

# PU/Rockwool Hybrid 발포체의 연소특성

강영구, 곽봉신\*

호서대학교 벤처전문대학원, 호서대학교 벤처전문대학원 석사과정\*

## 1. 서론

경량소재로 사용되는 polyurethane은 난연화 및 강도유지를 위해 난연제, 섬유<sup>1)</sup> 및 무기충진제<sup>2)</sup> 등을 첨가하거나 고밀도화하여 사용하며 발포시켜 경량화하여 성형된다.

Polyurethane 발포체는 자동차 내장재, 건축 구조재, 건축 내외장재, 가구재, 포장재료, 신발, 의류 제품, 단열재 등 다양하게 사용되고 있다<sup>3)</sup>. 이러한 polyurethane 발포체는 제조 및 가공의 편리함에 비해 화재발생시 연기발생량이 많고 연소가 용이하여 화재를 전파하는 매개물의 역할을 하여 피해를 더욱 가중시키는 취약점을 가지고 있다<sup>4)</sup>.

이에 본 연구에서는 현재 건축용 foam panel로 많이 사용되고 있는 polyurethane과 inorganic fiber 단열재로 다량 사용되고 있는 rockwool을 사용하여 혼합발포시키고 flame retardant로  $Al(OH)_3$ 를 첨가하여 각각의 함량변화에 따른 연소시간, UL기준의 난연등급, ASTM D2843에 기준한 연기발생량 등에 대한 기초 물성평가를 통하여 polyurethane과 rockwool 혼성발포체의 연소 특성을 관찰하였다.

## 2. 실험

### 1) PU/Rockwool 발포체의 제조

실험에 사용된 polyurethane은 미세 다공성구조의 성형체로 발포 성형가능한 2액형이며 polyol과 MDI 두 성분을 1:1, 1:1.5, 1:2의 배합비율로 혼합하고 chopped rockwool을 10, 20, 30wt% 첨가하여 발포시켰다.

난연제로 Aluminium hydroxide( $Al(OH)_3$  일본경금속)를 rockwool과 polyurethane 중량에 대해 10, 20, 30, 40, 50wt%를 혼합하여 균일하게 분산 발포시켜 시험편을 제조하였다. 혼합발포는 교반기(Yhana사)로 약 1000rpm으로 약 3초간 교반 혼합하였으며 교반후 polyurethane과 rockwool 발포체가 더 이상 팽창되지 않는 상태까지 관찰하였다.

Polyurethane은 온도에 따라 반응속도가 민감하게 작용하므로 20°C/24hr 동안 실내 방치하여 실험에 사용하였다. 섬유상으로 뭉쳐진 형태의 rockwool은 polyurethane과 균일하게 혼합될 수 있도록 약 5mm의 길이로 절단하여  $Al(OH)_3$ 과 균일하게 혼합 후 polyol과 MDI를 혼합, 교반하여 발포체를 성형하였다.

### 2) 난연성 측정

발포성형체의 난연성은 UL94V 시험기준에 의한 측정방법으로 polyurethane/rockwool hybrid 발포체를 5in×0.5in의 작은 막대기 형태로 시험편을 제작하고 UL기준에 의한 난연성을 측정하였다.

### 3) Smoke density 측정

성형된 발포체에서 발생하는 연기농도를 측정하기 위해 ASTM D2843에 기준하여 성형체를 smoke density chamber에서 furnace Temp.를 1064℃로 설정하고 3 in×3 in×0.5 in의 시편을 radiation heat에 의한 비화염 조건에서 시간의 변화에 따른 연기 발생량의 증가를 광의 transmittance로 측정하였다.

## 3. 결과

### 1) PU/Rockwool 발포체의 난연특성

Rockwool 첨가에 따른 난연성 및 연소시간은 Table 1과 같이 측정되었으며 암면 함량이 10wt(%)일 경우 시편에 점화 되었을때 난연제 함량이 증가함에 따라 연소를 지연시킬 수 있었으나 난연등급은 UL94V-1, 2를 나타내었다.

