

방염도료의 방염성능 및 발연특성에 관한 연구 A Study on the Flame Resistance Performance and Smoking Characteristics of the Flame-Resistant Paint

김항진* · 이성은** · 오규형†

Hwang-Jin Kim* · Sung-Eun Lee** · Kyu-Hyung Oh†

*호서대학교 대학원, **호서대학교 산업안전기술연구센터
호서대학교 소방방재학과
(2009. 8. 7. 접수/2009. 10. 9. 채택)

요 약

방염도료의 주성분 및 특성에 따른 방염성능과 발연특성에 대하여 알아보기 위하여 국내에 유통되어지는 17종의 방염도료를 MDF에 방염처리하여 45도 연소실험과 연기밀도실험을 실시하였다. 45도 연소실험 결과 주성분별로는 아크릴 수지를 주성분으로 한 방염도료의 방염성능이 가장 우수한 것으로 평가되었으며 유성방염도료 보다는 수성방염도료의 방염성능이 우수한 것으로 나타났고 또한 무광방염도료보다 유광방염도료의 방염성능이 더 우수한 것으로 평가되었다. 연기밀도실험을 통한 발연특성은 아크릴 수지를 주성분으로 한 시료에서 연기밀도가 상대적으로 낮게 측정되었으며 특성별로는 수성방염도료를 처리한 시료들에서 유성방염도료를 칠한 시료보다 연기밀도가 낮게 측정되었다.

ABSTRACT

17 kinds of fire resistant paint which are currently used were painted on the MDF, to find flame resistance performance and smoking characteristics according to principal ingredient and characteristics of fire resistant paint. 45 degree combustion test and smoke density test were conducted to investigate the flame resistance performance and smoking characteristics. According to the 45 degree combustion test, acrylic resin type fire resistant paint showed the most excellent fire resistance performance. And the water soluble fire resistant paint showed better fire resistance performance compare to the solvent soluble paints. Also gloss paint showed better fire resistance performance than the flat paint. Based on the smoke density test, the smoke generation of fire resistant treated specimen of acrylic resin type was least. And the water soluble fire resistant paint generate little smoke than solvent soluble fire resistant paint.

Key words : Fire resistant paint, 45 degree combustion test, Smoke density test

1. 서 론

목재 및 합판으로 되어 진 실내장식물을 다중이용업소에 설치할 경우 일정면적에 대하여는 방염시공이 의무화되어짐에 따라 방염도료를 사용한 현장방염시공이 현저하게 증가하였으며 이러한 추세에 맞추어 목재 및 합판처리용 방염도료의 종류도 다양화 되어졌다.

실내장식물 방염처리의 목적은 초기착화방지 및 지연효과를 얻어 재실자의 피난시간 확보 및 소방대의

출동시간을 확보하여 초기 연소 확대를 지연시키고자 함이다.¹⁾

하지만 화재가 일정시간 지속되어 복사열량이 일정량 이상이 되면 방염처리를 한 경우라도 발화할 수밖에 없다. 이러한 경우 방염도료를 칠한 목재에서 방출되는 연기에 대한 위험성이 중요한 이슈가 되고 있다. 실제로 다중이용업소에서 발생한 화재사고 희생자의 사망원인 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것이 연기 질식에 의한 사망이며, 사망하지 않더라도 연기 흡입에 의해 뇌 손상, 호흡기 질환 등을 유발하여 2차적 피해를 줄 수도 있다.^{2,3)}

† E-mail: khoh@hoseo.edu

따라서 우수한 방염성능을 가진 도료일지라도 화재 시 연기를 많이 발생시킨다면 사용여부를 고려해 봐야 한다.

방염도료의 방염효과가 일정열량 이하로 제한되어진다면 보다 발연량이 적은 도료를 사용하는 것이 적합할 것이다.

그동안 실내장식물 또는 방염물품의 연소가스 유해성에 관한 연구^{4,5)}는 종종 이루어져 왔으나 방염도료의 어떠한 특성이 방염성능이 우수하고 발연량이 적은지에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 시중에서 판매되고 있는 방염도료 중 17가지의 방염도료를 주성분 및 특성으로 분류하여 방염성능 및 발연성능을 측정하였다.

