

## 용접 불티 차단막 개발을 위한 섬유류의 적정 방염처리 방안 연구 A Study on the Treatment of Suitable Flame Retardant to the Fibers for Welding Blanket Development

이근원<sup>†</sup> · 김관응 · 이두형\*

Keun-Won Lee<sup>†</sup> · Kwan-Eung Kim · Du-Hyung Lee\*

산업안전보건연구원 안전공학연구실

\*방재시험연구원 소화연소팀

(2002. 8. 8. 접수/2002. 9. 12. 채택)

### 요 약

본 연구는 용접불티 차단막 개발을 위해 섬유류의 방염처리 후 화재성능 평가를 통해 적절한 방염 처리 방안을 제시하였다. 실험재료는 시중에서 유통되고 있는 섬유류이며, 방염처리는 난연제와 방화도료를 사용하였다. 화재성능 실험은 한국과 일본 기준에 따라 수행하였다. 실험결과 방염처리된 섬유류는 방염 및 난연성능이 충분하였으며, 그들의 난연등급은 A급에서 C급으로 나타났다. 최소산소지수는 방염제로 처리된 모든 시료가 국제기준을 만족하였다. 용접불티 차단막을 수평으로 설치하여 사용할 경우에는 작업대 높이에 관계없이 난연 A급에서 C급의 성능을 가진 제품을, 수직으로 설치할 경우 난연 C급 성능을 갖는 제품을 사용하는 것이 용접불티에 의한 화재확산을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

### ABSTRACT

This study presents a treatment of suitable flame retardant through evaluating fire performance after treating flame retardant of fibers for development of welding blanket. The experimental samples used were commercial fibers and we are treated fibers with the flame retardant liquid and the flame retardant paint. The fire performance of the sample was carried out according to the Korea and Japan Standard. As the results of the fire performance experiment, the treated fiber in samples had enough in the performance of flame and fire retardant and the grade of their was from grade A to grade C according to flame and fire retardant standard. The lower oxygen index indicated that all treated samples with the resist are satisfied with international standard. We consider that the welding blanket treated with grade A, B and C performance prevents fire spread regardless of the height of work stairs in the case of installation horizontally. Also, it is considered that the welding blanket treated with grade C performance prevents fire spread regardless of the height of work stairs in the case of installation vertically.

**Keywords :** Flame retardant, Fire performance, Welding blanket, Lower oxygen index

### 1. 서 론

조선업 및 화학공장 등 산업현장에서 발생하는 화재 사고 가운데 용접·용단작업시 불티에 의해 가연성물질을 착화시켜 화재·폭발 사고를 일으키는 경우가 많다. 용접·용단시 불티에 의한 화재예방을 위해 용접

불티 차단막을 사용하고 있다. 그 재료는 석면, glass wool 등 무기섬유에서 아크릴 섬유 등 특수가공 처리한 섬유로 되어 있으며, 조선사업장 등에서는 용접·용단시 불티에 의한 화재예방을 위해 glass fiber, silica fabrics, 석면 등 불연재료와 glass fiber 또는 특수가공 아크릴 천에 수지 등을 코팅한 것 등을 용접불티 차단막으로 사용하고 있다. 용접불티 차단막은 주로 안전망 위에 깔거나 단독으로 사용되고 있다. 안전망은 주로 추락방지용으로 사용되고 있으며 안전망의 방염 및

이윤용 박사 정년퇴임 기념논문

<sup>†</sup>E-mail: leekw@kosha.net

난연 성능평가 보다는 용접불티 차단막의 성능평가가 무엇보다 중요하다. 용접불티 차단막은 사업장의 따라 다양한 제품을 구입하여 사용되고 있으나, 용접불티 차단막이 사용하기에 무겁고, 또한 대부분 불티 차단막은 수입한 제품으로 가격이 고가이기 때문에, 값싼 용접불티 차단막 개발이 필요하다. 따라서 충분한 화재 성능을 가진 용접불티 차단막을 개발하기 위해 제품에 대한 방염 및 난연성능 평가가 필요하다.<sup>1)</sup>

본 연구는 용접 불티 차단막 개발을 위해 시중에서 유통되고 있는 섬유류에 방염 후 처리를 통한, 그 제품의 방염 및 난연 성능 평가를 실시하여 용접 불티 차단막의 적정 방염 처리방안을 도출하고자 하였다. 이와 함께 방염 처리한 용접불티 차단막을 이용한 가연물 착화 방지 성능 실험을 통해 용접 불티 차단막의 설치 사용시 적정 난연 등급을 제시하였다.

