

난연섬유제품의 최근 동향

박윤철 · 한국생산기술연구원 섬유소재본부 디지털가공팀

1. 서론

난연가공은 섬유소재를 타지 않게 하는 가공으로 생각할 수도 있으나 실제로는 가공방식에 의해 섬유에 어떤 가공제를 첨가해 줌으로써 분해 및 증발 과정에서 가연성 가스의 발생을 억제하거나 산화과정에서 연소의 원인이 되는 유리기의 생성을 억제해 줌으로써 스스로의 화재전파능력을 상실하게 하는 가공을 말한다. 다시 말하면 가연성 섬유에 자소성을 부여하는 가공을 말한다. 즉, 난연가공은 섬유에 불꽃을 났 때는 타지만 일단 때면 스스로 불꽃을 내면서 타지 않고 직접 불꽃을 받아 탄화된 면적 이상으로 화재를 전파, 확대하지 않도록 섬유를 처리하는 가공이다.

섬유고분자는 화학적으로 상당히 다양하기 때문에 어느 한 가지 난연제를 전 섬유에 적용하여 난연성을 부여한다는 것은 불가능하다. 따라서, 난연제의 수나 그의 처리방법은 계속적인 증가추세에 있다. 난연제로는 할로젠, 인, 안티몬, 질소, 붕소 등의 원소를 함유하는 화합물이나 이들의 혼합물이 널리 쓰인다.

그러나 이들 원소를 가지고 있는 모든 화합물이 난연제로 사용되어지는 것은 아니다. 난연제로서의 기능을 갖기 위해서는 섬유고분자의 분해 및 증발과정이나 산화과정에서 분해하여 가연성 가스의 발생을 억제시키거나 산화 반응을 억제시키는 기능을 필수적으로 가지고 있어야 한다. 따라서 화합물 가운데 함유되어 있는 이들 원소들은 난연성을 부여하는 데 있어서 필요조건은 되지만 충분조건은 되지 못한다고 할 수 있다.

일반적으로 난연제는 위에서 열거한 원소 두 개를 동시에 가지고 있는 화합물이 쓰이는 경우가 많으며 때에 따라서는 이들 원소를 갖는 화합물 두 종을 동시에 쓰는 것이 보통이다. 이와 같이 두 개의 원소가 난연가공 섬유제품에 함유되게 하는 것은 이들 원소간에 상승효과가 있는 것으로 알려져 있기 때문이다. 예컨대, 인과 질소, 인 과 할로젠, 할로젠과 안티몬과 같은 조합은 상승효과가 인정되고 있는 대표적인 것이다.

한편, 난연화된 섬유제품은 사용과정에서 그의 난연성을 상실한다면 아무런 의미가 없어진다. 따라서 의류용 난연섬유제

품의 내세탁성에 대하여 엄격하게 규제하는 것이 일반적이다. 예컨대, 어린이 잠옷에 관한 미국의 규격 DOC FF 3 -71을 보면 50회 세탁 후에도, 다시 말하면 섬유제품의 수명이 다할 때까지 난연성을 그대로 지속해야 된다고 규제하고 있다. 이것은 난연제가 고도의 내세탁성을 갖추어야 된다는 것을 의미한다.

섬유를 난연화하는 방법에는 섬유고분자를 합성할 때 난연성 단량체를 공중합시키는 방법, 방사 시 방사액에 난연제를 첨가하는 방법, 후가공에 의한 방법들을 들 수 있다. 따라서 합성섬유는 위의 세 가지 방법 중 어느 것을 택하든지 난연성을 부여할 수 있기 때문에 선택의 여지가 많은 데 반해 천연섬유는 후가공에 의존할 수 밖에 없다.

기존 합성섬유 고분자를 합성할 때 난연성 단량체를 공중합하여 만든 난연화 섬유는 원섬유와는 결정화도, 배향도, 밀도, 유리전이온도 등이 다르기 때문에 방사조건이 달라진다. 그리고 방적에서 염색가공에 이르기까지 모든 조작조건이 달라질 뿐만 아니라 기계적 및 물리적 성질이 달라지게 된다. 방사 시 방사액에 난연제를 첨가하여 난연성을 부여하는 방법도 방사액에 다른 물질을 첨가하기 때문에 방사성이 나빠질 뿐만 아니라 섬유의 기계적·물리적 성질이 달라지는 단점을 가지고 있다.