2. 이론적 배경

2.1 연기 밀도

연기밀도시험기를 이용한 시료의 발연성은 비광학 밀도(Optical smoke density)로 표시되며 연기밀도(Ds)는 다음 (1)식에 의하여 계산한다.

$$Ds = G(\log_{10}(100/T)) \tag{1}^{6)}$$

G(연기밀도 챔버의 기하학적 요소) = V/(A · L)

V = 실험 챔버의 용적(m³)

A = 실험체의 면적(m²)

L = 연기를 통과하여 빛이 지나간 길이(m)

T = PM (Photo multiplier)

마이크로 광도계의 투과율(%)

즉 시료가 연소하면서 발생하는 연기를 챔버내에 모아두고 빛을 투과시켜 챔버를 통과한 빛의 투과율을 측정함으로써 시간에 따른 시료의 연기발생량을 파악할 수 있다.

2.2 방염성능기준

방염성능의 기준 및 시험세척(KOFES 1001)에 따르

Table 1. Fire Resistance Performance Standard of Wood⁷⁾

구분	합판·목재
잔염시간	10초 이내
잔신시간	30초 이내
탄화면적	50cm ² 이내
탄화길이	20cm 이내
최대연기밀도	Ds 400 이하

면 방염처리한 목재 및 합판의 방염성능 기준은 Table 1과 같다.

현재 다중이용업소에서 현장 방염시공을 한 경우 45도 연소시험을 통하여 잔염·잔신 시간, 탄화면적, 탄화길이를 일정기준이상 만족시켜야만 방염성능을 인정받게 된다. 따라서 45도 연소시험을 통한 성능평가는 의무적이지만 연기밀도시험은 권장사항이기 때문에 대부분의 현장방염시공업자 및 업주는 연기밀도는 고려하지 않고 사용하고 있다.

3. 실험

3.1 실험시료

방염도료의 사용량이 증가함에 따라 최근 다양한 종류의 방염도료들이 유통되어지고 있다. 이러한 방염도료는 크게 주성분 및 특성별로 구분되어진다.⁷⁾

방염성능 및 발연특성 실험을 하기 위하여 최근 사용량이 많은 17가지의 방염도료를 MDF(3.6mm, 5mm, 9mm, 12mm)에 도포 횟수 및 건조시간을 각 도료의 시방서에 나온 규격대로 방염처리 하였으며 각 시료의 주성분 및 특성은 다음 Table 2에 나타내었다.

Table 2. The Principal Ingredient and Characteristic of Sample

시료의 종류	주성분	특성
A	수용성 수지	수성, 발포성, 무광
B	무기염류, 인계화합물	무광, 비발포성
C	아크릴계 수지	수성, 비발포성, 유광
D	아크릴계 수지	수성, 비발포성, 무광백색
E	아크릴계 수지	수성, 발포성, 무광백색
F	아크릴계 수지	수성, 발포성, 무광백색
G	아크릴계 수지	유성, 발포성, 무광백색
H	알키드수지	수성, 비발포성, 유광
I	알키드수지	유성, 비발포성, 무광
J	알키드수지	유성, 비발포성, 유광
K	알키드수지	유성, 비발포성, 무광백색
L	염화고무수지	유성, 발포성, 유광
M	염화고무수지	유성, 발포성, 유광
N	염화고무수지	유성, 발포성, 무광
O	염화고무수지	유성, 발포성, 무광
P	염화고무수지	유성, 발포성, 유광
Q	염화고무수지	유성, 비발포성, 무광

방염성능 측정을 위하여 실시하는 45도 연소시험의 경우는 방염대상물품의 성능기준에서 규정하고 있는⁸⁾ 가로·세로 29cm × 19cm 크기의 MDF 모재에 각 방염도료별로 방염처리를 하여 40 ± 2°C 항온건조기 안에서 시료를 24시간 건조시키고, 실리카겔을 넣은 데시케이터 안에 2시간 동안 넣어둔 후 실험에 사용하였다.

