

자동식 소화기의 열감지부 특성에 관한 연구

최준용, 박용환
호서대학교 소방학과

A Study on the Heat Detection Characteristics in Automatic Fire Extinguishers

Jun-Yong Choi, Yong-Hwan Park
Department of Fire Protection Engineering, Hoseo University

1. 서론

최근 급속한 경제발전과 건축기술의 발달로 건축물의 대형화, 복합화, 초고층화가 광범위하게 추진되고 있으며, 이와 관련된 소방설비도 자동화, 지능화 측면에서 그 기능이 크게 향상되어 최근에는 자동방재시스템을 갖춘 인텔리전트 빌딩도 많이 출현하고 있다. 그러나, 일정 규모 이상의 건물과 특수 위험물 저장 시설에만 자동식 소화설비를 갖추게 되어 있을 뿐, 많은 건물들은 아직도 수동식 소화전 설비나 수동식 소화기에 크게 의존하고 있는 실정이다.

특히 소방법상 아직도 소형 건물이나 단독주택, 저층 아파트, 재래 시장, 집단 상가, 소규모 유흥시설 등에는 여전히 변변한 자동소화설비 하나 없이 수동식 소화기에 의존함으로써 구조적으로 화재에 취약할 수밖에 없는 문제점을 안고 있으나 크게 개선의 방향이 보이지 않고 있다. 이로 인해 야간이나, 외출 중에 화재가 일어났을 경우, 또 맞벌이 부부 및 고령인구 증가에 따라 어린이나 노인들만 집을 지키고 있을 시에는 화재발생으로 인한 인명 및 재산상의 피해 규모는 더욱 커질 수밖에 없다. 이에 따라 자동식 소화설비의 필요성은 날로 증대하고 있다고 본다.

이에 수동식 소화기처럼 모든 화재종류에 적합하고, 가격이 저렴하며, 설치공간이 작아 일반 주택이나 사무실 등 좁은 공간에도 손쉽게 비치할 수 있고, 사람이 없는 경우에도 자동으로 동작할 수 있도록 열감응에 의한 자동 소화기능을 새로이 첨부한 자동식 소화기가 국내에서 최근에 개발되었다.

이에 따라 본 연구에서는 본 소화기의 핵심 장치인 자동감지부의 최적 설계를 위하여 이용성급속 감지부의 치수 등 여러 가지 설계값 변화에 대한 열 감응특성을 평가하고자 하였다.

2. 자동식 소화기

본 연구에 사용된 자동식소화기는 국내에서 최초로 개발된 자동감지형 소화기로 국외에서 시판되고 있는 자동감지소화기와는 그 구조 및 작동원리에서 근본적인 차이가 있다. 본 소화기는 기존의 수동식 소화기에 자동감지 작동장치를 부착하여 화재발생 시 자동으로 열을 감지하여 소화약제를 방사할 수 있도록 고안된 것으로, 필요에 따라서는 별도의 조작 없이 레버를 눌러 사용하는 기존의 수동소화기처럼도 사용도 가능하다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 자동식소화기의 용기는 원가절감을 위하여 기존의 수동식 소화기 용기를 그대로 사용할 수 있게 하였으며, 용기 이외의 부분은 별도로 고안되고 제작된 자동감지부와 노즐, 손잡이를 사용하고 있다. 사용 소화약제, 용량 및 가압방식은 각각 ABC 소화약제 3.3kg 용량의 축압식이며, 축압력은 약 9.8kg/cm^2 로 하였다. 기존의 소화기와 가장 큰 차이점 가운데 하나인 노즐은 자동분사에 대비하여 원활한 방사가 이루어질 수 있도록 호스 부분을 없애고 노즐이 직접 본체에 부착되도록 설계되어 있다.

