

난연성 Gel 코팅제의 특성 연구

강영구 · 김정훈*

호서대학교 안전시스템공학과 · *호서대학교 대학원 안전공학과

1. 서 론

난연성 소재를 이용한 제품은 일반 가연소재 대체품, 자동차 · 선박 및 항공기 내장재, 난연성이 요구되는 전자 · 전자부품 등 산업 전분야에 다양하게 사용되고 있으며, 난연성 수지 형태로 성형 가공되고 있다.¹⁾ 난연제는 크게 원료수지의 내부에 물리적 혹은 기계적 방법으로 혼합하는 할로겐계, 인계, 질소계의 첨가형 난연제와 고분자 중합체와 반응하여 고분자 사슬내에 난연성 원소가 화학적으로 결합 또는 난연제 자체가 고분자형인 반응형으로 구분할 수 있다.²⁾ 그러나 첨가형 난연제는 비교적 저가로서 제품에 적용시 단가를 낮출 수 있는 반면, 물리적 결합에 의한 matrix간 분리 현상 및 밀도 조건에 의한 불균일적 난연 효과를 나타낼 수 있다. 또한 반응형 난연제는 고분자 주쇄와 직접 결합함으로써 우수한 난연특성을 나타낼 수 있는 반면, 고가로서 매우 제한적인 용도로 사용되고 있다.³⁾

본 연구에서는 난연성 코팅제의 개선 연구⁴⁾ 및 기존 첨가형 난연제의 단점을 보완한 Gel 코팅형 난연제를 제조하였다.⁵⁻⁶⁾ 난연 유효성분인 ATH, Perlite를 기제로 수용성 겔화제와 혼합한 가교 구조의 겔 코팅제를 제조, 대상물에 도포함으로써 난연제의 균일 분산과 부착성 향상, 연소 확대 방지 등의 특성을 고찰하였다. 특히 겔화에 따른 점도 특성, 난연특성 시험, 연소속도 측정 등을 통해 대상 소재의 난연성 향상 및 응용 제품 개발을 위한 기초 시험을 수행하였다.

2. 실험

2.1 Gel compound 제조

물에 의한 냉각 효과 및 난연제 첨가에 의한 연소 억제의 시너지 효과를 부여하기 위하여 수용성 겔화제인 Carbopol[®] 934와 수용성 난연제인 ATH(Aluminum Trihydroxide), Perlite의 함량 변화에 따라 Table 1.과 같이 25개의 sample을 제조하였다. 2ℓ bottle을 기준으로 물의 함량을 93~97.8wt(%)로 변화시키면서 ATH와 Perlite를 1~5wt(%)로 소량 첨가하여 수용액을 만든 후 겔화제인 Carbopol[®] 934를 0.2wt(%) 비율로 최대 1wt(%)까지 증가, 투입하고 분산제로 TEA(triethanolamine)를 고정량 1wt(%)로 첨가한 상태에서 Homomixer(HM-200, Young Ji Hana)로 약 3,000rpm의 속도로 교반시킨다. 제조된 gel compound를 보드지에 약 1mm 정도로 균일하게 도포한 후 상온에서 24Hr동안 건조시켜 표면 코팅되도록 하였다.

Table 1. Blending ratio of gel composition

(unit : wt%)

Components Sample No.	Flame Retardant	Gelation agent	Dispersant	Water	Components Sample No.	Flame Retardant	Gelation agent	Dispersant	Water
Sample #1	1	0.2	1	97.8	Sample#14	3	0.8	1	95.2
Sample #2	1	0.4	1	97.6	Sample#15	3	1.0	1	95.0
Sample #3	1	0.6	1	97.4	Sample#16	4	0.2	1	94.8
Sample #4	1	0.8	1	97.2	Sample#17	4	0.4	1	94.6
Sample #5	1	1.0	1	97.0	Sample#18	4	0.6	1	94.4
Sample #6	2	0.2	1	96.8	Sample#19	4	0.8	1	94.2
Sample #7	2	0.4	1	96.6	Sample#20	4	1.0	1	94.0
Sample #8	2	0.6	1	96.4	Sample#21	5	0.2	1	93.8
Sample #9	2	0.8	1	96.2	Sample#22	5	0.4	1	93.6
Sample#10	2	1.0	1	96.0	Sample#23	5	0.6	1	93.4
Sample#11	3	0.2	1	95.8	Sample#24	5	0.8	1	93.2
Sample#12	3	0.4	1	95.6	Sample#25	5	1.0	1	93.0
Sample#13	3	0.6	1	95.4	-	-	-	-	-