한편, 후가공에 의해 난연성을 부여하는 방법은 모든 섬유에 이용 가능한 방법이다. 내세탁성만 가진다면 가장 이상적인 방법이지만 현재로는 많은 양의 난연제로 처리해야 되기 때문에 태의 변화를 가져오는 단점이 있고, 이 단점의 극복이 가장 큰 과제로 생각된다.

Table 1에 난연가공을 필요로 하는 제품 목록 및 성능시험 방법을 나타내었다. 요약하여 보면 내장재, 아동용 잠옷, 숙박업소 또는 병원 환자복, 침구류, 카펫, 커튼 등이 주류를 이루며 본 고에서는 자동차 내장재, 소방복 등에 대해서도 고찰하고자 한다.

2. 운송분야 난연가공 섬유제품

2003년 2월 28일 192명의 사망자를 낸 대구 지하철 화재



Table 1. 세계 각국의 난연대상제품 및 성능시험 방법

구분	대상 물품	방염성능 시험
한국	- 커튼, 무대막, 암막 - 카펫 - 블라인드 - 실내장식물 - 직물벽지, 비닐벽지 - 합성수지류, 합판, 목재, 섬유판	- 45도 경사법 · 마이크로 버너 · 맥켈 버너 · 에어믹스 버너
미국	- 커튼 - 어린이옷 - 매트리스 - 포장가구류 - 실내장식재료 - 비닐벽지, 폼 플라스틱, 텐트	- 열방출율 - 열방출에너지 - 화염확산속도 - 연소로 인한 중량 감소율
캐나다	- 병원에서 사용하는 섬유제품 - 아동용 잠옷 - 침구류, 매트리스 - 카펫, 깔개 - 내장마감재, 벽 및 천장재료	- 불꽃전파속도 - 연소성 · 수평테타아민법 · 수평담배법 - 터널법
프랑스	- 커튼, 벽포지 등 섬유제품 - 내장용 합성재료 및 물품 - 칸막이 벽, 천장, 고정가구류, 의자	- 내화성(2시간 정도) - 화염전파속도 - 화염착화성
독일	- 벽장 - 카펫 - 커튼 - 포장가구 - 매트리스	- 연소성 · 담배법 · 성냥법 - 복사열패널법 - 화염전파속도
영국	- 커튼, 암막 - 카펫 - 잠옷, 나이트웨어(유아 및 여성용) - 침구류, 완구류, - 포장가구(소파, 의자) - 성형 PVC 화합물	- 연소성 · 담배법 · 버너법 · 수직법 - 불꽃확산속도 - 연소속도
노르웨이	- 의자, 소파류 - 매트리스 - 카펫 - 건축재료	- 발열량 - 연소성 · 담배법 · 성냥법 - 표면층의 착화성 - 화염전파성 - 발연성
일본	· 의무대상물품 - 커튼, 포제블라인드, 무대막 - 카펫, 돗자리, 인조잔디 - 합성수지 바닥시트 - 합판(전시용, 무대 대도구용) - 공사용시트, 케이블 · 자율사용제품 - 침구류, 포장가구 등	- 45도 경사법 · 마이크로 버너 · 맥켈 버너 · 에어믹스 버너 - 메타아민법, 담배법

사건을 되돌아 보면 사람들이 밀집되어 있는 대중운송 수단의 내장재로 사용하는 재료가 인명 참사에 미치는 영향이 엄청남을 보여주는 사례이다. 대구 지하철 참사에서 내장재가

단 몇 분 동안만이라도 화재의 확산을 막아 주었다라면 인명을 구하는데 결정적인 역할을 했을 것이라는 전문가의 의견은 난연가공 섬유소재의 중요성을 인식시켜 주고 있다. 이처럼 난연가공 섬유제품은 화재로부터 인명을 보호한다는 면에서 연구개발의 중요성을 더하고 있다.

2.1. 철도차량 내장재

전동차 내부는 크게 벽과 천장을 둘러싸고 있는 내장판(FRP)과 의자용 시트커버, 바닥재, 단열재 등에 섬유소재가 사용되고 있다.

2.2. 항공기 내장재의 소재의 예

바닥 카펫: 터프티드(turfed) 카펫 및 윌턴(wilton) 카펫이 사용되고 있다. 파일 소재는 난연가공을 해준 양모를 사용하고 제전성 섬유를 사용하여 정전기를 방지해 준다.

시트 커버: 모켓트(moquette) 및 직물이 사용되고 있다. 섬유소재는 주로 난연 가공을 해준 양모를 사용하며 난연성을 향상시키기 위해서 아라미드 섬유를 혼섬하고 있다.

커튼: 주로 칸막이용으로 사용되고 양모에 난연 가공을 해준 소재가 사용되고 있다.

