

PVC 바닥재의 열적특성에 관한 연구

문병수 · 김남석 · 이내우 · 설수덕*

부경대학교 안전공학과 · *동아대학교 화학공학과

1. 서론

건축물의 내장재는 실내공간을 구성하는 구조물 내부에 대한 마무리와 장식을 겸한 재료이며 내부공간의 기능과 함께 요구되는 다른 성능들을 충족시켜야 한다. 이와 같은 실내 환경을 얻기 위한 기능과 요구되는 각 성능을 충족시키면서 쾌적한 실내 환경을 얻기 위한 소재는 비바람, 한서, 햇빛, 불, 열 및 소음의 차단성질을 갖추어야 한다. 실내공간의 내장은 공법과 사용재료에 따라 구조물 자체가 내장을 겸하게 하는 경우도 있으나, 일반적으로 구조물과는 별도로 부착하여 마무리한다. 대부분의 내장 소재로서는 판형재료(板形材料)가 주가 되어 면을 이루게 하는 것이 많으며, 이들의 내구성 · 질감(質感) · 촉감 등 각종 요구 성능을 충족시키는 것이어야 한다. 이들은 크게 천장, 벽, 바닥의 세 부위로 분류할 수 있다.

본 연구에서는 주택에서 보편적으로 사용되고 있는 다양한 실내의 내장재중에서 PVC 바닥재를 선택하였다. 이 바닥재의 소비량은 절대적인 수요를 가질 뿐만 아니라 일상생활과 가장 밀접한 관계를 가지기 때문이다. 그 특성을 살펴보면 가격이 저렴하고 시공이 간편하다. 그리고 제품의 종류가 다양하고 위생적이며 내수성이 뛰어나고, 탄력성이 있어 보행감이 좋은 장점이 있다. 반면에 내구연한이 짧고 내압인성이 부족한 단점이 있으며 특히, PVC 계통 바닥재의 대부분은 석유화학제품으로서 화재가 발생하였을 때에는 유독가스가 생성할 뿐만 아니라 대부분이 질식성가스로 바뀌므로 사망사고로 까지 확대될 수 있으며, 특히 밀폐된 실내에서는 소량만 발생하여도 자극적인 냄새와 함께 이들은 호흡기 등을 자극할 뿐만 아니라 피로감, 메스꺼움 또는 집중력 감소 등을 일으켜 인체에 해로운 영향을 미치고 있는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 PVC 바닥재의 열안정성과 화재로부터 발생하는 유해가스의 종류와 그 농도 등을 조사하여 이들이 인체에 미치는 독성영향을 동물실험에 의존하지 않고 LD₅₀ 등과 같은 독성기준을 계산에 의해 추정함으로써 안전사고의 피해를 사전에 예측할 수 있을 뿐만 아니라 차후에는 보다 환경친화적인 제품의 생산을 위한 기초 자료로 활용하도록 하는데 그 궁극적인 목적이 있다.

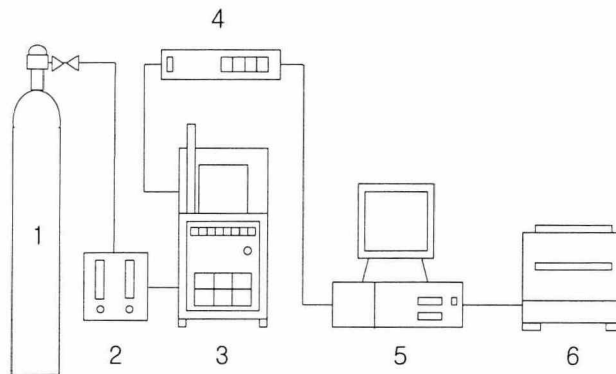
2. 실험

2-1. 실험재료

실험에 사용한 시료는 국내의 A 화학사에서 생산하고 있는 PVC주성분의 평판 바닥재를 기본으로 하여 여러 가지 첨가제가 첨가되어 있는 5종류의 시판제품을 그대로 사용하였다.

Table 1. Conditions of thermal analysis

Sample weight	10±0.1mg
Heating rate	4, 8, 12, 16, 20°C/min
Maximum temperature	900°C
Atmosphere	N ₂ gas
Flow rate	10ml/min
Dimensions	6×2.5mm



1. Nitrogen cyclinder
2. Atmosphere control unit
3. TGA and DSC unit
4. External viewer
5. Computer
6. Printer

Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatuses for thermal analysis.

2-2. 실험방법 및 기기

실험에 사용된 PVC 바닥재의 분해형태와 분해생성물의 종류를 확인하기 위하여 퓨

리에 변환 적외선 분광기(FT-IR, Shimadzu제 8601-PC)를 이용하였다. 그리고 열분해시의 특성을 검토하기 위하여 사용된 기기는 TGA(Shimadzu제 TGA-50)와 DSC(Shimadzu제 DSC-50)를 이용하여 특성을 고찰하였다. 열분해를 위한 장치의 구성도는 Fig. 1에 나타낸 바와 같으며 실험조건은 Table 1에 나타낸 바와 같다.

