

마그네슘 입자 크기에 따른 연소 메커니즘 규명

신하림, 남기훈*, 박지현, 이준식
 창신대학교 스마트융합공학부
 *e-mail:khnam@cs.ac.kr

Identification of Magnesium Combustion Mechanism by using Various Sizes of Particle

Ha-Rim Sin, Ki-Hun Nam, Ji-Hyeon Park, Jun-Sik Lee
 Dept. of Smart Convergence Engineering, Changshin University

요약

마그네슘은 가연성 금속으로 위험물안전관리법상 2류 위험물로 분류하고 있다. 마그네슘은 입자의 크기와 형태, 퇴적상태, 주변환경요소 등에 따라 화재 발생이 다양한 형태로 나타난다. 이에 본 연구에서는 마그네슘의 입자크기에 따른 화재의 특성을 분석하여 화재확산메커니즘을 규명하기 위한 실험을 수행하였다. 실험은 마그네슘 입자크기 75, 100, 150 μm 에 대한 연소속도를 측정하였다. 연소속도측정은 NFPA 484에서 제시하고 있는 연소속도 측정장치를 이용하여 진행하였다. 실험결과 시간경과에 따른 연소길이에 대한 기울기 값(연소속도)을 측정한 결과 150 μm 은 9.2, 100 μm , 8.0, 75 μm 9.5로 나타났다. 기울기 값이 클수록 연소속도가 빠른 것으로서 75 μm 가장 작은 입자크기가 연소속도가 가장 빠른 것으로 나타났다. 이러한 실험결과는 마그네슘을 취급하는 사업장에 대한 화재위험을 분석과 대응방안을 마련에 활용될 수 있다.

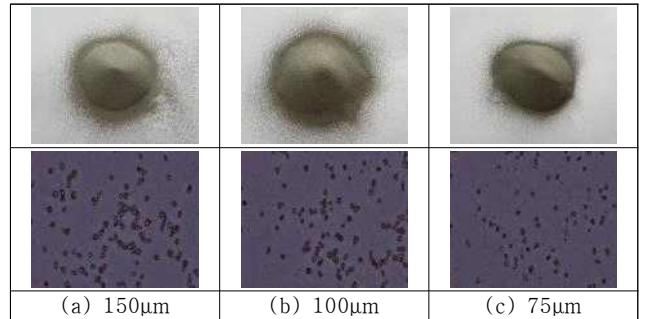
1. 서론

마그네슘(Mg)은 주조성이 뛰어나고 열전도도가 우수하며 강도가 높아 다양한 산업분야에서 사용되고 있다. 하지만 이러한 특성 뿐만 아니라 가연성 금속으로 화재에 매우 취약한 물질이다. 또한, 금속성 물지로 물과 접촉시 급격한 반응을 일으키는 물질로 화재 발생 시 수계 및 가스계 소화약제를 사용할 수 없어 화재 발생 시 화재진화가 매우 어렵다. 더욱이 마그네슘을 생산 또는 가공업체에서는 위험물안전관리법에서 적용하고 있는 기준에 따라 위험물안전관리법에 적용을 받지 않으면서 화재 및 폭발 위험에 노출되어 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 마그네슘의 입자크기에 따른 화재특성을 분석하여 마그네슘을 취급하는 다양한 산업현장의 화재대응에 필요한 방안을 제시하였다.

2. 실험방법

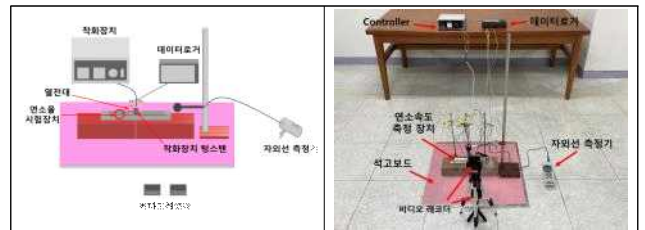
2.1 실험물질

본 연구에서 사용한 마그네슘은 ISO 7165의 금속화재용 소화기 성능테스트 기준에 따라 순도 99.5% 이상의 마그네슘을 사용하였다. 입자의 크기는 150 μm , 100 μm , 75 μm 총 3가지 크기의 마그네슘 분말을 사용하였다.



[그림 1] 입자 크기별 마그네슘 확대(200배) 이미지

2.2 실험장치구성



[그림 2] 시험장치 구성도

마그네슘 연소 실험은 바람과 같은 환경적인 영향을 배제하기 위해 실내에서 진행하였다. 실험을 위해 표준망체, 데이터로거(GL840), k-type열전대(0.32mm), 착화장

치, 자외선 측정기(YK-37UVSD), 비디오 레코더(GoPro HERO8 Black) 2대를 이용하여 실험 장치를 구성하였다 (그림 2). 마그네슘 연소 특성을 분석하기 위해 데이터로거를 이용하였으며, 다수의 k-type 열전대를 이용하여 마그네슘 표면 온도를 측정하였다. 마그네슘 분말의 연소 속도를 파악하기 위하여 NFPA 484 명시되어 있는 기준에 따라 연소속도 측정 장치를 제작하여 사용하였다.

