

난연·기능성 복합성형체 제조 및 특성

강영구 · *현병만

호서대학교 안전공학과 · *호서대학교 안전공학과 대학원

1. 서론

현재 건축단열재, 흡음재, 바닥재로 사용되는 panel 성형, 제작하기 위해 다종의 유기 고분자 matrix가 사용되고 있으며 polyurethane, vinyl acetate, urea-formaldehyde resin 또는 melamine-formaldehyde, phenol-form aldehyde resin 등을 사용하고 있으나 이러한 고분자 matrix를 사용한 건축용 panel의 경우 화재시 유독 gas와 더불어 급격한 화재전파의 매개체로 사용될수 있어 난연제 첨가로 이러한 현상을 억제하고 있다.

이러한 고분자 matrix에 정전기 방지를 위한 바닥재의 경우 $10^6 \sim 10^8 \Omega$ 의 표면저항을 나타내는 제품들이 있으며 반도체, 화공, 정밀전자부품 사업 등에서 정전기방지에 의한 제품의 손상 및 정전기에 의한 화재 폭발재해를 방지하기 위해 rubber, plastic계 고분자 matrix에 carbon black이 분산된 정전기 방지 매트를 시설하고 있다. Carbon black 이외에도 섬유상, 구형, flake 등 각종형상의 금속, 흑연, whisker 등도 전도성 filler를 고분자 matrix에 혼입하여 전도성 고분자를 성형하고 대전방지, 자기발열체, 전자기파의 차폐 등의 용도로서 다양하게 사용되고 있다.¹⁾

전기로 제강 슬래그는 규산칼슘 성분 이외에 거의 순수한 금속철, 철 산화물 및 철과 알칼리 토금속류와의 화합물 상태 등으로 이루어져 있으며²⁾ 철성분을 플라스틱의 충전제로 사용시 플라스틱 내에서 효과적인 flame retardant, smoke retardant로써 작용될 수 있다. 일반적으로 철화합물은 고분자의 연소시 안정된 char를 형성시킬수 있는 특성과 고분자내에 카본을 CO 또는 CO₂로 전환시킬 수 있는 산화촉매로써의 역할을 함으로써 고분자의 난연성 및 억연효과를 향상시킬 수 있는 특성을 나타낸다.³⁾ 고분자에 열이 가해질 때 고분자의 표면에서 decomposition이 발생되며 이에 따라 가연성 가스가 형성하지만 char가 형성되면 고분자 표면에 barrier를 형성시켜 가연성 가스를 발생을 억제시킬 수 있는 기능을 하게 된다.^{4,5)}

이에 본 연구에서는 열경화성 플라스틱으로 Phenolic Resin(Novolac type), Epoxy를 바인더로 사용하고 충전제로 제강슬래그 미분쇄물과 내마모성을 향상시키기 위해 calcium carbonate와 전도성 filler로서 carbon black 2종을 충전제로 성형체를 제조하여 Carbon black 함량에 따른 전기전도성 향상으로 일반 작업장, 반도체 제조사, 기타 위험 물질관련 작업장에서 활용할 수 있도록 정전기 방지 성능을 측정하였다. 또한 열경화성 플라스틱 바인더의 최소 함량으로 UL 난연규격(UL94-V), 연기밀도를 측정하여 작업장에 화재 및 폭발 등에 의한 화재 전파, 연기량 증가에 따른 질식 등을 방지할 수 있는 타일을 제조하여 그 난연특성을 측정하였다.

2. 실험

1) 성형체 제조

본 연구에서 난연, 전기전도성 타일을 성형하기 위해 사용된 고분자 matrix는 모두 2종류로 Phenolic resin(K사, Novolac), Epoxy(S사, 2액상온경화형)이며 Carbon black 은 Granule type의 acetylene black(Denka 사)과 Printex XE-2(Degussa 사)로 높은 전기전도성을 가지고 있다. Phenolic resin, epoxy resin 40wt(%)와 분쇄된 제강 slag 40wt%), calcium carbonate, carbon black를 Table 1과 같은 함량비에 의해 2~10wt(%) 농도의 Denka black과 Printex XE-2를 mixer에서 혼합하여 hot press(동양 산업기계사)상에서 금형으로 가압력 200kg/cm²으로 20min간 열압착하여 200mm×200mm×4t의 난연, 전기전도성 복합성형체를 성형하였다. 금형온도는 각각의 고분자 소재에 대해 phenolic resin 160℃, epoxy resin 50℃로 유지하여 가압 성형하였다.

2) 복합성형체의 표면저항 측정

Surface resistivity meter(USA, Monroe electronics, Inc)를 사용하여 판상, 필름의 표면저항을 측정할 수 있는 ASTM D 257 규격에 의해 각각의 carbon black이 혼합성형된 복합성형체의 표면저항을 측정하였다.

3) 복합성형체의 난연성 측정

10⁸Ω 이하의 표면저항이 측정된 복합성형체를 UL94V의 측정방법에 의해 5in × 5in × 0.5in의 난연성 측정 시험편을 제작하고 수직 상태의 시험편 하단부에 10sec간 점화하여 연소시간 및 난연등급을 측정하였다.

