

최 인 려 교수지도

석사학위청구논문

난연가공직물 특성에 관한 연구

2006

성신여자대학교 대학원

의류학과

김태미

# 난연가공직물 특성에 관한 연구

최 인 려 교수지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2006년 5월

성신여자대학교 대학원

의류학과

김태미

# 인 준 서

김태미의 석사학위 논문으로 인준함.

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

성신여자대학교 대학원

## 논문개요

산업화, 도시화에 따라 사람들의 생활환경이 점차 과밀화되고, 건물이 고층화되면서 대형화재로 인한 인명과 재산의 피해가 커지고 있다. 이러한 피해를 최소화하기 위해 건축용 내장재료, 실내장식용품, 의류 등의 섬유류에 대한 난연가공은 중요하며, 이에 대한 연구가 점점 중요하게 인식되어지고 있다.

섬유제품의 난연화에 대한 선진 외국의 법적 규제는 점점 강화되고 있고 그 범위도 확대되고 있으며 국내에서도 그 규제가 강화되고 있는 실정이다.

섬유소재 중 면, 모, 견, 마 등 천연섬유는 타기 쉽고, 레이온, 아세테이트, 아크릴, 폴리프로필렌 섬유 등은 천연섬유처럼 타기 쉬운 성질을 갖고 있다. 나일론과 폴리에스터는 비교적 불붙기가 어려워 타는 속도가 늦고 불이 멀리 퍼지는 것을 막아주는 성질이 약간 있다. 현재 사용되고 있는 대부분의 섬유는 최종적으로 화재의 위험으로부터 안전하지 않다. 그러므로 난연성 섬유의 개발과 함께 기존섬유의 난연가공이 적극적으로 이루어져야 한다.

셀룰로오스계 섬유는 이연성섬유로 난연가공이 한층 더 요구되며, 주로 후가공 방법으로 난연성이 부과된다. 가공법에는 스프레이 등을 이용해 일시적인 난연성을 주는 방법과 섬유 내부에 난연제를 중합체 형태로 존재시키는 방법, 난연제를 섬유와 화학결합시키는 방법이 있다. 혼방제품의 경우, 난연성이 있는 섬유를 85% 이상 함유해야 난연성이 나타나며, 면섬유 존재 하에서는, 합성섬유가 녹아 떨어지지 못하므로 그 연소성이 각 섬유 단독보다 높다는 보고가 있다.

본 연구는 면섬유의 난연처리의 최적화 조건을 알아보기 위해 면섬유의 난연가공시 섬유의 미세구조를 열어주는 머서화 전처리와 난연가공처리법에서의 습식고착방법의 도입이 면섬유의 난연성과 물성에 미치는 영향을 관찰하였으며, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 머서화 전처리에 의한 면섬유의 내부구조의 변화는 난연제 부착량을 증가시켜 난연 효율을 증가시켰으며 내세탁성을 향상시켰다.

둘째, 일반적으로 난연제의 부착량이 증가하면 인장강도가 다소 감소하나, 결정구조의 변화를 수반하는 머서화 전처리는 난연직물의 인장강도를 증가시켰다.

셋째, 난연가공 전의 포에 비하여 난연가공포의 무게와 두께가 증가한 것을 관찰할 수 있었다.

위의 결과를 통해 면섬유의 난연처리시 머서화 전처리와 난연가공처리법에서의 습식고착방법의 도입이 난연성을 증가시켜 주는 조건임을 알 수 있었으며 앞으로도 난연가공에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

# 목 차

## 논문개요

I. 서론	1
II. 이론적 배경	3
1. 섬유 물질의 연소	3
2. 난연가공이론	5
1) 난연제의 효과	5
2) 난연메커니즘	6
3. 난연가공	9
1) 셀룰로오스계 섬유의 난연가공	11
2) 단백질계 섬유의 난연가공	13
3) 합성 섬유의 난연가공	13
4. 난연성의 평가	14
1) 연소시험법	14
2) 45° 방화도 시험법	14
3) 후프법	14
5. 난연가공 제품의 안전성	15
1) 독성	15
2) 연소가스	15
3) 화상	16

<b>III. 연구방법</b>	-----	17
1. 시료와 시약	-----	17
2. 가공방법	-----	17
3. 측정 및 분석	-----	18
1) 한계산소지수의 측정	-----	18
2) 시료의 내세탁성	-----	18
3) 수분흡수성	-----	18
4) 인장강도측정	-----	19
5) 두께측정	-----	19
6) 중량측정	-----	19
<b>IV. 연구결과 및 고찰</b>	-----	20
1. 시료의 내세탁성과 한계산소지수(LOI)의 분석	----	22
2. 수분흡수성의 변화	-----	23
3. 인장강도의 변화	-----	24
4. 두께의 변화	-----	25
5. 중량의 변화	-----	26
<b>V. 결론 및 제언</b>	-----	28

참고문헌

ABSTRACT

## 표 목 차

<표 1> 섬유재료의 화염진파속도 -----	5
<표 2> 불연성 가스체에 의한 소염(消炎)효과 -----	8
<표 3> 각 섬유들의 한계산소지수(LOI) -----	11
<표 4> 섬유연소의 독성 -----	16
<표 5> 시료의 종류 -----	21
<표 6> 세탁전후 난연가공포의 LOI값 -----	22

## 그림 목 차

<그림 1> 고분자 물질의 연소과정 -----	4
<그림 2> 각 시료의 수분흡수성 -----	23
<그림 3> 각 시료의 인장강도 -----	24
<그림 4> 각 시료의 두께 -----	25
<그림 5> 각 시료의 중량 -----	26

# I. 서 론

현대사회가 산업화, 도시화됨에 따라 생활환경이 점차 과밀화되고, 건물의 고층화에 따른 대형화재의 각종 위험성은 그 피해가 커지고 있다. 이러한 피해를 최소화하기 위해 의류용을 비롯하여 건축용 내장재료, 실내장식용품 등의 모든 섬유류에 대한 난연처리는 중요하며 이에 대한 연구가 점점 중요하게 인식되어지고 있다.

의복의 일차적인 중요한 목적 중의 하나는 외부환경과 각종 위험으로부터의 보호이다. 난연성은 좋은 직물에 필요한 여러 성질 섬유유의 성질 중의 하나이며, 가연성 직물 법령은 보호법이기도 하다.

난연가공이란 자기 소화성이 갖지 않는 이연성 섬유나 난연성 섬유에 약품을 첨가함으로써 이들 섬유에게 내연성을 부여하는 것이다. 즉, “섬유가 타지 않게 하는 것”이 아니라 불꽃을 섬유에 가까이 접근시켰을 때 쉽게 불붙지 않도록 하고, 불꽃을 멀리하면 즉시 꺼지는 능력을 갖게 하는 가공이다. 가연성 섬유는 완전하게 불연화하기는 곤란하며, 착화성이나 불꽃을 일으켜 번져가는 연소성을 저하시키는 것이 주목적이 된다. 난연가공은 착용자에게 일시적인 안정성을 주고 직물의 난연성을 부여하기 위해 고안되었으며, 직물이 점화되거나 연소되는 것을 방해하지는 않지만, 점화와 연소의 비율은 가공으로 인해 늦어진다.