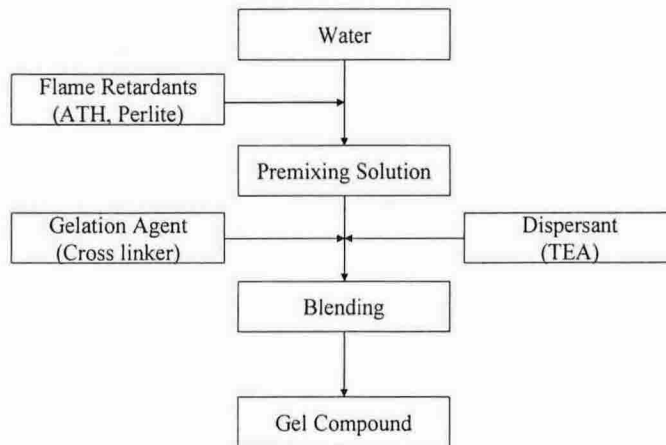


Fig. 1 Manufacturing Process of the aqueous gel with flame retardancy

2.2 Gelation 및 viscosity 시험

각 함량비에 따른 샘플을 대상으로 고점도용 Viscometer(Brookfield DV-II+)를 이용하여 60rpm으로 2시간 경과 후 점도 변화에 따른 겔 형성을 관찰한 결과 겔화제 함량 0.4~0.6wt(%) 이상에서 2,000~4,000cP 이상의 점도값을 나타내며, 겔화가 개시되는 것을 알 수 있었다. 특히 ATH를 난연제로 첨가하였을 경우 겔화제 함량 0.6wt(%) 이상에서 최적의 고점도 특성을 나타내었으며, Perlite의 경우는 모든 샘플에서 0.4wt(%)의 겔화제 첨가만으로도 겔화가 발생되었으며, ATH와 유사한 양상의 점도 특성을 나타내었다. 따라서 비교적 적은 양의 난연제와 겔화제의 함량 조절을 통해 고점도 특성을 갖는 수용성 겔조성물을 제조할 수 있었다.

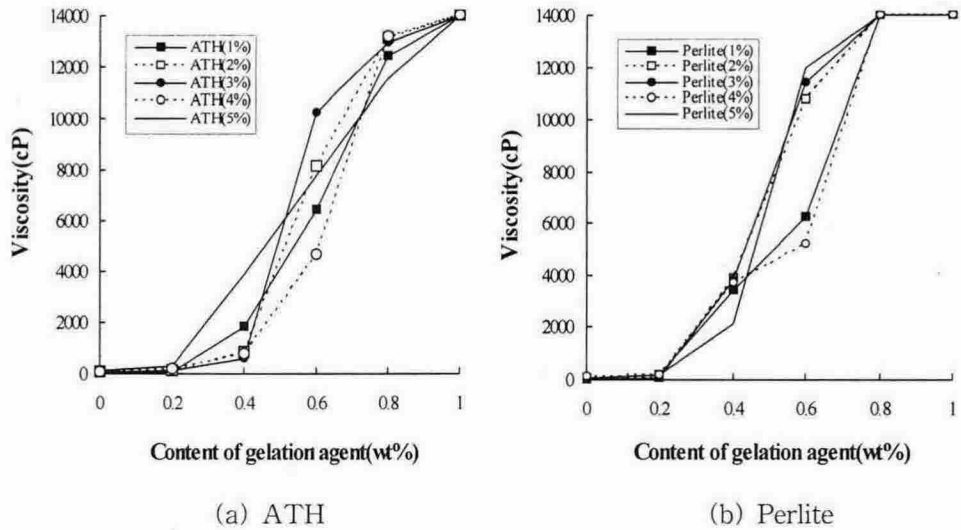


Fig. 2 Viscosity of gel compounds as the content of gelation agent

2.3 LOI, UL94V 시험 및 연소속도 측정

난연성을 측정하기 위해 제조된 겔조성물을 보드지에 도포한 후 LOI, UL94V 시험 및 연소속도를 측정하였다. LOI는 ASTM D2863의 시험법 중 시편 규격 A type을 기준으로 Oxygen Index Flammability Tester(No. 214, Yasuda Ltd.)를 이용하여 측정하였으며, UL94V 시험은 동일 함량비의 시험편을 각각 5개씩 가공하여 측정하였다. 시험 결과 입도 및 도포특성 등에 의해 ATH를 난연제로 첨가시 보드지 virgin 대비 20~38%의 상대적으로 높은 산소지수를 얻을 수 있었으며, UL94V는 난연제 함량 1~2wt(%)의 일부를 제외한 대부분의 샘플에서 UL94V-0 등급을 나타내었다. 또한 연소속도는 5.5~6.5mm/s의 값을 나타냄으로써 보드지 virgin보다 50% 이상의 연소 지연 효과를 나타내었다.