Table 1. Composition for flame retardancy & conductive composite

(P : Phenolic resin, E : Epoxy resin)

Sample No. \ Composition	Calcium carbonate(wt%)	Denka black (wt%)	Printex XE-2 (wt%)
P-0, E-0	60	-	-
P-1, E-1	18	2	-
P-2, E-2	16	4	-
P-3, E-3	14	6	-
P-4, E-4	12	8	-
P-5, E-5	10	10	-
P-6, E-6	18	-	2
P-7, E-7	16	-	4
P-8, E-8	14	-	6
P-9, E-9	12	-	8
P-10, E-10	10	-	10

4) 복합성형체의 Smoke density 측정

Smoke density는 $10^8 \Omega$ 이하의 표면저항이 측정된 복합성형체를 ASTM D2843 규격에 의거하여 $1 \times 1 \times 1/4$ in의 시편을 제조하여 Smoke density test chamber(U. S. Testing Co. Inc., 7700)에서 LPG burner에 의해 40psi의 압력으로 착화하여 측정하였으며 분당 측정되는 연기의 발생속도와 연기발생량을 비교하였으며 시간에 따른 연기 발생량의 증가에 따른 광도계의 광감쇄율을 %로 측정하여 연기농도를 측정하였다.

3. 결과

1) 복합성형체의 표면저항

복합성형체의 표면저항 측정결과 Table 2와 같이 나타났다. Denka black을 혼합한 성형체의 경우 8wt(%) 이상 혼합시, Printex XE-2가 혼합된 성형체는 6wt(%)에서 정전기 방지 바닥재로 사용가능한 $10^8 \Omega$ 이하의 표면저항 성능을 나타내었다.

2) 복합성형체의 난연성

UL94V에 의한 난연성 측정결과 연소지속성분인 수지함량이 동일하며 잔류함량은 연소불가능한 무기성분이기 때문에 성형된 모든 시편이 10sec 이내에 연소중지되었으며 2차 연소 또한 10sec 이내에 연소중지되어 UL94V-0의 성능을 나타내었다.

3) 복합성형체의 Smoke density

Smoke density 측정은 Slag가 혼합되지 않은 P-0, E-0의 성형체와 정전기 방지성능을 나타내는 P-4, P-8, E-4, E-8의 시편을 비교하였다. Epoxy resin matrix의 경우 Fig. 1의 결과와 같이 Slag가 혼합되지 않은 E-0의 최대 연기밀도가 89%로써 가장 높으며 Phenolic resin에 Slag가 혼합된 P-8의 경우 최대연기밀도가 62%로써 가장 낮은 값을 나타내었다. Slag가 혼합된 성형체의 경우 초기발화 3분, Slag가 혼합되지 않은 Table 2. Surface resistivity of composite

Sample No.	Surface resistivity(Ω)	Sample No.	Surface resistivity(Ω)
P-0	10^{14}	E-0	10^{14}
P-1	10^{12}	E-1	10^{12}
P-2	10^{11}	E-2	10^{10}
P-3	10^9	E-3	10^9
P-4	10^8	E-4	10^7
P-5	10^9	E-5	10^9
P-6	10^{12}	E-6	10^{11}
P-7	10^{10}	E-7	10^{10}
P-8	10^8	E-8	10^8
P-9	10^9	E-9	10^9
P-10	10^9	E-10	10^9

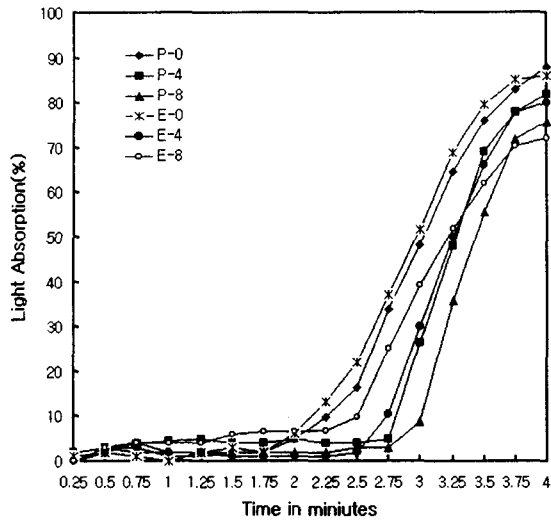


Fig. 1. Smoke-producing characteristics of composites as measured by the ASTM D2843
 성형체의 경우 2분 이후 급격한 연기밀도 상승을 나타내고 있어 슬래그가 혼합된 성형체는 초기 발화시 연기밀도의 급격한 상승이 지연됨을 나타내어 화재 초기 억연효과가 큰 것으로 나타났다.

4. 결론

- 1) Plastic 성분 및 Slag, calcium carbonate 등이 혼합된 성형체에서 Carbon black의 혼합시 Denka black의 경우 8wt(%), Printex XE-2의 경우 6wt(%)에서 $10^8 \Omega$ 이하의 표면저항값을 나타내었으며
- 2) 수지함량이 40wt(%)로 연소성분인 수지함량이 동일하기 때문에 UL94V-0의 난연성을 나타내었다.
- 3) 슬래그 혼합성형체의 화재 초기 억연효과가 크며 최대연기발생밀도의 경우 연기밀도가 다량 감소함을 나타내었다.

참고문헌

1. J. B. Donnet, R. C. Bansal, M. J. Wang, Carbon black Science and Technology, Marcel Dekker, 1993
2. 현종영, 김형석, 신강호, 조동성 : "전기로 제강 슬래그에서 자력선별에 의한 지금의 회수", 한국자원리사이클링학회지, 6(3), 3-8, 1997.
3. C. J. Hilado, "Flammability handbook for plastics", Technomic, 1990.
4. G. Cox, G. Stevens : "Fundamental aspects of polymer flammability", IOP Short Meetings Series No 4, Institute of Physics, 1987.
5. 西澤 仁, "高分子難燃化の技術と應用", シーエムシー, 1996.