화염 차단층: 좌석의 중간에 설치된 층으로 난연성을 높이기 위해 사용되고 있다. 소재로는 파라게 또는 메타게 아라미드 섬유의 직물 및 부직포를 사용하고 있다.

2.3. 자동차용 섬유소재

자동차 안전벨트용 웨빙, 에어백용 원단, 타이어 코드, 시트커버 등에 섬유소재를 주로 이용한다. 자동차 중 내장재 및 보강재로 자주 사용되는 PET 섬유 및 나일론섬유 같이 난연성을 갖추지 못한 합성섬유에 대하여서는 최저 50%이상의 면 또는 레이온을 혼방하면 아래에 기재한 대표적인 방염제를 응용할 수 있지만 섬유소 섬유가 그 이하의 혼방율로 함유되어 있는 경우나 합성섬유 100%에 대한 방염가공에 대해서는 티오요소 등에 의한 가공 등이 효과적이다. 최근에는 시트커버류에는 후가공방식이 아닌 난연사를 이용한 제품이 많이 사용되고 있다.

3. 건축용, 인테리어 관련 난연가공 섬유제품

2007년 5월부터 소방법이 개정, 활용됨에 따라 일반 업소나 음식점, 호텔 등 업체에서 난연재에 대한 관심이 높아지고 있다. 지금까지 국내에서 난연소재 제품에 대한 관심이 극히 저

Table 2. 대상섬유에 따른 방염제의 예

섬유	난연제의 예
나일론	티오요소 수지, 옥시염화인/무수암모늄, 브롬화암모늄/불화바나듐, 황산암모늄, 유기인/유황화합물, 할로겐화 유기인 화합물, 티오시안산 화합물 등
폴리에스터	티오요소 수지/티오시안산 화합물/브롬화암모늄, 할로젠화 유기인 화합물, 산화암모늄, 함인 헥시머레이트 프폴리머, 염소화 폴리페닐 등

조했던 것에 비해 이런 반응은 아주 큰 변화라고 볼 수 있다.

종래 내벽용 판넬은 스티로폼이나 석고보드, 압면 등의 불연재가 나오고 있으나 스티로폼은 내구성이 약하고 가연성이며 석고보드나 압면 등은 불연재로서 내구성이 강한 장점이 있다. 하지만, 이들 모두 인체에 유해한 화공약품 등이 포함되어 있으므로 건축물의 내장재로 사용시 인체에 해로움을 주고 냄새가 날 뿐 아니라 온도변화에 민감한 단점이 있다. 이를 해소하기 위해 최근 원적외선이 발산되는 황토나 맥반석 혹은 기타 광물을 주재로 하여 내벽면에 조립시킬 수 있는 구조의 불연내장재가 다수 개발되고 있다.

국내에서도 난연사를 개발하여 상용화하였으며, 친환경 인(P)계 난연제를 국내 최초로 개발해 적용한 제품은 화재 발생 시 화재의 확산을 방지하는 자기 소화성이 우수하고, 연소시 유독가스를 발생시키지 않는 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 기존 난연 제품들은 3~5년 후에는 세탁에 의해 난연성이 저하하여 실제 화재 시에는 별 도움이 되지 못하는 경우가 발생하였으나 최근 개발된 제품은 원사자체가 난연사이기 때문에 세탁 후에도 난연성이 저하되지 않아 영구적인 제품이라 할 수 있다. 또한 가격적인 측면에서도 기존의 난연 제품과 큰 차이가 없다고 한다.

3.1. 커튼 등 직물류

정부에서는 2007년 5월 말까지 교회를 포함한 모든 종교 시설과 사회복지시설에 난연커튼을 설치하는 것을 의무화하고 있다.

난연 커튼의 종류는 다음과 같다.

- ① 후가공에 의한 것, 이것은 난연약제의 함침에 의한 처리가공으로 난연성능을 가진 것.
- ② 난연 소재의 사용에 의한 것, 난연성능에 대하여 세탁 내구성이 있는 것.
- ③ 불연소재의 사용에 의한 것, 유리섬유 등 소재 자체가 불연성인 것, texture를 중요시하는 드레이프류에 대해서는 후가공, 기능을 중요시하는 레이스, 케이스먼트류

에 대해서는 현재 연소시의 발연성, gas 독성 등이 부각되고 있다.