## 2. 방염 및 난연 성능 실험

### 2.1 실험재료와 방염 후 처리 방법

#### 2.1.1 실험재료

용접불티 차단막 개발을 위한 방염 및 난연성능 평가를 통한 적정 방염처리 방안을 도출하기 위해 방염 후처리 실험체로 사용된 재료는 시중에서 유통되고 있는 일반 섬유류 4종을 선정하였다. 또한 두께에 따른 대형불꽃시험, 산소지수 및 용접·용단불티에 대한 난연성능을 비교하기 위하여 유리섬유 제품 2종을 실험에 사용하였다. 그 세부적인 재료의 사양을 표 1에 나타내었다.

#### 2.1.2 방염 후처리 방법

방염 후처리는 방염액 침지와 방염도료 처리 2가지를 행하였다. 방염액 침지 처리는 후처리 실험체를 방염액(Biofax-2000, 18%)에 30분간 침지한 후 꺼내어 방염액을 짜내고 수평상태에서 자연 건조하였다. 후처리 실험체에 부착된 방염제의 양은 원소재 중량의 약 15% 정도이다. 방염도료 처리는 후처리 실험체에 도

장용 롤러를 사용하여 방염도료(NPT-170)를 제품사양에 따라 실험체에 약 0.1~0.15 mm 두께로 양면에 각각 도장한 후 자연 건조하였다.

### 2.2 실험장치 및 방법

#### 2.2.1 방염성능 실험

방염성능 실험은 건축공사용 시트에 대해서 일본소방법,<sup>2)</sup> KS F 8081,<sup>3)</sup> JIS A 8952<sup>4)</sup>에서 규정하고 있으며, 본 연구에서는 각 규격에서 정한 연소조건보다 가혹한 일본 소방법에서 규정한 실험방법을 적용하였다. 또한, 텐트의 방염성능 실험에 대해서는 KS K 0770,<sup>5)</sup> ASTM D 4372,<sup>6)</sup> CPAI 84<sup>7)</sup> 등의 규격이 있으며, 각 규격의 시험기준이 동일하기 때문에 KS K 0770을 적용하였다.

건축공사용 시트의 방염성능 실험은 용접·용단시의 불티에 의한 연소확대를 방지하기 위한 것으로서 소형불꽃에 의한 제품의 손상정도(탄화면적, 탄화길이), 연소상황(잔염시간, 잔진시간) 등을 측정한다. 실험방법은 용접불티 차단막을 350 mm×250 mm 실험편을 5개 절취하여 50±2°C의 항온조에 24시간 보존한 다음 실리카겔을 넣은 데시케이터에서 2시간 이상 보존하고, 실험체를 45도 방향으로 설치하고 불꽃길이 65 mm인 맥켈버너로 2분간 가열하여(실험체가 450 g/m<sup>2</sup> 이하인 경우에는 불꽃길이 45 mm인 마이크로 버너로 1분간 가열함) 잔염시간, 잔진시간, 탄화면적, 탄화길이를 측정하였다. 또한, 실험체가 용융하는 경우에는 접염실험을 실시하였다. 가열실험 조건은 사용가스로 KS M 2150에서 규정하고 있는 액화석유가스 제 4호를 사용하였으며, 가스압력은 400 mmH<sub>2</sub>O, 불꽃의 최대온도는 750°C 전후로 실험하였다.