2.3 실험방법

마그네슘 분말 입자 크기에 따른 연소 실험은 총 9회로 3가지 크기의 마그네슘 분말 실험을 각각 3회씩 진행하였다. 각각 150 μ m, 100 μ m, 75 μ m 크기의 마그네슘 10g을 연소속도 측정 장치 위에 비치하여 실험을 진행하였다. 5분간 착화장치를 이용하여 열을 주입하여 연소 실험을 진행하였다. 착화가 끝난 후 착화장치의 작동을 정지시켰으며 데이터로거, 열전대, 비디오 레코더는 연소 과정의 측정을 위해 5분 30초 동안 측정을 진행하였다. 연소 과정 및 연소 후 마그네슘 표면의 온도를 확인하기 위해 열전대를 이용하여 4곳의 온도를 측정하였다

3. 실험결과 및 고찰

마그네슘의 연소 속도를 측정한 결과 마그네슘 150 μ m이 30mm만큼 연소하는데 걸린 시간은 평균적으로 1분 이상 소요되었다. 마그네슘 100 μ m은 1분이 되지 않는 시간이 소요되었으며, 마그네슘 75 μ m도 1분 되지 않는 시간이 소요되었다. 이는 마그네슘의 입자 크기가 작을수록 연소 속도가 빨라져 연소 확산이 빠른 것으로 판단된다.

또한 착화 종료 후 연소탄화물의 길이를 살펴본 결과 마그네슘 150 μ m의 탄화물 길이의 평균은 32mm이며 마

가장 길게 나타났다. 마그네슘 75 μ m의 연소 시간에 따른 연소탄화물 길이를 살펴본 결과 75 μ m는 2분 이후 연소가 진행되지 않은 150 μ m, 100 μ m과는 다르게 연소가 진행된 것으로 나타났다. 또한 연소 길이의 기울기를 살펴본 결과 150 μ m은 9.2, 100 μ m은 8.0, 75 μ m는 9.5로 나타났다. 기울기 값이 클수록 연소속도가 빠르기 때문에 연소속도가 가장 빠른 것은 75 μ m인 것으로 판단된다. 이는 마그네슘 입자 크기가 작을수록 연소 시 확산이 빠르기 때문에 입자 크기가 작은 마그네슘 화재가 발생할 경우 위험성이 높을 것으로 예측된다.

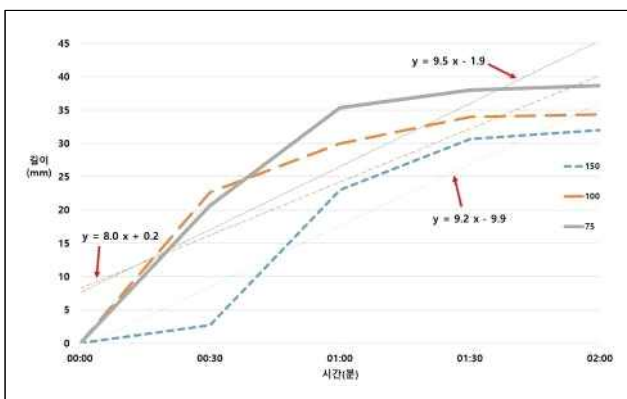
이에 본 연구의 결과를 바탕으로 마그네슘 화재 예방 및 대응 방안을 제시하고자 한다. 마그네슘 분말의 입자 크기에 따른 저장·취급에 대한 법령 마련이 필요하다. 현재 위험물안전관리법에서는 마그네슘에 대한 관리 방안이 없어 마그네슘 화재 발생 시 보관되어 있는 마그네슘의 양과 입자 크기를 파악하는데 어려움을 겪고 있다. 본 실험에서 마그네슘 분말의 입자 크기가 마그네슘 연소 시 연소에 영향을 주는 것으로 판단되어 마그네슘의 저장·취급에 대한 법령이 구축되어야 한다. 또한 마그네슘 진화기술, 마그네슘 소화약제에 필요한 기술을 개발할 수 있는 법 개정안 도출이 필요하다.

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 (No. 2021R1F1A1055898) & (No. 2022R1F1A1074289) 으로 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] 임창동, 유봉선, “마그네슘의 특징 및 용해”, 한국주조공학회지, 제28, pp. 89-95. 2008년
- [2] National Fire Protection Association, NFPA 484 Standard for combustible metals, pp. 7-126. 2019
- [3] National Fire Protection Association, NFPA 10 Standard for portable fire extinguishers. National Fire Protection Association, pp. 1-15. 2018
- [4] International Organization for Standardization, ISO 7165:2017 Fire fighting-Portable fire extinguishers -Performance and construction, International Organization for Standardization, pp.1-30. 2017
- [5] Zhu, C.-G., Wang, H.-Z., & Min, L, Ignition Temperature of Magnesium Powder and Pyrotechnic Composition. Journal of Energetic Materials, Volume 32, Informa UK Limited., 219-226. 2014



[그림 3] 마그네슘 크기별 연소길이 평균값 및 상관식

그네슘 100 μ m의 탄화물 길이의 평균은 35mm, 마그네슘 75 μ m는 45.7mm로 마그네슘 75 μ m의 연소탄화물 길이가