커튼 등 직물류 중 세탁하는 물품은 섬유의 비결정 영역에 방염제를 고착시켜야 세탁을 하여도 방염성능이 유지된다. 합성섬유인 경우에는 원료의 공중합공정에서 방염제를 투입하여 방염처리하면 내구성 있는 방염성능을 가질 수 있지만 이는 대량생산하는 경우에 가능하고 우리나라와 같이 시장규모가 작은 나라와 천연섬유의 경우에는 염색가공한 후에 방염처리를 한다. 공정은 직물을 방염액에 padding 하여 squeezing 후 tenter로 180 °C 이상의 고온에서 curing 한다.

3.2. 카펫

방염성능이 있는 카펫을 생산하기 위해서는 울, 실크, 나일론 등 자기소화성이 있는 섬유로 제조하거나, polypropylene 섬유로 tufting 한 후 도포공정에서 latex에 방염제를 첨가하여 제조한다. 대부분 전자와 같이 자기소화성이 있는 원사로 제조하지만 중저가품인 경우 후자를 택하기도 한다. 이 경우에는 방염제로 수산화알루미늄이나 수산화마그네슘을 많이 사용한다.

3.3. FRP 제품

FRP로 실내장식물을 제조하는 방법은 형틀위에 유리섬유를 놓고 불포화 폴리에스테르 등의 FRP 원료와 CaCO₃ 분말을 혼합한 것을 수십회 도포하여 성형한다. 방염제품을 만들려면 원료에 방염제를 혼합한 후 성형한다. 이 경우에 방염제는 decabromodiphenyloxide와 안티몬을 사용한다.

3.4. 비닐벽지

비닐벽지는 바탕종이와 PVC 원료부분을 모두 방염처리하여야 방염성능을 가질 수 있다. 원지는 제지공장에서 초지를 방염액에 담근 후 건조시키는 방법으로 방염처리 한다. PVC 원료와 방염제를 혼합한 것을 이미 방염처리한 원지위에 coating 하여 방염비닐벽지를 생산한다. 원지방염에는 diammonium phosphate, monoammonium phosphate, guanidine sulfamate, guanidine sulfate 등을 사용하며 PVC에는 삼산화 안티몬을 주로 사용한다.

3.5. 불연 실내마감재

대표적인 예로 일본 국토교통성에서 지정한 섬유단체에서 불연재료인정을 취득하여 음향관련 시설과 신칸센 차량의 내장재로 사용되고 있는 ISTFLON이 있다. 이 불연섬유에는 부

드러온 감축의 별키 가공사를 사용하여 불소수지와 특수한 착색제를 복합시킨 선명한 색상의 소재이다. 불에 타지 않는 것은 물론이고 연소 시에도 거의 유해한 연기를 내지 않고 녹아 흘러내리는 현상이 없으며 구멍이 나거나 열수축이 발생하지 않는다. 단열성, 내구성, 흡음성이 탁월하고 적당한 발수성도 지니고 있으므로 오염이 잘 되지 않는 장점이 있다.

3.6. 합판과 목재 (셀룰로오스계 섬유소재류)

합판과 목재의 방염처리는 합판이나 목재를 건축물에 설치한 후 방염도료를 스프레이하거나 붓으로 칠한다. 방염도료는 대부분 투명락카나 니스이지만 최근에는 색상있는 도료도 생산되고 있어 다양한 색상을 낼 수 있다. 도포하는 방법은 붓으로 칠할 경우에는 3~4회, 스프레이할 경우에는 5~6회 실시하며 재 도장 시간 간격을 충분히 하여야 한다. 일본은 합판 제조과정에서 방염처리하는 경우도 있다고 하나 우리나라에서는 아직 실시하지 않고 있다.

4. 소방보호복 관련 난연섬유제품

소방복의 소재는 불에 잘 타지 않는 난연성 섬유로 만들어져야 하고 가스 및 유증기 화재 시 불꽃의 원인이 되는 정전기 발생을 억제하여야 하며, 화재 현장에서 발생하는 열과 화염에 견디는 내열성이 있어야 한다. 또한 소방복은 화재로부터 보호할 수 있는 열 차단 능력과 수증기 차단 능력을 가짐과 동시에 인체에서 발생하는 열과 수분을 제거하기 위하여 통풍성과 환기성도 우수해야 한다. 힘든 작업을 능률적으로 수행할 수 있도록 기능적으로 디자인 되어야 한다. 이러한 소방복은 지속적으로 성능이 개선되어야 하며 이를 위하여 많은 연구가 이루어져야 한다.

