

Twin-Fluid를 이용한 저압용 미분무 건의 소화성능에 관한 연구

박정렬 · 명상엽 · 유홍선*

(주)건국이엔아이 · 중앙대학교 기계공학부*

Study on the Fire Extinguishing Performance of the Water Mist Gun used Twin-Fluid having a Low Pressure Nozzle

Park, Jeong Yeul · Myoung, Sang Youb · Ryou, Hong Sun*

Kunkook Engineering and Institute Inc. · Chung Ang university department
of mechanical engineering*

요 약

본 연구에서는 기존의 고압으로 작동되는 고압 미분무 건과는 달리 Twin-Fluid의 Turbulence 및 Break-up 현상 등을 이용하여 저압상태에서 작동하며 경량화 및 소형화에 성공하여 기존 소방관의 진입이 어려운 장소 또는 수원으로부터 멀리 떨어진 곳에서 원활한 소화활동을 위해 개발한 저압용 미분무 건의 성능을 화재소화능력 시험을 통해 입증하였다.

화재 소화능력 시험을 수행한 결과 물과 질소가 Mixing Chamber 내부에서 혼합되면서 두 유체간의 상호작용 및 운동 에너지로 인해 물의 액적이 미세하게 Atomizing되어 목재 화재는 물론 유류화재의 진압에 있어서도 우수한 성능을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

소방대가 출동하여 복잡한 공간이나 산간지역 화재의 경우 임의의 장소에서 수원의 확보가 곤란하여 원활한 소화가 불가능한 것이 현실이다. 따라서 소화건의 소형화 및 경량화와 동시에 친환경적인 소화약제 또는 물을 이용하고 사용압력이 낮아 공간적인 제약조건이 없는 소화 장비가 필요한 실정이다.

본 연구의 Twin-Fluid를 이용한 저압용 미분무 건은 유체의 높은 압력에너지를 이용하였던 기존의 방식에서 벗어나 유체들간의 운동현상을 이용하여 액체를 미립화하였으며 이에 따라 부가적으로 소화건을 소형화하여 소방관이 대형소화기 등이 진입하기 어려운 장소 등에서 원활한 소화활동을 위한 이류체 소화 건을 개발하였고, Twin-Fluid를 이용한 저압용 미분무 건의 소화성능을 검증하기 위해 목재화재 및 유류화재 소화능력 실험을 수행하여 성능을 입증하였다.

2. 이론적 배경

Twin-Fluid를 이용한 저압용 미분무 건은 사용 환경의 제한적인 조건을 최소화하여야 하므로 소화건의 무게, 크기 등과 Mixing Chamber 내부의 형상을 고려하여 질소가스로 물의 액적을 미립화시킬 수 있어야 하는 것이 중요한 설계요소이다. 따라서 Mixing Chamber의 개략적인 형상은 그림 1과 같다.

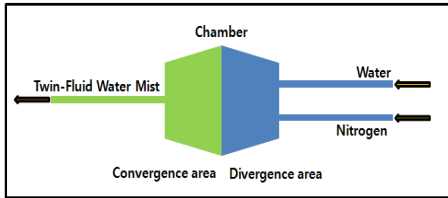


그림 1. Mixing Chamber 내부 설계 이론

그림 2 Twin-Fluid 저압용 미분무 건

Mixing Chamber 내부에서 물의 액적과 질소가스가 충돌하면서 Turbulence 현상과 Two Phase의 유체들 사이에 Break-Up 현상이 발생하게 되고 이로 인해 물의 액적이 1000[μm] 이하로 Atomizing되어 Water Mist가 발생하게 된다. 따라서 물 액적의 미립화를 위한 Mixing Chamber의 적합한 설계조건에 대한 결론은 아래와 같이 요약할 수 있다.

- (1) Mixing Chamber 내부의 2차적 Break-Up 현상은 노즐의 성능에 영향을 준다.
- (2) Two Phase의 유체가 Mixing Chamber 내에서 접촉할 때 공기의 전단력에 의해 물의 액적은 Atomizing되어 Water Mist를 형성한다.
- (3) Mixing Chamber의 내부는 Convergence Part와 Divergence Part의 구조로 되어야 하며 이는 각 유체들에게 큰 영향을 미친다.

위와 같은 Mixing Chamber의 설계조건을 반영한 제품의 Proto Type은 그림 2와 같으며, 질소로 물을 가압함과 동시에 Mixing Room 내부에서는 질소가 물과 혼합되고 저압에서 미분무 입자를 형성하고 분사하는 구조를 갖도록 제작하였다. 따라서 기존의 고압 소화건에서 사용되었던 가압장치의 크기를 상당히 축소할 수 있었으며 이는 소화건의 사용성이 크게 향상될 것이라 판단된다. Twin-Fluid를 이용한 저압용 미분무 건의 해외 기술과 본 연구를 통해 개발한 성과물과 분사능력 등의 비교를 해보면 아래의 표.1과 같다.