셀룰로오스계 섬유는 이연성으로 난연성의 필요성이 더욱 요구되며, 주로 후가공 방법으로 난연성이 부과된다. 혼방제품의 경우, 난연성이 있는 섬유를 85% 이상 함유해야 난연성이 나타나며, 면섬유 존재하에서는, 합성섬유가 녹아 떨어지지 못하므로 그 연소성이 각 섬유

유 단독보다 높다는 연구결과<sup>1)</sup>가 있다.

본 연구에서는 난연가공 직물이 촉감이 거칠어지고, 가공하지 않은 직물보다 내마모성이 적어지는<sup>2)</sup> 면직물의 난연가공시 머서화 전처리, 팽윤제의 첨가 및 습식고착법을 도입한 난연가공처리법이 면직물의 난연성과 물성에 미치는 영향을 검토하고 이를 통하여 최적 조건을 찾아보고자 한다.

송석규, 김경선, "혼방직물의 방염가공에 관한 연구," *한국섬유공학회지*, 15(3), 1978, pp. 18-36,

2) 안병기, *피복재료*, (서울 : 경춘사, 2004), p. 608.

---

1)

## Ⅱ. 이론적 배경

### 1. 섬유 물질의 연소

섬유 물질이 열에너지를 받아 분해 또는 해중합하여 가연성 기체 또는 증기로 발생하고, 이것이 공기와 혼합되어 가연성 혼합기류를 형성하여 최초의 열에너지 또는 별도의 점화원에 의해 발화된다. 이때 발생한 열이 다시 남은 섬유 물질을 가열하는 것을 반복함으로써 연소가 계속된다. 3)

연소란 물질의 산화에 따른 현상이다. 연소가 되기 위해서는 연소되는 물질, 산화 시켜주는 산소, 반응을 계속하게 하는 열(에너지 공급)의 3가지 조건 즉 연소의 3요소가 갖추어져야 한다. 4) 연소를 일으키지 않게 하거나 계속되지 않게 하려면 이 세가지 요소 중 한가지가 빠진 상태가 되도록 하면 된다.

<그림1> 은 고분자물질이 열에너지를 받아 분해 또는 해중합하여 가연성기체 또는 증기를 발생하고 이것이 공기와 혼합하여 가연성 혼합기를 형성하여 최초의 에너지 또는 별도의 점화원에 의해 발화하며, 그 열이 한층 더 미열부분을 가열하는 것을 반복함으로써 연소가 계속되는 고분자물질의 연소과정이다.

섬유는 가열, 열분해, 연소 및 전과 과정에 의해 연소된다.

가열은 섬유가 분해를 일으킬 때까지 온도가 높아지는 과정으로 화재의 위험 및 화상을 입을 수 있다.

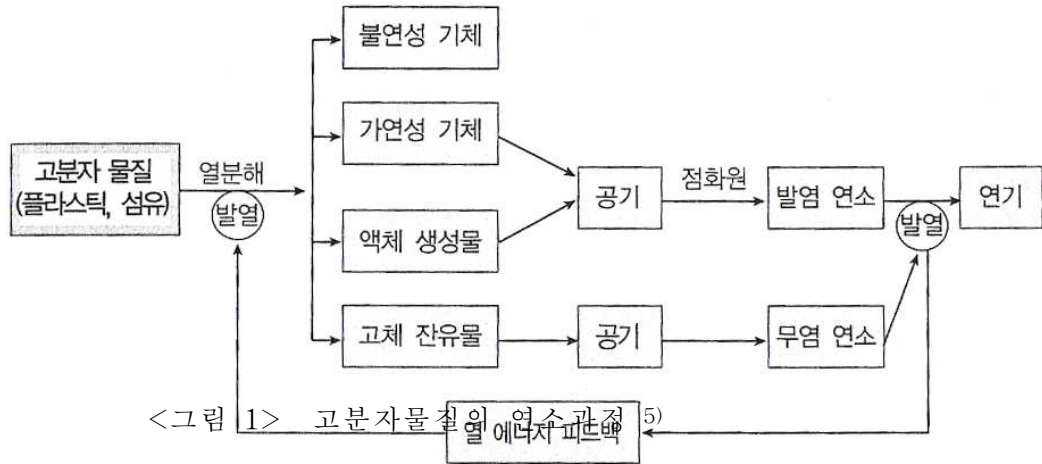
---

김영호 외. *기능성 섬유가공*. (서울 : 교문사, 2004), p. 191.

김수창, 이광우, 이은우, 장상희, 조인술, *섬유재료학*, (서울 : 형설출판사, 2004), p. 57.

3)

4)



열분해는 섬유 고분자 가운데 열적으로 불안정한 부분에서 열에 의한 분해가 일어나는 과정에서 피난이나 소화활동 장애의 위험성을 가지고 있다. 연소는 열분해에 의해서 생성된 가연성 연료가 공기 중의 산소와 결합하여 불꽃에서 열을 발생시키는 발열 반응이다. 이때 유독성 기체(가연성 기체, 비가연성 기체)가 발생하는 데 이는 중독사, 호흡 장애에 의한 사망으로 화재의 위험성은 단독 원인 보다는 여러 가지 원인이 이유가 되어 발생한다. 외부에서 가해진 열에 의해 섬유가 열분해 되어 가연성 연료를 생성하고 이 연료 중 일부가 공기 중의 산소와 결합하여 불꽃에서 연소하여 외부로 열을 발생시킨다. 이때 발생한 열이 다시 남은 섬유 물질을 가열하는 것을 반복함으로써 연소가 계속되며 전과과정이 이루어진다. 한국원사직물시험연구원 (FITI R&D)의 시험결과에 따른 섬유 재료의 화염전파속도는 <표 1>과 같다.

김영호, 상계서, p. 191.

5)

<표 1> 섬유재료의 화염전파속도

시 료 명	화염전파속도 (cm/sec)
아세테이트	0.435
폴리아크릴	0.345
목면	0.183
큐프라	0.246
비닐론	0.159
레이온	0.244
폴리노직	연소안됨
양모	연소안됨
견	연소안됨
* 산소농도 21%에서의 측정치	
* 수축하면서 연소하기 때문에 타 방향은 일정하지 않다.	

## 2. 난연가공이론

### 1) 난연제의 효과

난연제란 연소하기 쉬운 성질을 가진 고분자 재료에 할로젠, 인, 질소, 그리고 수산화 금속화합물 등의 난연성 부여 효과가 큰 화합물을 첨가함으로써 발화를 늦춰주고, 연소의 확대를 막아주는 물질

이라고 설명할 수 있으며, 그 효과는 섬유소재의 연소와 분해를 지연시키고 유도가스 및 연기의 방출을 감소시키며 액체로 녹아 떨어지는 현상을 피하는 것이다. 그러나 난연제는 단순히 난연효과만을 발휘해서는 실제 제품으로의 사용이 어렵고, 연소시 발연 및 독성가스의 발생이 적고, base polymer와의 혼합성도 좋아야 하는 등 여러 가지 요구조건<sup>6)</sup>을 만족시켜야 제품으로서 사용이 가능하다. 그뿐만 아니라 제품의 기계적인 물성에도 영향을 끼쳐서는 안된다.

