

## 열분해에 의한 카펫의 안정성에 관한 연구

박근호<sup>†</sup> · 이기철<sup>\*</sup>

창원대학교 공과대학 화공시스템공학과

<sup>\*</sup>한국가스안전공사 경남지역본부

(2006년 1월 6일 접수 ; 2006년 6월 2일 채택)

### A Study on the Stability of Carpet by Thermal Decomposition

Keun-Ho Park<sup>†</sup> · Ki-Cheol Lee<sup>\*</sup>

*Dept. of Chemical Engineering, Changwon National University,  
Changwon 641-773, Korea*

*<sup>\*</sup>Gyeongnam District Head Office, Korea Gas Safety Corporation,  
Changwon 641-020, Korea*

*(Received January 6, 2006 ; Accepted June 2, 2006)*

**Abstract** : The accidents occurred by unstable material which is easily exploded or burnt up were caused by heat and collision under the condition of relatively low temperature without oxygen, have been reported frequently. However, the amount of the unstable material is getting higher by development of fine ceramic research area even though its dangerous characteristic is disregarded. This research studied a heat stability and measured boiling point of various carpet material. Carpet has been used in home as well as general indoor usage. Now a day, carpet material which is hardly burnt has been on commercial, but its detailed unstable conditions is not mentioned. This research reports the measurement of the initial temperature of generation heat and heat-radiation change on differential scanning calorimeter (DSC). The DSC data of nylon bulked continuous filament (N-BCF) yarn 100%, nylon (NY), poly propylene (PP), and a new material named polytrimethylene terephthalate (PTT) are studied and researched about the effect of them using TGA, furnace, and direct-burning experiment.

**Keywords** : Carpet, polypropylene, nylon, polytrimethylene terephthalate, thermal decomposition.

### 1. 서 론

내장재는 건축물의 공간을 구성하는 구조체의 내부 면에 대한 마무리와 장식을 겸한 재료.

내부공간의 기능과 요구되는 각 성능을 충족시키며, 쾌적한 실내 환경을 얻기 위한 소재로서, 비바람·한서·햇빛·불·열·소음의 차단구실을 한다[1]. 내장은 그 공법과 사용재료에 따라 구조체 자체로서 내장을 겸하게 하는 경우도 있으나 일반적으로 구조체와는 별도로 붙이거

<sup>†</sup>주저자(e-mail : khopark@sarim.changwon.ac.kr)

나 발라 마무리한다[2]. 대부분 각종 소재로 된 판형재료가 주가 되어 면을 이루게 하는 것이 많으며, 이들의 내구성·질감·촉감 등 각종 요구 성능을 충족시키는 것이어야 한다. 이를 천장, 벽, 바닥의 세 부위로 분류한다.

우리 일상생활에서 사용되고 있는 여러 가지의 내장재들이 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[4-7].

본 연구는 카펫의 소재에 따라 그 발화온도를 측정하고, 열분해에 관해서 시차주사 열량계(differential scanning calorimeter ; DSC)에서의 소재의 용융온도와 분해온도 그리고 발열개시온도 등을 측정하고[8], 열중량 분석(TGA) 기 및 접 연소시험을 이용하여 가장 흔한 nylon BCF Yarn 100%, nylon (NY)과 polypropylene(PP) 및 polytrimethylene terephthalate(PTT) 소재의 카펫에 대한 열분해시, 그 안정성을 조사 하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 재료

시중에서 시판되고 있는 아래와 같은 여러 가지 카펫을 구입하여 실험에 사용하였다.

PP-A (twisted PP BCF 100%), PP-B (PP BCF Yarn 100%), PP-C (Heat-setted PP BCF Yarn 100%), NY-A (원착 Nylon BCF Yarn 100%), NY-B (Nylon BCF Yarn 100%), NY-C (Frieze Nylon BCF 100%), NY-D (Wool 80%, Nylon 20%), 그리고 PT-A(PTT BCF 100%)를 사용하였다.