3. 결과 및 고찰

3. 1 적외선 분광분석

PVC 바닥재의 구조를 분석하기 위하여 퓨리에 변환 적외선 분광분석기(FT-IR: Nicolet사, model 60STR)를 이용하였다. 구조 확인 실험을 위해 PVC 바닥재를 THF(Tetrahydrofuran) 용매에 용해시킨 후 AgCl window cell에 도포 후 건조 또는 KBr pellet으로 만들어 분석하였으며 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 PVC 바닥재의 특성 피이크의 파장이 615cm^{-1} 과 698cm^{-1} 에서 C-Cl 결합, 1254cm^{-1} 에서 C-H 결합 그리고 1434cm^{-1} 에서 $=\text{C}-\text{H}_2$ 의 결합을 나타내고 있으므로 바닥재의 주성분은 대부분 PVC 수지성분임을 알 수 있었다.

3. 2 열분석

PVC바닥재의 열적 특성을 조사하기 위하여 수지성분 시료들의 TGA곡선을 Fig. 3와 4에 나타내었다. 여기에서 열분해 반응의 가열속도는 시료의 분해속도에 직접적으로 영향을 주는 변수로 가열속도가 빠를수록 분해속도가 높아졌음을 알 수 있다. 열분해반응은 단일반응이 아니라 수십에서 수백 가지의 반응이 동시에 일어나는 반응이므로 분해속도에 따라 우세한 반응이 달라질 수 있으며 이에 따라 생성물의 분포도 달라질 수 있다. 따라서 본 실험에서는 가열속도를 실험변수로 사용하였다. 먼저 Fig. 3에서는 가열속도를 일정하게 두고 시료의 종류변화에 따른 열분해반응시의 TGA 곡선을 나타낸 그림이다. 그림에서 열분해 반응은 두 단계로 진행된다. 첫 단계는 탈 염화수소 반응이며 두 번째 단계는 polyene 분해반응으로 진행됨을 알 수 있었다. 탈 염화수소 분해반응의 초기분해온도는 시료의 종류와 거의 상관없이 220°C 에서 시작되고 370°C 정도에서 종결되었다. 그리고 polyene 분해반응은 400°C 에서 분해가 시작하여 500°C 에서 거의 종결됨을 알 수가 있었다. Fig 4은 한 종류의 시료를 가지고 가열속도를 변화시켜 얻어진 열분해 곡선을 나타낸 것이다. 가열속도가 커지면서 분해 시작온도와 분해종결온도가 높아짐을 알 수 있는데 이는 열적인 지연현상, 즉 주위의 온도보다 시료 내부의 온도가 더 낮기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다. 그리고 탈 염화수소 반응에 의해 전체 시료의 약 60%정도가 감소되었으며 가열속도와는 무관하게 일정함을 알 수 있었다. polyene 분해반응에서도 같은 결과가 나타나고 있음을 알 수 있었다.

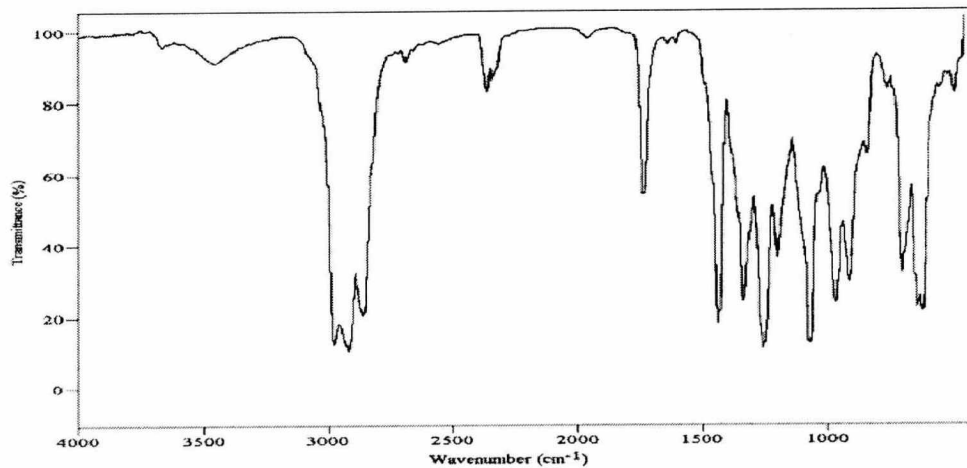


Fig. 2. FT-IR spectrum of PVC flooring.