## 2) 난연 메커니즘(mechanism)

섬유재료의 연소는 열, 연료, 산소의 3요소에 의해 발생하는 결과이다. 화재의 원인인 점화열은 섬유소재를 열분해시켜 가연성 가스를 발생시키고, 이 가스가 공기 중의 산소와 반응하여 연소될 때 발생하는 연소열은 다시 섬유소재로 피드백되어 연소가 계속적으로 진행된다. 그러므로 난연제는 발열, 분해, 점화, 불꽃 전파, 가스 발생 등의 단계에 직접 개입하여 순환을 차단하는 역할을 한다.

대표적인 난연이론은 피복이론(Coating theories), 가스이론(gas theories), 응축상이론(Chemical theories), 열적이론(Thermal theories) <sup>7)</sup>으로 아래와 같이 정리되어진다.

### (1) 피복이론

불꽃에 의하여 쉽게 용융되는 무기염류를 난연가공제로 사용하

박창순, 정우원, 난연제의 소개 및 최근 동향. 고무기술, (2000), p. 114.

김은애, 박명자, 신혜원, 오경화, 전개서, p. 199.

---

6)

7)

였을 때 이염류의 용융된 막이 섬유 표면을 피복하여 연소에 필요한 공기 중에 산소공급을 차단시켜 효과를 얻는다는 이론으로 주로 붕사( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )나 붕산( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )의 혼합물이 난연효과를 나타내는 것을 뒷받침하고 있다.

## (2) 가스이론

섬유에 불이 붙으면 섬유가 열에 의해 분해되어 가스가 발생하며, 이 가스가 공기와 반응하며 발생하는 열로 연소가 계속된다. 섬유의 난연화를 얻기 위해서는 이 분해가스를 억제해야 한다. 즉, 기체상 이론은 셀룰로오스계 섬유와 같은 가연성 물질의 열분해 생성물인 가스를 난연제의 열분해에 의해 발생하는 불연성 가스로 희석하여 가연성 가스를 방지한다는 이론이다.

난연제로 사용되는 화합물은 공통적으로 난연성을 갖는 원소들을 함유하는 물질로 구성되며, 난연제의 기능을 갖는 원소들은 주기율표상의 할로젠 원소들이다. 할로젠 원소인 브롬(Br), 염소(Cl)을 포함하고 있는 물질은 할로젠 라디칼 (Halogen radical)을 형성시켜 라디칼이 연쇄이동제로 활동하게 한다. 이때 각 단계에서 열분해로 인해 생기는 라디칼을 떨어뜨리게 함으로서 열분해 억제, 가연성 기체 발생 억제, 연소의 확대 방지 역할을 한다. 할로젠 원소가 함유되어 있는 섬유 소재에는 염소계 고분자(PVC, PVDC)와 불소계 고분자 (PVDF, PTFE) 등이 있다. 이들 고분자의 특징은 상당히 높은 난연성을 가지고 있으나 고가여서 섬유화가 어렵다는 단점이 있다. 이들은 특수한 방사법으로 섬유화가 이루어지고 있으며 이들 제품은 섬유보다는 산업용의 자재로 주로 이용된다.

<표 2>의 불연성가스체에 의한 소염(消炎)효과에서 보는 바와 같이 공기 중에서 각종 가스체가 연소할 수 있는 농도한계(濃度限界; limits of flammability)와 그 가스체가 그 한계 내에 있어서 불연화되기에 필요로 하는 불연성 가스체에 의한 최소의 희석비율(稀釋比率)이 있다<sup>8)</sup> 는 것을 알 수 있다.

<표 2> 불연성가스체에 의한 소염(消炎)효과

Gas	Flammable limits in air % by volume	Minimum % of diluent required to make mixture nonflammable in all proportions			
		H <sub>2</sub> O vapour	CO <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> Br	CCl <sub>4</sub>
carbon monoxide	12.5 ~ 77.5	54	52	6.2	2.0
methane	5.3 ~ 16.0	29	24	4.7	12.5
ethane	3.0 ~ 12.5	-	33	-	-
ethylene	3.1 ~ 32.0	-	40	11.7	-
benzene	1.4 ~ 7.1	35	31	7.8	-
(B) 응축상이론 acetaldehyde	4.1 ~ 55.0	-	79	-	-
acetone	3.0 ~ 11.0	-	-	-	-

섬유가 연소될 때 방염제에 의해 두가지 응축상 반응이 일어난다. 그 한 가지는 섬유의 분해가 촉진되어 낮은 온도에서 분해가 일어나며, 다른 한 가지는 섬유표면에 탄소 잔류층이 생기고 탈수소 반

이근원, 권오승, 박찬선, 이두형, 이복형, 안전망 화재확산방지를 위한 적정 방염처리방안 연구 : 화재방지포의 방염 및 난연 성능 기술지침 개발을 중심으로. (인천: 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 1999), p. 43.

8)

응을 유도하므로 이중 결합을 발생시키고, 이들이 다시 고리화학 반응이나 가교 반응으로 불연성 탄화 중류층이 생기게 되어 소재를 피복시키게 하는 것이다.

이때 난연제로 처리된 섬유는 보다 낮은 온도에서 분해가 일어나게 되어 발화온도에 이르기 전에 가연성 가스를 발생하며, 이때 보다 많은 양의 불연성 잔류물을 남기게 되므로 난연성을 가진다.

#### (4) 열적이론

용융이나, 승화와 같이 대량의 열을 필요로 하는 흡열 반응일 경우 불꽃의 열에너지가 가공체의 상변화(相變化 ; Phase change)에 소비되므로 섬유가 열분해점에 도달하는데 필요한 에너지가 부족해지도록 하는 이론<sup>9)</sup>이다. 가공체가 용융이나 승화시에 심한 흡열적인 상변화를 일으킬 경우 불꽃의 열 에너지가 가공체의 이러한 상변화에 소비되어 버림으로써 섬유를 열 분해점에 도달하기에는 열 에너지가 부족해지도록 한다는 것이다.

### 3. 난연가공

가연성 소재가 불에 잘 타지 못하도록 하는 방염과 난연은 같은 의미의 용어이다. 공업규격 등에서는 난연이라는 용어를 사용하고, 소방관계법령에서는 방염이라는 용어를 사용하고 있다. 방염가공 또는 난연가공이라 함은 직물 등 섬유제품에 화학적으로 약제 처리를 함으로써 불꽃을 가까이 하여 불이 붙으려 할 때 화염에 휩

김영호, 상계서, pp. 193-195.