발연특성을 알아보기 위한 연기밀도실험은 ASTM E 662-Smoke density chamber의 사용법에 따라⁹⁾ 시료는 크기 가로·세로 75mm ± 1로 자른 후 60 ± 3°C의 항온건조기에서 24시간 건조시킨 후 실험에 사용하였다.

3.2 실험장치 및 방법

3.2.1 45도 연소실험

방염성능을 확인하기 위한 연소실험은 Figure 1의 45도 연소시험기를 사용하여 각 시료 당 3회씩 반복실험하였다.

연소시험기의 화원은 시험기준에 따라 LPG를 연료로 하여 맥켈버너를 이용하여 불꽃길이 65mm 조절하였으며 시료에 2분간 접염하여 잔염, 잔신 시간을 측정하였다.

탄화된 시료는 프라니메타를 사용하여 시료의 탄화면적을 측정하고 자를 이용하여 연소길이를 측정하였다.⁸⁾



Figure 1. Photograph of 45 degree combustion test apparatus.

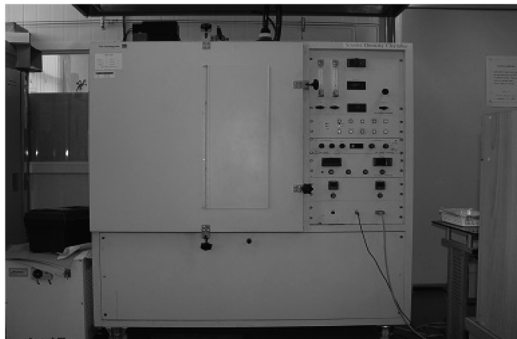
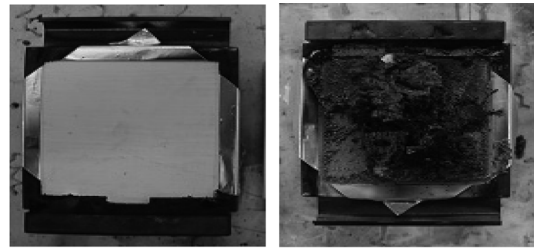


Figure 2. Photograph of smoke density chamber.



(a) Before test (b) After test

Figure 3. Photograph of smoke density test specimen.

3.2.2 연기밀도실험

총 17가지의 방염제를 도포한 시료의 연기발생량을 측정하기위해 Figure 2의 ASTM E 662 연기밀도챔버를 사용하였다.

Heat flux meter을 이용하여 chamber 내의 복사열을 25kW/를 설정하여주고 불꽃길이 30 ± 5mm의 flaming 모드로 실험 setting 후 시료를 홀더에 고정시킨 후 실험을 실시하였다.⁹⁾

방염도료가 칠해진 시료의 표면을 연소시켜 발생된 연기의 밀도를 측정함으로써 방염도료의 주성분 및 특성에 따른 연기 발생량의 차이를 비교·분석할 수 있었다. 연기밀도 실험 전·후의 시료는 Figure 3에 나타내었다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 45도 연소실험 결과 분석

연소실험결과 방염처리를 하지 않은 일반 MDF의 경우 탄화면적에서 기준치 50cm²를 초과하였으며 방염처리를 한 MDF의 경우는 모두가 방염성능기준을 만족하였다.

4.1.1 주성분에 따른 방염성능비교

실험에 사용한 17가지 방염도료의 주성분은 수용성 수지, 무기염류 및 인계화합물, 아크릴, 알키드, 염화고무 수지로서 다섯 가지로 나누어진다.