현재 국내 소방법에 의해 수동식 소화기와 자동식 소화기는 해당 기술기준에 의해 그 성능을 평가받도록 되어 있으나, 본 용도와 같은 자동식소화기에 대한 별도의 기술기준은 없는 실정이다. 다만, 적용대상이나 작동방식에는 다소간의 차이가 있지만 성능특성상 가장 중요한 부분의 하나인 감지부에 대한 성능기준은 유사할 것으로 가정하였다.



a)manual type



b)automatic type

Fig. 1. Manual and automatic fire extinguisher

본 소화기의 자동감지기구는 작동원리가 단순하면서도 동작이 확실한 열감응식의 기계적 메커니즘으로 되어 있는데, Fig. 2에서 보는 바와 같이 소화기 용기 토출구를 금속막개로 막은 다음 저융점 금속으로 접합한 상태에서 화재 발생 열에 의해 저융점 금속이 먼저 용융되어 접합강도가 떨어지면 스프링 압력에 의해 통겨져 나오면서 용기 내부의 소화약제가 노즐을 통하여 방사되도록 고안되어 있다.

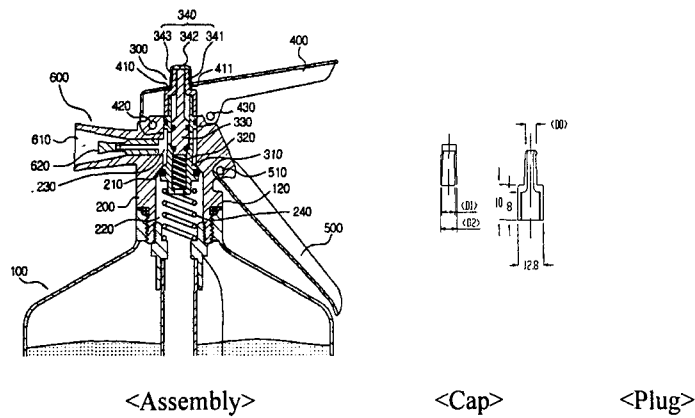


Fig. 2. fusible metal type heat detector assembly

3. 감지부 특성 시험

일반적으로 자동식 소화설비에서 사용되는 이융성 금속성 감지부의 특성시험에는 강도 시험, 작동시험, 감도시험의 세 가지가 있으며, 강도시험 결과에 대해서는 이미 충분히 만족하는 것으로 나타났기 때문에, 본 논문에서는 감지부의 온도 특성과 관계가 있는 작동 온도와 감도특성에 대한 성능평가를 실시하였다.

이를 위하여 Table 1 및 Table 2와 같이 감지부를 구성하고 있는 플러그와 하우징 캡, 그리고 이융성금속의 두께를 여러 가지로 변화시켜가며, 동일한 가열조건 하에서 열에 대한 감도, 즉 반응시간이 어느 정도 되는지 살펴보았다. 이 때 가열조건은 자동식 소화기의 기술기준에 의한 가열속도와 자체 화재실험에 의한 가열속도의 2가지 조건으로 시험하고 그 결과를 비교하였다.

저융점 금속의 용융온도는 쉽게 구입이 가능한 공칭작동온도 약 72℃ 되는 것을 선정하여 사용하였는데, Table 3은 본 실험에 사용된 저융점 이융성금속의 개략적인 화학적 성분과 열전도계수 값을 나타내고 있다. 또한 실질적인 열전도가 이루어지는 캡 부분의 주재질인 황동의 열전도계수를 아울러 나타내었다.

Table 1. Thickness variation of fusible metal (constant cap thickness)

Specimen No.	fusible metal thickness(D1-D0)	D1	D2	Cap thickness (D2-D1)
N1	0.4	6.8	8.2	1.4
N2	0.6	7.0	8.4	1.4
N3	0.8	7.2	8.6	1.4
N4	1.0	7.4	8.8	1.4

Table 2. Thickness variation of cap (constant fusible metal thickness)

Specimen No.	Fusible metal thickness (D1-D0)	D1	D2	Cap thickness (D2-D1)
N5	0.4	6.8	8.2	1.4
N6	0.4	6.8	8.4	1.6
N7	0.4	6.8	8.6	1.8
N8	0.4	6.8	8.8	2.0