Rockwool이 20wt(%) 첨가되었을 경우는 난연제 함량 50wt(%)첨가되었을때에 연소가 지속되지 않았으며 UL94V-0의 난연등급을 나타내었다. 암면 30wt(%) 첨가시에는 난연제 함량 10, 20, 30wt(%)의 경우 연소가 발생하나 40, 50wt(%) 첨가시 점화되지 않았다. Rockwool 첨가량에 따른 연소속도는 rockwool 함량이 20 또는 30wt(%)로 증가함에 따라 연소속도가 감소하는 것으로 나타나 난연성이 향상됨을 알수 있다..

### 2) Smoke density test

Smoke density 측정은 Table 2에서 나타낸 rockwool 및 난연제가 첨가되지 않은 시편과 UL94-V0의 난연등급에 포함되는 시편만을 측정을 하였으며 측정 시간은 20분 동안 1분 간격으로 연기밀도를 측정하였다. Rockwool 및 난연제가 첨가되지 않은 polyurethane 발포체에 대한 연기 밀도는 Fig. 1과 같이 1:1일 때 smoke 발생량이 가장 작았으며 rockwool이 첨가된 다른 시편에 비해 연기 발생량이 작음을 알 수 있다.

Table 1. Burning time used in added rockwool-flame retardant(sec)

A:B비(wt%)		Al(OH) <sub>3</sub>				
		10(%)	20(%)	30(%)	40(%)	50(%)
암면함량 10wt(%)	1 : 1	33	35	43	53	60
	1 : 2	44	48	65	68	72
	1.5 : 2	40	45	55	65	74
암면함량 20wt(%)	1 : 1	40	45	50	58	x
	1 : 2	44	48	65	60	x
	1.5 : 2	55	60	67	70	x
암면함량 30wt(%)	1 : 1	65	78	83	x	x
	1 : 2	70	77	125	x	x
	1.5 : 2	65	90	130	x	x

(A: Polyol, B : MDI, x : nonflammable)

Table 2. Classification of smoke density test sample

PU(Polyol : MDI)	Rockwool wt(%)	Al(OH) <sub>3</sub> (wt%)	Sample No.
1 : 1	0	0	1
	20	50	2
	30	40	3
1 : 2	0	0	4
	20	50	5
	30	40	6
1 : 1.5	0	0	7
	20	50	8
	30	40	9

MDI : Polyol(A : B)의 비율이 1:1일 때 Transmittance(%)의 측정값은 Fig. 2와 같이 초기 4분까지 다량의 연기를 발생하고 6~8분 경과 후 거의 일정하게 낮아진 연기 발생량을 보여준다. MDI : Polyol의 비율이 1:2일 때 Fig. 3와 같이 rockwool이 첨가되지 않은 4번 시편이 smoke density가 가장 낮고 rockwool이 첨가될수록 smoke가 많이 발생함을 알 수 있다. MDI : Polyol의 비율이 1:1.5일 때 Fig. 4에서 나타낸 rockwool 및 난연제가 첨가되지 않은 시편은 지속적으로 연기가 발생함을 알 수 있으며 rockwool과 난연제가 첨가된 시편은 smoke density 측정 초기에 많은 연기발생량을 나타내었다.

Rockwool이 20% 첨가되었을 때 MDI : Polyol의 비율에 따른 연기 발생량은 MDI : Polyol이 1 : 2일 때 smoke 발생량이 가장 많았으며 rockwool이 30% 첨가 되었을 때 MDI : Polyol의 비율에 따른 연기 발생량은 MDI : Polyol이 1 : 1일 때 다른 비율에 비해 다소 적은 연기 발생량을 보였다.

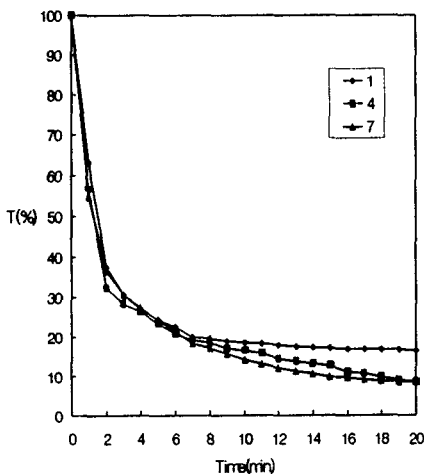


Fig. 1. Change of beam transmittance of pure polyurethane by the irradiation heating method