Figure 4는 방염도료의 주성분별 탄화면적을 나타낸 것으로 무기염류 및 인계화합물, 수용성 수지를 주성분으로 한 도료의 방염성능이 가장 우수하다는 것을 알 수 있다. 그러나 무기염류 및 인계화합물, 수용성 수지를 주성분으로 한 도료의 경우 시중에 유통되고 있는 도료의 종류가 극소수에 불과하기 때문에 사용량이 많지 않다. 따라서 시중에 다수 유통되

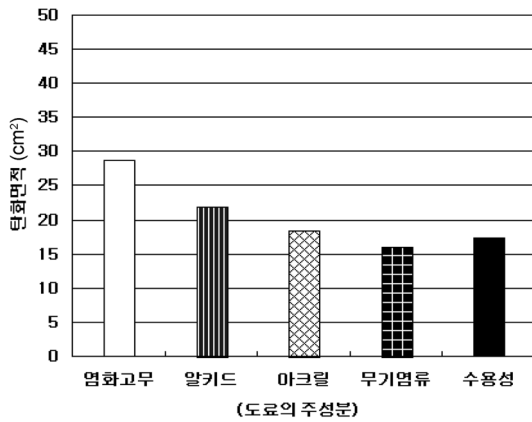


Figure 4. Flame resistance performance according to principal ingredient of fire resistant paint.

어 지며 사용량이 많은 도료 중에는 아크릴 수지를 주성분으로 한 방염도료의 방염성능이 우수한 것으로 나타났다.

4.1.2 방염도료의 특성에 따른 방염성능비교

방염도료의 특성 중 수지의 용해방법에 따라 수성형과 유성형으로 나누어진다. 실험에 사용한 17가지 시료를 수성과 유성으로 구분하여 탄화면적을 비교한 결과 Figure 5와 같이 모든 두께의 MDF에서 수성방염도료의 탄화면적이 작게 측정되었다.

도료의 또 하나의 특성은 광택의 유무에 따라 유광 및 무광도료로 구분되어진다. 실험에 사용한 방염도료

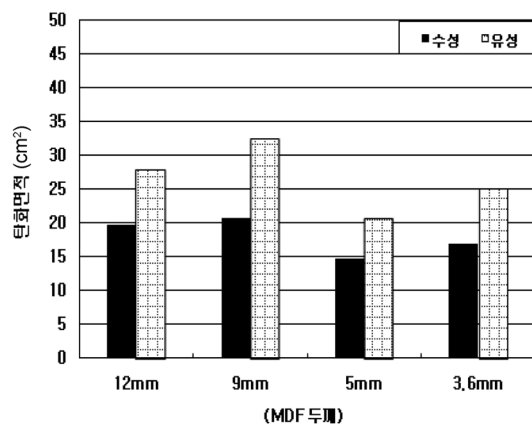


Figure 5. Flame resistance performance according to characteristic of fire resistant paint (water soluble, solvent soluble).

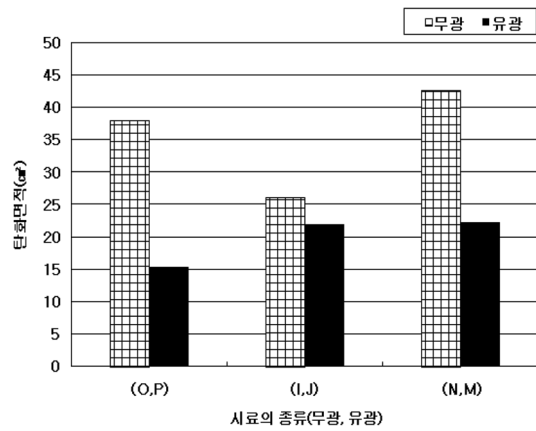


Figure 6. Flame resistance performance according to characteristic of fire resistant paint (Gloss paint, Flat paint).

중 주성분 및 위의 다른 특성은 모두 같으나 방염처리 후 광택이 나는지의 여부에 따라 유광, 무광으로 구분되어지는 세 쌍의 시료의 탄화면적을 시료의 두께별로 평균을 내어 비교하였다.

Figure 6에서 보이는 바와 같이 유광도료의 탄화면적이 세 쌍의 시료에서 모두 작게 나타났으며 염화고무수지가 주성분인 시료 O, P의 경우 탄화면적의 차이가 두 배 이상 나타나고 있다.

4.2 연기밀도실험 결과 분석

ASTM E 662에 따라 각 시료를 3회씩 연소시켜 측정된 최대연기밀도 값은 Table 3과 같다.

