

혼합 가연성 금속 양에 따른 연소 특성에 관한 실험

박지현*, 신하림**, 남기훈*

*창신대학교 소방방재공학과

pgh8545@naver.com

Experiment on combustion characteristics according to the amount of mixed combustibile metal

Ji-Hyeon Park*, Ha-Rim Shin**, Ki-Hun Nam*

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

요 약

금속화재는 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 칼륨(K), 리튬(Li) 과 같은 물질이 연소하는 화재이다. 가연성 금속에 속하는 위험물 화재가 최근 지속적으로 발생함에도 불구하고 관련 법령 및 기준이 마련되어 있지 않다. 이에 본 연구에서는 혼합 가연성 금속 양에 따른 연소 실험을 실시하여 화재성장 및 화재 경향성을 도출하였다.

2. 사고사례분석

1. 서론

금속화재 (combustible metal Fire)는 가연성금속(combustible metal) 종류인 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 칼륨(K), 리튬(Li) 과 같은 물질이 연소하는 화재이다[1]. 금속화재는 금속용 소화약제(dry powder) 또는 마른 모래를 사용하여 진화 할 수 있다[2]. 분말(dry chemical powder), 할론(halon), 물(water), 이산화탄소(carbon dioxide) 등의 소화약제의 경우 금속화재에 적응성이 거의 없으며 수계 소화약제 및 이산화탄소 소화약제는 연소 확대 및 폭발로 이어질 수 있어 사용을 금지하고 있다[3]. 금속화재는 화재 발생 초기 화재 진화가 이루어지지 않을 경우 높은 화염 온도로 인해 접근이 어려워 화재 진화가 매우 어렵다[3].

국내의 경우 금속화재에 대한 관련 기준 및 법규가 마련되지 않아 위험물안전관리법에서 1류부터 6류까지 구분하고 있다[4]. 가연성 금속화재의 지속적인 발생에도 불구하고 현재 국내에서는 관련 법령 및 기준이 마련되어 있지 않다.

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

최근 2019년 7월 25일 밀양에서 발생한 마그네슘 및 알루미늄의 금속화재를 분석하였다.

2.1 밀양 마그네슘 폐기물 재활용 공장 화재

2019년 7월 25일 08시 08분 밀양 마그네슘 폐기물을 재활용 공장에서 화재발생 신고가 소방서로 접수되었다. 화재로 인해 392,624 천원의 재산피해가 발생하였다. 화재는 금속성물질의 물과 접촉에 의해 발생하였다(그림 1). 화재로 인해 화재가 발생한 공장 외에 인근 2개의 공장으로도 확대되었으며 화재가 진화되는데 7일 소요 되었다.



[그림 1] 밀양 마그네슘 폐기물 재활용 공장 화재

밀양 상황실에서 08시 23분 밀양시의 건조사 확보 여부를 확인하였고 08시 30분 작업장 내의 건조사로 1차 초기소화를 시도하였으나 화재가 급격하게 확대되었다. 이로 인해 공장의 부에 모래로 방호벽을 쌓아 연소 확대를 방지하며 자연소화하였다.

밀양 마그네슘 폐기물 재활용 공장 화재는 화재초기 금속화재용 소화약제의 부재, 급격한 화재의 확대, 높은 화염 온도, 폭발 우려에 의한 현장 접근의 어려움, 내부에 화재 진화가 원활히 이루어지지 않아 화재 진화까지 많은 시간이 소요된 사고이다.

