

에어컨디션에서 카펫의 열안정성에 관한 연구

박근호[†] · 이 수 · 송주영 · 이기철^{*}

창원대학교 공과대학 화공시스템공학과

^{*} 한국가스안전공사 경남지역본부

(2006년 6월 7일 접수 ; 2006년 11월 30일 채택)

A Study on the Thermal Stability of Carpet in Air Condition

Keun-Ho Park[†] · Soo Lee · Ju-Yeong Song · Ki-Chul Lee^{*}

Dept. of Chemical Engineering, Changwon National University

** Gyeongnam District Head Office, Korea Gas Safety Corporation*

(Received Jun. 7, 2006 ; Accepted Nov. 30, 2006)

Abstract: This paper describes the experiments for investigating the effects of thermal stability of several commercial carpet materials. The melting point and thermal decomposition temperature was measured by means of a differential scanning calorimeter(DSC) in air condition. The DSC data and burning test results of nylon bulked continuous filament(N-BCF) yarn 100%, nylon(NY), polypropylene(PP), and a new material named polytrimethyleneterephthalate(PTT) were analysed to obtain the effect on their thermal stability. Conclusively, we observed that PTT and PP were approximately 380°C and 240°C to start the thermal decomposition, respectively. In other words, PTT is thermally the most stable material for carpet manufacturing.

Keywords : Carpet, nylon, polypropylene, polytrimethyleneterephthalate, thermal decomposition, thermal stability.

1. 서 론

쾌적한 실내 환경을 얻기 위한 소재로서 내장재는 비바람, 한서, 햇빛, 불, 열 및 소음 등의 차단구실을 한다[1]. 내장은 그 공법과 사용재료에 따라 구조체 자체로서 내장을 겸하게 하는 경우도 있으나, 일반적으로 구조체와는 별도로 붙이거나 발라 마무리한다[2].

일상생활에서 사용되고 있는 여러 가지의 내

장재들이 화재시 연소열에 의해 분해되면서 유독가스를 배출시키고, 비교적 낮은 온도에서의 열, 충격 등에 의해 용이하게 발화, 연소하는 불안정한 물질에 의한 사고는 이전부터 많이 알려져 있다. 최근에는 파인 세라믹분야의 발전에 따라 그 위험성이 인식되지 않은 채 제조되는 불안정 물질이 늘고 있으며[3], 카펫은 일반가정은 물론 실내 어디서나 사용되고 있다. 카펫의 소재로는 제품 구성요소를 소재 면에서 보면 원사(pile)가 70% 이상을 점유하고 있다. 이 원사는 천연소재섬유와 합성섬유로 구별되어 있는데 현재 우리나라의 카펫 주종섬유는 소량의 양모

[†]주저자(e-mail : khopark@sarim.changwon.ac.kr)

(wool), 아크릴 및 나일론 비씨에프 필라멘트사 (nylon bulked continuous filament; N-BCF), 폴리프로필렌(polypropylene;PP), 면(cotton), 인견(rayon) 등이다[4-7]. 이와 같이 일상생활에서 사용되고 있는 여러 가지의 카펫들이 화재시 연소열에 의해 분해되면서 유독가스를 배출시켜 많은 사람들이 화재열보다 연기에 의한 질식으로 목숨을 잃는다. 카펫 연소시 발생하는 기체는 일산화탄소[8]와 이산화탄소는 10% 이상 함유한 공기를 마시게 되면 두통이나 어지럼증이 발생할 수 있다[9]. 또한 시안화수소[10], 염화수소[11], 아크로레인(acrolein ;H₂C=CH-CHO) 등도 나무, 종이, 솜 등과 연소시 열분해하여 재결합하면서 발생하는 상당히 자극적인 가스이다. 특히 아크로레인은 TWA가 0.1 ppm인 발암성 물질로 1-5 ppm정도면 상당히 자극적이고 80 ppm 이상일 경우 목숨에 지장을 줄 수도 있다[12].

본 연구는 시차 주사 열량계(differential scanning calorimeter ; DSC)로 카펫의 소재에 따라 그 발화온도를 측정하고, 열분해 시 소재의 용융온도와 분해온도 등을 측정하였다[13]. 그리고 직접 연소시험을 이용하여 가장 흔한 nylon BCF Yarn 100%, nylon(NY)과 polypropylene(PP) 및 polytrimethylene-terephthalate(PTT) 소재 카펫을 에어컨디션에서 열분해할 때 열안정성을 조사하였다.