### 2.2. 실험방법

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

카펫섬유의 열분해는 시중에서 시판되고 있는 8종을 구입하여 실험에 사용하였다. 그리고

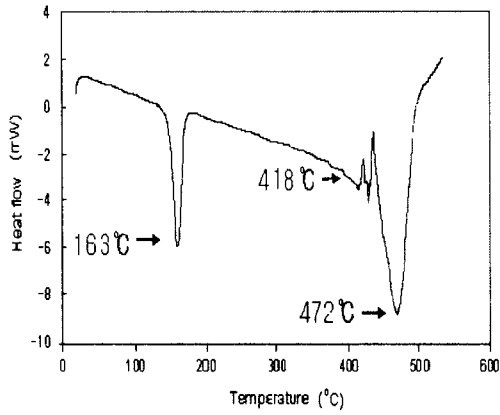
시차주사 열량계에 의한 실험조건은 공기분위기(100 mL/min)하에서 시료량은 3.0mg으로 하고 승온속도 20°C/min으로 유지하였다. 시료용기는 평행용기로 알루미늄제를 사용하고, 실험 개시온도는 25°C, 실험종료 온도는 550°C를 유지하였다. 시차주사 열량계에 의해 카펫 소재의 열분해 DSC곡선을 측정하고, 발열 온도를 확인하였으며, 카펫을 가로 40cm 세로 22cm 크기로 잘라 부탄 토치를 이용하여 불꽃 길이는 약 24 mm로 하여 시료에 직접 30초간 화염을 가하였다. 그리고 TGA는 Perkin Elmer Ltd.(model No. TGA7, USA)을 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

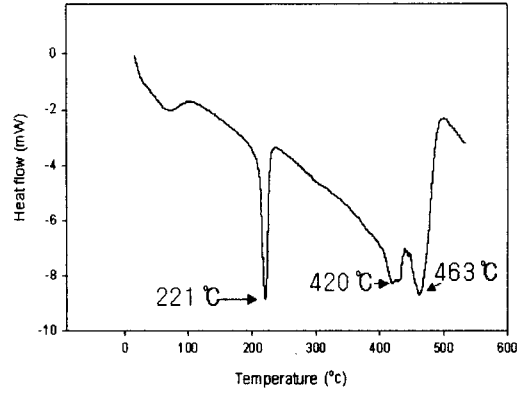
Polypropylene 섬유를 사용하여 제조한 카펫의 시료에 대하여 질소분위기 하에서 DSC로 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 (a) PP-A의 용융온도가 163°C로 나타났으며, 열분해 온도는 472°C, 발화 온도는 212°C임을 알 수 있었다. 그리고 (b)는 PP-B에 대한 DSC를 측정결과를 보면 시료 PP-B에서는 용융 온도가 164°C로 나타났으며, 열분해 온도가 461°C이고 발화 온도는 219°C임을 알 수 있었다. 또한 (c) 시료 PP-C의 경우도 그림에 나타난 바와 같이 용융 온도는 164°C, 열분해 온도가 468°C이며, 발화 온도는 204°C임을 알 수 있었다.

Nylon섬유를 사용하여 제조한 카펫의 시료는 4종이며, 먼저 시료 (a) NY-A, (b) NY-B, (c) NY-C 및 (d) NY-D에 대한 DSC를 질소 분위기 하에서 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 (a)는 용융 온도가 228°C로 나타났으며, 2차 상전이가 일어나기 전 423°C에서 발열반응을 거친 후 2차 상전이(열분해)가 463°C에서 완료 되었으며, 발화 온도는 212°C임을 알 수 있었다. 그리고 카펫의 시료 NY-B (b)에 대한 결과는 용융 온도는 218°C, 발화 온도가 323°C로 나타났고, 2차 상전이가 일어나기 전인 427°C에서 발열반응을 거친 후 열분해가 464°C에서 완료됨을 볼 수 있었다.

