

난연성 Polyurethane/Vermiculite 복합성형체 제조 및 특성

강영구 · 조명호*

호서대학교 벤처전문대학원 · *호서대학교 대학원 안전공학과

1. 서론

경량 건축소재는 건축자재의 경량화, 고급화 및 다양화 등의 기능성 건축소재로의 역할을 요구하고 있으며 그 중 대표적인 것으로는 polyurethane foam이 있다. 일반적인 플라스틱 foam의 경량 건축소재는 난연성에 대한 문제점과 첨가제에 의한 중량 증가, 화재 발생시 과다연기발생 등의 문제점이 있으며 저밀도 콘크리트 등의 무기소재는 flexibility가 떨어져 충격과 휨강도가 매우 낮은 단점을 가지고 있다. 경량 건축소재에 사용되는 플라스틱류는 난연화, 보강효과를 위해 난연제, 섬유상 무기충진제 등을 첨가하여 밀도를 향상시키고 경량화를 위해 blowing agent를 사용하여 기포를 발생시킴으로써 경량화 구조제어를 하고 있다. 열경화성 수지인 polyurethane도 난연성과 강도에 대한 단점을 가지고 있어 sodium silicate 혼합에 의한 난연성 향상¹⁾, fiber형상을 가진 sepiolite와 polyurethane의 intercalation을 통하여 강도향상²⁾, mica와 혼합함으로써 내열성의 향상³⁾, montmorillonite와 polyurethane을 직접 혼합발포함으로써 내열성, 물리적 특성, 흡습성의 개선⁴⁾ 등에 대한 연구를 통해 무기물과 nanocomposite 또는 nanolayer type으로 hybrid화 함으로써 polyurethane의 물성을 개선하는 연구가 진행되고 있다.⁵⁾

본 연구에서는 이와 같은 물성을 개선하기 위해 무기 충진물인 vermiculite를 활용함으로써 경량, 단열, 흡음재료로써 사용되는 vermiculite의 특성과 polyurethane의 발포 특성을 나타내는 복합성형체를 각 성분함량변화에 따라 성형하고 UL 기준에 의한 난연성, 밀도, 발포배율, morphology, smoke density에 대한 측정을 통하여 경량 구조체의 특성을 평가하였다.

2. 실험방법

1) Polyurethane/Vermiculite 복합성형체

성형체는 2액형 polyurethane(태원 chemical)으로 MDI(TI-302)와 Polyol(TF-300)을 1:1로 혼합하고 성형체의 내열성 및 강도향상을 위해 분말상 vermiculite를 Table 1과 같은 조성으로 stirrer(SS-11D, Yhana)에 의해 2000rpm에서 혼합하여 발포성형 하였다. 성형후 drying oven 내에서 60℃, 24hr 동안 건조시켜 성형체를 제조하였다.

Table 1. Composition for polyurethane/vermiculite composite

Sample No.	Composition	Polyurethane(wt%)	Vermiculite(wt%)
1		100	0
2		95	5
3		90	10
4		85	15
5		80	20
6		75	25
7		70	30

2) 밀도 및 발포배율 측정

Table 1에서 나타난 각 혼합비로 성형된 polyurethane 발포 composite를 50×50×20t로 시편을 제작하고 정량하여 밀도를 측정하였으며 발포배율은 처음 혼합된 복합성형체 원료 혼합전의 부피와 발포후의 부피를 비교함으로써 측정하였다.

3) 복합성형체의 난연성 측정

UL94V의 측정방법에 의해 5in × 5in × 0.5in의 난연성 측정 시험편을 제작하고 수직 상태의 시편 하단부에 10sec간 점화하여 연소시간 및 난연등급을 측정하였다.

4) 복합성형체의 Smoke density 측정

Smoke density의 측정은 Smoke Box(Stanton redcroft, UK)에서 furnace temp.를 1064℃로 설정하고 3in × 3in × 0.5in의 시편에서 발생하는 연기량을 20min 후 광도계의 감소된 광전달량의 %로 측정하였다.

5) 복합성형체의 morphology

복합 성형체의 morphology는 각성분의 혼합성, 발포여부,균열 등을 판단하기 위해 3000mesh의 초정밀 필름연마재(3M Imperial TM Lapping Film)으로 시편을 표면처리 후 세척하여 Vac drying oven에서 60℃/24hr 항량건조후 흡실체현미경(OSM-1, 동원)을 이용하여 ×800에서 측정하였다.

3. 결과

1) 밀도 및 발포배율

복합성형체의 밀도는 vermiculite의 함량변화에 따라 sample 2의 경우 0.57로 sample 7의 경우 0.75g/cm³으로 경량성을 나타냈으며 발포배율은 2액형 polyurethane 단독 사용시 17.3배, vermiculite가 10, 20, 30wt(%)첨가된 경우 각각 11.2, 8.6, 4.9배 발포되는 것으로 측정되었다. 발포비 감소현상은 vermiculite 함량 증가에 의해 상대적으로 polyurethane 함량의 감소의 영향과 vermiculite의 polyurethane과의 결합효과에 의해 발포성능의 감소와 큰 기포 생성이 억제되어 미세 기공만이 형성되어 감소되는 것으로 보여지며 vermiculite의 함량증가에 따라 발포배율의 제어가 가능한 것으로 나타났다.