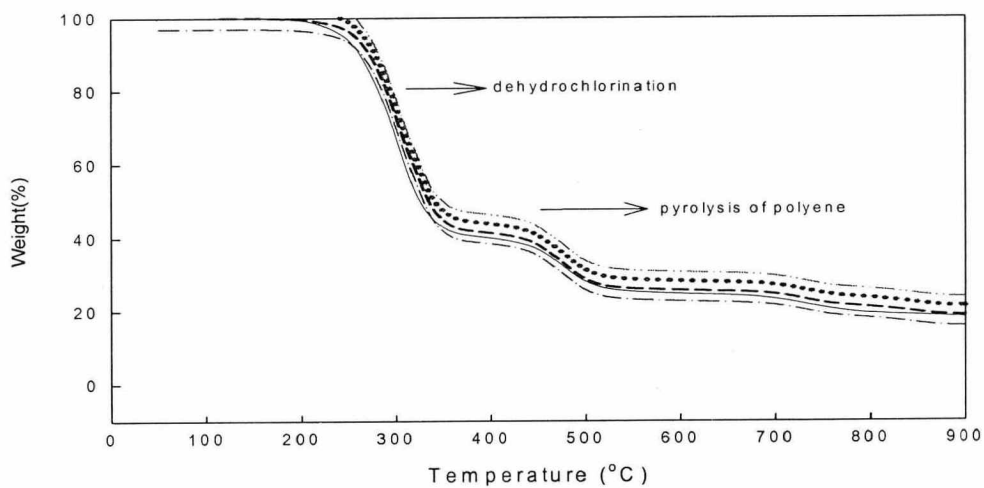


Fig. 3. TGA curves of various PVC floorings. [$\beta=12^{\circ}\text{C}/\text{min}$]

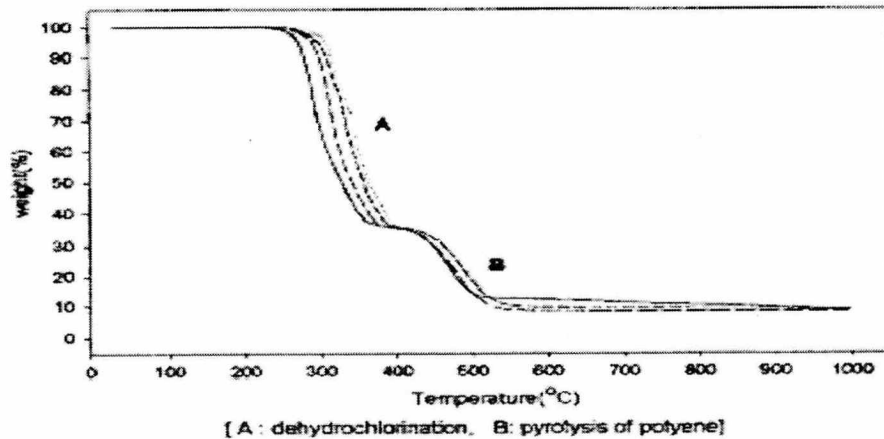


Fig. 4. TGA curves of PVC flooring at various heating rates.

4. 결론

PVC바닥재의 분해특성 실험으로부터 얻어진 결과는 다음과 같이 요약할 수 있었다.

1) PVC 바닥재의 열분해 단계는 탈염소화분해반응과 Polyene 분해반응의 두 단계로 진행됨을 알 수 있었다.

2) 바닥재의 종류와 상관없이 가열속도가 커짐에 따라 분해온도가 커짐을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) Kissinger, H. E., Anal. Chem., 21, 1702, 1957.
- 2) 김영범, 송석정, "열분석기기(DSC, DTA, TGA, TMA)의 원리 및 응용", 고분자과학과 기술, Vol.4, No.5, pp.387-397(1993)
- 3) Grassier, N. and Scott, G., Polymer Degradation and Stabilization, Cambridge University Press, 1985.
- 4) Millan, H. Miganges. C. Gerrard. D. L. Addams. W. F. Makromol. Chem. 180. 2937(1979).
- 5) Beltran, M. and Marcilla, A : Polymer Degradation and Stability, 55, 73(1997).
- 6) Stromberg, R. R., Straus, S. and Achhammer, B. G. : J. Polym. Sci., 35,

355(1959).

- 7) Woo, S, I .: MS Thesis, KAIST, Korea(1975).
- 8) Ghim, Y. S., Cho, S. H and Son, J.-E.: HWAHAK KONGHAK, 30, 261 (1992).
- 9) 김윤일, 김성준, 박진철, 이연구, “PVC바닥장판재의 실내공기오염물질 발생강도 측정에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집, 제19권, 제2호(1999).
- 10) NFPA, “Standard Test Method for : Developing Toxic Potency Data for Use in Fire Hazard Modeling” , NFPA 269-1~269-16, 1996.