

마그네슘 화재 사례 분석을 통한 화재안전관리의 개선 방안에 관한 연구

신하림*, 이준식***, 박지현*, 채진주*

*창신대학교 소방방재공학과

shr0659@gmail.com

A Study on the improvement of Fire Safety Management through Case Analysis of Magnesium Fires

Ha-Rim Shin*, Jun-Sik Lee***, Ji-Hyeon Park*, Jin-Ju Chae*

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

**Dept. of Aeronautical & Mechanical Engineering, Changshin University

요약

마그네슘(마그네슘 합금)은 연소 시 화재진화가 어려운 것으로 알려져 있다. 마그네슘으로 만들어진 합금은 플라스틱만큼 가볍고 강철만큼 단단하여 최근 사용량이 꾸준히 증가하고 있으며 이에 따른 마그네슘의 관련 화재도 증가하고 있는 추세이다. 하지만 국내에서는 마그네슘 화재와 관련된 법적 기준이 마련되어 있지 않아 화재 예방 및 대응 시스템 구축이 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 마그네슘 화재에 대한 법적 기준을 마련하고 대책을 마련에 활용될 수 있는 방안을 제시하였다.

1. 서론

마그네슘(마그네슘 합금)은 연소할 경우 고온과 소화약제의 부재로 인해 화재진화가 어려운 것으로 알려져 있다. 마그네슘으로 만들어진 합금의 경우 플라스틱만큼 가벼우면서도 강철만큼 단단하다. 이에 경량화를 목적으로 자동차는 물론 항공기 부품, 자전거, 노트북 컴퓨터나 핸드폰 케이스 등 각종 휴대용 전자제품에도 사용되고 있다. 마그네슘과 관련된 화재는 꾸준히 발생하고 있으며 향후에는 지금보다 화재 발생이 증가할 것으로 예상된다.

2017년 8월 16일 16시 47분 김해 금속폐기물 가공 공장 화재, 2019년 7월 25일 8시 4분에 발생한 밀양 금속폐기물 가공 공장 화재 등의 금속화재 사고 사례를 보면 화재초기 금속화재용 소화약제의 부재, 높은 화염 온도, 폭발에 대한 우려로 인해 현장 접근이 어려워 큰 피해를 발생시켰다. 이와 같은 마그네슘 화재의 위험성 및 지속적인 화재의 발생으로 인한 문제점이 있음에도 불구하고 관련 법령 및 기준이 마련 되어 있지 않다.

이에 본 연구에서는 마그네슘의 연소 특성과 국내외 법규, 사고사례 및 현장조사를 분석하여 마그네슘 화재에 대한 문제점을 도출하고 대응방안을 제시하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 마그네슘의 연소 특성

마그네슘은 매우 반응성이 좋은 금속으로 마그네슘의 자연발화점 및 용융점 등은 아래의 표와 같다[표 1]. 마그네슘의 자연발화점은 분말형태일 때 472.78℃, 리본 형태 510℃, 덩어리 형태일 때 650℃로 분말형태일 때 자연발화점이 가장 낮으며, 분말형태일 때 알루미늄의 자연발화점에 비해 온도가 낮아 위험성이 높다.

[표 1] 마그네슘의 특성

	자연발화점(℃)	용융점(℃)	끓는점(℃)	비중
마그네슘	472.78 (powder) 510 (ribbons and shavings) 650 (massive chunks)	649	1100	1.74
알루미늄	760 (powder)	660	2327	2.7

마그네슘이 연소할 경우 질량에 의해 약 75%만이 대기 중 산소와 결합하여 산화마그네슘을 형성하며, 나머지 25%는 대기 질소와 결합하여 질산마그네슘을 형성한다[1]. 약 649℃까지 상승할 경우 다양한 형태의 마그네슘은 용융되거나 급격하게 연소한다.

3. 국내외 관련 기준 및 법규

현재 국내에서 마그네슘에 관한 정의 및 관련 기준은 따로 제시하고 있지 않다. 마그네슘의 정보 및 기술은 KOSHA Guide G-77 “물반응성 물질의 취급·저장에 관한 기술 지침”에 제공되어 있으며 또한 위험물안전관리법 상 2류 위험물로 지정되어 있다[표 2]. 위험물안전관리법 상 마그네슘 분류 기준은 표 3에 표기되어있는 것과 같다.