Table 2. Properties of polyurethane/vermiculite composite

Sample No.	Composition	Density (g/cm ³)	Expansion ratio	Burning rate (sec)	Smoke density Transmission(%)
1		0.54	17.3	25	16.7
2		0.57	14.4	33	18.4
3		0.62	11.2	40	20.3
4		0.64	9.4	65	22.1
5		0.65	8.6	72	23.3
6		0.68	7.5	28	23.8
7		0.75	4.9	6	25.1

2) 복합성형체의 난연성

Sample 1~5의 경우 각 시편들은 Table 2에서 나타낸 연소시간동안 완전연소하였으며 polyurethane이 단독으로 발포사용된 시편의 경우 시편의 완전연소에 걸리는 시간이 25sec로 나타났으며 vermiculite의 함량을 5, 10, 15, 20wt(%)로 증가시키에 각각 33, 40, 65, 72의 완전연소 시간의 증가를 나타내었다. 그러나 25wt(%)의 혼합시 28sec만에 연소가 중지됨으로써 UL94-V1 등급의 난연성을 나타내었으며 30wt(%)함량의 경우 6sec동안 연소가 지속된 후 연소가 중지됨에 따라 UL94V-0의 등급을 나타내었다.

3) 복합성형체의 Smoke density

Vermiculite가 첨가되지 않은 polyurethane 발포체의 smoke density는 광투과율이 16.7%로 가장 낮았으며 vermiculite가 30wt(%)첨가되었을 경우 25.1%의 광투과율로 smoke 발생량이 가장 적은것으로 나타났으며 Vermiculite의 함량이 증가될수록 연소물 질인 polyurethane 함량이 감소됨에 따라 다량의 연기감소현상이 나타남을 알 수 있다.

4) 복합성형체의 morphology

Fig. 1에서와 같이 성형된 복합성형체는 vermiculite의 입자들과 polyurethane의 입자가 혼합된 형태로 나타나 있으며 Sample 1의 경우 기포size가 크고 vermiculite의 함량이 증가됨에 따라 복합성형체의 기포 size가 작아지며 조밀해짐을 알 수 있다. 기포 size가 작아짐에 따라 복합성형체의 발포배율도 따라서 낮아지며 밀도가 높아지는 것으로 사료된다.

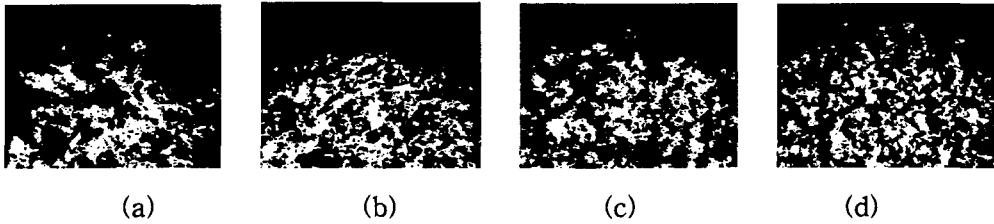


Fig. 1. Properties of morphology in polyurethane/vermiculite composite(a : Sample 1, b : Sample 3, c : Sample 5, d : Sample 7)

4. 결론

Polyurethane과 vermiculite의 복합성형체의 밀도, 발포배율, 연소속도, smoke density, morphology를 측정한 결과 다음과 같은 결론이 도출되었다.

- 1) Polyurethane/vermiculite 복합성형체는 polyurethane의 발포효과에 의해 0.54~0.75g/cm³의 낮은 밀도를 나타내었다.
- 2) Polyurethane의 발포배율은 약 17.3배로 나타났으며 vermiculite를 30wt(%) 혼합시 약 4.9배로 저발포 효과를 나타내었다.
- 3) Polyurethane 성형체는 25sec만에 시편 전체의 완전연소가 발생하였고 vermiculite를 25wt(%) 혼합시 UL94V-1등급, 30wt(%) 혼합시 UL94V-0 등급의 난연성을 나타내었다.
- 4) Polyurethane/vermiculite 복합성형체의 smoke density 특성은 vermiculite가 증가함에 따라 연기발생량이 감소함을 나타내었다.
- 5) 복합성형체에서 Vermiculite의 함량이 증가 될수록 복합성형체의 기포 size는 작아지며 조밀도는 높아지는 특성을 나타내었다.

5. 참고문헌

- 1) Y. G. Kang, J. S. Kang and M. H. Cho, 산업안전학회지, Vol. 14, No. 5, pp. 83-86, 1999
- 2) A. T. Palau, J. C. F. Garcia, A. C. O. Barcelo, M. M. P. Blas, and J. M. M. Martinez, Int. J. Adhesion and Adhesives, Vol. 17, No. 2, pp. 111-119, 1997.
- 3) D. Baral, P. P. De and G. B. Nando, Polymer Degradation and Stability, Vol. 65, pp. 47-51, 1999.
- 4) Z. Wang and T. J. Pinnavaia, Chem. Mater., Vol. 10, pp. 3769-3771, 1998.
- 5) T. K. Chen, Y. I. Tien and K. H. Wei, Polymer, Vol. 41, pp. 1345-1353, 2000.