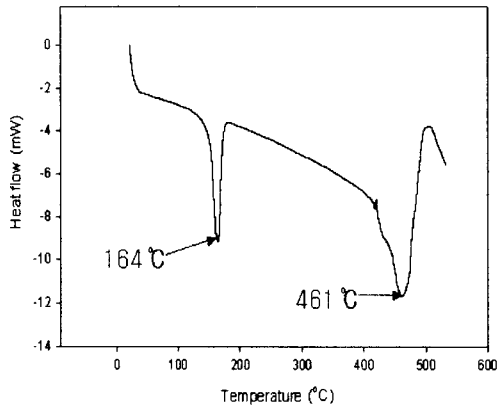
또한, (c) NY-C에 대한 결과는 용융 온도가 221°C로 나타났으며, 2차 상전이가 일어나기 전 420°C에서 발열반응을 거친 후 열분해가 463°C



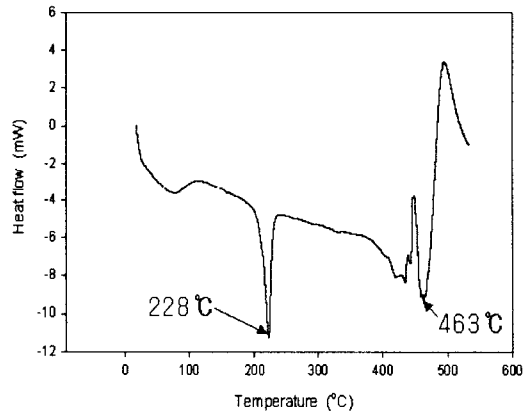
(a) PP-A



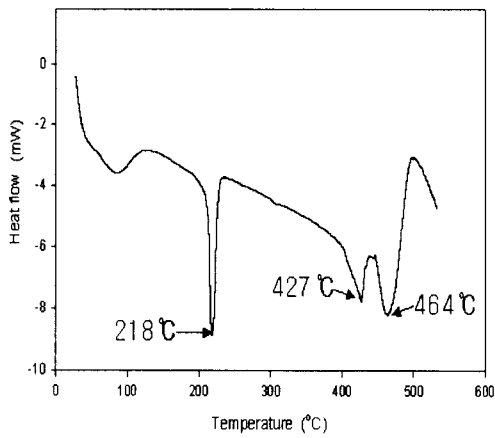
(a) NY-A



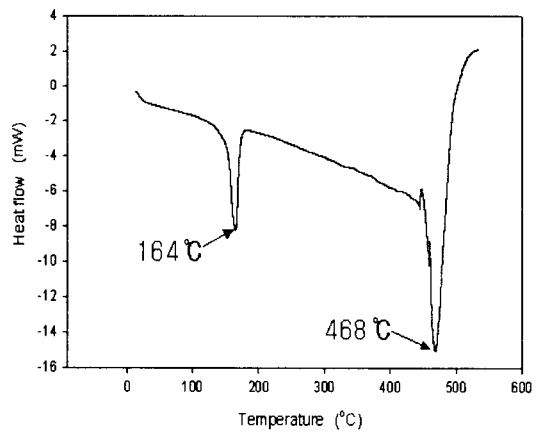
(b) PP-B



(b) NY-B

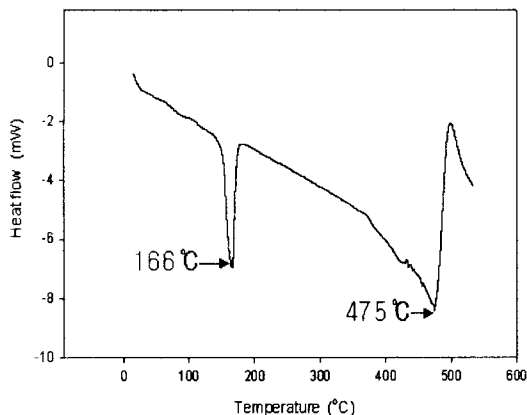


(c) PP-C



(c) NY-C

Fig. 1. DSC curves of polypropylene carpet in nitrogen.



(d) NY-D

Fig. 2. DSC curves of nylon carpet in nitrogen.

에서 완료되며 발화 온도는 328°C이었으며, (d) NY-D에 대한 결과도 그림에서 보면 용융 온도가 166°C, 발화 온도는 196°C로 나타났으며, 열분해 온도가 475°C이나 용융온도와 열분해 사이에 큰 변화를 보이지 않고 지속적인 흡열반응으로 종결됨을 알 수 있었다.