소방보호복이란 소방수를 위협 즉, 열, 증기, 유독가스 등으로부터 안전하게 보호하는 것을 목적으로 하는 특수 보호복이다. 소방보호복은 화재 현장으로부터의 작업거리에 따라 요구되는 단열량과 성능이 다르며 우리나라의 소방복은 이를 2종류로 나누어 방수복과 방열복으로 구분된다. 방수복은 소방수들이 화재물로부터 어느 정도 떨어져서 진화작업을 할 때 착용하며 열이나 수증기를 어느 정도 차단할 수 있어야 한다. 방화복은 화염에 접근해서 작업하는 작업자들을 복사열로부터 보호하기 위해 설계된 것으로 복사열을 반사하도록 알루미늄 라미네이트 소재들로 만들어진다.

따라서, 소방보호복은 단순하게 화재 진압 시 물과 열의 침투를 막기 위한 것 뿐만이 아니라 소방수들을 안전하게 보호

하는 것을 목적으로 하는 보호복이므로 소재, 디자인 및 검사 기준 등이 일반 의복과는 구별이 되어야 한다. 화재 진압 중 불꽃에 의한 점화, 가스폭발, 화공약품의 발산 등이 소방관을 위협하게 만들 우려가 있으므로 이런 위협을 막는 소방복 소재는 다음과 같은 성질이 요구된다.

- ① 불에 타지 않는 난연성 섬유이어야 한다.
- ② 가스 및 유증기 화재 시 불꽃의 원인이 되는 정전기 발생이 억제되어야 한다.
- ③ 연소 시 유독가스 발생이 억제되어야 한다.
- ④ 화재 현장에서 발생하는 열과 화염에 견디는 내열성이 있어야 한다.

또한, 현대사회의 화재는 대형화 및 다양화로 인하여 화재 발생시 다량의 인적, 물적 피해를 동반하고 발생의 양상도 다양하다. 따라서 화재의 진압 시 사용되는 소방복은 소방원들의 목숨과도 직결되는 것이므로 안전하게 사용 가능한 소방보호복이 필수적이다. 따라서 소방복의 안전여부를 정밀히 검사하여 위급한 상황 시 적절하게 대처를 할 수 있어야 하겠다.

한국과 미국의 소방복 소재를 비교하면 미국은 걸감, 안감, 수증기 차단벽의 3중구조로 되어 있고, 한국은 걸감과 수증기 차단벽의 2중구조로 되어 있다. 걸감의 소재는 미국의 경우 노멕스, PBI, 케블라 등을 사용하고 한국은 난연 비닐론을 사용해야 할 것으로 규정했다. 열차단벽은 미국의 경우 노멕스로 되어 있고 한국은 열차단벽이 없다. 수증기 차단벽은 미국은 고어텍스, 네오프렌 소재를 사용하고 한국은 네오프렌 코팅된 나일론 안감을 사용하도록 되어 있다.

신형 방화복은 기존의 구형 방화복의 문제점들을 대폭 수정하여 열방호성 및 방수성능 등으로 소방공무원의 신체를 보호함을 목적으로 한 '2002/04/08 소방용 방화복 규격 개정안'에 의거하여 화재현장에서 소방대원이 진화 작업 시 신속하고 간편하게 착용하도록 신형 방화복의 규격을 정하였다. 개선된 방화복은 외부 화기에서 몸을 보호하는 열 방호성능은 물론 방수, 방열, 내화학성 등 기존의 방수복이 갖추지 못했던 기능들을 보강하였으며, 국제표준화기구(ISO)의 현지 시험과 미국과 유럽, 일본 등 선진국이 측정하는 열 방호성능 시험 등을 통과하였고 소방검정공사의 품질인증(FI)을 거친 후 2002년 4월을 기점으로 보급되었다.

4.1. 방화복

‘소방대원들에게 국제적인 수준의 방화복을 입을 수 있도록 하겠다’라는 정부의 공언 속에 추진되었던 방화복 도입사업은 그 진행과정에 있어 입찰비리 시비와 규격미달 논쟁 등

많은 어려움을 겪었으나, 기존의 열악한 성능의 방수복에 의존하여 화재를 진압하던 소방대원들에게는 안정성과 기능성을 제공한 것은 부인할 수 없는 사실이다.

신형 진압복인 방화복이 구형에 비해 가장 달라진 점이 있다면 기존의 반코트형 원피스 구성에서 상하의가 분리된 투피스 형태로의 변화를 들 수 있다. 어찌보면 별 것 아닌 것처럼 보이는 이 변화는 체열의 방출경로를 차단하여 보온성을 높이고, 기존 방수복의 취약점이었던 바닥에서 화기유입으로부터 신체를 보호하며, 안전화의 높이를 낮추어서 출동 시 장비착용의 신속성과 활동성을 증대시켰다.