---

9)

짜여 전부 타버리거나 불씨가 남아서 확산되지 않도록 불에 대한 저항성 또는 자소성을 부여하는 가공이다. 방염은 보통 난연성, 방염성, 내연성, 방연성, 연소성과 Flame Proofing, Fire Proofing, Flame Resistance, Fire Retardant 등 여러 가지 용어로 사용되고 있다.<sup>10)</sup>

섬유를 난연화하는 방법으로는 난연성 단량체를 통해 섬유 자체에 고유한 난연성을 갖게 하는 공중합시키는 방법, 방사시 방사액에 난연제를 첨가하는 방법, 후가공에 의한 방법<sup>11)</sup> 등을 들 수 있다. 후가공에 의한 난연성의 부여는 면, 모와 같은 천연섬유에 주로 사용하며 표면에 난연제를 처리하여 고정하는 것으로 모든 섬유에 이용가능한 방법이다.

적은 양의 난연제를 부여하여 충분한 난연성을 줄 수 있지만 내세탁성에 대한 규제가 엄격하다. 미국, 유럽 등 외국에서는 노인이나 아동이 입는 잠옷류, 폴라플리스, 봉제 완구류와 같은 제품에는 반드시 난연성이 있는 소재를 사용하여야 하며 반복되는 세탁에도 난연성이 유지될 것을 규정하고 있다. 높은 내세탁성이 요구되기 때문에 대부분의 의류에 많은 양의 난연제를 처리해야 하므로 촉감이 나빠지는 단점이 있다.

의류용 소재에 이용되기 위해서는 난연가공 직물은 난연성 뿐만 아니라 흡습성, 흡수성 투습성과 같은 수분특성이 우수해야 하며 물리적 성질이 저하되지 않아야 한다. 대부분의 다른 가공제와 마찬가지로 난연가공된 직물의 경우 처리 직물의 강도저하와 흡습성 및 촉감의 저하가 문제가 된다.

(1978), pp.688-697

조길수, 정혜원, 송경현, 권영아, 유신정, *새로운피복재료학*. (서울: 동서문화원, 2003), p.250.

---

10) ASTM (American Society for Testing Material). D 1230.

11)

난연가공은 내구성에 따라 일시적 방염가공, 준내구성 난연가공, 내구성 난연가공으로 나눌 수 있는데, 난연가공 연구는 한번의 가공으로 그 효과가 지속되는 내구성 난연가공에 집중되어 있다.

섬유제품의 난연성을 평가하는 방법으로 한계산소지수 (LOI, Limiting oxygen index)가 있다. 일반적으로 LOI값이 27 이상인 경우 난연성이 있다고 한다. 각 섬유의 한계산소지수값을 <표 3> 과 같이 정리하였다.

<표 3> 각 섬유들의 한계산소지수(LOI) 12)

섬유	LOI	섬유	LOI
PVC	35-40	양모	24-25
PBI	35-38	폴리에스터	20-23.5
멜라민	27-31	아크릴	18-20
노멕스, 케블라	26-31	폴리프로필렌	18-20
Kermel	26-28	비닐론	19.5-20
난연가공이라 하면	일반적으로 섬유로 만든 다음	난연제를 고착	18-20
보다 크릴	25-32	해어은	18-21
사키는 후처리 방법을	말한다. 가장 바람직한 방법은 기존의 후가	면	18-21
난연 폴리에스터	28		
공 장비와 코팅 장비를	이용해서 난연성을 부여하는 것이다.		

1) 셀룰로오스계 섬유의 난연가공

조길수, 정혜원, 송경현, 권영아, 유신정, 전개서, p.249

12)

면이나 레이온과 같은 셀룰로오스계 섬유는 이연성섬유로 난연가공이 한층 더 요구되며, 후가공 방법으로 방염성이 부여된다. 난연가공에는 스프레이 등을 이용해 일시적인 난연성을 주거나, 섬유 내부에 방염제를 중합체 형태로 존재시키는 법, 그리고 방염제를 섬유와 화학결합시키는 방법의 내구성 난연가공의 두 가지로 설명할 수 있다. 혼방제품의 경우 난연성이 있는 물질을 85% 이상 함유해야 방염성이 나타나며, 면섬유 존재 하에서는, 합성섬유가 녹아떨어지지 못하므로 그 연소성은 각 섬유 단독보다 높다.

#### (1) 일시적 난연가공

일시적으로 난연성을 갖게 하기 위해서는 난연제 수용액에 셀룰로오스 제품을 패드-드라이방식으로 가공한다. 난연성은 뛰어나지만 세탁을 하면 효력이 떨어진다. 섬유 표면에 피막을 만드는 방법은 가연성 기체가 밖으로 나오지 않게 하거나 공기가 들어오지 않도록 하여 연소를 막아주는 방법으로 인산 암모늄염, 인산 등을 사용하는 경우이다. 산화철, 산화납, 산화주석, 안티몬 염을 사용하는 경우는 섬유의 표면을 단열성이 있는 재료로 덮어 섬유의 열분해를 방해하는 방법이며 탄산암모늄, 염화암모늄, 염화마그네슘을 사용하는 경우는 불꽃을 만나 불연성 기체를 내는 가공제를 사용하는 방법이다. 13)

#### (2) 내구성 난연가공

김영호, 전계서, p. 201.

---

13)

셀룰로오스계 섬유에 사용되는 내구성 난연제는 THPC, THPOX, 인산염, 인산아마이드, 인산비닐유도체, APO 등과 같은 반응성 유기인 화합물이 있다. 대부분 수지가공제와 병용하여 셀룰로오스의 하이드록시기와 가교결합을 형성하는 반응 형태를 취한다. 촉감저하, 물성 저하 및 내세탁성 등이 중요하다.

## 2) 단백질계 섬유의 난연가공

양모섬유는 LOI값 25 정도로 난연성 섬유에 속한다. 양모는 연소시에 연기의 발생량은 적으나, 유독가스를 발생시킨다. 또한 선진국의 유아 및 어린이용 난연규격인 LOI값이 27-28에 도달하기 위해 난연처리가 필요하다.

## 3) 합성섬유의 난연가공

대부분이 섬유제조 공정에서의 공중합이나 방사시 난연제를 첨가하는 방법을 취한다. 일부 후처리법을 행하기도 한다. 난연제를 첨가할 때 중요한 것은 섬유 내 분산성, 열에 대한 안정성이다. 폴리에스터나 나일론에 첨가되는 난연제는 열안정성을 가져야 되고 용융체의 분해나 점도에 영향을 주지 않아야 하므로 대표적인 것으로는 할로젠을 기본으로 한 유도체 화합물이나 인 유도체 화합물이 있다. 아크릴 섬유의 난연성은 난연성 단량체의 함량을 조절하여 얻을 수 있고 대표적인 섬유는 모다크릴로 이미 상품화되어 있다.

#### 4. 난연성의 평가

대표적인 난연성 평가방법은 섬유의 연소에 필요한 산소의 백분율을 의미하는 한계산소지수(LOI)와 850℃에서 남아 있는 탄화잔류물의 중량(%)을 표시하는 CR(char residue) 등이 주로 이용된다. 의류용 얇은 천의 난연성 평가는 연소시험법, 45° 방화도 시험법, 후프법 등이 이용된다.

##### 1) 연소시험법

연소시험법은 수직으로 걸린 직물에 진파되는 불꽃의 속도를 측정하는 방법이다. 그러나 연소성이 큰 직물에는 적합하지 않고 연소 속도가 낮은 직물에 적합하다.