2. 실험

2.1. 재료

시중에서 시판되고 있는 여러 가지 카펫 중 PP-A(twisted PP BCF 100%), PP-B(PP BCF Yarn 100%), PP-C(heat-setted PP BCF Yarn 100%), NY-A(dope dyed Nylon BCF Yarn 100%), NY-B (Nylon BCF Yarn 100%), NY-C(frieze Nylon BCF 100%), NY-D(wool 80%, Nylon 20%), 그리고 PTT(PTT BCF 100%)를 구입하여 실험에 사용하였다.

2.2. 실험방법

카펫섬유의 열분해 특성을 실험하기 위해서 열 유속형 DSC (Shimazu TA-B50 WSI, Japan)를 사용하였다.

그리고 시차주사 열량계에 의한 열분해 실험 조건은 공기분위기(100 mL/min)하에서 시료 량

은 3.0mg으로 하고 승온속도 20°C/min으로 유지하였다. 시료용기는 평행용기로 알루미늄제를 사용하고, 실험개시온도는 25°C, 실험종료 온도는 550°C를 유지하였다. 시차주사 열량계에 의해 카펫 소재의 열분해 DSC곡선을 측정하고, 발열 온도를 확인하였으며, thermogravimetric analyzer (TGA)는 Perkin Elmer Ltd.(model No. TGA7, USA)을 사용하였다.

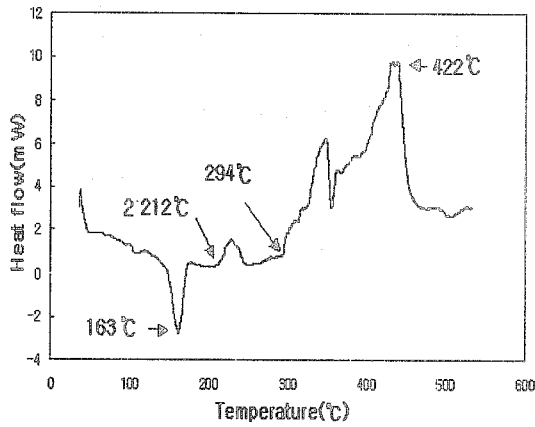
3. 결과 및 고찰

전보[14]에 이어서 에어컨디션에서 카펫의 열안정성을 DSC를 사용하여 조사하였다.

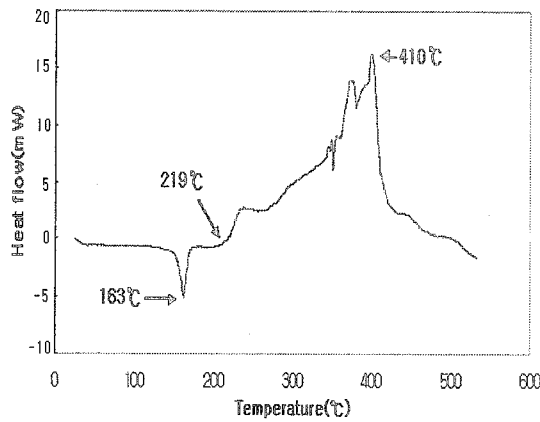
Polypropylene 섬유를 사용하여 제조한 카펫의 시료에 대하여 에어컨디션 하에서 DSC로 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. Fig.1에서 보는 바와 같이 Fig.1(a) PP-A의 용융 온도가 163°C로 나타났으며, 열분해는 294°C에서 분해하기 시작하여 422°C에서 완결되었으며, 발화 온도는 212°C임을 알 수 있었다. 그리고 Fig.1(b)는 PP-B에 대한 DSC를 측정결과를 나타내었다. Fig. 1(b)에서 보는 바와 같이 시료 PP-B에서는 용융 온도가 163°C로 나타났으며, 열분해 온도가 410°C이고 발화 온도는 219°C임을 알 수 있었다. 또한 Fig.1(c)의 시료 PP-C의 경우도 그림에 나타난 바와 같이 용융 온도는 164°C, 열분해 온도가 410°C이며, 발화 온도는 204°C임을 알 수 있었다.

Nylon섬유를 사용하여 제조한 시판 카펫을 4종 구입하였으며, 이 4종 시료를 에어컨디션 하에서 DSC로 측정하였으며, 그 결과를 Fig.2에 나타내었다. 먼저 Fig.2(a)에 NY-A에 대하여 측정한 DSC 결과를 보면 용융 온도가 182°C로 나타났으며, 2차 상전이가 일어나기 전인 약400°C에서 발열반응을 거친 후 2차 상전이(열분해)가 463°C에서 완료 되었으며 발화온도는 219°C임을 알 수 있었다.

