

친환경 무독성 난연도료 개발연구

도영웅¹, 하진욱^{1*}

Development of Environmental-friendly Nontoxic Flame Retardant Paint

Young-Woong Do¹ and Jin-Wook Ha^{1*}

요약 본 연구에서는 EU의 6대 유해물질(Pb, Hg, Cd, C⁺⁶, PBB/PBDE) 규제와 국내 환경부의 환경유해물질 규제법 규에 대응할 수 있는 친환경 무독성 난연 도료를 개발하였다. 개발한 도료는 VOC(휘발성유기화합물) 배출이 적어 친환경적이며, 할로젠계를 탈피하여 인체안전성 확보되고 동시에 검정기술기준(KOFEIS 0201)에 적합한 수용성 유·무기계 복합화합물이다. 유·무기계 난연 복합화합물 제조를 위하여 Mg(OH)₂, Sb₂O₃, 붕산아연 등의 난연성 화합물을 사용하였으며 각 화합물의 최적배합 비율은 1: 2: 2였다. 최종적으로 난연 복합화합물을 바인더(마이셀 2%) 및 용제(물)와 1: 0.5: 0.5로 배합하여 난연도료를 제조하여 그 난연 성능을 테스트하였다.

Abstract Environmental-friendly nontoxic flame retardant paint which can overcome the restriction of harmful materials for human body and environments such as Pb, Hg, Cd, C⁺⁶, PBB/PBDE by EU and domestic Ministry of Environment was developed. Developed paint is the water-soluble organic-inorganic hybrid material that VOC(volatility organic compound) discharge is low, and that human riskiness and environmental pollution is minimized not using the kinds of halogen materials. Mg(OH)₂, Sb₂O₃, and Zinc borate were used as flame retardant materials, 2% Micell and water were used as binder and solvent, respectively. Results showed the optimum activity was obtained when the ratio of those flame retardant agents(Mg(OH)₂, Sb₂O₃, Zinc borate made by 1: 2: 2), binder(2% Micell) and water was 1: 0.5: 0.5.

Key Words : Environmentally friendly, Flame retardant Paint, Non-toxic, Water-soluble, VOC

1. 서론

1960년대 후반부터 선진국을 중심으로 일어난 대단위 건축 붐에 동반하여 건축자재를 화재로부터 보호하기 위하여 난연도료 개발에 관한 연구가 시작되었다. 이 시기의 초창기 연구는 환경오염이나 인체의 유해성을 고려하지 않은 난연성이 우수한 재료개발에 집중되었다.

그러나 최근 환경보호단체의 난연재료 사용에 따른 환경오염의 심각성 및 인체유해성에 대한 자료가 자주 발표됨에 따라 전 세계적으로 난연재료의 사용범위와 사용규제가 매우 강화되고 있는 실정이다. 이러한 이유로 선진국의 난연도료 개발에 관한 최근 연구는 단순한 난연성만이 아닌 저독성, 저부식성, 저발연성 등 환경적 측면

과 인체의 안전성이 강조된 제품 개발에 초점이 맞추어지고 있다.

한편, 선진국에 대한 경쟁력을 향상시키기 위하여 국내에서도 이러한 시대적 흐름에 부응할 수 있는 환경친화적이며 인체안정성을 가진 난연도료 및 난연화 방법에 대한 개발이 필요한 시기이다.

본 연구는 VOC(휘발성유기화합물) 배출이 적고, 전 세계적으로 사용규제가 강화되고 있는 할로젠계를 탈피한 유·무기계 난연제 중심의 환경친화적인 난연도료 개발을 목표로 하고 있으며, 개발한 도료는 목재류의 인테리어 제품, 각종 플라스틱, 전선 등에 광범위하게 적용 가능할 것으로 예상된다.

본 논문은 중소기업청 산학협력실(유니비즈)사업 지원으로 수행되었음.

¹순천향대학교 화학공학·환경공학과

접수일 08년 07월 15일

수정일 08년 09월 30일

*교신저자: 하진욱(chejwh@sch.ac.kr)

게재확정일 08년 10월 16일

2. 실험

2.1 난연제 및 기타시약

난연도료의 조성으로는 수산화마그네슘(Mg(OH)₂, 중국), 삼산화안티몬(Sb₂O₃, 한국), 봉산아연(2ZnO · 3B₂O₃ · 3.5H₂O, 중국)로 구성된 대표적인 유·무기 난연제를 사용하고, 바인더는 아크릴계 바인더인 AW-101-50, 수용성 아크릴계 바인더인 폴리졸(PolySol), 천연유기섬유(CMC) 바인더인 마이셀(2%, Micell)을 사용하였다. 기타 시약으로 희석제는 지방족 알콜류인 IPA(Isopropyl Alcohol)와 물(H₂O)을 사용하였다.