##### 2) 45°방화도 시험법

45° 방화도 시험법은 시험직물을 45° 경사방향으로 걸어놓고 연소시킨 다음, 불꽃의 잔류시간, 불꽃 소멸 후 타들어가는 시간, 탄화 길이로 방화도를 평가한다. 타는 동안 늘어지는 직물에는 적합하지 않다.

##### 3) 후프법

후프법은 시료직물을 반원틀(semicircular frame)에 걸어 놓고 불꽃의 진파속도를 측정하는 방법으로 타는 동안 늘어지는 직물에는

적합하지 않다.

## 5. 난연가공 제품의 안전성

### 1) 독성

난연가공에 사용된 난연가공제가 인체에 안전한가에 대한 검증이 필요하다. 1970년대 미국에서 난연화 폴리에스테르 섬유의 대표적인 가공제였던 트리스(2,3-디브로모프로필) 포스페이트에 발암성의 의심이 발표되어 전면적으로 사용 금지에 이른 예는 유명하다. 최근에는 일부의 브롬계 방향족 화합물이 다이옥신류의 문제로 화제가 되고 있다. 난연성 섬유 제품의 대부분에는 전술한 바와 같이 인 화합물이라던가 할로젠 화합물이 사용되고 있다. 이러한 것을 고려하여 각 메이커에서는 안전성의 확인을 위하여 많은 돈을 개발비를 지불하고 있다. 안전성을 확보하는 것이 중요하다 하겠다.

### 2) 연소가스

섬유가 열분해 되면 유독가스를 발생시키므로 탁상보, 커튼, 카펫들의 특히 대량으로 사용되는 인테리어 재료에서는 더욱더 난연가공이 필요하다. 화재의 피해는 연기독성에 의하여 큰 피해를 입을 수 있기 때문이다. <표4>는 섬유연소시 화재 초, 중, 최성기에 따른 독성에 관한 시험 결과를 나타내고 있다. 난연성 섬유 제품은 초기 화재에서 진화 또는 그 시간을 연장하여 건물 내의 사람들의 피난을 돕는 것을 목적으로 하고 있다.

<표 4> 섬유연소의 독성 (생쥐시험결과)

공기중산소농도	화재초기(400℃)	화재중기(700℃)	화재최성기(400℃)
	= 21vol%	= 21vol%	= 21vol%
폴리에스터	가벼운 이상	가벼운 이상	이상
면	이상	이상	이상
플라염화바닐	이상	이상	이상
비닐론	이상	경련	경련
나일론	가벼운 이상	4분후 사망	3분후 사망
양모	이상	10분후 사망	3분후 사망
아크릴	경련	4분후 사망	3분후 사망
모드아크릴	4분후 사망	4분후 사망	4분후 사망
3) 화상			

용융 난연섬유 제품을 잠옷류 등의 의류 용도로 사용할 경우 용융한 폴리머의 부착에 의한 부분적인 화상의 염려가 있다. 난연성 섬유는 가연성 섬유 제품을 사용할 때와 같은 큰 화상을 일으키는 것은 아니나, 일반적인 의류와 같은 섬유 성능이 요구되고 있다. 난연성 섬유는 현재의 경우 모든 점에서 충분하다고는 말할 수 없으나 만일의 사고시, 그 효과를 기대할 수 있다.

### Ⅲ. 연구방법

#### 1. 시료 및 시약

본 연구에 사용된 시료는 한국의류시험검사소에서 구입한 평직의 표준 백면포를 사용하였다.

본 실험에 사용한 시약은 NaOH, KOH, CH<sub>3</sub>COOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 등은 시판품의 1급 시약을 그대로 사용하였다.

난연제로 Pyrovatex CP New를 사용하였고, 난연조제는 HMM(hexamethylene melanine)를 사용하였다.

#### 2. 가공방법

면섬유의 미세구조를 열어주기 위하여 머서화 처리, 습식고착방법을 병행하여 난연처리하였다.

머서화 처리는 30×30 cm<sup>2</sup> 크기의 면직물을 스테인레스 스틸 틀을 이용하여 수축이 일어나지 않도록 고정시킨 후 18% 알칼리 용액에 5분간 침지시켰다가 꺼내서 충분히 수세한 후, 1% 아세트산 용액으로 중화 처리한 후 ~~✕~~세 건조하였다. 알칼리는 NaOH, KOH를 이용하였다. 머서화 처리 온도는 0℃, 20℃로 하였다.

난연처리는 30×30cm<sup>2</sup> 크기의 정련한 면직물을 욕비 1:30의 패딩액에 5분간 침지 후 wet-pick-up이 90-100%되도록 패딩한 후 시험포를 핀 프레스임에서 걸어 100℃에서 5분간 건조한 뒤 150℃에서 4분간 열처리하였다. 열처리가 끝난 가공포는 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 수용액으로 2분간 수세하고 증류수로 충분히 행군 후 자연건조하였다.

### 3. 측정 및 분석

#### 1) 한계산소지수(Limiting oxygen index)의 측정

난연성 평가는 한계산소지수치를 기준으로 판단한다. 한계산소지수 실험은 KS, JIS, ISO, ASTM 기준에서 규정하고 있다. 이 기준들을 비교 검토한 결과 성능 실험절차가 거의 유사하다. 산소지수식 연소성 시험기를 사용하여 ASTM D 2860 의 방법으로 측정하였다.

$$LOI = \frac{\text{산소체적}}{\text{산소체적} + \text{질소체적}} \times 100$$

#### 2) 시료의 내세탁성

KS K 0430의 세탁견뢰도 시험방법에 준하여 40℃에서 세제농도 5g/l로 30분간 세탁하였다.

#### 3) 수분흡수성

시료를 1 1 inch<sup>2</sup> 로 잘라서 증류수에 담근 후, 실온에서 24시간 방치하였다. 건조시료의 무게와 습윤 시료의 무게를 구하여, 건조시료의 무게와 습윤 시료의 무게의 차이를 건조시료의 무게에 대한 백분율로 계산하여 수분흡수성을 산출하였다.

X

$$\text{수분흡수성} = \frac{\text{습윤시료의 무게} - \text{건조시료의 무게}}{\text{건조시료의 무게}}$$

4) 인장강도측정

ASTM D 1682 의 측정법에 의해 25mm×150mm 크기의 직물을 인장속도를 분당 60±5mm로 인장하여 측정하였다.

5) 두께측정

KS K 0506 의 측정법에 의해 두께측정기로 난연가공전후직물의 두께변화를 관찰하였다.

6) 중량측정

KS K 0514 의 측정법에 의해 난연가공전후직물의 중량변화를 관찰하였다.

## IV. 연구결과 및 고찰

본 연구에서 면직물에 난연성을 부여하기 위해 후가공법을 이용하여 난연가공을 다양한 방법으로 실시하였다. 난연가공제가 도입될 때 가교가 형성되는데, 가교 형성시 내부구조를 열어주기 위하여 머서화 처리와 습식고착법으로 가공하였다. 습식고착법은 비닐백 내에서 건조시 형성된 수증기에 의해 가공제가 섬유내부로 균일하게 침투되도록 해준다. 또한 섬유를 팽윤시켜 내부에 수지가 고착될 수 있도록 해준다고 알려져 있다.

