

B-20

Epoxy/Montmorillonite 합성체의 연소 특성 평가 Assessment of Combustion Property for Epoxy/Montmorillonite Composite

송영호* · 하동명** · 정국삼***

Young-Ho Song* · Dong-Myeong Ha** · Kook-Sam Chung***

abstract

The flame retardancy by the addition of clay was evaluated to present as the fundamental data to decrease the fire hazard of polymers and life losses. The flame retardancy was examined to increase flame retardancy and to decrease smoke yield of epoxy by the addition of clay such as montmorillonite. For this study, the experiments of flame retardancy were conducted as follows : the measurement of the limiting oxygen index(LOI), char yield, and smoke density. As MMT concentration increased, epoxy/MMT composite increased LOI and char yield with the decreased smoke density.

key words : Epoxy, Montmorillonite, LOI, Char yield, Smoke density

1. 서론

고분자 재료는 작은 화원에서도 쉽게 발화하고 연소하며 높은 열 방출률과 다량의 연기 및 독성 가스로 인하여 가시성을 감소시키며 피난자의 방향성을 상실시켜 독성 물질에 노출되는 시간을 연장하여 수많은 인명피해를 수반하는 대형 참사로 이어지며, 이의 해결 방법에는 고분자 재료에 난연성을 부여하여 화재가 급격히 확산되는 것을 방지하고 조기에 화재를 진압하여 인명과 재산 피해를 최소화하는 것이다. 최근 전 세계적으로 합성수지를 비롯한 고무, 섬유, 제지, 건축재료 등에 대한 연소성 규제가 점차 강화되고 있으며, 난연화에 대한 필요성이 크게 부각되고 있는 실정이다.

고분자 재료의 난연화 방법은 고분자 재료의 자체의 개질에 따른 내열성 향상, 난연성 재료와 복합화 하여 고분자 재료의 보호, 적절한 난연제를 첨가하여 가소성 고분자 재료를 보호하는 등의 방법이 일반적이는데, 그 중 난연제 첨가 방법이 대부분을 차지하고 있다.

그러나 고분자 재료에 난연제를 첨가하게 되면 재료의 연소성은 감소시킬 수 있으나, 난연제의 난연 성능으로 인하여 재료의 불안전 연소를 촉진시켜 다량의 연기와 CO, CO₂ 등의 독성 가스를 배출한다는 점이 단점으로 지적되고 있다. 이는 화재시 피난자의 시야를 흐리게 하여 피난을 어렵게 할 뿐만 아니라 질식에 의한 인명피해를 가중시키는 요인으로 작용한다.

따라서 본 연구에서는 에폭시 수지(epoxy resin)의 난연성 향상과 연기 발생량을 감소시키기 위하여 일반적 가장 많이 사용하고 있는 비스페놀 A형 epoxy (DGEBA type epoxy) 고분자 물질을 직접 용융시켜 점토 물질인 montmorillonite(MMT) 삽입하여 시편을 제조한 후 연소 특성을 살펴보았다. 이 연구를 위하여 한계 산소지수(limiting oxygen index, LOI), 탄화층 생성량(char yield) 측정 등의 난연 실험과 투과율(transmittance) 측정을 통한 광소멸계수(light extinction coefficient)를 산출하여 연기 밀도(smoke density)의 상대적인 비교 연구를 수행하였다.

* 정회원 · 혜천대학 소방안전관리과 · 전임강사 · E-mail : sshae5@hcc.ac.kr
** 종신회원 · 세명대학교 보건안전공학과 · 교수 · E-mail : hadm@semyung.ac.kr
*** 정회원 · 충북대학교 안전공학과 · 교수 · E-mail : kschung@cbnu.ac.kr

2. 이론적 배경

2.1 연기 밀도

연기는 공기 중에 부유하고 있는 고체 또는 액체의 미립자를 말하며, 화재시의 연기는 연기 입자를 특별히 구분하지 않고 가스 성분을 포함한 것을 말한다. 연기 농도의 표현 방법은 절대농도법과 상대농도법으로 대별할 수 있는데 본 연구에서는 발광부(emitting part)의 광원으로 부터 조사된 광량(light intensity)과 이 빛이 연기층을 통과한 후 수광부(transmission part)에 도달했을 때 광량의 비율을 측정하여 투과율을 결정한 후 광소멸계수(light extinction coefficient)를 산출하여 연기 밀도(smoke density)의 상대적 비교를 수행하였다. 광소멸계수의 산출식은 다음과 같다.

$$k = \frac{-1}{L_A} \times \ln\left(\frac{\tau}{100}\right) \quad (1)$$

여기서, k 는 광흡수계수이고, L_A 는 유효 광로 길이(effective path length)이며, τ 는 투과율이다¹⁾.

3. 실험

3.1 실험재료

본 연구에서 사용된 에폭시 수지는 비스페놀 A형 epoxy를 사용하였다. Epoxy는 시판되고 있는 도료, 접착제 용도의 제품을 사용하였고, epoxy/MMT 복합체를 경화시키는 경화제는 CTH-4110을 이용하였으며, 복합체를 제조하는데 이용한 MMT는 Sigma-Aldrich 제품을 이용하였다. MMT의 농도는 0.5 ~ 6phr(parts per hundred parts of resin)로 변화시켜 실험을 실시하였다. 시편 제작은 epoxy의 점도를 떨어뜨리기 위해 에폭시를 80℃로 가열한 후 경화제와 MMT를 첨가하였고, 15분 동안 교반기로 교반하였으며 하루 동안 상온에서 경화시켰다. 경화된 시편은 실험 용도 및 규격에 맞게 성형되었다. 제작된 시편의 크기는 LOI 시험의 경우 ASTM D 2863 규격에 따라 10×140×3mm로 성형하였고, 연기 밀도의 경우 단위질량당 연기 밀도를 비교하기 위하여 시편의 질량을 30g으로 균일하게 하였다.