제조한 난연도료에 들어가는 바인더와 희석제 배합은 첫째 AW-101-50과 IPA, 둘째 폴리졸과 물, 셋째 마이셀과 물과 같이 3가지 종류로 준비하고, 3가지 종류의 바인더와 희석제 배합액을 난연제와 일정비율로 배합하여 난연도료를 만들었다.

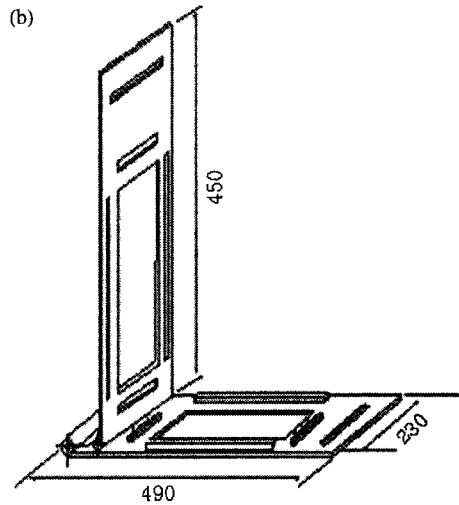
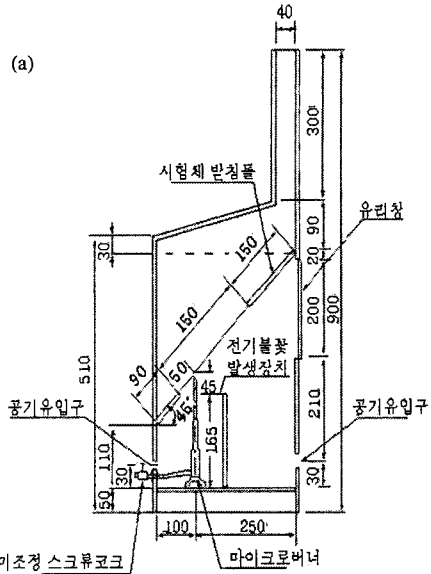
2.2 연소시험장치

각 난연 코팅액이 코팅된 합판의 난연성을 평가하기 위해 한국소방검정공사 규정에 의한 45° 마이크로버너 방법을 사용하였다. 난연코팅을 한 합판은 2m² 이상의 합판에서 임의로 잘라낸 W19cm × D29cm × H0.5cm의 것으로 3개씩 만들어 사용하였다. 또한 연소 시 사용한 가스는 KS M 2150(액화석유가스) 제4호에 적합한 가스를 사용하였으며, 버너의 불꽃 크기는 6.5cm로 실험하였다.

합판의 경우 한국소방검정공사의 방염제형식승인 및 검정기술 기준(KOFEIS 0201)에 의한 실험조건을 규정하고 있으며, 합판, 목재는 6.5cm 불꽃으로 120초 동안 연소시켜 아래의 실험조건에 충족하는 제품에 한하여 형식승인을 한다. [표 1]은 한국소방검정공사 방염제형식승인 및 검정기술 기준에 합판, 목재 실험검정기준을 나타내었다.

[표 1] 45° 마이크로버너 연소실험 조건(합판, 목재)

실험기준	성능조건
*잔염시간(sec)	10초 이내
**잔진시간(sec)	30초 이내
탄화면적(cm ²)	50cm ² 이내
탄화길이(cm)	20cm 이내



[그림 1] 45° 마이크로버너 연소장치.

(a) 연소시험장치, (b) 연소시험체 받침틀

2.3 난연코팅액 제조 및 실험

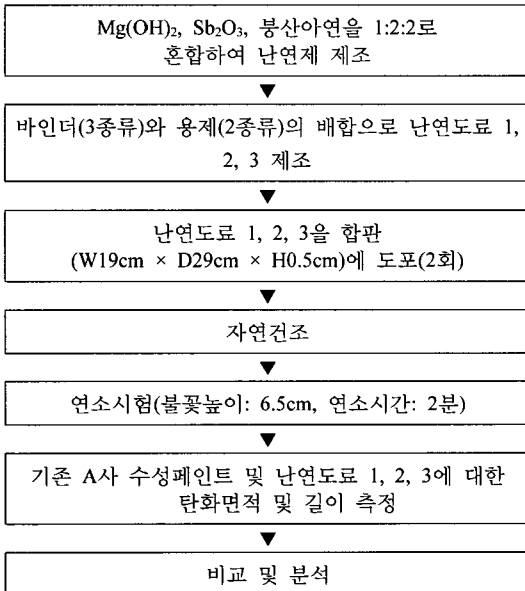
제조방법은 수산화마그네슘, 삼산화안티몬, 봉산아연을 1 : 2 : 2의 비율로 된 난연제에 AW-101-50, 폴리졸, 마이셀(물에 마이셀2% 녹임)과 IPA, 물을 [표 2]와 같이 첨가, 배합하여 난연도료를 제조한 후 각각에 대한 난연성을 평가한다.