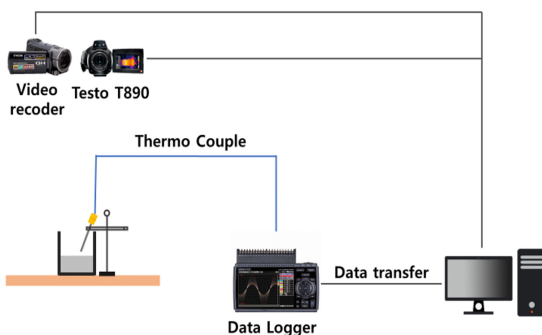
3. 실험 물질 및 방법

3.1 실험 물질

밀양 마그네슘 폐기물 재활용 공장 화재에서 연소된 가연성 금속인 마그네슘 분말과 알루미늄 분말로 실험을 진행하였다. 마그네슘은 ISO7165 기준 따라 99% 이상의 마그네슘을 함유 한 마그네슘 분말을 사용하여야 하며 모든 입자는 387 μm 체를 통과한 분말을 사용한다. 또한 분말의 80 % 이상이 150 μm 체에 유지되어야 한다. 마그네슘 분말은 기준에 따라 99%의 마그네슘인 분말을 사용하였으며 최소 입자 크기인 150 μm 크기의 표준망체 (Standard sieve)에 걸러낸 분말을 사용하였다[4]. 알루미늄 분말은 일반적인 업체에서 가공 가능한 가장 작은 크기인 45 μm 크기의 분말을 사용하였다, 정확한 실험을 위하여 마그네슘 분말과 알루미늄 분말을 데시케이터를 이용하여 24시간 건조 시킨 후 실험을 진행하였다.

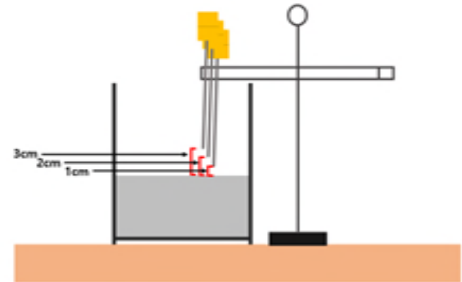
3.2 실험 방법

혼합 가연성 금속의 화재 특성 분석을 위해 데이터 로거 (GL840), 열전대(K-type), 적외선열화상카메라(Testo T890), 비디오 레코더를 활용하여 실험을 진행하였다(그림 2).



[그림 2] 혼합 가연성 금속 연소 실험 설정

데이터 로거는 2000℃ 까지 측정이 가능하며 적외선열화상 카메라의 온도측정 범위는 - 30℃ ~ 1250℃이다 데이터 로거와 적외선열화상카메라를 이용하여 900초 동안 측정하였다. 열전대는 시료 기준 각 1cm, 2cm, 3cm 높이로 하여 열방출량을 측정하였다(그림 3).

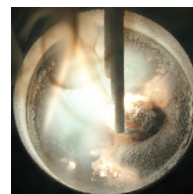


[그림 3] 연소 실험의 열전대 설정

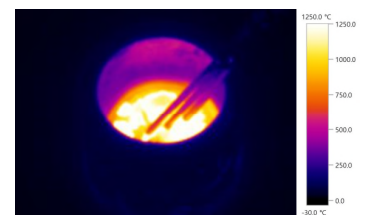
실험은 마그네슘, 알루미늄을 각 9대 1 비율로 30g (Mg 27g, Al 3g), 40g (Mg 36g, Al 4g), 50g (Mg 45g, Al 5g)으로 하여 3번의 실험을 진행하였으며 연소 확대 방지를 위해 석고보드와 연소 확대방지장치를 설치하여 실험을 진행하였다. 실험은 분말은 시료 용기에 담아 점화장치를 이용하여 착화시켜 연소하였으며 적외선열화상 카메라를 활용하여 연소 온도를 측정 하였고 열전대와 데이터 로거를 활용하여 혼합 가연성 금속의 열방출량을 측정하였다.

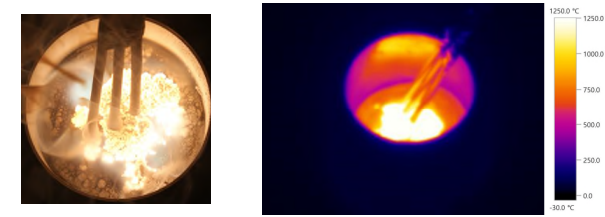
4. 실험 결과

그림 4 은 가연성 혼합 금속의 연소 실험 결과로 4-(a)는 30g, 4-(b)는 40g, 4-(c)는 50g 이다. 그림 4-(a)의 경우 점화 시작 약 4분에 최고 온도 1250℃에 도달하였으며 약 5분 30초 까지 온도가 지속되었다. 그림 4-(b)의 경우 점화 시작 약 2분 30초에 1250℃에 도달하였으며 약 4분여 동안 온도가 유지되었다. 이후 온도가 230℃까지 떨어졌다. 그림 4-(c)의 경우 점화 시작 약 3분30초에 온도가 1250℃까지 상승하였으며 7분 이후 온도가 약 210℃까지 떨어지는 것을 확인할 수 있었다 (그림 4-5).