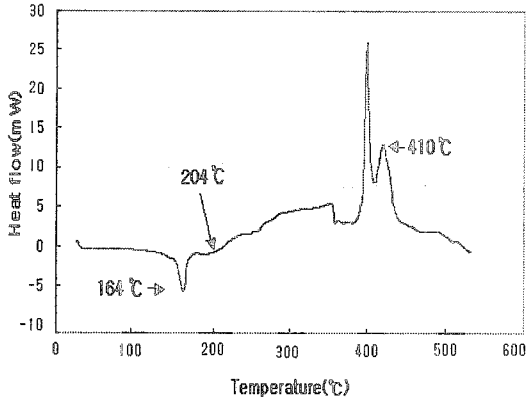
Nylon섬유를 사용하여 제조한 카펫의 시료 NY-B에 대한 DSC는 Fig.2(b)에 측정한 결과를 나타내었으며, Fig.2(b)를 분석하여 보면 용융 온도는 215°C, 발화온도가 322°C로 나타났고, 2차 상전이가 일어나기 전인 389°C에서 분해하기 시작하여 열분해가 500°C 이상에서 완료됨을 추정할 수 있다.



(a) PP-A

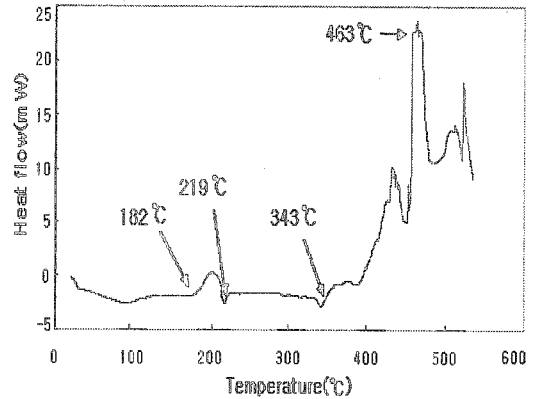


(b) PP-B

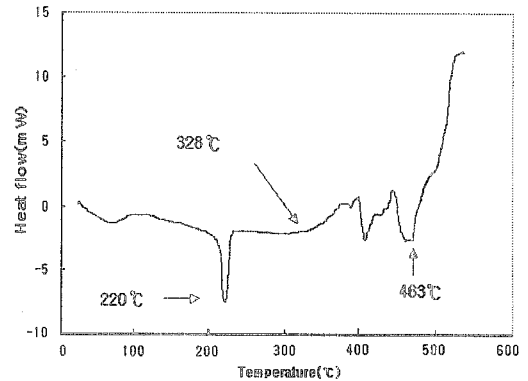


(c) PP-C

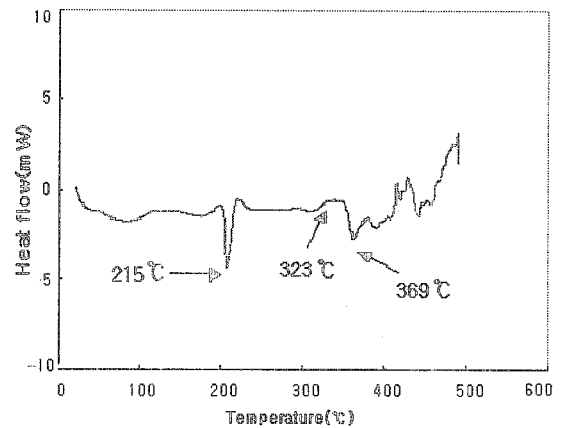
서 측정된 결과를 나타낸 것으로서, 용융온도가 220°C로 나타났으며, 2차 상전이가 일어나기 전인 420°C에서 발열반응을 거친 후 열분해가 463°C에서 완료되며 발화 온도는 328°C임을 알 수 있었다.



(a) NY-A



(b) NY-B



(c) NY-C

Fig. 1. DSC curves of polypropylene carpet in air condition.

또한, Fig.2(c)는 nylon섬유를 사용하여 제조한 카펫 NY-C에 대한 DSC를 에어컨디션 하에

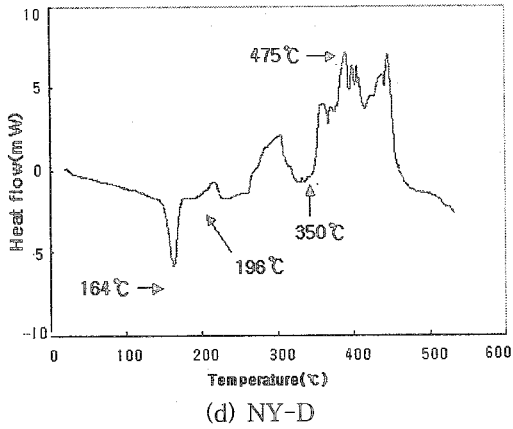


Fig. 2. DSC curves of nylon carpet in air condition.