[표 2] 난연도료의 조성

분 류		난연도료 1	난연도료 2	난연도료 3
난 연 제	Mg(OH) ₂	1	1	1
	Sb ₂ O ₃	2	2	2
	붕산아연	2	2	2
바 인 터	AW-101-50	1	-	-
	폴리졸	-	1	-
	마이셀 2%	-	-	1
희 석 제	IPA	1		
	H ₂ O	-	1	1
계		100%		

2.4 난연코팅 평가

난연도료의 난연성을 평가하기 위한 시험항목에 필요한 시험체는 W19cm × D29cm × H0.5cm인 합판이다. 수산화마그네슘, 삼산화안티몬, 붕산아연의 배합으로 난연제를 만든다. 그리고 AW-101-50, 폴리졸, 마이셀(2%)을 각각 첨가하여 난연도료 1, 2, 3을 W19cm × D29cm × H0.5cm인 합판에 일정한 두께로 2회 도포시킨다. 도포 후 통풍이 잘되는 곳에서 약 7일간 자연건조를 시켜준다. 그 후 한국소방검정공사 규정(KOFEIS 0201)에 근거하여 난연성 평가를 실시하였다.

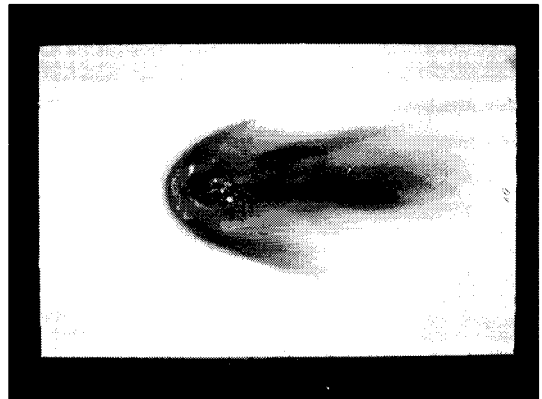


[그림 2] 난연도료 제조와 비교-분석.

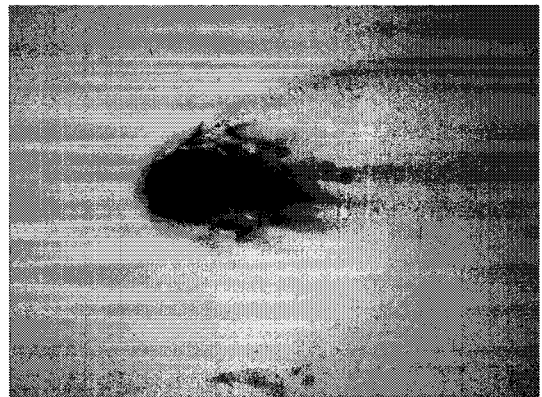
3. 결과 및 토론

수산화마그네슘, 삼산화안티몬, 붕산아연을 이용하여 만든 난연제에 AW-101-50, 폴리졸, 마이셀 등을 첨가하여 만든 난연도료와 기존 A사 수성페인트의 합판, 목재 연소테스트를 한 결과 일반 A사의 수성페인트와 난연도료에 대한 연소시험 결과는 그림 3, 4, 5, 6과 같으며, 탄화면적 및 탄화길이는 [표 3]과 같았다. 난연성 측정결과 모두 난연규정에 부합하는 우수한 결과가 나왔으나, 수성페인트에서는 난연도료 1, 2, 3에 비하여 탄화면적 및 탄화길이가 크게 측정되어 난연성이 좋지 않음을 알 수 있었다.

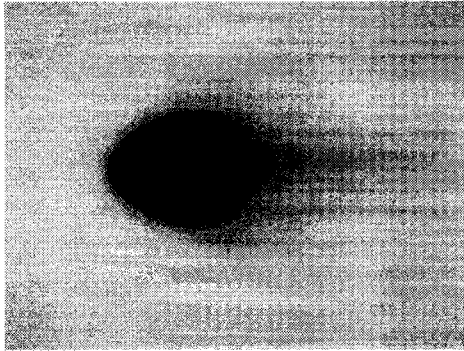
또한 4가지 도료 중에 마이셀(2%)를 첨가한 난연도료 3의 난연성이 가장 좋았으며, 난연도료 1, 2는 비슷하게 측정되었다.