Table 3. Chemical composition and thermal property of used metals

Metal	Composition	Percent (%)	Density (kg/m ³)	Thermal conductivity (W/m °C)
Fusible metal	Bi	50	9.8	33
	Pb	26.6	11.36	
	Sn	13.4	7.35	
	Cd	10	8.65	
Copper-alloy	-	-	-	149

3.1 작동온도시험

작동시험은 감지부가 열을 받아 작동하게 되는 온도를 알기 위한 시험으로 이윤성금속형 감지부를 액조 내에 넣어 그 감지부의 공칭작동온도보다 20°C 낮은 온도로부터 매분 1°C이내의 비율로 상승시키는 경우 감지부가 작동하는 온도의 실제 측정값은 공칭작동온도 ±3% 이내이어야 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 모두 8 종류의 시험편에 대하여 가열 액조를 사용하여 작동시험을 실시하였는데, Fig. 3은 각 시험편별 실험결과를 그래프로 나타낸 것이다.

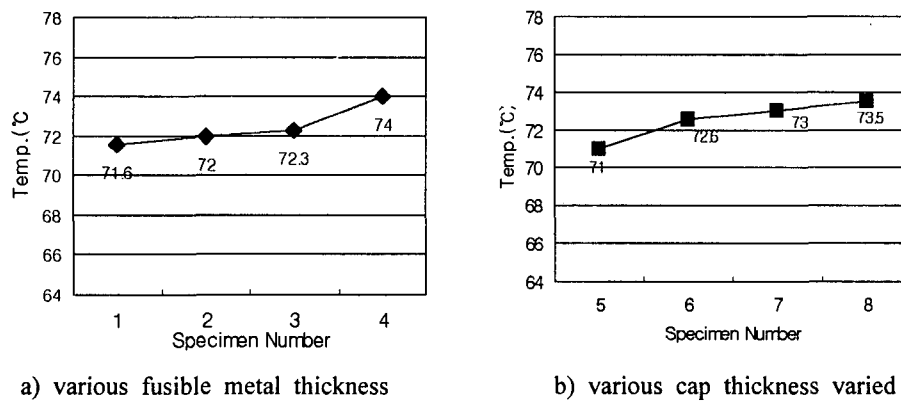


Fig. 3. Operation temperature of the specimens

Fig. 3에서 보는 바와 같이 이음성금속의 두께가 두꺼워질수록, 또 캡 두께가 두꺼워질수록 자동감지부의 작동온도는 약간씩 상승하는 것으로 나타났는데, 이는 이음성금속의 용융온도 차이 이라기보다는 이음성금속이 용융온도에 도달할 때까지 걸리는 열 전달 시간의 차이로 인하여 가열액조의 물의 온도가 조금 더 올라갔기 때문으로 분석된다.

그러나, 그림에서 보는 바와 같이 시험편의 종류에 관계없이 공칭작동온도 72°C를 기준으로 할 때 시험편의 최대 온도편차 범위는 +2°C, -1°C인 것으로 나타났으며, 이는 허용편차 범위인 ±3% 이내에 있는 것으로 나타나 모두 평가기준에 부합하는 것으로 나타났다.

3.2 감지부 감도시험

감도시험은 감지부가 대기 중의 온도에 적절히 반응하는지를 알아보기 위한 시험으로, 자동확산소화기구의 경우 감지부를 가열 시험로에 넣은 후 공칭작동온도 구분에 따라 해당 작동시간 내에 작동하여야 하는 것으로 되어 있다. 이때 가열로는 Fig. 4 (1)에 표시하는 시간온도곡선에 따라 가열되어야 하며, 가열로 내의 온도가 50°C에 도달하였을 때 감지부를 1 kg/cm²의 압력을 가한 상태에서 가열로 내에 투입하고 투입 후 작동 시까지의 시간을 측정하게 되어 있다. 75°C 미만의 경우 작동시간은 1분 이내이다.