그리고, 카펫 NY-D에 대한 DSC 측정결과 역시 에어컨디션 하에서 측정하였으며, Fig.2(d)에 나타내었다. 그림에서 보면 용융온도가 164°C, 발화온도는 196°C로 나타났으며, 열분해가 350°C부터 시작하여 475°C까지 계속적인 발열반응으로 종결됨을 알 수 있었다.

한편, polytrimethyleneterephthalate 섬유를 사용하여 제조한 카펫 PTT에 대한 DSC를 역시 에어컨디션 하에서 측정하였으며, 그 결과를 Fig.3에 나타내었다.

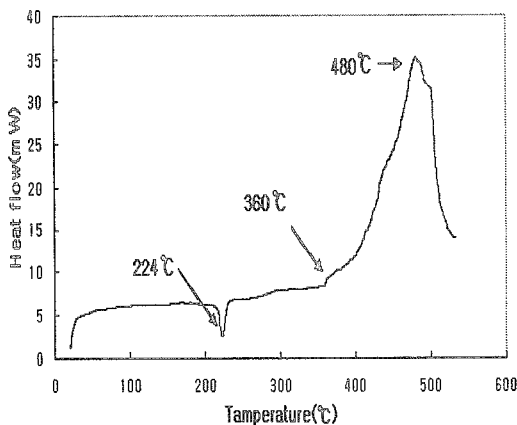


Fig. 3. DSC curve of PTT carpet in air condition.

Fig.3에서 보면 다른 카펫과 달리 흡열 반응이 아닌 발열반응 현상이 나타났으며, 용융온도

가 224°C, 발화온도는 360°C임을 알 수 있으며, 열분해 온도는 480°C으로 나타남을 볼 수 있었다.

카펫의 바탕의 지지물은 몇 가지 화학물질로 이루어져 있으며, 카펫의 바탕 지지물의 열 안정성을 조사하기 위하여 카펫의 바탕 지지물을 DSC로 열분해하였다. 여러 가지 바탕 지지물 중 PP-A로 제조한 카펫의 바탕 지지물을 취하여 에어컨디션 하에서 DSC로 측정하였으며, 그 결과를 Fig.4에 도시하였다. Fig. 4에 나타난 바와 같이 카펫 PP-A 바탕 지지물을 분석하여 보면 용융온도는 110°C, 발화온도가 160°C로 나타났고, 200°C에서 발열반응으로 열분해가 일어나기 시작하여 500°C 이상에서 완료되는 것으로 추정할 수 있다.

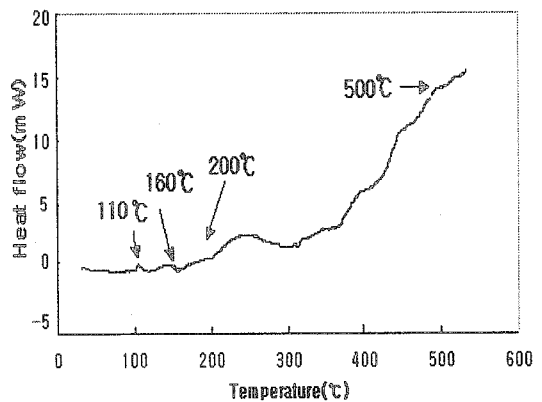


Fig. 4. DSC curve of the bottom material of carpet in air condition.

한편 대기 중에서 카펫의 바탕의 지지물의 발화온도를 측정된 결과 약 165°C로 나타나 에어컨디션 하에서 측정 결과와 거의 일치하였다. 그리고 휴대용 부탄 토치로 직접 가열한 결과 카펫은 조금 그을리기만 하였으나, 지지물은 바탕에 붙어 불이 붙어서 지속적으로 연소함을 볼 수 있었다.

가열로에서 시각에 의한 열분해 온도를 보면 Table. 1에 나타내었다. Table. 1에서 보면 PP를 소재로 한 카펫은 230°C와 240°C로 발화온도가 거의 유사하였으며, NY를 소재로 한 카펫은 NY-D 소재 카펫은 230°C로서 PP-C 소재와 같았으며, 이를 제외하고는 340°C 및 350°C로 PP 소재 카펫보다 약 110°C 정도 발화 온도가 높아 PP 소재보다 더 열안정성이 좋은 것으로 나타

났다. 그리고 PTT를 소재로 한 카펫은 발화온도가 380℃로 NY를 소재로 한 카펫 보다 발화온도가 30-40℃가 높아 NY 소재 카펫보다 더 열안정성이 좋은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 PTT를 소재로 한 카펫의 열안정성이 가장 우수함을 알 수 있었다.