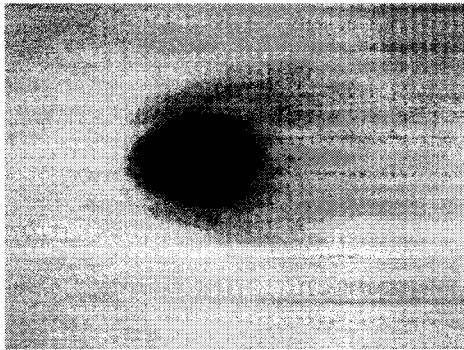
[그림 3] 기존 제품(A사 수성페인트).



[그림 4] 난연도료 1.



[그림 5] 난연도료 2.



[그림 6] 난연도료 3.

[표 3] 탄화면적 및 탄화길이

		A사 수성 페인트	난연 도료 1	난연 도료 2	난연 도료 3
탄화 면적 (cm ²)	1회	37.2	31.7	31.2	27.5
	2회	36.9	32.0	30.8	27.2
	3회	37.5	31.6	31.1	27.3
	평균	37.2	31.7	31.0	27.3
탄화길이(cm)		9.2	8.3	8.1	8.1

4. 결 론

본 연구에서는 EU에서 발표되는 6대 규제유해물질 (Pb, Hg, Cd, Cr⁶⁺, PBB/PBDE)과 2007년 강화된 ‘수도권 대기 환경개선 특별법’에 의해 도료의 유해조성물질들을 제한하게 됨에 따라 기존 할로젠계 난연제가 아닌 인계 혹은 비할로젠계 난연제를 사용하고, 용제형이 아닌 수용성 도료로 제조하여 보다 친환경적인 물질로 대체하였으며, 방염제의 형식승인 및 검정기술기준(KOFEIS 0201)에 근거하여 난연성을 평가하였다.

수산화마그네슘, 삼산화안티몬, 붕산아연의 친환경적인 난연제를 AW-101-50, 폴리졸, 마이셀 등의 바인더와 IPA, 물에 의한 배합으로 난연도료를 만들고 W19cm × D29cm인 합판에 2회 도포하여 난연성 실험을 수행한 결과 난연제와 마이셀(2%), 수용성인 난연도료 3의 탄화면적이 27.2cm², 탄화길이 8.1cm로 난연성이 우수한 것을 볼 수 있었다. 그에 비하여 바인더로 AW-101-50, 폴리졸을 사용한 난연도료 1, 2은 상용 난연등급에는 부합되는 결과를 보였으나, 난연도료 3에 비해 난연성이 조금 떨어지는 것으로 나타났다.

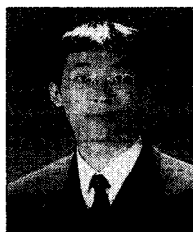
결국 친환경적인 난연도료 제조에 대한 최적조건으로 수산화마그네슘(Mg(OH)₂), 삼산화안티몬(Sb₂O₃), 붕산아연(2ZnO · 3B₂O₃ · 3.5H₂O)의 비할로젠계 난연제의 비율을 1 : 2 : 2로 제조하고, 물에 녹인 마이셀(2%)과 물의 비율을 1 : 1로 제조한 후 난연제 : 바인더(마이셀 2%)와 물을 1 : 1로 제조한 난연도료 3의 성능이 가장 우수하였다.

참고문헌

- [1] 유럽연합(EU) 심의회, “유해물질 사용제한지침 (RoHS), 2003.
- [2] 환경부, “수도권 대기 환경개선 특별법”, 2005.
- [3] 환경부, “브롬화 난연제의 국제적 규제동향과 대응방안 연구”, 2005.
- [4] 이민수, 김진환, “Recent Developments on the Flame Retardants for Polymers”, *Prospectives of Industrial Chemistry*, Vol.8, No.6, pp. 21-35, 2005.
- [5] 홍선, 김필제, “International Restrictions and Counterplans of Brominated Flame Retardants”, *Prospectives of Industrial Chemistry*, Vol.8, No.6, pp.3-20, 2005.

도 영 응(Young-Woong Do)

[정회원]



- 2006년 2월 : 순천향대학교 화학공학과 (공학사)
- 2008년 2월 : 순천향대학교 화학공학·환경공학과 (공학석사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 화학공학·환경공학과 박사과정

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화, 친환경소재, 대체 에너지 분야

하 진 욱(Jin-Wook Ha)

[종신회원]



- 1986년 2월 : 연세대학교 화학공학
학과 (공학사)
- 1990년 8월 : (미)Univ. of
Illinois 화학공학과 (공학석사)
- 1993년 5월 : (미)Univ. of
Illinois 화학공학과 (공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 순천향대
학교 에너지환경공학과 교수

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화, 친환경소재, 대체
에너지 분야