한편, polytrimethylene terephthalate 섬유를 사용하여 제조한 카펫의 시료 PT-A에 대한 DSC를 역시 질소 분위기 하에서 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

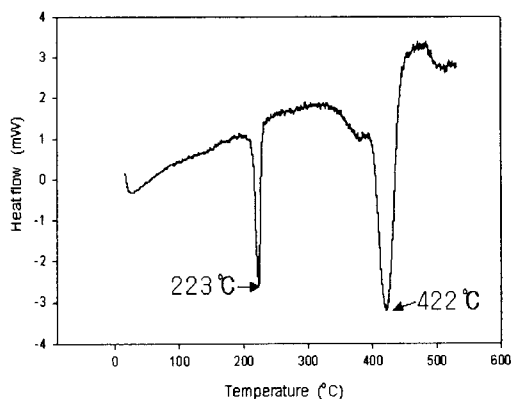


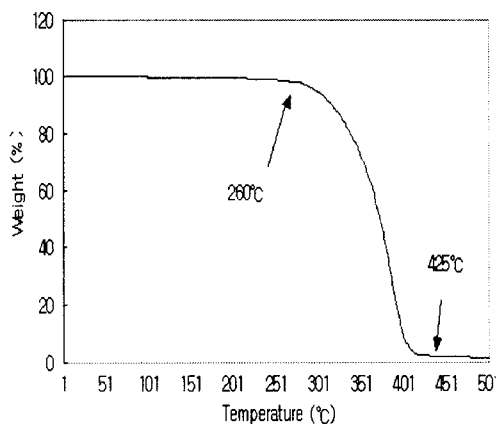
Fig. 3. DSC curves of polytrimethylene terephthalate(PT-A) carpet in nitrogen.

Fig. 3에서 보면 용융 온도가 223°C, 발화온도는 360°C임을 알 수 있으며, 열분해 온도는

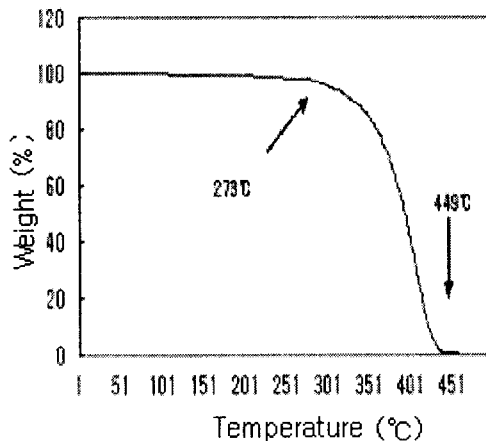
422°C으로 나타남을 볼 수 있었다.

카펫의 바탕의 지지물은 몇 가지 화학물질로 이루어져 있다. 카펫 시료 PP-A의 카펫을 취하여 질소 분위기하에서 DSC로 측정하였으며, 그 결과를 Fig. 4에 도시하였다. Fig. 4 (a)에 나타난 바와 같이 카펫 시료 PP-A에서는 Ti는 260°C 이며 Tf는 425°C이다.

그리고 카펫 시료 (c) PP-C의 TGA curve를 보면 Ti는 242°C, Tf는 418°C이며, 다른 카펫보다 Ti온도가 낮은 것을 알 수 있었다.



(a) PP-A



(b) PP-C

Fig. 4. TGA curve of polypropylene carpet in nitrogen.

카펫 시료 NY-B의 TGA curve를 Fig. 5에 도시하였으며, 그림에 나타난 바와 같이 Ti는 300°C, Tf는 452°C이고 다른 카펫보다 Ti온도

가 높은 것을 볼 수 있다.

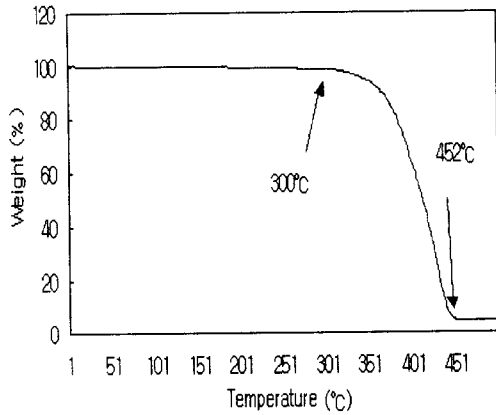


Fig. 5. TGA curve of nylon carpet (NY-B) in nitrogen.