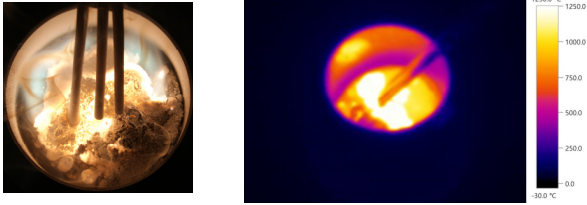


(a) 30g



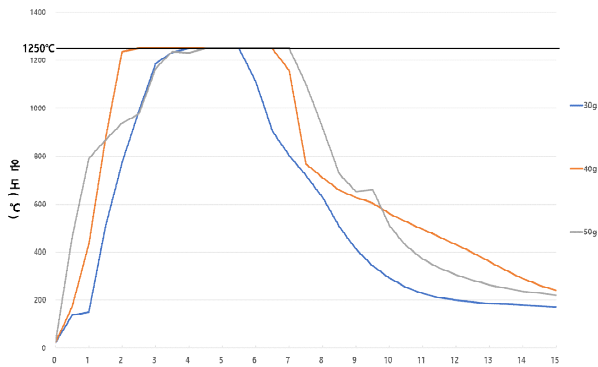


(b) 40g



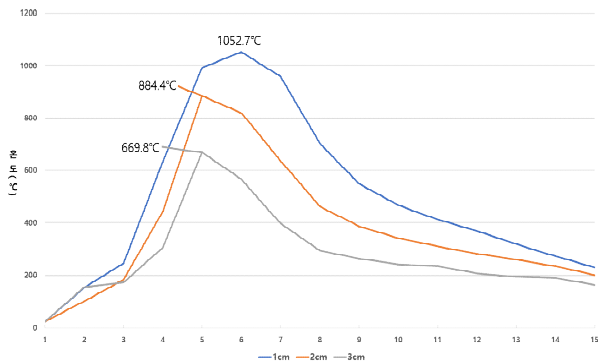
(c) 50g

[그림 4] 혼합 가연성 금속 연소 실험



[그림 5] 혼합 가연성 금속의 온도 변화

그림 6 은 혼합 가연성 금속의 열방출량을 열전대와 데이터 로거로 측정한 값이다. 1cm의 경우 최고 온도 1052.7°C로 적 외선열화상카메라 최고온도 1250°C와 약 200°C 차이 나는 것을 확인 할 수 있었다. 2cm 최고온도의 경우 884.4°C로 1cm의 최고 온도와 168.3°C가 차이 나는 것을 확인 할 수 있었다. 3cm는 열전대를 설치한 위치의 최고온도 중에서 제일 낮은 온도인 669.8°C로 확인되었다.



[그림 6] 혼합 가연성 금속의 열방출량 (Mg 36g, Al 4g)

5. 결론

본 연구에서는 혼합 가연성 금속 양에 따른 연소특성을 분석하기 위해 실험을 진행하였다. 실험 결과 혼합 가연성 금속에 점화 후 적외선열화상 카메라를 이용한 적외선열화상 분석에서 30g은 약 4분에 40g은 약 2분 30초에 50g은 약 3분 30초에 최고온도 1250°C에 도달하는 것을 확인하였다. 이러한 금속화재의 경우 초기에 진압하지 못하면 화재의 화염이 빠르게 확대되어 대형화재로 이어질 수도 있다.

또한 혼합 가연성 금속의 양이 증가할수록 최고온도가 오래 유지 된다는 것을 확인 할 수 있었으며 화재가 발생 하였을 때 적제하는 양이 많으면 화재가 오래 동안 유지 될 수 있다. 열전대를 이용한 열방출량의 분석에서 혼합 가연성 금속의 경우 열방출량이 높지 않다는 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Eugene Meyer, "Chemistry of hazardous materials", Pearson Education Inc, USA, pp.308-343, 2013.
- [2] Eugene Meyer, "Chemistry of hazardous materials", Pearson Education Inc, USA, pp.11, 2013.
- [3] Ki-Hun Nam, Jun-Sik Lee, "Study on the effective response method to reduce combustible metal fire" Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 19, No. 12 pp. 600-606, 2018.
- [4] Act on the safety control of hazardous substance, 2017.