

혼합 가연성 금속의 연소 특성에 관한 실험적 연구

박지현*, 김성현*[†], 장성빈*, 남기훈*

*창신대학교 소방방재공학과

e-mail:pgh8545@naver.com

Experimental Study on the Combustion Characteristics of Mixed Combustible Metals

Ji-Hyeon Park*, Sung-Hyun Kim*[†], Seong-Bin Jang*, Ki-Hun Nam*

*Dept. of Fire&Disaster Prevention Engineering, Changshin University

요약

금속화재는 가연성 금속이 연소하는 화재로 금속화재용 소화약제 또는 마른 모래를 사용하여 진압하여야 한다. 가연성 금속에 속하는 위험물 화재가 최근 3년간 지속적으로 발생함에도 불구하고 관련 법령 및 기준이 마련되어 있지 않다. 이에 본 연구에서는 가연성 혼합 금속의 연소 실험을 통하여 금속화재의 화재성장 및 화재 경향성을 도출하였다.

1. 서론

금속 (Class D)화재는 가연성금속(combustible metal)이 연소하는 화재이며 종류는 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 알루미늄 등이 있다. 금속화재는 금속화재용 소화약제 또는 마른 모래를 사용해야 하며 물계 소화약제 및 이산화탄소, 할로겐 등의 소화약제는 연소 확대 및 폭발의 위험성이 있어 사용을 금지하고 있다[1].

금속화재의 경우 관련 기준 및 법규가 마련되어있지 않다. 위험물안전관리법에서 위험물을 1류 부터 6류로 구분하고 있으며 이중 2류 위험물 (가연성 고체)의 금속분과 마그네슘, 3류 위험물 (자연발화성 및 금수성 물질) 중 알칼리 금속, 알칼리 토금속 등이 가연성 금속에 포함되어 있다[2]. 소방청 “국가화재정보시스템 (National Fire Data System)”에 의하면 착화물이 제 2류 위험물, 제 3류 위험물인 화재는 2017년부터 2019년까지 총 59건이 발생한 것으로 조사되고 있다[3](표 1).

[표 1]착화물이 제 2·3류 위험물인 화재 발생 현황

구분	2017	2018	2019
제 2 · 3류 위험물 화재	24	17	18

금속화재는 지속적으로 발생하고 있으나 금속화재에 관한 실험 및 연구는 많이 이루어지지 않아 금속화재에 관한 정보와 자료가 부족한 것이 현실이다.

이에 본 연구는 금속화재에 포함된 가연성 혼합 금속(Mg, Al 분말 혼합) 연소 실험을 실시하여 열 특성을 분석하였다. 본 연구 결과를 통해 금속화재의 화재성장 및 화재 경향성을 도출하였다.

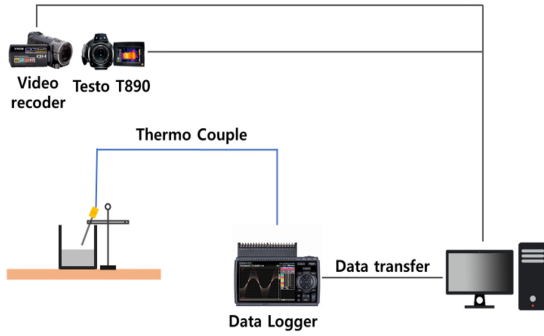
2. 실험 물질 및 방법

2.1 실험 물질

가연성 금속인 마그네슘과 알루미늄으로 실험을 진행하였다. ISO-7165의 금속화재용 소화기 성능 기준 테스트에 사용하는 마그네슘 분말을 사용하였다. ISO-7165의 기준은 99% 이상의 마그네슘을 함유한 마그네슘 분말을 사용하며 모든 입자는 387 μm 체를 통과해야 한다. 또한 분말의 80% 이상이 150 μm 체에 유지되어야한다[4]. 실험에 사용된 마그네슘은 기준에 따라 마그네슘이 99% 함유된 마그네슘인 분말을 사용하였으며 최소 입자 크기인 150 μm 크기의 표준망체 (Standard sieve)에 걸려낸 분말을 사용하였다. 알루미늄은 알루미늄 가공품에 사용하는 입자 크기인 45 μm 크기의 분말을 사용하였다. 정확한 실험을 위하여 마그네슘 분말과 알루미늄 분말을 데시케이터에서 24시간 건조시킨 후 실험을 진행하였다.

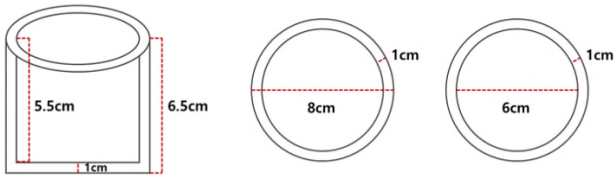
2.2 실험 방법

가연성 혼합 금속의 화재 특성 분석을 위해 데이터 로거 (GL840), 열전대(K-type), 적외선열화상카메라(Testo T890), 비디오 레코더를 활용하여 실험을 진행하였다(그림 1). 적외선열화상 카메라의 온도측정 범위는 $-30^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$ 이며 900초 동안 측정하였다.



[그림 1] 가연성 혼합 금속의 연소 실험 설정

시료 용기는 두께 1cm이며 외부의 경우 높이 6.5cm, 지름 8cm, 내부의 경우 높이 5.5cm, 지름 6cm이다(그림 2).