표 1 해외기술과 본 연구성과물의 분사특성 비교분석

구 분	건국이엔아이	독일 A社	덴마크 B社
사용압력	6~8[bar]	7.5[bar]	5[bar]
유량	20.3[L/min]	30[L/min]	18[L/min]

4. 화재 소화능력 실험

Twin-Fluid를 이용한 저압용 미분무 건의 소화능력을 입증하기 위해 아래와 같이 목재 화재에 대해 소화능력실험을 수행하였다. 시험시료는 수분함유율이 9~13[%]인 900[mm] × 35[mm] × 30[mm]규격의 소나무 또는 오리나무를 사용하였으며 실험방법은 수동식 소화기의 형식승인 및 검정기술기준 중 A급 소화모형을 준용하였다. 목재화재 실험 시 소화과정에서 목재의 쓰러짐이나 재발화 같은 경우는 볼 수 없었으며 그림 3과 같이 수행되어졌다. 또한 고압 미분무 건의 실험과 비교하였을 때 소화성능에 있어서도 큰 차이가 없었으며 오히려 이류체를 이용한 미분무 소화건 및 가압장치의 경량화 및 소형화로 사용자의 높은 조작성을 발휘하여 손 쉽게 소화활동을 수행할 수 있었다.



그림 3 목재화재 소화능력 실험



그림 4 유류화재 소화능력 실험

유류화재 소화능력 실험은 한변의 길이가 44.7cm의 형상을 가진 연료팬으로 물 120[mm] 위에 휘발유 30[mm]를 채우고 점화 후 1분 후에 소화를 실시하였다. 그림 4는 유류화재 소화능력 실험 장면이다. 유류화재 소화능력 시험에서는 저압으로 구동됨에도 불구하고 소화건에서 물의 액적이 질소의 영향으로 소화건 내부의 Mixing Chamber에서 Atomizing되어 유류화재의 화원에 대해 질식효과를 발휘하는 것을 육안으로 확인할 수 있었으며 이와 같은 효과로 소화에 성공할 수 있었다.

목재화재와 유류화재의 소화능력 실험을 수행하면서 기존 당사에서 고압 미분무 건의 소화실험과 비교하여 높은 조작성과 향상된 사용성이 소화성능에 크게 기여하였으며 이는 향후 본 연구의 성과물이 상용화되었을 때 소방관 또는 사용자의 소화활동에 큰 도움을 줄 수 있을 거라 사료되며 이는 본 실험의 중요한 목표치 중 하나라고 판단된다.

5. 실험결과

목재화재와 유류화재의 소화능력 실험 결과는 아래의 표와 같다. 목재화재의 경우에는 A급 화재 2단위로 실험을 수행하였으며 그 결과 130[sec]의 소화시간 후에 소화를 성공하였으며 재발화는 되지 않았다, 유류화재는 B급 1단위로 실험을 수행하였다. 유류화재 또한 90[sec]의 시간으로 소화를 완료하였으며 재발화는 발생하지 않았다. 아래의 표는 목재화재 및 유류화재 소화능력 실험을 요약한 것이다. 본 실험에서는 기존의 100[bar] 이상의 압력을 사용하는 고압 미분무 건의 화재 소화능력 실험과 비교하여 목재화재는 물론 유류화재의 소화능력에도 90[sec]의 소화시간 후 재발화가 발생하지 않고 소화에 성공하여 우수한 성능을 입증하였다.

표 2 목재화재 및 유류화재의 소화능력 실험 결과

구분	시험방법	소화시간	소화여부	재발화
목재화재	A급 화재 2단위	130[sec]	○	×
유류화재	B급 화재 1단위	90[sec]	○	×

5. 고찰

본 연구에서는 10[bar] 이하 유체의 압력으로 분사하도록 Twin-Fluid의 운동특성을 이용하여 기존 100[bar]의 압력을 사용하는 고압 미분무 건과 동일한 소화성능을 입증하는 실험을 수행하였으며 실험 결과, B급 유류화재의 소화에 성공하였다. 현재 국내의 시판되고 있는 고압 미분무 건과 비교하여 본 연구개발의 성과물의 소화효과는 물론 가압장치 및 Mixing Chamber의 소형화 및 경량화로 인해 소방관이 진입이 어려운 장소, 산간 지역에서 유용하게 사용될 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2010년 소방방재청의 재난안전기술개발기반구축사업 연구과제로 이루어진 것으로 본 연구를 가능케한 소방방재청과 화재 소화능력 실험에 도움을 주신 화재보험협회 방재시험연구원 관계자분들과 그 외의 도움을 주신 분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. 김성찬 외 3명 (2003). “화재용 중저압 물분무 노즐의 분무특성에 관한 연구” 한국안전학회지.
2. 권화길 (2007). “1kW급 SOFC 시스템의 연료 개질기용 2-유체 분무 노즐의 미립화 특성에 관한 사전 연구”
3. Cary Presser. (2006). “PIV Measurements of Water Mist Transport in a Homogeneous Turbulent Flow Past an Obstacle” Fire Safety Journal.