텐트의 방염성능 실험은 텐트 및 텐트용 섬유재료의 방염성능을 확인하기 위하여 소형불꽃에 의한 제품의 손상정도 및 연소상황을 측정하여 방염성능을 확인하는 실험으로서 수직 연소성 실험과 수평 연소성 실험 2가지가 있다. 수직 연소성 실험과 수평 연소성 실험

표 1. 실험에 사용된 재료의 사양

상 품 명	구 성 재 료	규 격	비 고
옥양목	Cotton 100%	폭(1.2 m)×두께(0.19 mm)	국산
커텐지 (FRANSOA)	Cotton 100%	폭(1.37 m)×두께(0.48 mm)	국산 커텐용
범포지 I	Cotton 100%	폭(1.2 m)×두께(0.80 mm)	국산 천막용
범포지 II (구대구)	Cotton 100%	폭(1.2 m)×두께(1.0 mm)	국산
유리섬유 I (KN2600)	Fiber glass	폭(1 m)×두께(0.35 mm)	국산
유리섬유 II (TSG 1400)	Fiber glass	폭(1 m)×두께(1.2 mm)	국산

방법과 방염 성능 기준은 전보<sup>8)</sup>에서 보고한 바와 같은 기준에 따라 평가하였다.

보호용 덮개 재료의 성능시험 LPS 1207<sup>9)</sup> 기준에서 보호용 덮개 재료의 화재성능요건으로 규정한 5가지 화재특성 시험(소형불꽃 착화성, 대형불꽃 착화성, 연기 발생량, 유독가스 발생량, 산소지수)중 대형불꽃시험을 적용하였다. 이 시험은 LPC(Loss Prevention Council)에 의해 개발된 시험으로서 신문지의 연소와 같은 보다 큰 화원에 의한 화재조건을 나타내기 위한 것으로서 보호용 덮개 재료의 성능을 보다 실제적인 방향과 시편크기로 나타낼 수 있다는 장점이 있다. 이 시험에서 점화원으로서 BS 5852<sup>10)</sup>의 목재크립 7번을 사용하며 불꽃높이는 바닥면으로부터 약 400 mm 정도이다.

### 2.2.2 난연성능 시험

#### (1) 최소산소지수 시험

최소산소지수는 산소와 질소가 혼합된 상승 기류속에서 착화된 물질이 연소를 지속하는데 필요한 최저산소농도(부피 %)를 측정하여 재료의 상대적인 연소성을 판단하는 시험이다. 최소산소지수는 KS M 3032,<sup>11)</sup> JIS K 7201,<sup>12)</sup> ISO 4589,<sup>13)</sup> ASTM D 2863<sup>14)</sup> 기준에서 규정하고 있으며, 본 연구에서는 재료의 종류에 따라 시험체 양생조건을 세분화하고 있는 KS M 3032를 성능평가 기준으로 적용하였다.

시험장치는 연소부, 가스공급부, 측정부 및 점화기로 구성되어 있으며, 최소산소지수 시험기(CS-178B, CSI사)를 사용하였다. 시험방법은 제품으로부터 길이 150 mm, 폭 20 mm의 크기로 시험편을 채취하고 온도 50 ± 2°C의 항온조내에서 24시간 유지한 후 시험편을 U자형 고정기구에 수직으로 설치한다. 시험편의 추정산소농도를 선택하여 그 농도에 해당하는 산소 유량 및 질소 유량을 설정한다. 시험편에 15~20 mm의 불꽃의 점화기로 점화시켜 연소시간이 3분 이상이거나 연소길이가 50 mm 이상이 되는데 필요한 최저의 산소유량과 질소유량을 결정한 다음 식 (1)로 산소지수를 구하고, 3개의 시험편에 대한 평균치를 산소지수값으로 하였다.

$$\text{산소지수} = \frac{[\text{O}_2]}{[\text{O}_2] + [\text{N}_2]} \times 100 \quad (1)$$

[O<sub>2</sub>] : 산소의 유량(l/min)

[N<sub>2</sub>] : 위의 산소유량에 대응한 질소의 유량(l/min)

#### (2) 용접 및 용단불꽃에 의한 난연 시험

산소-아세틸렌 자동절단기의 용단작업시 강판의 두께에 따라 발생하는 불꽃에 의한 용접불티 차단막의 착화성 및 용적물에 의한 방화상 유해한 관통공의 발생을 확인하는 시험이다. 시험규격을 분석한 결과 용

접·용단불꽃이 직접 가연물에 착화되어 화재가 확산되는 현상을 고려한 KS F 2298<sup>15)</sup> 기준에 따라 시험을 실시하였다.