7종의 시험포를 대상으로 난연성 평가와 함께, 내세탁성도 함께 관찰하였으며, 의류용으로 사용되었을 때 꼭 필요한 흡습성, 흡수성, 투습성 등과 같은 수분특성과 인장강도와 두께, 중량 등의 물리적 특성을 함께 관찰하였다. 다양한 난연가공 방법을 실시하여 얻은 시험포를 <표 5>와 같이 정리하였다.

<표 5> 시료의 종류

sample No.	실험포의 조건
1	미처리포
2	pad-dry-cure 처리포
3	습식고착법으로 처리포
4	NaOH 수용액, 20℃에서 머서화 후, pad-dry-cure 처리포
5	NaOH 수용액, 0℃에서 머서화 후, pad-dry-cure 처리포
6	KOH 수용액, 0℃에서 머서화 후, 습식고착법으로 처리포
7	NaOH 수용액, 0℃에서 머서화 후, 습식고착법으로 처리포

1. 시료의 내세탁성과 한계산소지수(LOI)의 측정

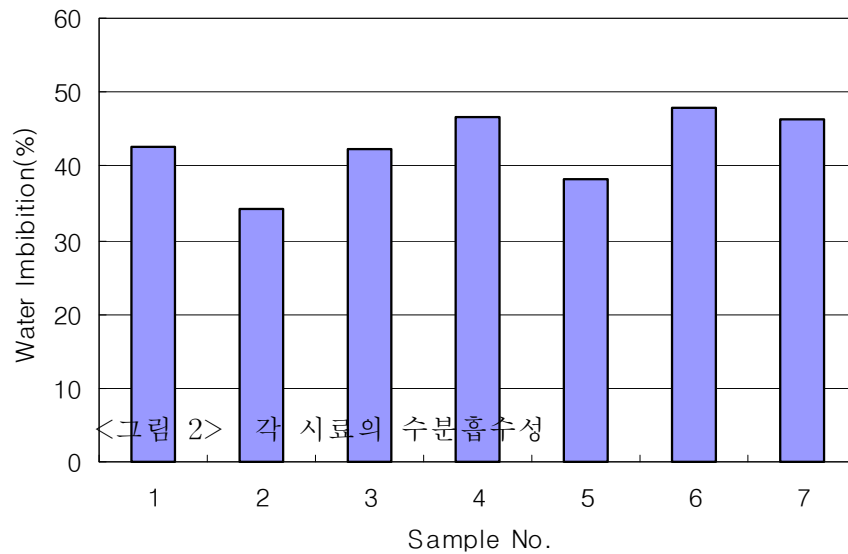
<표 6>은 세탁전후 난연가공포의 LOI값을 비교하여 정리한 것이다. 난연처리 가공직물의 난연성을 LOI 값으로 비교해 보면, 부착량이 증가할수록 면직물의 난연성은 증가하였다. 팽윤제와 머서화 전처리에 의해 난연성이 증가하였으며 10회 세탁 후에도 90% 이상 유지되어 우수한 세탁 내구성을 나타내었다. 전반적으로 습식 고착법으로 처리시 세탁내구성이 향상되었다. 결론적으로 난연제의 부착량이 증가할수록 LOI값이 커지고 잔류탄화물의 양이 점점 증가하는 것을 관찰할 수 있으며 최대무게감소속도는 감소함을 보여 주어 가교가 많이 형성되었음을 보여준다.

<표 6> 세탁전후 난연가공포의 LOI값

sample No.	세탁전	10회 세탁후
1	16	16
2	26	22.5
3	27.5	26
4	27	25
5	30	27.5
6	32	31
7	28	27

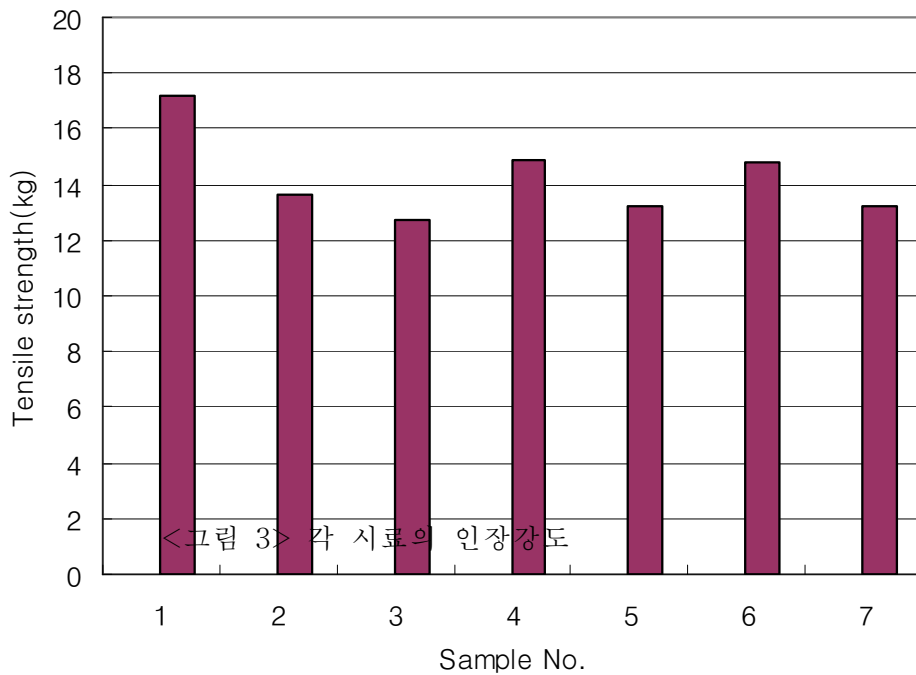
## 2. 수분흡수성의 변화

<그림 2>에서 각 시료의 수분흡수성의 변화를 나타낸 것이다. 직물의 수분 흡수성은 섬유 내부부피의 변화를 고찰할 수 있는 값으로 난연처리로 인하여 가교의 형성으로 물침투가 제한되어 흡수성은 감소한 것을 보여주고 있다. 즉, 가교가 도입되어 흡습, 탈습성이 저하하게 된다. 일반적인 pat-dry-cure법으로는 흡수성이 저하되지만, 머서화 전처리, 습식고착, 팽윤처리에 의해서 향상된 것을 관찰할 수 있었다.