실험 전 방염처리를 하지 않은 일반 MDF의 최대연기밀도가 가장 낮을 것으로 예상하였으나 실험 결과 시료E의 최대연기밀도가 가장 낮게 측정되었다. 그 이유는 Figure 7에서와 같이 MDF에 칠해진 방염도료

Table 3. Optical Smoke Density of Specimen

시료	최대 연기 밀도(Ds)	시료	최대 연기 밀도(Ds)
A	115.46	J	206.27
B	57.39	K	183.46
C	114.67	L	140.82
D	164.05	M	292.89
E	38.74	N	160.69
F	78.88	O	224.58
G	145.3	P	161.94
H	192.11	Q	134.44
I	297.8	MDF	53.65

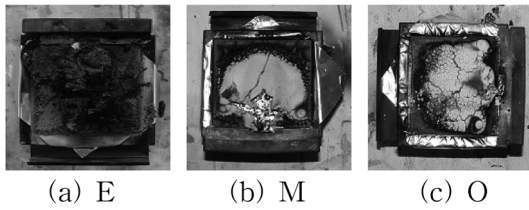
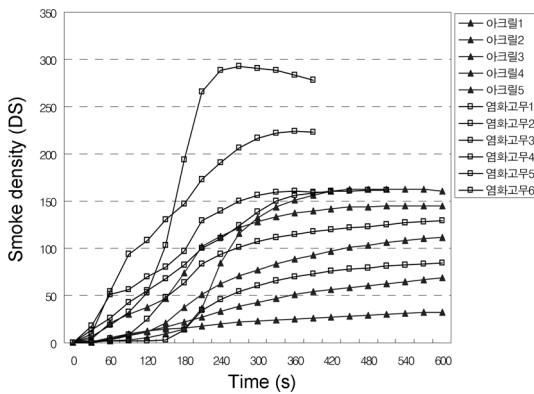
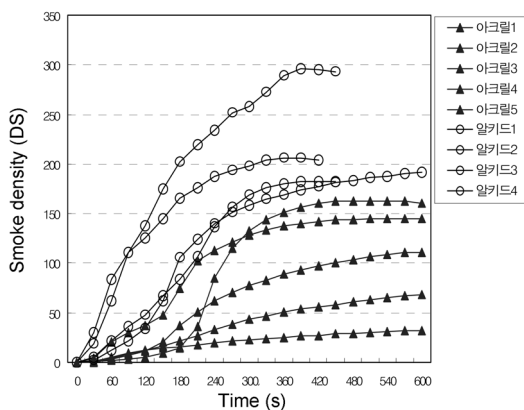


Figure 7. Photograph of specimen after smoke density test.

의 도막이 다른 시료들과는 다르게 박리되지 않고 계속 붙어 있기 때문에 도막아래의 MDF 모재의 연소를 방지했기 때문으로 판단된다. 상대적으로 연기 밀도가 높게 측정된 시료 M,O의 경우는 같은 발포성을 가진 도료를 처리하였음에도 불구하고 아래 그림과 같이 도막이 탄화하여 박리됨으로서 모재가 전부 탄화한 것을 관찰할 수 있었다.



(a) acrylic resin type and chlorinate rubber type



(b) acrylic resin type and alkyd resin type

Figure 8. Specific optical density according to principal ingredient of fire resistant paint.

4.2.1 주성분에 따른 연기밀도 비교분석

방염도료의 주성분에 따른 시간당 연기밀도를 비교 분석한 결과 다섯 가지 도료의 주성분 중 염화고무수지를 주성분으로 한 시료에서 연기밀도가 가장 높게 측정되었다. 상대적으로 낮은 연기밀도를 보이는 시료는 아크릴 수지를 주성분으로 한 시료들이었다. Figure 8(a)는 염화고무수지를 주성분으로 하는 시료와 아크릴 수지를 주성분으로 하는 시료의 시간당 연기밀도를 나타낸 그래프이다. 그래프에서 보이는 바와 같이 대부분의 염화고무수지를 주성분으로 하는 시료에서 연기밀도가 높게 나오는 것을 관찰 할 수 있다. 또한 Figure 8(b)는 알키드 수지를 주성분으로 하는 시료와 아크릴 수지를 주성분으로 하는 시료의 시간당 연기밀도를 나타낸 그래프이다. 마찬가지로 아크릴 수지를 주성분으로 하는 시료의 연기밀도가 상대적으로 낮게 측정되었다. 따라서 도료의 주성분에 따른 연기밀도에 대한 분석은 상대적으로 아크릴 수지를 주성분으로 하는 시료에서 시간당 연기밀도가 낮게 측정되는 것으로 나타났다.