시험장치는 KS F 2298에서 정하는 난연성 시험방법에 의해 정해진 시험장치를 활용하였다. 시험장치의 구성은 자동절단부(자동절단기, YK-150, 유광공업사), 불꽃발생부, 시료설치부, 관통구멍 판정용 매트(mat)로 구성되어 있다. 시험방법은 시험체를 불꽃발생부에서 발생된 용접불꽃을 직접 접할 수 있도록 설치하고 불꽃발생용 강판을 교체하면서 시험을 하였다.

난연등급은 표 2와 같이 강판의 두께에 따라 나눌 수 있으며, 시험결과에의 평가는 용단할 때 발생하는 불꽃에 대하여 발염 및 방화상 유해한 관통구멍이 없어야 한다. 발염은 시험체가 화염을 올리고 연소하기 시작한 상태를 말하며 방화상 유해한 관통구멍 유무의 판정은 시험체에서 떨어진 불꽃에 의해서 판정용 매트 종이 발염하는 것의 유무에 따른다. 이들 결과에 의해 난연성능을 A, B, 및 C급으로 나눌 수 있다.

### 2.2.3 용접 불티 차단막의 착화 성능 시험

용단불티에 의한 가연물의 착화 성능 시험은 용단작업 높이에서 발생하는 낙하불티가 가연물에 착화성을 측정하여 불티 차단막의 적정성능을 파악하기 위한 것이다. 시험장내에 작업대를 설치하고 각 시험높이에 시험용 가스토치를 수평으로 설치한 후 시험용 철편을 절단하는 과정에서 발생하는 낙하불티에 의한 시험용 가연물의 착화 유무를 측정하였다. 시험조건은 국내외 자료<sup>15-17)</sup>와 국내사업장의 용접작업장의 높이 등을 참고하였으며 표 3에 나타내었다.

표 2. 불꽃발생용 강판의 규격

난연등급	강판두께 (mm)	강판크기 (mm)	종류
A	9	10×60	KS D 3503, 2중, SS 41
B	4.5		
C	3.2		

표 3. 가연물 착화성능 시험조건

구분	시험조건
시험높이	2 m, 4 m, 6 m, 10 m
용단작업의 종류	가스절단 (산소-아세틸렌)
시험용철편	재질: SS-41, 두께: 9 mm
용단가스압력	산소: 5 kgf/cm <sup>2</sup> , 아세틸렌: 0.5 kgf/cm <sup>2</sup>
절단기화구	No.2
시험장의 조건	온도: 4°C, 습도: 40%, 풍속: 0.2 m/s

표 4. 착화성 실험에 사용된 가연물

가연물	내 용
기름솜	휘발유에 적신 크기 200×300 mm의 것
신문지	크기 200×300 mm 4매를 겹쳐서 놓은 것
대패밥	250 g을 크기 200×300 mm로 펼쳐 놓은 것
스티로폼	크기 200×300 mm이고, 두께 10 mm의 것

가연물의 착화 방지 성능 실험은 표 4와 같은 가연물들을 바닥에 배치하고 각 가연물을 낙하 불티에 노출시킨 상태에서 비산되는 용단불티에 의해 가연물의 착화성 유무를 측정하는 것이다. 수평용접불티 차단막의 착화방지 성능실험은 가연물 상부 10 cm 위치에 용접불티 차단막(1×1 m)을 수평으로 설치하고 각 높이에서 용단작업을 실시하여 착화방지를 위한 용접불티 차단막의 적정성능을 측정하였다. 수직용접불티 차단막의 착화방지 성능실험은 용단작업 위치에서 50 cm 떨어진 위치에 용접불티 차단막(1×1 m)을 수직으로 설치하고 2 m 높이에서 용단작업을 실시하여 용단불티에 의한 용접불티 차단막의 착화 및 관통여부를 측정하여 수직 용접불티 차단막의 적정성능을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 방염성능 실험 결과

용접 불티 차단막 개발을 위한 섬유류의 방염처리를 통한 방염성능을 비교하기 위해 45도 버너법에 의한 성능 결과를 표 5에 나타내었다. 방염처리를 실시하지 않은 실험체 4종은 실험체 전체가 연소하였으나 방염처리를 실시함에 따라 탄화면적이 약간의 차이를 보이고, 잔염 및 잔진을 나타나지 않아 방염성능 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 방염처리 방법에 따른 탄화면적의 변화는 표 5에서 보는 바와 같이 미처리한 섬유류보다 방염처리 한 경우가 방염효과가 향상됨을 알 수 있었다. 그러나 방염액 침지에 의해 방염처리한 후 다시 방화도료를 양면도장한 경우에는 탄화면적이 증가하여 방염처리 효과가 감소되는 것으로 나타났다.