3.2 실험방법

Epoxy/MMT 복합체에 대한 난연 특성을 평가하기 위하여 본 연구에서는 소규모의 연소실(900*900*1100mm)에서 난연 특성을 고찰해 보고자 Kokenk Co.(Japan, Model : SMS-38)에서 제작된 장치를 이용하였다. 이 장치는 JIS K 7228의 규격으로 하여 연소실 중앙에 히터를 설치, 고분자 재료의 연소시 발생하는 연기농도를 측정하는 실험장치이다.

또한 LOI는 ASTM D 2863의 규격에 의거하여 Toyoseiki Co.(Japan)의 산소지수 시험기를 이용하여 측정하였다. 투명한 직경 75mm의 유리관 안에 산소와 질소의 혼합가스의 유량을 일정하게 유지한 다음 4cm/s의 유속으로 송풍기를 이용하여 송풍하고, 수직으로 시험편을 지지대에 위치하여 시험편의 상부를 점화시켜 연소할 때의 산소의 농도를 측정하여 LOI를 계산하였다. 탄화층 생성량의 경우, 산소지수 시험기(oxygen index apparatus)를 이용하여 O₂ 및 N₂의 유량을 산소지수에 따라 조정하여 시편의 LOI보다 2% 높은 산소의 농도에서 측정하였다. 연소시간은 3분으로 하였고, 탄화층 수집을 위해 wire gauge를 sample 밑에 위치시켜 연소 전과 후의 질량 및 char의 생성량을 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 한계산소지수 및 탄화층 생성량

Epoxy/MMT 복합체에 대한 난연 특성을 평가하기 위하여 LOI 및 탄화층 생성량을 측정하여 그 결과를 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타내었다.

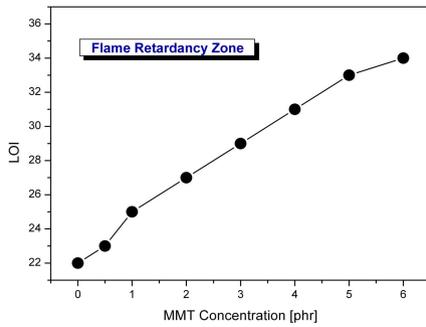


Fig. 1. Result of LOI measurement.

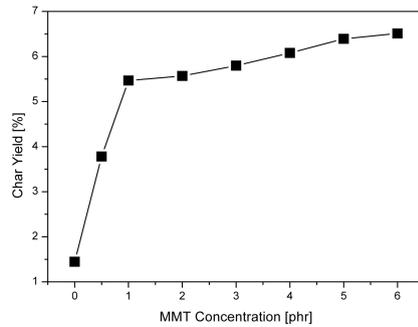


Fig. 2. Result of char yield.

그 결과를 살펴보면 MMT의 첨가 농도가 증가함에 따라 LOI 및 탄화층 생성량이 증가하는 결과를 나타내었다. 이는 MMT의 난연 메커니즘에 기인한 것으로서 epoxy/MMT 복합체의 분해반응시 결정수(H₂O)가 생성되기 때문인 것으로 사료된다.

4.2 연기 밀도

Epoxy/MMT 복합체의 MMT 농도 변화에 따른 연기농도의 변화에 대한 결과이다. 결과를 살펴보면 연소 시간이 증가할수록 연기농도는 전체적으로 증가하다가 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 MMT의 농도가 6phr일 때 가장 낮은 연기 발생 속도를 나타내었다.

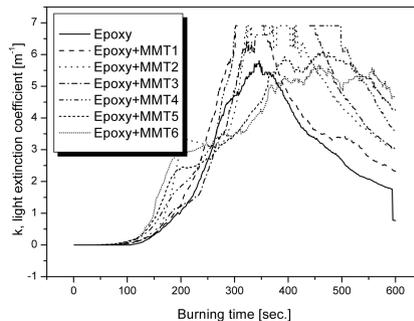


Fig. 3. Result of smoke density.

5. 결 론

본 연구에서는 epoxy/MMT 복합체를 제조하여 난연성 및 연기 밀도의 상대적인 비교를 통하여 난연성 평가를 수행하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. MMT의 첨가량이 증가할수록 LOI는 증가하는 경향을 나타내었고 MMT 농도가 4phr 이상일 때 난연 영역임을 알 수 있었으며, 6phr 첨가하였을 때 LOI는 MMT를 첨가하지 않은 경우보다 54.5% 증가하는 결과를 나타내었다.
2. 탄화층의 생성은 MMT의 첨가 농도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며, MMT를 6phr 첨가하였을 때 탄화층 생성량은 순수 epoxy의 경우에 비하여 약 4.5배 증가하였다.
3. Epoxy/MMT 복합체는 MMT를 0.5~6phr의 범위로 첨가하여 시험하였을 때, MMT가 6phr에서 보다 우수한 난연특성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. KS R ISO 11614 (2001), "Reciprocating Internal Combustion Compression-Ignition Engines-Apparatus for Measurement of the Opacity and for determination of the Light Absorption Coefficient of Exhaust Gas".