구성에 있어서는 신체의 무릎, 팔꿈치, 어깨와 같이 다치기 쉬운 관절부분에는 내부에 패드를 삽입하여 외부로부터의 충격시에 패드가 완충재 역할을 하여 내구성과 외부압력을 완화할 수 있도록 구성되었다. 그리고, 하의에는 어깨걸이용 멜빵을 부착하여 신속한 착의와 활동성 향상을 도모했으며, 손목과 발목의 이중 조임 구조나 방화복 앞여밈의 벨크로 덮개는 외부로부터의 열기 침투를 방지하기 위해 고안되어진 점 등 안전을 많이 고려하였다.

또, 소재의 변화를 들 수 있는데 겹감 및 안감에 이중으로 사용된 듀폰사의 아라미드계 섬유는 뛰어난 내열성으로 방화장갑과 마찬가지로 방화복의 열통과 시에도 내부의 중심온도가 47℃로 유지되며 열에 용융되지 않는 우수한 열저항성을 갖추어 고열의 화재현장에서 보다 넓은 행동반경을 확보하고 인명구조를 용이하게 만들었다. 그리고 기존의 방수복엔 없었던 중간층에 방수/투습 소재를 삽입하여 가벼운 이점과 외부로부터의 수분유입을 차단하고 보온성을 확보하여 겨울철 장시간의 화재진압으로 인한 저체온 현상을 극복할 수 있도록 하여 작업시간의 증대를 가져왔으며, 진압작업 시 발생하는 땀과 오염을 흡수하여 쾌적성과 청결성을 높이는 등 작업능률 향상에도 상당부분 기여했다.

마지막으로 디자인에 있어서도 그 구성이나 장식에 있어서 외국의 선진소방복과 유사한 디자인을 채용하여 대원들로 하여금 방화복 착용에 대한 만족감을 높여 긍정적인 반응을 얻고 있다.

4.2. 소방안전화

기존의 방수화와 방열화의 단점을 보완하여 겹감가족에 방수·방열화 이상의 내열성 및 내구성을 지니도록 가공하였으며 기존의 장화가 오염에 취약했던 부분까지 보완하기 위해 합성수지 코팅을 통해 표면의 흙을 최소화한 오염방지처리를 하여 안전화 외부의 세척이 용이하도록 제작하였다. 내부에는 방수성이 뛰어난 소재에 키토산 가공과 같은 항균방취 가

공을 한 안감소재를 부착하여 외부로부터의 수분 침투를 차단하여 방열화 이상의 보온성을 유지함과 동시에 통풍과 환기를 유도하여 오염을 방지하도록 제작되었다. 가장 커다란 변화는 내부에 철심이 아닌 합성수지의 선심이 발 돌레를 감싸도록 하여 외부의 충격과 압박에 견디도록 설계되어 화재 혹은 붕괴사고 현장에서의 소방대원의 활동성을 확보하였으며, 이는 방전처리공과 더불어 안전화의 전기 차단을 극대화하는 효과도 낳았다.

4.3. 방화용 장갑

방화용 장갑은 화재진압활동 현장에서 소방대원의 손이나 손목을 고열 및 위해물질로부터 보호함은 물론 장시간의 방수환경에서도 보온성과 쾌적성을 유지하도록 제작되었다.

겹감에 뛰어난 내열성을 지닌 아라미드계 섬유를 사용하여 열통과 시에도 안전장갑 내부의 중심온도가 47℃이하로 유지되고, 방열 성능시험 시 잔열시간이 2초 이내이고 열에 용융 되지 않는 등 우수한 내열성을 지님과 동시에 안감 소재는 보온성과 환기성을 모두 높였다. 이뿐만 아니라 절단 방지성 시험에서도 8.2 kg의 하중을 가하여도 장갑이 완전히 절단되지 않는 뛰어난 보호성으로 외부의 충격으로부터 손을 보호하는 우수한 안정성을 지녔다. 다만 벨크로 부분은 고열에 노출되면 용융되어 형태가 변해 버리는 단점을 지니고 있다.