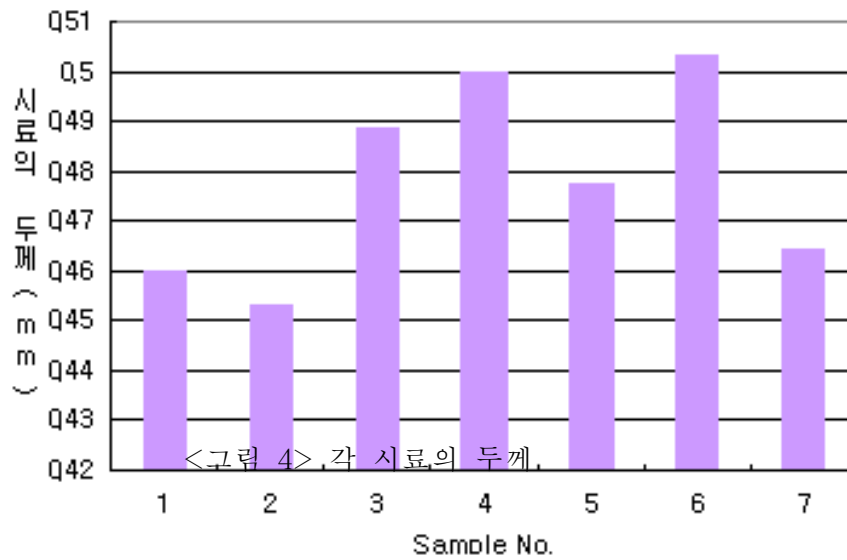
### 3. 인장강도의 변화

<그림 3> 각 시료의 인장강도를 비교하여 보면 난연가공시 인장강도가 감소한 것을 볼 수 있으며 면섬유의 가공에 의한 가교의 형성으로 면섬유의 비결정영역의 경화가 일어나 응력이 집중되므로 팽윤처리, 습식고착처리로 부착량이 증가할수록 인장강도가 감소하였다. 머서화 처리한 경우는 결정구조의 변화가 일어나 인장강도가 증가하였다.



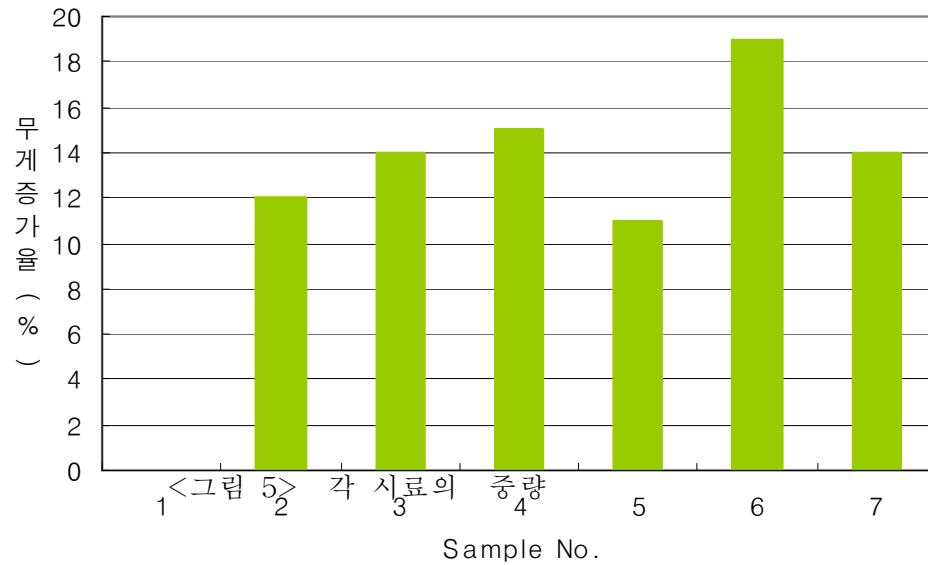
#### 4. 두께의 변화

<그림 4>의 각 시료의 두께를 살펴보면 pat-dry-cure법으로 난연가공시 가교형성으로 인해 두께가 감소하는 것을 볼 수 있다. 그러나 머서화 처리와 습윤고착법으로 처리시 시료의 두께가 증가한 것을 보여주고 있다.



## 5. 중량의 변화

<그림 5> 각 시료의 중량변화를 살펴보면 난연가공시 난연제의 부착으로 인해 전반적으로 중량이 증가한 것을 볼 수 있다.



실험 결과, 일반적으로 pad-dry-cure법으로 처리하였을 때보다 습식고착법으로 처리한 경우, 난연가공제가 더 많이 부착되어졌으며 머서화에 의하여 섬유 내부구조가 많이 열려져 부착량이 현저히 증가하였음을 보여준다.

머서화 처리시 알칼리의 종류에는 크게 영향을 받지 않는 것으로 보여진다. 난연가공효과를 높이기 위해 사용한 머서화 가공시 머서화 온도는 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 0℃로 머서화 한

후 난연가공한 가공포가 가장 난연제의 첨가량이 높은 것으로 나타났다. 이는 처리온도가 낮을수록 팽윤이 증가하고 비결정영역의 증가하여 난연제의 침투가 용이하기 때문으로 사료되어진다.

## V. 결론 및 제언

의류용 소재에 사용되기 위해서는 가공직물의 난연성 뿐만 아니라 수분특성이 우수하여야 하고, 물리적 성질이 저하되지 않고 내세탁성도 우수해야 한다.

본 연구의 목적은 면직물을 난연가공할 때 머서화 전처리, 습식고착법의 도입이 면직물의 난연성과 물성에 미치는 영향을 검토하고 이를 통하여 최적조건을 찾고자 하는 데 있다.

난연가공직물의 내부구조의 변화, 난연성, 열적 특성과 물성변화를 관찰하고, 흡습, 흡수성의 변화를 살펴본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 면섬유의 내부구조의 변화는 난연제 부착량을 증가시켜 난연효율을 증가시켰으며 내세탁성을 향상시켰다.
2. 머서화 전처리, 습식고착법의 도입으로 난연가공직물의 흡습성과 흡수성이 향상되었다.
3. 습식고착법의 도입으로 난연제의 부착량이 증가하여 인장강도가 다소 감소하였다. 그러나 결정구조의 변화를 수반하는 머서화 전처리는 난연직물의 인장강도를 증가시켰다.
4. 가공전의 포에 비하여 난연가공포의 무게와 두께가 증가한 것을 관찰할 수 있었다.

5. 난연제 부착량이 증가할수록 뺏뺏해졌다.

6. 머서화 처리시 알칼리의 종류에는 크게 영향을 받지 않는 것으로 보여진다.

7. 0℃로 머서화 한 후 난연가공한 가공포가 가장 난연제의 첨가량이 높은 것으로 나타났다.

이상의 결과를 통해 본 연구에서는 면섬유의 난연처리시 머서화 전처리와 난연가공처리법에서의 습식고착방법의 도입이 난연성과 물성을 증가시켜 주는 최적 조건임을 알 수 있었다.