그러나 본 자동소화기의 경우 일반 자동확산소화기와는 달리 경우에 따라서는 발화에 상지점의 상단 바로 위에 위치하는 경우가 아니기 때문에 작동 시간에 있어서는 이 기준을 그대로 적용하기가 어렵다. 따라서 본 자동식 소화기의 경우 화재 발생에 대비하여 작동시간을 이와 비슷한 수준으로 맞추기 위해서는 공칭작동온도를 보다 낮게 설계하여야 할 것으로 판단되나, 이에 대한 기준은 아직 설정되어 있지 않다.

본 연구에서는 다만 주어진 화재상황에서 감지부의 두께 변화에 따른 감도특성에 대한 영향을 고찰하고자 한 것이므로, 가열곡선을 Fig. 4의 (1)과 (2), 두 가지에 대하여 조사하였다. Fig. 4의 (2) 곡선은 실제 화재시험에서 얻어진 감지부 주변 대기의 온도상승곡선이다.

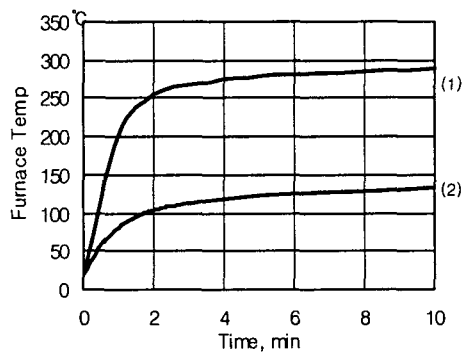


Fig. 4. Heating time-temp. curve

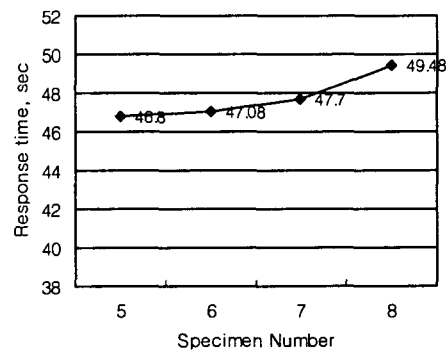


Fig. 5. Change in response time according to heating curve (1)

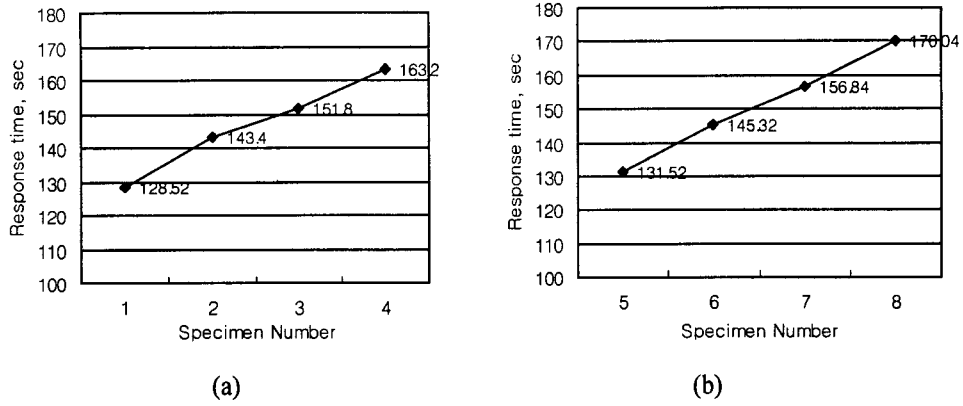


Fig. 6. Change in response time according to heating curve (2)

4. 결론

본 연구 결과를 요약하면

1. 자동감지소화기의 감지부의 이용성금속과 캡의 경우 두 재질 모두 열전도성이 우수한 금속임에도 불구하고, 각각의 미소한 두께 변화는 주변 대기의 가열속도가 낮을수록 화재시의 작동온도에 큰 영향을 미친다.
2. 이용성금속 및 캡의 두께를 얇게 할수록 선형적으로 감소하여 작동시간을 최고 40초까지 단축할 수 있으나, 각각의 최적두께는 설계 시 작동시간 이외에 부품의 가공성 및 용접성도 아울러 고려하여 선정하여야 한다.