법/기준	주요내용
OSHA 29 CFR 1910.157	·installation ·inspection
NFPA 10	·maintenance ·recharging
ISO 7165	·performance test
NFPA 484	·fire extinguish agents ·hazards ·training ·maintenance ·inspection ·portable fire extinguishers

[표 2] 국내 마그네슘 관련 기술지침 및 법령

No.	분류	명칭
1	기술지침	마그네슘 분진폭발 예방에 관한 기술지침 (KOSHA Guide P-112-2014)
2	기술지침	금속분진 취급 공정의 화재폭발예방에 관한 기술지침 (KOSHA Guide P-128-2012)
3	기술지침	물반응성 물질의 취급 저장에 관한 기술지침 (KOSHA Guide G-77)
4	법령	제 2류 위험물, 가연성 금속 (위험물안전관리법)

[표 3] 위험물안전관리법 상 마그네슘 기준

위험물안전관리법 시행령 별표 1. 주요 내용
5. “금속분”이라 함은 알칼리금속·알칼리토류금속·철 및 마그네슘외의 금속의 분말을 말하고, 구리분·니켈분 및 150마이크로미터의 체를 통과하는 것이 50중량퍼센트 미만인 것은 제외한다.
6. 마그네슘 및 제 2류 제8호의 물품 중 마그네슘을 함유한 것에 있어서는 다음 각목의 1에 해당하는 것은 제외한다. 가. 2밀리미터의 체를 통과하지 아니하는 덩어리 상태의 것 나. 직경 2밀리미터 이상의 막대 모양의 것

마그네슘의 경우 소화 시 물, 할로겐화합물, 포, 질소를 사용하지 않아야 하며, 마그네슘 화재 발생 시 D급 소화약제, 가스(SO₂, SF₆/CO₂, Ar, He), 비 반응성 과립물질이나 분말로 소화하여야 한다[3].

해외 주요 법과 기준으로는 미국 OSHA 에서는 29 CFR 1910.157을 통해 금속화재용 소화기에 대한 법을 제시하고 있다[5]. NFPA 484의 경우 가연성 금속의 화재예방, 대응, 소화약제 등에 관한 기준을 제시하고 있으며[6], NFPA 10과 ISO 7165에서는 금속화재의 기준과 금속화재용 소화기의 성능테스트, 설치, 검사 등을 제시하고 있다[표 4][7-8].

[표 4] 해외 마그네슘 관련 주요 기준

4. 사고사례분석 및 현장 조사

4.1 사고사례분석

2006년 3월 6일, 2017년 8월 16일 경남 김해시에서 발생한 2건의 화재와 2019년 7월 25일 경남 밀양에서 발생한 화재를 비교 분석하였다[표 5].

[표 5] 사고사례 조사현황

No.	사고발생일	발생지역	사고원인	물질	진화방법
1	06. 3. 06	김해시	수분 접촉	마그네슘 기타 금속	건조사 (질식소화)
2	17. 8. 16	김해시	수분 접촉	마그네슘	자연진화
3	19. 7. 25	밀양시	수분 접촉	마그네슘 알루미늄	자연진화

4.1.1 마그네슘 스크랩 제련공장 화재

2006년 03월 06일 23시 52분 경남 김해시 소재 마그네슘 제련공장에 화재가 발생하여 마그네슘 피 47톤과 스크랩 100톤이 불타고 망간과 알루미늄 및 베릴륨이 모두 불 탔다. 119상황실은 김해시에 건조사, 굴삭기, 트럭 지원요청을 하고 출동 중인 소방대에 마그네슘에 방수 시 폭발위험을 알렸다. 건조사, 굴삭기가 현장에 도착하여 건조사 1,100여 톤으로 덮어 다음 날 06시 40분 불길을 잡았다.

4.1.2 김해시 고철 야적장 마그네슘 화재

2017년 8월 16일 16시 47분 경남 김해시 고철 야적장에서 화재가 발생하였다[그림 1-2]. 고철 및 비철 10톤이 불에 탔으며, 컨테이너 1동이 전소 하였고 인접 공장 컨테이너 4동 등이 일부 소실, 그을음 피해를 입었다. 선발대 도착 당시 화염은 매우 큰 상태였으며 주변 연소 확대를 방지하기 위해 건조사 및 굴착기를 동원하여 경계배치 하였다. 야적장 내 마그네슘은 자연연소 시켜 다음 날 10시 진압되었다.