4.2.2 방염도료에 특성에 따른 연기밀도 비교분석

도료의 특성 중 수지의 용해방법에 따라 수성과 유성도료의 연기밀도를 비교하여 분석한 결과 그래프에서 보이는 바와 같이 유성도료의 연기밀도가 상대적으로 수성도료보다 높게 나타났다. 특히 유성도료의 경우 그래프의 곡선 기울기가 급격히 증가하며 수성도료보다 빠른 시간에 최대 연기밀도를 보이고 있어 화재초기에 많은 양의 연기를 발생시킬 것으로 판단된다.

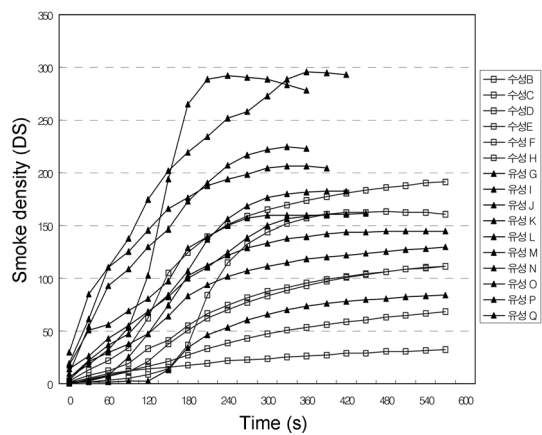


Figure 9. Specific optical density according to characteristic of fire resistant paint.

4. 결 론

참고문헌

방염도료의 주성분 및 특성에 따른 방염성능과 발연 특성을 알아보기 위해 총 17가지 방염도료를 MDF에 처리하여 45도 연소실험과 연기밀도 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 시료의 45도 연소실험결과 도료의 주성분별로는 현재 시중에서 가장 많이 사용되어지는 도료들 중 아크릴 수지를 주성분으로 한 방염도료의 방염성능이 가장 우수한 것으로 평가되어지며 도료의 특성별 결과분석에 따르면 유성 보다는 수성방염도료의 방염성능이 우수하며 무광 보다는 유광방염도료의 방염성능이 더 우수한 것으로 평가되었다.

2. ASTM E 662에 따른 시료의 연기밀도실험 결과 아크릴 수지를 주성분으로 한 시료에서 연기밀도가 상대적으로 낮게 측정되었으며 반대로 염화고무 수지를 주성분으로 하는 시료에서 연기밀도가 높게 측정되었다. 또한 도료의 특성에 따라 분석한 결과 수성방염도료를 처리한 시료들에서 유성방염도료를 칠한 시료보다 연기밀도가 낮게 측정되었다.

1. 김황진, “방염도료의 방염성능에 관한 연구”, 호서대학교 석사학위논문(2009).
2. 오규형, 김황진, 이성은, “방염처리에 따른 화재지연 효과”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.23, No.2, pp. 111-116(2009).
3. 박형주, 곽동일, “다중이용업소에서 사용하는 실내장식재에 방화 방염제도 개선에 관한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.15, No.3, pp.47-54(2001).
4. 소방방재청, “실내장식물 등 화재유해성 평가시험”, 연구보고서(2006).
5. 한국과학기술연구원, “방염물품의 연소가스 유해성에 관한 연구”, 연구보고서(2000).
6. 최연이, “벽면 내장재로서의 벽지 연소특성에 관한 연구”, 호서대학교 대학원 석사학위논문(2005).
7. 한국화재소방학회, “방염염무개선을 위한 연구”, 연구보고서(2008).
8. 한국소방산업기술연구원, “방염성능의 기준 및 시험세척”, KOFES 1001.
9. ASTM E 662: Smoke density chamber.