수직버너법에 의한 방염처리 결과는 방염처리를 실시한 후처리 실험체 4종과 대하여 3가지 가열시간을 12초, 30초, 및 60초를 적용하여 각각 4회씩 실시하였으며, 실험결과를 표 6에 나타내었다. KS, ASTM 등 실험기준에서는 12초동안 가열하도록 규정하고 있으나 가열시간에 따른 방염성능의 변화를 알아보기 위하여 30초 및 60초 가열시험을 추가하여 실시하였다. 방염

표 5. 45도 버너법에 의한 실험체의 방염성능 결과

상품명	방 염 처리방법	측 정 항 목		
		잔염시간 (초)	잔진시간 (초)	탄화면적 (cm <sup>2</sup> )
옥 양 목	미처리	-	-	375
	방염액 침지	0	0	22.7
	방화도료 양면도장	0	0	10.1
	방염액 + 방화도료	0	0	16.0
커 텐 지	미처리	-	-	375
	방염액 침지	0	0	25.5
	방화도료 양면도장	0	0	13.7
	방염액 + 방화도료	0	0	28.1
범 포 지 I	미처리	-	-	375
	방염액 침지	0	0	20.8
	방화도료 양면도장	0	0	12.0
	방염액 + 방화도료	0	0	21.6
범 포 지 II	미처리	-	-	375
	방염액 침지	0	0	27.0
	방화도료 양면도장	0	0	12.3
	방염액 + 방화도료	0	0	21.3

(실험체 3개의 평균값)

처리를 실시하지 않은 수직실험체 4종은 모두 전소하였으나 방염처리한 실험체 모두 수직불꽃에 대하여 적합한 방염성능을 갖춘 것으로 나타났다. 또한 점염시간을 12초, 30초, 60초로 변화시킴에 따라 탄화길어도 증가함을 알 수 있었다.

방염 후처리방법에 따른 방염성능을 비교하기 위해 12초 가열시험시 방염 처리방법에 대한 탄화길이의 변화를 그림 1에 나타내었다. 방염처리방법에 따라 방염성능의 차이를 보이고 있으나 방염성능 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 45도 방염성능 실험에서와 마찬가지로 방염액 침지처리한 실험체에 다시 방화도료를 양면도장 처리한 경우 오히려 방염성능이 저하되는 것으로 나타났다.

대형불꽃 실험에 의한 방염성능 결과는 실제 화재조건과 유사한 대형불꽃(목재크립)에 용접불티 차단막을 노출시켜 실제현장과 유사한 환경에서의 방염성능을 측정하여 표 7에 나타내었다. 실험결과 방염처리를 실시하지 않은 후처리제품 4종은 실험체 2.4 m 전체가 연소하였으나, 방염처리를 실시한 후처리제품 6종은 목재크립 화재에 의하여 착화되지 않았고 수직포로부터 용융불꽃이 낙하되지도 않아 적절한 방염성능을 갖는 것으로 나타났다.

표 6. 수직버너법에 의한 실험체의 성능결과

상품명	방염처리방법	탄 화 길 이 (cm)						잔 염 시 간 (초)		
		12초가열		30초가열		60초가열		12초가열	30초가열	60초가열
		최대	평균	최대	평균	최대	평균	최대 및 평균	최대 및 평균	최대 및 평균
옥양목	미처리	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	-	-	-
	방염액 침지	8.2	8.0	9.2	9.0	10.3	10.1	0	0	0
	방화도료양면도장	7.9	7.7	8.9	8.6	9.4	9.2	0	0	0
	방염액 + 방화도료 양면도장	10.5	10.2	12.4	12.2	19.5	19.2	0	0	0
커튼지	미처리	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	-	-	-
	방염액침지	6.1	5.9	8.4	8.3	9.5	9.3	0	0	0
	방화도료양면도장	4.7	4.5	7.8	7.6	8.7	8.5	0	0	0
	방염액 + 방화도료 양면도장	9.2	8.9	9.5	9.3	10.5	10.3	0	0	0
범포지 I	미처리	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	-	-	-
	방염액침지	4.4	4.3	7.1	6.9	9.2	8.9	0	0	0
	방화도료양면도장	1.8	1.7	5.5	5.3	7.6	7.3	0	0	0
	방염액 + 방화도료 양면도장	3.5	3.3	6.7	6.4	9.4	9.1	0	0	0
범포지 II	미처리	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	-	-	-
	방염액침지	0.6	0.6	4.5	4.2	7.4	7.2	0	0	0
	방화도료양면도장	0	0	4.4	4.2	7.0	6.7	0	0	0
	방염액 + 방화도료 양면도장	0	0	5.5	5.2	6.5	6.2	0	0	0