Table. 1. Thermal Decomposition Temperature of Carpet by Burning in Furnace.

Carpets	Thermal decomposition temperature(℃)
PP-A	240
PP-B	240
PP-C	230
NY-A	350
NY-B	340
NY-C	340
NY-D	230
PTT	380

4. 결 론

시판되고 있는 카펫 3종류와 카펫 바탕 지지물을 에어컨디션 하에서 열분해하여 열안정성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Polypropylene을 소재로 한 카펫의 경우 용융온도가 163℃이며, 열분해 온도는 410-470℃, 공기 중에서 발화온도는 240℃이었다.
2. Nylon을 소재로 한 카펫의 경우 용융온도가 182-220℃, 열분해 온도는 463℃ 이상으로 나타났다. 대기 중에서 가열하면 340℃부근에서 발화됨을 알 수 있었다.
3. 지지물의 발화 온도는 에어컨디션 하에서 160℃로 직접 연소시 카펫의 발화온도와 거의 일치하였으며, 200℃ 이상에서는 발열반응으로 분해가 가속화 되어 연소됨을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2006년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. M. K. Komamiya and M. Naito, A Study on the Thermal Stability of Polymers for Air Bag, *Special Research Report of The Research Institute of Industrial Safety, SRR-83-1*, Japan (1983).
2. Y. H. Oh and K. H. Park, A Study on the Thermal Stability of Polymer Mixtures Using Air Bags, *Kor. Oil Chem. Soc.*, 20(4), 353 (2003).
3. M. J. Colloff, J. Ayres, F. Carswell, A. Howarth, T. G. Merrett, E. B. Mitchell, M. J. Walshaw, J. O. Warner, and J. A. Warner, The Control of Allergens of Dust Mites and Domestic Pets A Position Paper, *Clin. Exp. Allergy*, 22, 58 (1992).
4. Y. J. Kim and B. J. Youn, A Study on Present Use of Carpet and Heat Retaining for Selected Carpet Samples, *Kor. Ass.*, 24(5), 129 (1987).
5. M. Ameen, I. Ahmad, M. S. Musthapa and Q. Rahman, Cytotoxic Effect and Role of Exogenous Antioxidants in Carpet Dust Mediated Toxicity in Rat Hepatocytes in Vitro, *Toxicology in Vitro*, 18, 419 (2004).
6. T. A. E. Platt-Mills, P. W. Heymann, J. L. Longbottom, and S. R. Wilkins, Airborne Allergens Associated with Asthma: Particle Sizes Carrying Dust Mite and Rat Allergens Measured with a Cascade Impactor, *J. Allergy Clin. Immunol.*, 77(6), 72 (1986).
7. M. C. Swanson, Correlations between Levels of Mite and Cat Allergens in Settled and Airborne Dust, *J. Allergy Clin. Immunol.*, 83, 776 (1989).

8. A. Duci, K. Papakonstantinou, A. Chaloulakou, and N. Markatos, Numerical Approach of Carbon Monoxide Concentration Dispersion in an Enclosed Garage, *Building and Environment*, **39**, 233 (2004).
9. E. Uquiche, J. M. del Valle, and J. Ortiz, Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Red Pepper (*Capsicum annum* L.) Oleoresin, *J. of F. Eng*, **3**, 22 (2004).
10. R. N. Nickolov and D. R. Mehandjiev, Comparative Study on Removal Efficiency of Impregnated Carbons for Hydrogen Cyanide Vapors in Air Depending on their Phase Composition and Porous Textures, *J. of Coll. and Inter. Sci*, **35**, 273(2004).
11. Z. Li, T. I. Kamins and X. Li, R. S. Williams, Chlorination of Si Surfaces with Gaseous Hydrogen Chloride at Elevated Temperatures, *Surface Science*, **3**, 554 (2004).
12. P. Kolsch, Q. Smejkal, M. Noack, R. Schafer, J. Caro, "Partial Oxidation of Propane to Acrolein in a Membrane Reactor-Experimental Data and Computer Simulation, *Catalysis Communications*, **3**, 53 (2002).
13. K. Lohner and E. J. Prenner, Differential Scanning Calorimetry and X-ray Diffraction Studies of the Speciality of the Interaction of Antimicrobial Peptides with Membrane-mimetic Systems, *Biochimica et Biophysica Acta*, **13**, 1462 (1999).
14. K. H. Park and K. C. Lee, A Study on the Stability of Carpet by Thermal Decomposition, *Kor. Oil Chem. Soc.*, **23**(2), 147 (2006).