[그림 1] 마그네슘 슬래그 발화 전



[그림 2] 마그네슘 슬래그 발화 후

4.1.3 밀양시 금속 제조 공장 마그네슘 화재

2019년 7월 25일 8시 4분 경남 밀양시 소재 금속제조공장에 화재가 발생하였다. 약 20톤 규모의 마그네슘 및 알루미늄 슬러지 더미에서 화재가 시작되었으며 마그네슘 가공품 및 공장이 전소하였으며 인근 공장으로도 연소가 확대 되었다. 초기 소화 과정 중 연소가 확대 되어 초기 진화에 실패하였으며, 화재를 완전히 진화하는데 총 6일이 소요되었다.



금속화재용 소화기

[그림 4] 사업장 내 안전조치

4.2 현장조사

총 3건의 화재 중 김해 고철 야적장에서 발생한 화재에 대해 현장조사를 실시하였다. 마그네슘 폐기물의 가공 공정과 이러한 폐기물 가공 공장의 내에 존재하는 위험성에 대해 조사하였다.

4.2.1 마그네슘 폐기물 가공 공정

마그네슘 폐기물의 재활용 공정은 그림 3의 순서로 진행된다.



[그림 3] 마그네슘 폐기물 재활용 공정

4.2.2 마그네슘 폐기물 공장의 위험성

마그네슘 폐기물 공장에서의 위험성이 어떤 것이 있는지에 대하여 조사를 실시하였다. 현재 폐기물 공장은 법적인 기준이 없음에도 금속화재용 소화기를 비치하고 있으나[그림 4] 실제 화재 발생 시 사용해보면 결과 화재가 급속도로 확대되어 금속화재용 소화기는 효용성이 전혀 없는 것으로 밝혀졌다. 화재가 발생할 때를 대비하여 화재 진압을 위한 건조사를 보관하고 있으나 건조사를 유지할 수 있는 방안이 없고 화재가 발생했을 때도 건조사를 옮겨 사용하는데 제약이 있다.

위와 같은 문제점들은 마그네슘 폐기물 공장 및 마그네슘의 저장에 관련된 법규와 기준의 부재로 인해 발생하는 문제들로 이를 해결하기 위해서는 마그네슘 폐기물 공장 및 마그네슘 저장과 관련된 법규와 기준이 제정되어야 한다.

4.2.3 현장 대원 FGI 조사

밀양 마그네슘 화재를 진압한 소방관들을 대상으로 FGI(Focus Group Interview)를 실시하였다[그림 5].



[그림 5] 현장대원 FGI 진행 현장

FGI의 내용은 화재 진압 시 사용했던 진압방법 및 소화약제와 진압 시 발생한 문제점 그리고 화재 대응활동을 위해 가장 시급하게 도입되어야 하는 분야에 대해 현장에 진압하였던 대원들을 대상으로 진행하였다.

첫째, 화재 진압 시 사용했던 진압방법 및 소화약제로는 기본적으로 마른 모래나 팽창질석으로 덮어야 하나 밀양 마그네슘 화재와 같은 많은 양의 마그네슘의 화재가 발생한 경우 덮을 만한 모래의 양과 덮을 장비가 없었다는 문제점이 있었다. 또한 공장에서 보관하는 금속의 양에 따라 100%의 마른 모래를 얼마만큼 비치해두어야 하는지, 마른 모래는 수분을 흡수하기 때문에 순도 100%로의 상태로 보관할 수 있는지에 대해 고려해야하는 문제점이 있었다.

둘째, 화재를 진압 시에 발생하는 문제점으로는 마그네슘 화재는 온도가 1,000℃ 이상으로 현재의 방화복을 착용한 상태로는 현장 접근이 어려우며, 강한 빛으로 인해 활동이 굉장히 제한된다. 또한 현장에서 발생하는 연소생성물(가스, 분진 등)이 있지만 무슨 물질인지 알 수 없어 이로 인해 어떤 방독

면을 착용해야 하는지 알 수 없다는 문제점이 있었다.