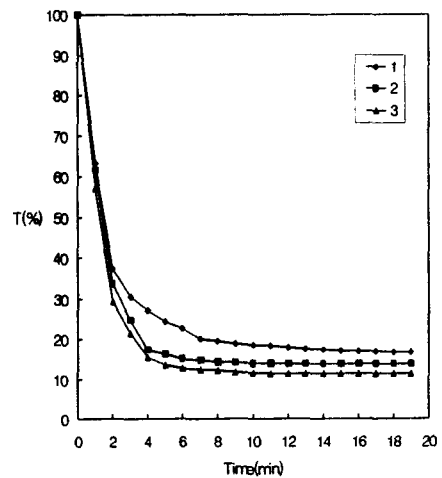


Fig. 9. Change of beam transmittance of polyurethane(polyol 1part : MDI 1part)/rockwool composites

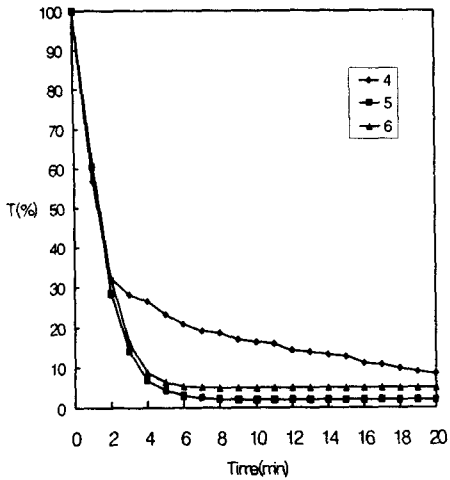


Fig. 3. Change of beam transmittance of polyurethane(polyol 1 part : MDI 2 part)/rockwool composites

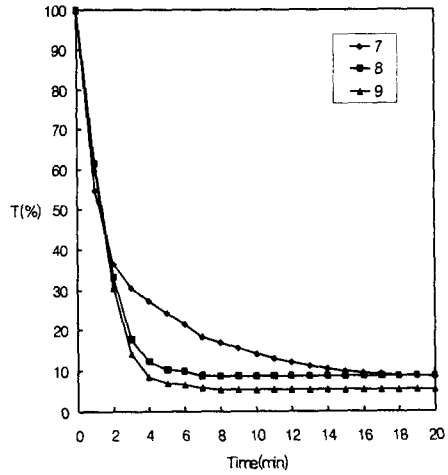


Fig. 4. Change of beam transmittance of polyurethane/rockwool(polyol 1part : MDI 1.5part) composites

#### 4. 결론

Polyurethane 발포체는 난연성이 낮아 rockwool 및 난연제( $Al(OH)_3$ )를 적정 비율 변화시키면서 난연성을 부여하고 연기밀도를 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Rockwool이 20wt(%)일 경우  $Al(OH)_3$ 가 50wt%이상일 때 rockwool이 30wt(%)일 경우  $Al(OH)_3$ 가 40wt%이상일 때 난연기준 UL94V-0등급에 해당되었다.
- 2) 난연성은 MDI와 Polyol의 비율에 상관없이 rockwool과 난연제의 첨가 비율에 의존함을 알 수 있으며 rockwool 첨가량에 따라 난연성이 향상되며 rockwool 함량이 약 40~50wt(%)가 첨가될 경우 UL 94-V0 등급의 난연성을 나타낼 수 있을 것이다.
- 3) MDI : Polyol의 비율 1:1일 때 연기 발생량이 가장 적으며 연기 발생량은 rockwool의 함량에 비례한다.
- 4) Rockwool 및 난연제가 첨가된 polyurethane/rockwool 발포체는 연소 초기부터 연기 발생량이 많으며 연기량이 지속적으로 유지되는 것으로 나타나 억연제 첨가의 필요성이 요구되어진다.

#### 5. 참고문헌

- 1) D. G. Gluck, J. R. Hagan, D. E. Hipchen, "Glass Fiber Reinforced Isocyanurate-Urethane Foams", Journal of Cellular Plastics, 16, 3, 159, 1980.
- 2) D. Baral, P. P. De, G. B. Nando, "Thermal Characterization of Mica-filled Thermoplastic Polyurethane Composites", Polymer Degradation and Stability, 65, 47, 1999.
- 3) G. Oertel, "Polyurethane Handbook", Hanser Publishers, New York, USA, 1994.
- 4) G. Woods, "The Polyurethanes Book", ICI Polyurethanes, Netherlands, 1987.