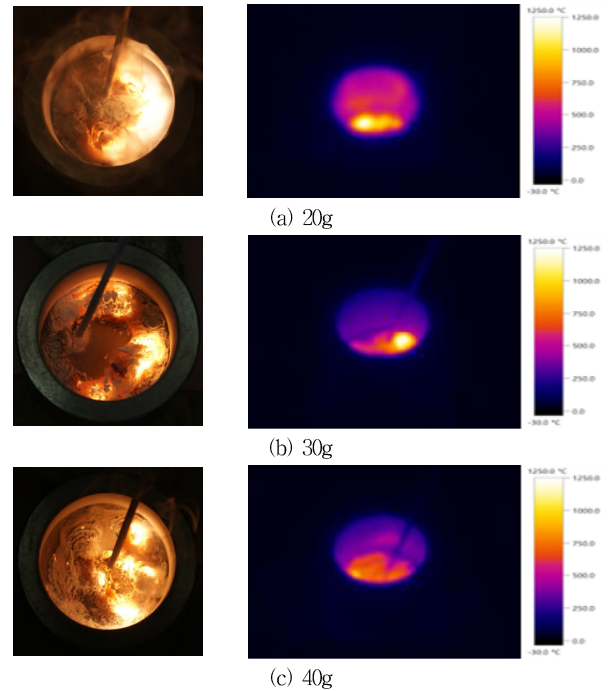
[그림 2] 연소 실험 시료 용기

실험은 마그네슘, 알루미늄을 각 1대 1 비율로 20g (Mg 10g, Al 10g), 30g (Mg 15g, Al 15g), 40g (Mg 20g, Al 20g)으로 하여 3번의 실험을 진행하였다. 연소 확대 방지를 위해 바닥에는 석고보드를 설치하였으며 외부에 크기 가로 100cm, 세로 100cm, 높이 30cm의 연소확대방지장치를 설치하였다. 가스토치를 이용하여 착화시켰으며 적외선열화상 카메라와 열전대를 활용하여 연소 온도를 측정하였다.

3. 결과

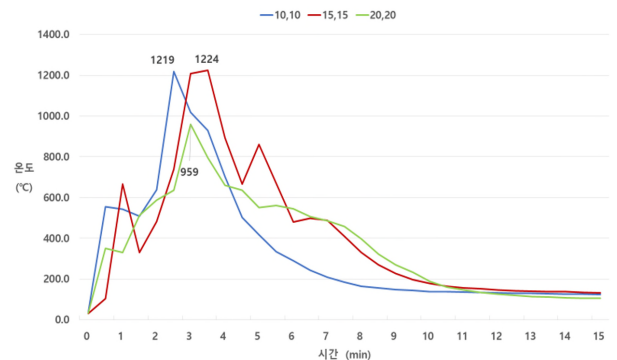
그림 3은 연소 실험 결과로 3-(a)는 20g, 3-(b)는 30g, 3-(c)는 40g이다. 그림 3-(a)의 경우 점화 시작 약 2분 30초에 최고 온도 1219 $^{\circ}\text{C}$ 에 도달하였으며 약 8분부터 15분까지 온도가 130 $^{\circ}\text{C}$ 대로 유지되었다. 그림 3-(b)의 경우 점화 시작 약 3분에 1223 $^{\circ}\text{C}$ 에 도달하였으며 약 1분간 온도가 유지되었다. 이후 온도가 660 $^{\circ}\text{C}$ 까지 떨어졌다. 이후 800 $^{\circ}\text{C}$ 이상으로 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 3-(c)의 경우 점화 시작 약 3분

에 온도가 959 $^{\circ}\text{C}$ 까지 상승하였으나 4분에는 660 $^{\circ}\text{C}$ 로 떨어지는 것을 확인할 수 있었다(그림 3-4).



[그림 3] 가연성 혼합 금속의 연소 실험

실험 결과에서 최고온도가 20g, 30g에서 4분 이내에 1200 $^{\circ}\text{C}$ 이상으로 상승하였다. 이는 연소속도가 급격하게 이루어질 수 있는 중요한 요소가 된다. 특히 소방대원이 현장에 도착하기 이전에 급격한 연소가 이루어질 수 있기 때문에 현장에서 초기 진화가 매우 중요하다. 하지만 현재 금속화재에 대한 관련 법령이 마련되어 있지 않아 금속화재용 소화기 및 약제가 개발되어 있지 않아 초기 진화가 매우 어려운 상황이다.



[그림 4] 가연성 혼합 금속의 연소 실험 온도 변화

4. 결론

본 연구에서는 가연성 혼합 금속의 연소특성을 분석하기 위해 실험을 진행하였다. 실험 결과 가연성 혼합 금속에 점화

후 적외선열화상 카메라를 이용한 적외선열화상 분석에서 20g은 약 2분 30초에 1219℃, 30g은 약 3분에 1223℃, 40g은 약 3분에 온도가 959℃에 최고 온도에 달하는 것을 확인하였다. 이러한 금속화재의 경우 초기에 진압하지 못하면 화재의 화염이 빠르게 확대되어 대형화재로 이어질 수도 있다.

참고문헌

- [1] Eugene Meyer, "Chemistry of hazardous materials", Pearson Education Inc, USA, pp.11, 2013.
- [2] 소방청, "위험물안전관리법", 국가법령정보센터, 2020년 6월 16일, <http://www.law.go.kr/>
- [3] 소방청, "국가화재정보시스템", 국가화재정보센터, 2020년 6월 16일, <https://www.nfds.go.kr/>
- [4] International Organization for Standardization, "ISO 7165:2017 Fire fighting-Portable fire extinguishers-Performance and construction", International Organization for Standardization, pp.28, 2017.