(실험체 4개에 대한 최대 및 평균값)

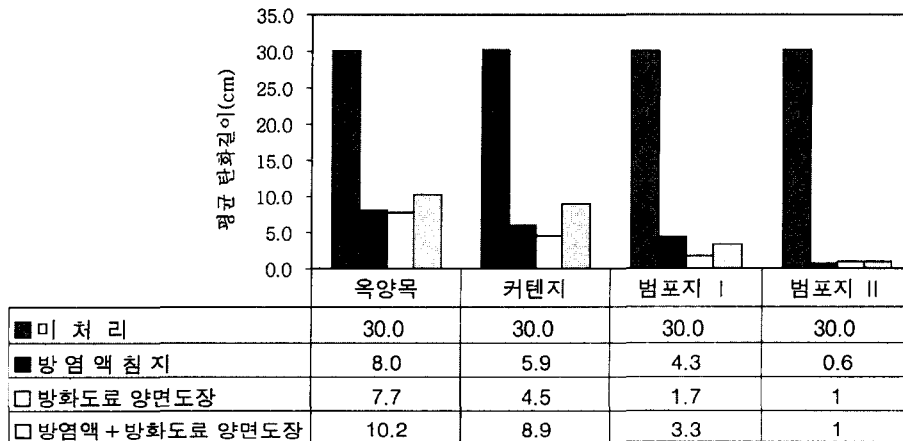


그림 1. 방염처리 방법에 따른 탄화길이의 변화(12초 가열).

3.2 난연성능 실험 결과

방염처리한 섬유류의 난연성능을 평가하기 위해 최소 산소지수법에 의해 난연성능을 측정된 결과를 그림 2에 나타내었다. 방염후처리를 실시하지 않은 실험체의 산소지수는 19~22를 나타낸 반면, 방염처리를 한

실험체의 산소지수는 46~64를 나타냈다. 화재예방을 위한 보호덮개 물질에 대한 최소산소지수는 LPS 1207<sup>18)</sup>에 따르면 23이상을 요구하고 있고, 미국 MIL-STD-2031(SH)<sup>19)</sup>의 잠수함 내부에 물질에 적용되는 최소산소지수는 35이상을 요구하고 있다. 이들 기준과 실

표 7. 대형불꽃에 의한 방염후처리 실험체의 방염실험 결과

상품명	방염처리방법	실험 결과		
		수직 Sheet로부터 용융불꽃 낙하여부	착화여부	착화시 불꽃도달거리
옥양목	미처리	용융불꽃 낙하없음	착 화 됨	2.4 m
	방염액 침지	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
	방화도료 양면도장	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
	방염액 + 방화 도료 양면도장	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
커텐지	미처리	용융불꽃 낙하없음	착 화 됨	2.4 m
	방염액 침지	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
	방화도료 양면도장	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
	방염액 + 방화도료 양면도장	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
범포지 I	미처리	용융불꽃 낙하없음	착 화 됨	2.4 m
	방염액 침지	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
	방화도료 양면도장	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
	방염액 + 방화 도료 양면도장	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
범포지 II	미처리	용융불꽃 낙하없음	착 화 됨	2.4 m
	방염액 침지	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
	방화도료 양면도장	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
	방염액 + 방화도료 양면도장	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
유리섬유 I	미처리	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-
유리섬유 II	미처리	용융불꽃 낙하없음	착화되지 않음	-

(실험체 3개의 평균값)