4.4. 방열소방복 구성

- ① 상/하의, 소방헬멧(스피커, 마이크, PTT 버튼연결구 내장), 내열장갑, 특수안전화, 안면보호두건으로 구성
- ② 겹감은 100% 파라게아라미드(25s×2이상)에 이면방수 코팅 처리된 원단으로 제조
- ③ 안감은 100% 메타게아라미드(40s×2이상)
- ④ 중간층에는 100% 아라미드 펠트(중량 180g±10%)로 보강되어 열차단 효과가 있음.
- ⑤ 상의는 벨크로 앞채움 방식으로 하며 고휘도 띠 반사태잎을 부착
- ⑥ 하의는 멜빵처리 및 벨크로 앞채움, 다용도 덧담 주머니가 부착.
- ⑦ 장갑은 100% 파라게아라미드 직물로 직조된 파일직 5지 타입.
- ⑧ 특수안전화는 반장화 타입의 당김고리가 부착되어 있고, 특수강철코트(steel toe) 및 강철판(steel plate)이 내장된 합성고무로 제작.
- ⑨ 특수안전화 바닥면은 미끄럼방지처리가 되어있음.



4.5. 방열소방복의 종류

4.5.1. 근접복

- ① 화염에 접근해서 작업하는 작업자들을 복사열로부터 보호하기 위해 설계된 것
- ② 알루미늄을 입혀서 복사열을 반사하도록 한 옷감으로 되어있는 것.
- ③ 미국의 근접복의 경우
 - 여러 겹의 유리섬유와 알루미늄을 처리한 유리섬유, 표면에는 알루미늄을 처리하지 않은 유리섬유로 만든 것을 사용
 - 동작을 자유롭게 하도록 새로운 패턴과 인간공학적인 디자인
 - 후드는 상하좌우로 높은 가시성을 가지고 있으며 열에 저항성이 높은 렌즈 위에 반사성을 높이기 위해 금과 유리로 가공
 - 등은 늘어날 수 있고 코트는 통기성이 있으며 오버플랩은 입고 있는 동안 뜨거워지는 것을 방지

4.5.2. 진입복

- ① 비행장내에서의 소방작업 등 아주 높은 열이 발생하는 환경에서 작업자를 보호.
- ② 의복은 대단히 큰 것처럼 보이지만 상당히 유연하여 1분 이내 착용.
 - 이 옷의 부피가 특히 커 보이는 것은 공기 호흡기가 외부에 착장되지 않고 방열복 내부에 착장되는 때문임.
- ③ 진입복 내부에 냉각장치를 추가.

5. 난연섬유의 예

5.1. 실리카 섬유

실리카 섬유는 석면(asbestos) 대용품으로서 연속사용온도 1,200 °C, 순간사용온도 1,800 °C에 견딜 수 있는 내열섬유이다. 인체에 해가 없으며 피부자극이 없다. 또한 내약품성이 좋으며 전기 절연성이다. silica sheet는 석면 대용품으로서 SiO₂가 약 99%인 고순도 silica 섬유이다. 장기간 연속 사용 온도 1,200 °C, 순간 사용온도 1,800 °C에 견딜 수 있는 내열재이며 안전하고 인체에 해가 없는 단열재로서 내약품성과 전기절연성을 갖추고 있고 향후 산업자재로서의 용도가 더욱 확대되리라 예상된다.

5.2. 탄화섬유 (Oxidant carbon cloth)

더욱 고도화, 다양화, 고속화되어가는 사회에 있어서 화재 발생과 그에 따른 사고의 위험성은 날로 더하여 가고 있다.

석면 대체품으로 개발한 내염섬유는 고열 및 화염에도 우수한 방호성능을 발휘하여 만일의 경우에도 타오르지 않고 고열이나 화염을 차단하여 방호안전의류 및 산업자재 분야의 최적 소재로서 활용도가 높아지리라 예상된다.

- 탄화섬유는 특수 아크릴 섬유를 소성 탄화 시킨 것으로서 공기 중에서 타거나 녹지 않는다.
- 석면과 같은 분진문제나 유리섬유와 같은 피부자극이 없다.
- 가볍고 부드럽다.
- 순간 내열 온도 1,200 °C~1,400 °C
- 용접/용단 시 용융물이 sheet에 붙지 않아 재사용이 가능하고 제품수명이 연장된다.

5.3. 노멕스 (Nomex)

미국의 듀폰에서 개발한 방향족 폴리아미드 섬유로 내열성·내후성(耐候性)·내약품성·방사성·안정성 등이 우수하여 공업자재로 이용된다. 녹는점 375 °C, 비중 1.39, 메타페닐렌디아민과 염화이소프탈로밀로 계면(界面) 중축합 또는 저온 용액 중축합에 의하여 방향족 폴리아미드를 만들어 이를 염화리튬을 녹인 디메틸포름아미드에 용해시켜 건식방사한 것이다. 내열성·내후성(耐候性)·내약품성·방사성 등이 우수한 섬유이므로 공업자재로 이용된다.