또한 카펫 시료 PT-A의 TGA curve는 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에서 보면 Ti는 294°C이며, Tf는 414°C이다. 따라서 Ti와 Tf 사이의 온도차이가 작은 것을 알 수 있다.

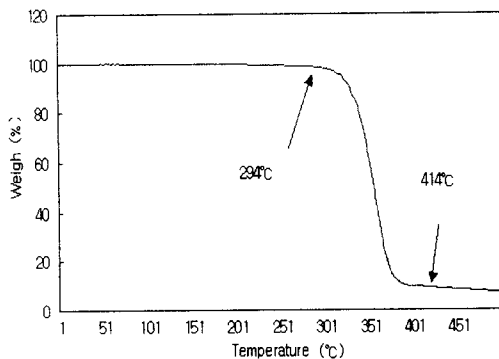
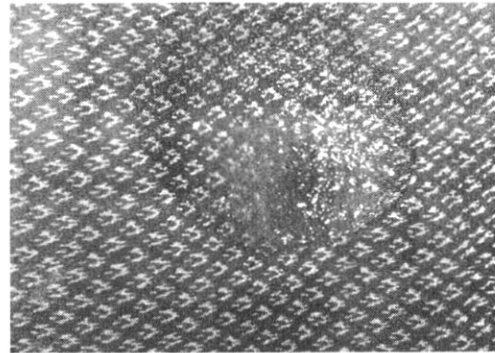
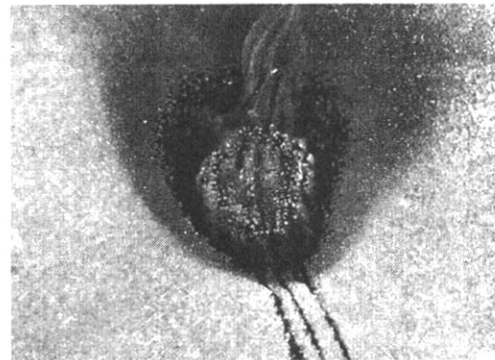


Fig. 6. TGA curve of PT-A carpet in nitrogen.

한편, 대기 중에서 지지물의 발화 온도를 측정한 결과 165°C로 나타났으며, Fig. 7(a)에서는 카펫을 휴대용 부탄 토치로 불꽃으로 직접 가열하여 상태를 살펴본 결과 조금 그을리기만 했을 뿐 화염이 카펫을 완전 연소시키지는 못하였다. 그리고 Fig. 7(b)는 카펫의 지지물에 연소시켜 본 결과 바탕물질에 불이 붙어서 지속적으로 연소함을 볼 수 있으며, 최종적으로는 카펫섬유를 열분해 시키는 것을 볼 수 있었다.



(a) carpet



(b) bottom material of carpet

Fig. 7. Photograph of combustion test of the bottom material in air.

#### 4. 결론

시판되고 있는 카펫 3종류를 DSC 및 TGA를 사용하여 공기 및 질소 분위기 하에서 열분해를 시도하였으며, 그 열안정성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Polypropylene를 소재로 한 카펫의 경우 용융온도가 160°C부근이며, 열분해 온도는 460°C부근이며 공기 중에서 발화온도는 약 210°C 부근이었고, 열분해 시작 후 분해속도가 완만하게 진행됨을 알 수 있었다.
2. Nylon을 소재로 한 카펫의 경우 Tg는 약 55°C, 용융온도는 220°C, 열분해 온도는 463°C로 나타났다. 공기 중에서 가열하면 330°C부근에서 발화됨을 알 수 있었다.

3. Polytrimethylene terephthalate를 소재로 한 카펫의 경우 용융온도는 223℃, 열분해 온도는 422℃로 나타났으며 열분해 시작 후 분해 속도가 빠름을 알 수 있다.
4. 지지물의 발화 온도는 대기 중에서 165℃이었다. 직접 화염연소시 카펫 섬유는 불이 잘 붙지 않지만, 지지물의 발화 온도가 낮아 화염이 전파됨을 알 수 있다.

### 참고문헌

1. M. K. Komamiya and M. Naito, Special Research Report of The Research Institute of Industrial Safety, SRR-83-1, Japan (1983).
2. Y. H. Yang, A Study on the Thermal Stability of Polymers for Air Bag, Kor. Ass., 13, 201 (2000).
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. 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).