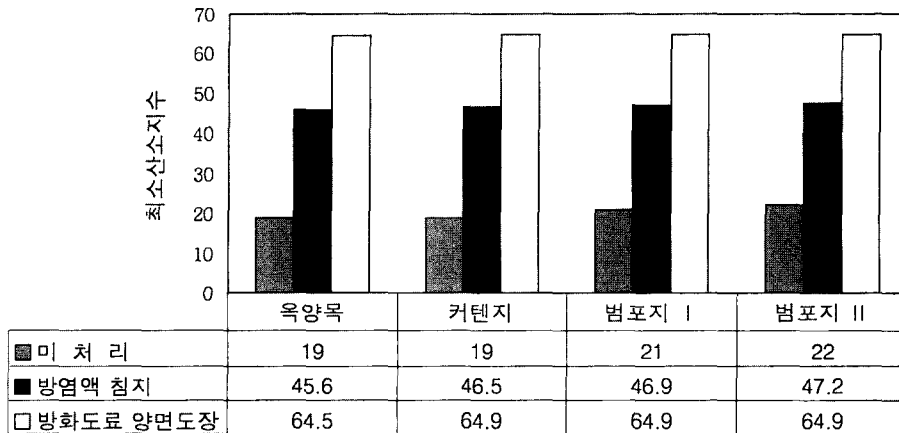


그림 2. 방염처리 방법에 따른 최소산소지수.

험결과를 종합할 때 방염처리된 섬유류의 최소산소지수는 국제기준을 초과하는 것으로 나타났다.

방염처리 방법에 따른 난연성능의 등급을 표 8에 나타내었다. 방염액의 미처리 보다는 방염처리를 실시함

에 따라 난연성능이 향상됨을 알 수 있었고, 방염액의 침지보다는 방화도료 양면도장으로 처리한 실험체가 난연성능이 우수하였다. 실험체 6종 중 유리섬유 원단 I(두께 0.35 mm)와 유리섬유 원단 II(두께 1.2 mm)는

방염처리를 하지 않은 경우는 난연 B급 성능을 갖지만 유리섬유(Fiber glass)에 방화도료를 양면도장한 경우에는 난연 A급 성능을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 유리섬유 수지를 코팅한 기존제품 2종은 원단에 방화도료 도장 등 적절한 방염처리를 실시하면 난연성능을 확보할 있을 것으로 판단된다. 방염액에 침지한 실험체 중 범포지 I, II(두께 0.8 mm 이상)인 면제품 2종은 난연 C급의 성능을 나타내었다. 또한 방화도료로 양면도장한 면제품 실험체중 두께가 얇은 옥양목과 커텐지(두께 0.8 mm 미만)는 난연 B급의 성능을 나타내었다.

### 3.3 용단불티 차단막의 착화 방지 성능

용단불티에 의한 가연물의 착화 위험성을 파악하기 위하여 4종류의 가연물을 지상에 두고, 높이 2 m, 6 m, 및 10 m에서 각 가연물의 착화 방지 성능을 관찰하였다. 수평 용접불티 차단막의 착화방지 성능은 각 용단작업 높이에서 낙하하는 비산불티에 의한 용접불티 차단막의 착화방지 성능을 측정하기 위하여 방염 미처리 제품과 난연 A급, 난연 B급, 난연 C급 제품을 수평으로 설치하여 용단실험을 실시하였다. 표 9에서 보는 바와 같이 2 m 높이에서의 용단불티는 난연 A급 성능을 갖는 용접불티 차단막이 착화방지성능을 갖고 있었으며, 6 m, 10 m 높이에서의 용단불티는 난연 C급 이상의 제품이 적절한 성능을 갖는 것으로 나타

표 8. 방염 후처리방법에 따른 난연성능 등급

상 품 명	미 처 리	후처리 방법	
		방염액 침지	방화도료 양면도장
옥양목	난연등급 외	난연등급 외	B급
커텐지	난연등급 외	난연등급 외	B급
범포지 I	난연등급 외	C급	A급
범포지 II	난연등급 외	C급	A급
유리섬유 원단 I	B급	-	A급
유리섬유 원단 II	B급	-	A급

표 9. 수평 용접불티 차단막의 착화방지 성능결과

높 이	착 화 여 부			
	미 처 리	난연 C급	난연 B급	난연 A급
2 m	착 화 됨	착 화 됨	착 화 됨	착화되지 않음
6 m	착 화 됨	착화되지 않음	착화되지 않음	착화되지 않음
10 m	착 화 됨	착화되지 않음	착화되지 않음	착화되지 않음

났다.