## 참고문헌

### <국내문헌>

- 공석봉, 소황옥. (2002). *패션소재의 이해*. 중앙대학교 출판부.
- 강종석. (2004). *고기능성 소재기술*. 한국과학기술정보연구원.
- 김선경, 이희선. 1997. “유아복 섬유소재에 대한 소비자의 관심도 연구.” *복식문화학회*, 5(1), pp. 137-150.
- 김준 . 1995. *패션소재의 지식 (피복재료)*. 서울 : 수학사.
- 김진화, 김이영, 위옥경, 유성희, 조미옥, 이금녀, 이영해, 최문희, 허윤영. 1986. “ 방염가공에 관한 실태조사.” *婦學*. 19, 연세대학교 가정대학, pp. 22-25.
- 김수창. 2004. “인 화합물 처리한 폴리에스테르 DTP 매체의 날염성과 방염성.” *한국의류산업학회지*. 6(5), pp.667-672.
- 김수창, 이광우, 이은우, 장상희, 조인술. 2001. *섬유재료학*. 서울 : 형설출판사
- 김영호 외. 2004. *기능성 섬유가공*. 서울 : 교문사.
- 김은애, 박명자, 신혜원, 오경화. 2000. *의류소재의 이해와 평가*. 서울 : 교문사
- 남상우. 1987. “Borax 및 Boric acid에 의한 면직물의 일시적 방염가공.” *대한가정학회지*. 25(1), pp. 43-50.
- 박병기, 김찬영. 2000. *섬유공학의 이해*. 서울 : 시그마 프레스.
- 박창순, 정우원. 2000. “난연제의 소개 및 최근 동향.” *교무기술*, 1(1), pp.114-122.
- 송화순 역. 1996. *신직물소재입문*. 서울 : 경춘사.

- 소황옥, 주영주. 2005. *패션소재 실험*. 서울: 중앙대학교출판부.
- 신소재연구회. 2002. *21세기를 뒷받침 할 신소재·신재료*. 겸지사
- 유혜자, 이진숙, 이혜자. 2000. *피복과학실험*. 서울: 형설출판사.
- 안병기. 2004. *피복재료학*. 서울 : 경춘사
- 안영무. 2002. *디지털시대의 의류 신소재*. 서울 : 학문사
- 이근원, 권오승, 박찬선, 이두형, 이복형. 1999. *안전망 화재 확산방지를 위한 적정 방염처리방안 연구 : 화재방지포의 방염 및 난연성능 기술지침 개발을 중심으로*. 인천: 한국산업안전공단 산업안전보건연구원 . pp.39-57.
- 이정민. 2000. *섬유가공학*. 서울 : 형설출판사.
- 이혜자, 이진숙, 유혜자, 송경현, 안춘순. 2001. *21세기를 위한 의류소재의 이론과 실제*. 서울:형설출판사.
- 조길수. 2004. *최신의류소재*. 서울 : 시그마프레스.
- 조길수, 정혜원, 송경현, 권영아, 유신정. 2003. *새로운피복재료학*. 서울 : 동서문화원
- 중소기업청. 1999. *'99기술수준평가보고서 (섬유분야)*. 서울: 중소기업청
- 지주원, 송경근. 2003. "면편성물의 방염처리에 의한 방염성과 물성 변화." *한국의류학회지*, 5(3), pp. 273-282.
- 지주원, 오경화. 2000. "MDPPA/HMM 처리 면직물의 고착방법에 따른 방염성과 물성의 변화." *한국의류학회지*. 24(1), pp. 15-23.
- 許泳祐,宋石圭. 1975. "難燃處理 綿纖維의 難燃性能과 熱分解舉動에 關한 研究." *한국섬유공학회지*. 12(2), pp.14-24
- 홍병숙, 김용덕. 1999. "유아복의 의류장해 실태와 환경마크 제품구

매.” *중앙대학교 생활과학연구소*, 12(1), pp. 193-211.

<국외문헌>

- Grand A. F. and C. A. Wilhie (2000). *Fire Retardancy of Polymeric Meterial*. New York : Marcel Dekker, Inc.,
- Chandler, J. and Zeronian, S. H. 1979. "How Finishies After the Moisture-Related Properties of Cotten Fabrics." *AATCC*, 11(3), pp.20~25.
- Chamberlain. D. L. 1978. *Flame Retardancy of Polymeric Meterials*. New York : Mecel Dekke.
- Turi. E. A. 1983. *Thermal Characteization of Polymeric Materials*. New York : Academic Press.

# ABSTRACT

## **A Study on Flame-retardant Finished Fiber**

**Kim, Taemi**

**Dept. of Clothing**

**Graduate School**

**Sungshin Women's University**

It is widely accepted that living environment today is increasingly becoming overly-crowded on account of ongoing industrialization and urbanization. Moreover, an extensive conflagration due partly to the tendency to construct bulky buildings with higher stories, often has resulted in a greater loss of human lives and properties. In order to effectively counteract with the aforementioned, it is extremely important that some textiles, such as interior-constructing material, interior decoration supplies and clothing, should be manufactured with flame-retardant. Therefore, an in-depth research into this matter is getting more popular and receiving a widespread attention.

Today, the legal regulations in textile products with flame-retardant are becoming more intensified and tightly reinforced both in developed nations and within the domestic

region. Among the various fiber material, most natural fibers such as cotton, wool, silk and hemp tend to be inflammable. In addition rayon, acetate, acrylic and polypropylene fibers also tend to be inflammable, whereas nylon and polyester tend to be more or less non-inflammable. Unfortunately, most fibers in use today are not wholly safe from fire. As a result, it is of greatest importance that development of a new flame-retardant fiber and manufacturing the existing fibers flame-retardant finished should become more propagated and actively sustained.

With respect to the cellulose fiber, flame-retard manufacturing becomes even more essential owing to its higher inflammability. Largely, the cellulose fiber is turned into flame-retardant fiber by means of applying post-manufacturing methods, namely using a spray to make it temporarily flame-retardant, creating a polymer inside the textile and carrying out chemical combinations of flame-retardant material and the fiber. In the case of a blended fiber, any flame-retardant fiber should be contained more than 85 percent to make the blended fiber flame-retardant. However, when it comes to cotton-blended fiber, the inflammability becomes higher than each separate constituent of the blended fiber alone, attributable to the fact that the blended fiber cannot totally burn out.

This experiment, so as to find the best possible conditions for optimization of Flame-retardant Finished Process, has fully

observed and delved into any impacts on non-inflammability and a property of matter of the cotton fiber, caused by pre-mercerization to widely open minute structure of the fiber while flame-retardant processing of cotton fiber, and introducing and implementing wet-fixation technique during the flame-retardant manufacturing process. In accordance with this study, the following phenomenal results have been obtained.

First of all, the chemical alteration of the inner structure of the cotton fiber initiated by pre-mercerization has drastically increased the adhering amount of flame-retardant material, effectively expanding the flame-retardant efficiency as well as elevating washability of the fiber.

Subsequently, pre-mercerization that expedites change of the crystal structure has effectively improved the tensile strength of the flame-retardant textile, in spite of the fact that the rise in adhering amount of flame-retardant material generally lowers the tensile strength.

Thirdly, it has been ascertained that the weight and thickness of the flame-retardant manufactured portion has been greater than those without flame-retardant finished process.

From the above mentioned, it has been found out that conducting pre-mercerization when flame-retardant processing of cotton fiber and applying wet-fixation technique during the flame-retardant manufacturing process are unarguably concluded to be the requisites to increase the flame-retardability or non-inflammability. Accordingly, it is strongly recommended and asserted that more comprehensive and thorough research into the flame-retardant manufacturing is undoubtedly essential for generations to come.