쇄형 고압 미분무수 노즐의 본체강도 및 분해부 분강도에 따른 유리벌브형 화재감지장치 장착기술을 개발하였다.

우리나라는 2000년도에 313척 1,040만 CGT의 선박을 수주하여 사상 최고의 수주량을 기록하였으며 그 추세는 계속되고 있다. 그러나 세계 제일의 선박 수주국이지만 선박에 탑재되는 조선기자재의 국산화율은 40%에 머물고 있는 실정이다. 선박용 소화설비로 사용되는 자동식 미분무수 소화설비는 장치성 제품으로 펌프 및 배관 등 부대설비가 함께 시공되어야 하는 부가가치가 높은 제품이다. 따라서 향후 본 연구를 통해 개발된 기술을 활용하여 선박내의 편의시설, 숙박시설 및 공공시설 등에 사용 할 수 있는 자동식 고압 미분무수 노즐을 개발한다면 수입대체 및 수출에도 크게 기여할 것으로 기대된다. **FILK**

【참고문헌】

1. Water mist fire suppression systems, Fire Protection Handbook Section 6, Chapter 15
2. Water mist for fire protection service, UL 2167

3. Standard on water mist fire protection systems, 2000 Edition, NFPA 750
4. Alternative arrangements for halon fire-extinguishing systems in machinery spaces and pump-rooms, IMO MSC/Circ.668