셋째, 화재 대응활동을 위해 가장 시급하게 도입되어야 하는 점은 법 제도 개선을 통해 법의 사각지대에 있는 위험물을 관리하는 방안이었다. 위험물안전관리법을 적용받지 않기 때문에 현장 출동 시 어떤 물질이 연소하는지 확인 할 수 없고 현장에 도착하더라도 연소물질에 대한 정보가 없어 대응이 어렵다는 점이었다. 또한 위험물안전관리법 뿐만 아니라 건축법을 개정하여 위험물 저장에 필요한 시설과 연소 확대를 방지할 수 있는 건축물의 구조에 개선 방안이 있어야 한다는 점을 확인할 수 있었다.

위의 FGI를 통해 화재 발생 시 사용되는 마른 모래의 보관의 문제점과 높은 온도 및 강한 빛, 현장 출동 시 연소 물질에 대한 정보가 없어 화재 진화에 어려움이 있었다. 또한 건축법을 개정하여 연소 확대를 방지할 수 있는 건축물 구조에 개선 방안이 필요하다는 것으로 나타났다.

5. 고찰 및 결론

마그네슘이나 마그네슘합금과 관련된 화재가 발생하면 물계 소화약제 및 이산화탄소, 할로젠 등의 소화약제로 진화할 수 없어 출동한 소방대는 진화에 어려움을 겪는다.

최근 마그네슘으로 만들어진 합금의 사용량이 증가하고 있다. 이로 인한 마그네슘 화재의 횟수가 증가하고 있음에도 불구하고 화재에 관한 법제화는 물론 관련 기준 마련에 대한 논의조차 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 마그네슘의 특성 및 사고 사례 분석, 관련 국내외 기준 및 법령을 분석하였으며 또한 현장조사와 FGI 조사를 통해 마그네슘 화재의 문제점에 대해 알아보았다. 이를 통해 마그네슘 화재의 예방 및 대응에 필요한 방안을 제시하고자 한다.

마그네슘의 기준 및 예방과 대응을 위한 법령의 마련이 필요하다. OSHA나 NFPA, ISO 등과 같이 금속화재용 소화기 및 소화약제 기준 마련과 설치에 관한 법제화를 통해 초기대응이 이루어지도록 해야 한다. 위험물안전관리법상 마그네슘을 위험물로 관리하고 있으나 화재 예방 및 대응, 소화약제, 소화기, 소화시스템에 대한 부분들은 다루어지지 않고 있다. 또한 산업안전분야에서는 KOSHA Guide P-112-2014을 통해 마그네슘 분진 폭발 예방에 관한 기술 지침을 마련하고 있으나 소방 분야에서는 마련되어있지 않다. 이처럼 마그네슘 화재에 필요한 기반 연구는 물론 기술개발이 이루어지도록 해야 한다.

또한 건조사 관리에 대한 규정을 마련하여야 한다. 초기 마그네슘 화재의 경우 금속화재용 소화약제가 적합하지만 화재가 확산될 경우 건조사를 이용한 화재진화가 적합하다. 그러

나 폐기물 공장 및 금속 제조 공장에서는 건조사 관리가 어려워 소방관들이 출동하였을 경우 초기 화재 진화에 많은 어려움을 겪고 있다. 그렇기 때문에 건조사 관리에 대한 규정을 마련하여 금속화재 발생 시 신속하게 건조사를 이용할 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

참고문헌

- [1] Eugene Meyer, "Chemistry of hazardous materials", Pearson Education Inc, USA, pp.330-331, 1997.
- [2] Eugene Meyer, "Chemistry of hazardous materials", Pearson Education Inc, USA, pp.316-317, 2013.
- [3] Korean fire protection association, "KFS-552, STANDARD ON FIRE PROTECTION FOR STORAGE OF MAGNESIUM", pp. 7-8, 1999
- [4] 소방청, "소화기구 및 자동소화장치의 화재안전기준 (NFSC 101)", 국가법령정보센터, <http://www.law.go.kr/>
- [5] Occupational Safety and Health Administration, "OSHA 29 CFR 1910.157 Portable fire extinguishers", Occupational Safety and Health Administration, <https://www.osha.gov/>, 2018.08.
- [6] National Fire Protection Association, "NFPA 484 Standard for combustible metals", pp.7-91, National Fire Protection Association, 2019.
- [7] International Organization for Standardization, "ISO 7165:2017 Fire fighting-Portable fire extinguishers-Performance and construction", International Organization for Standardization, pp.2-65, 2017.
- [8] National Fire Protection Association, "NFPA 10 Standard for portable fire extinguishers", National Fire Protection Association, pp.4-24, 2018.