Table 2. Test results of flame retardancy

Test Method Sample No.	LOI(%)		UL94V		Test Method Sample No.	LOI(%)		UL94V	
	ATH	Perlite	ATH	Perlite		ATH	Perlite	ATH	Perlite
Sample #1	35	31	UL94V-1	UL94V-1	Sample#14	39	33	UL94V-0	UL94V-0
Sample #2	36	31	UL94V-1	UL94V-1	Sample#15	40	33	UL94V-0	UL94V-0
Sample #3	37	32	UL94V-0	UL94V-1	Sample#16	39	34	UL94V-0	UL94V-0
Sample #4	37	32	UL94V-0	UL94V-1	Sample#17	39	34	UL94V-0	UL94V-0
Sample #5	37	32	UL94V-0	UL94V-1	Sample#18	39	34	UL94V-0	UL94V-0
Sample #6	34	32	UL94V-1	UL94V-1	Sample#19	39	34	UL94V-0	UL94V-0
Sample #7	36	32	UL94V-1	UL94V-1	Sample#20	40	35	UL94V-0	UL94V-0
Sample #8	37	32	UL94V-0	UL94V-1	Sample#21	39	35	UL94V-0	UL94V-0
Sample #9	38	33	UL94V-0	UL94V-0	Sample#22	39	35	UL94V-0	UL94V-0
Sample#10	39	32	UL94V-0	UL94V-0	Sample#23	40	35	UL94V-0	UL94V-0
Sample#11	40	33	UL94V-0	UL94V-1	Sample#24	40	35	UL94V-0	UL94V-0
Sample#12	40	33	UL94V-0	UL94V-0	Sample#25	40	35	UL94V-0	UL94V-0
Sample#13	39	32	UL94V-0	UL94V-0	Cardboard virgin	29		Fail	

3. 결 론

첨가형 난연제의 단점을 개선하기 위해 난연 유효성분인 ATH와 Perlite를 수용성 겔화제인 Carbopol® 934와 혼합한 수용성 겔조성물을 제조하여 gelation 및 viscosity 시험, 난연 특성 시험(LOI, UL94V, 연소 속도) 등을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 예비 실험을 기초로 난연제 함량 5wt(%) 이하, 겔화제 함량 1wt(%) 이하의 소량 첨가만으로도 점도 특성이 우수한 겔조성물을 제조할 수 있었다. 특히 겔화제 함량 0.4wt(%) 이상에서 겔화가 개시되는 것을 알 수 있었으며, 난연제의 종류에 관계없이 겔화제 함량 0.6wt(%) 이상에서 6,000cP를 상회하는 고점도값을 나타내었다.
- 2) 제조된 겔조성물을 난연성이 취약한 대상물(보드지)에 도포 후, LOI 및 UL94V의 시험법을 기초로 난연 특성을 측정된 결과, 난연제가 첨가되는 되지 않은 보드지와 비교하여 난연성이 상당히 향상되는 것을 알 수 있었다. 특히 겔조성물을 대상물에 도포시 부착성이 뛰어나고 상온 건조만으로도 난연 코팅 효과를 나타낼 수 있었다.
- 3) 연소 속도를 측정된 결과 보드지 virgin과 비교시 연소 속도가 현저히 감소되는 것을 알 수 있었으며, 따라서 겔조성물을 난연성이 취약한 대상물에 도포할 경우 화재 발생시 연소 지연 효과를 나타낼 수 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) W.C. Kuryl, A.J. Papa, "Flame Retardancy of Polymeric Materials", Marcel Dekker, Vol. 3, pp. 29~30, 1980.
- 2) Kasumigaseki, Chiyodaku, Jeffrey Gilman, Margaret Simonson, "Burning Issues-Choosing the Right Flame Retardant", *Plastics Additives & Compounding*, pp. 20~25, 1999.
- 3) A.R. Horrocks, D. Price, "Fire Retardant Materials", CRC Press, 2001.
- 4) 강영구, 조명호, "발포성 방화 코팅제의 특성 연구", 한국산업안전학회, 춘계학술발표회 논문집, pp. 190~195, 2001.
- 5) Mark E. Holman, "Gel-coated Materials with Increased Flame Retardancy", U.S. Pat. No. 6,197,415, 2001.
- 6) Zhao-Fen Jin, Yutaka Asako, Yoshiyuki Yamaguchi, Hirohisa Yoshida, "Thermal and Water Storage Characteristics of Superabsorbent Polymer Gel which Absorbed Aqueous Solution of Calcium Chloride", *International Journal of Heat and Transfer*, Vol. 43, pp. 3407~3415, 2000.