6. 결 론

이상에서와 같이 주로 운송수단 내장재, 건축물 관련, 소방복 관련 난연섬유제품들을 간략히 살펴보았다. 최근들어 실제로 화재규모가 거대해지고 있으며 한번 발생하면 인적, 물적피해가 매우 심각한 양상을 나타낸다. 그러므로 본 고에서 살펴본 난연섬유제품의 수요는 갈수록 증가하리라 생각되며, 특히 인명과 관련된 제품이므로 확실한 품질 신뢰성을 가진 제품들이 계속 연구개발되어야 한다.

본 고에서 소개한 난연섬유제품은 극심한 시장침체에 빠져 있는 국내 화학섬유 업계가 국내외 시장개척을 위한 고부가가치 섬유제품으로서 수요가 증가하리라 예상된다. 국내 화섬업계들은 국내 소방법 개정에 따라 불에 잘타지 않는 난연섬유제품류와 첨단 나노기술이 적용된 고기능성 신소재 등 고부가가치 기능성 섬유제품 판매가 늘어날 것으로 기대하고 있다. 이는 국내 화섬업계가 중국 등 저가 물량공세와 지속되는 제품가격 하락으로 전반적인 어려움을 벗어나기 위해 미래 수요창출형 제품의 연구 개발에 투자한 결과라 할 수 있다. 실제로 기존 제품보다 30%이상 수익성이 높은 고부가

가치 난연섬유제품들은 국내 소방법 개정과 해외의 친환경소재 선호 현상과 맞물려 매출이 대폭 늘어날 것으로 추정된다.

국내에서는 개정된 소방법에 따라 불에 잘타지 않고 탈때에도 유독성 가스가 발생되지 않는 친환경 난연사 제품의 수요가 증가하고 있다. 난연섬유는 본고에서 살펴본 바와 같이 의류용(작업복, 특수복), 인테리어용(침장류, 커튼), 내장재용(극장, 병원 등 건축물, 항공기, 자동차 등 운송수단용)으로 용도가 갈수록 확대되고 있다. 특히 해외에서도 제조물책임법(PL)이 발효됨에 따라 난연 섬유제품 수요가 크게 늘고 있다. 국내 기술로 개발한 난연성 친환경소재는 불에 탈 때에도 다이옥신 등 유독가스가 발생하지 않는다. 독일, 영국, 프랑스 등 유럽국가의 품질인증기관에서 난연성을 인정받았고, 국내 최초로 개발된 난연사 제품 또한 국내외 인증을 획득하였고, 염색가공 및 세탁후에도 난연성이 떨어지지 않고 연소시 인체와 환경에 유해한 가스를 발생시키지 않는 등 장점이 많아 해외 수출시장에서도 수요가 증가하리라 예측된다. 또한 기능성을 보유하면서 난연성을 가져야 하는 특수목적의 군사용 의류도 연구개발의 필요성이 증가하고 있다.

참고문헌

1. 최신의류소재, 시그마, p.270, 314.
2. 섬유가공학/형설출판사, pp.318-335.
3. 주창환, 하이테크 산업용 섬유제품의 제조와 가공기술, 한국염색기술연구소, pp.361-364.
4. 신기술 동향 조사보고서 고기능성 섬유소재, 특허청, pp.191-210, 2000.

5. 피복재료학, 경춘사, pp.454-458.
6. 산업섬유신소재, 전남대, pp.132-134, 143.
7. 미리보는 섬유의 세계, 형설출판사, pp.144-146.
8. 산업섬유소재 이론과 실제, 산업섬유신소재연구회, pp.45-54, 339-358, pp.469-472.
9. 신산업용 섬유기술, 특허청, pp.166-175, 2004.
10. 섬유공학 개론, 형설출판사, pp.412-421.
11. 서승현, polyester 계의 방염성능 비교분석에 관한 연구, 경기대 산업정보통신대학원, 석사 논문, 2005.
12. 신기술 동향 조사 보고서: 화학/약품분야, 첨단염색 가공기술, 5, 2003.



박윤철

한국생산기술연구원

- 1989. 한양대학교 섬유공학과 졸업
- 1991. 한양대학교 섬유공학과(석사)
- 1997. 한양대학교 섬유공학과(박사)
- 1998-2001. 산업자원부 기술표준원 섬유과
- 2001-2003. NCSU 섬유대학 방문연구
- 2003-현재. 한국생산기술연구원 섬유소재본부 디지털가공팀
- e-mail: ycpark@kitech.re.kr