수직 용접불티 차단막의 착화방지 성능은 용접불티 차단막 제품을 수직으로 설치하여 용단작업시 비산하는 불티를 일정구획부분 이내에서 방호하도록 하는 적정 불티비산방지 성능을 측정하였다. 실험결과 난연 C급 이상의 성능을 갖는 용접불티 차단막 제품이 비산하는 용단불티에 의해 착화되지 않고 관통되지도 않는 것으로 나타났다.

## 4. 결 론

용접불티 차단막 개발을 위해 섬유류의 방염 후처리 실험을 통한 방염 및 난연성능 평가와 함께 가연물 착화 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 국내에서 유통되고 있는 섬유류에 대해 방염액 및 방화도료로 방염처리 한 후 방염 및 난연 성능실험을 실시한 결과 방염처리한 실험체는 모두 방염 성능 기준을 만족하였으며, 난연 등급은 A급에서 C급까지의 성능을 나타냈다.
- 2) 최소산소지수도 방염처리된 실험체 모두 국제 기준에 부합되는 것으로 나타났다.
- 3) 실험에 사용된 섬유류에 대해 방염처리 한 제품은 난연 A급의 성능을 유지하기 위해서는 두께 0.35 mm 이상의 유리섬유와 두께 0.8 mm 이상의 범포지 섬유제품에 대해 방화도료로 양면도장하는 것이 적절한 방염처리 방안인 것으로 나타났다.
- 4) 용접불티에 의한 가연물 착화성 실험결과 용접불티 차단막을 수평으로 설치하여 사용하는 경우에는 작업대 높이에 따라 난연 A급~C급의 성능을 갖는 제품을, 수직으로 설치하여 사용하는 경우에는 작업대 높이에 관계없이 난연 C급 성능을 갖는제품을 선정하여 사용하는 것이 용접불티에 의한 화재확산 방지를 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 이근원, "안전망 화재확산 방지를 위한 적정방염 처리

- 방안 연구”, 연구원 99-33-100, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원(1999).
2. 日本防炎協會, “防炎關係法規集”, (財)日本防炎協會(1991).
  3. KS F 8081, “건축공사용 시트”(1997).
  4. JIS A 8952, “建築工事用 ツ-ト”(1979).
  5. KS K 0770, “텐트의 방염성능 시험방법”(1996).
  6. ASTM D 4372, “Standard Specification for Flame-Resistant Materials used in Camping Tentage”(1993).
  7. CPAI 84, “A Specification for Flame Retardant Materials used in Camping Tentage”(1972).
  8. 이근원, 권오승, 하동명, “용접 불티 차단막의 방염 및 난연 성능 평가”, 화재·소방 학회논문지, Vol. 15, No. 2, pp.53-58(2001).
  9. LPS 1207, “Fire Requirements for Protective Covering Materials”(1994).
  10. BS 5852: Part 2, “Fire Tests for Furniture”(1982).
  11. KS M 3032, “산소지수법에 의한 고분자재료의 연소시험방법”(1995).
  12. JIS K 7201, “酸素指數法による高分子材料の燃焼試験方法”(1995).
  13. ISO 4589, “Plastics-Determination of Flammability by Oxygen Index”(1984).
  14. ASTM D 2863, “Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-like Combustion of Plastics (Oxygen Index)”(1991).
  15. KS F 2298, “건축공사용 시이트의 용접 및 용단불꽃에 대한 난연성 시험방법”(1995).
  16. JIS A 1323, “建築工事用 ツ-トの溶接及び溶断火花に對する難燃性試験方法”(1995).
  17. 渡初弘吉, “溶接火花の飛散範圍とガス着火”, 安全工學, Vol.5, No.2, pp112-118(1966).
  18. LPS 1207, “Fire Requirements for Protective Covering Materials”(1996).
  19. MIL-STD-2031(SH), “Fire and Toxicity Test Methods and Qualification Procedure for Composite Material Systems Used in Hull, Machinery, and Structural Applications Inside Naval Submarines”(1991).