

감염 방지 기능을 갖는 의료용 부직포 제품 및 기술 동향

임정남, 임대영 · 한국생산기술연구원

1. 서론

의료용 섬유(medical textiles)는 산업용 섬유의 하나로 소비재 시장이나 의료 시장에서 사용되는 건강 및 위생(healthcare/hygiene)증진을 목적으로 사용되는 섬유를 말한다. 의료용 섬유는 유아용 기저귀, 여성용 위생제품, 요실금 치료용 패드와 같은 단순한 일회용 제품에서 창상피복재, 봉합사, 외과용 가운, 인공 혈관 등과 같이 매우 복잡한 기능을 요구하는 제품까지 성능이나 가격 면에서 다양한 제품들로 구성되어 있다. 의료용 섬유는 2000년 기준 세계에서 약 1.5백만 톤이 소비되었으며, 시장 규모는 약 54억 불에 달하고 있으며, 매년 약 4% 정도 소비량이 증가하여 2010년 2.4백만 톤(약 82억 불)에 달할 것으로 예측되었다[1].

의료용 섬유는 형태에 따라 필라멘트, 직물, 편물, 브레이

드, 부직포 등으로 구별할 수 있으며, 최종 사용 목적에 따라 이식용 의료용 섬유(implantable medical textiles), 비 이식용 의료용 섬유(non-implantable medical textiles), 체외 기구(extra-corporeal devices), 건강/위생 섬유(healthcare/hygiene products) 등으로 구별할 수 있다[2].

건강/위생용 의료용 섬유는 범위가 매우 광대하지만, 통상적으로는 수술실이나 병원에서 환자나 의료진의 건강 및 위생을 목적으로 사용되는 것을 말한다. 건강/위생 분야에서 사용되는 전형적인 의료용 섬유구조체 종류 및 주로 사용되고 있는 섬유 소재와 제조 방법을 Table 1에 정리하였다. 소재로는 전통적으로 사용되어 왔던 면섬유뿐만 아니라 폴리에스터나 폴리프로필렌, 폴리에틸렌이 주로 사용되고 있으며, 제조 방법으로는 과거 직물 형태의 제품이 대부분이었지만 점차 부직포 제품이 증가하고 있는 추세이다.

Table 1. Healthcare/hygiene products[2]

Product application	Fiber type	Fabric type	
surgical clothing	gowns	cotton, polyester, viscose, polypropylene	nonwoven, woven
	caps	viscose	nonwoven
	masks	polyester, viscose, glass	nonwoven
surgical covers	drapes	polyester, polyethylene	nonwoven, woven
	cloths	polyester, polyethylene	woven
bedding	blankets	cotton, polyester	woven, knitted
	sheets	cotton	woven
	pillow covers	cotton	woven
clothing	uniforms	cotton, polyester	woven
	protective clothing	polyester, polypropylene	nonwoven
incontinence diaper/sheet	cover stock	polyester, polypropylene	nonwoven
	absorbent layer	wood fluff, super absorbents	nonwoven
	outer layer	polyethylene	nonwoven
others	cloths/wipes	viscose	nonwoven
	surgical hosiery	polyamide, polyester, cotton, elastomer	knitted

2. 일회용 의료용 부직포 개발 동향

2.1. 일회용 외과용 제품(disposable surgical supplies)

수술 과정에서 환자뿐만 아니라 의사나 간호사 등과 같은 의료진의 안전을 위해 다양한 의료용 제품이 개발되어 왔다. 특히, 외과용 드레이프(수술 포) 및 가운은 현대 의학에서 필수적인 의료용 섬유구조체인데, 의료진이 수술용 가운을 입기 시작한 것은 Gustav Neuber of Kiel가 1883년 처음 입기 시작한 것으로 알려져 있다. 초기에는 수술 과정에서 환자나 의사가 오염 및 감염되는 것을 막기보다는 의료진의 의복이 더럽혀지는 것을 막기 위해 사용된 것으로 알려졌다[3]. 최근 들어서는 단순한 오염방지 기능뿐만 아니라 환자 및 의료진의 안전성을 확보하기 위해 혈액과 같은 유체, 세균, HIV(human immunodeficiency virus), CJD(creutzfeldt-jakob

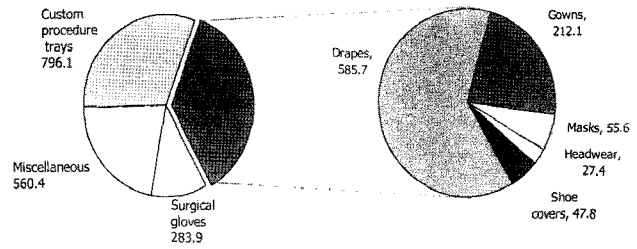


Figure 1. Disposable surgical supplies market: segmentation and revenues(U.S., m\$)[4].

disease), hepatitis B 등에 노출되는 것을 방지하는 것에 대한 중요성이 크게 부각되고 있다. 다양한 감염 원인을 차단하기 위해서는 환자나 의료진을 오염원으로부터 분리시키는 것이 필수적인데 이를 위해 의료용 섬유구조체가 주로 사용되고 있다.

일회용 의료기기(medical devices)로는 의료용 부직포, 외과용 장갑, custom procedure tray 등이 있으며, 2004년 기준으로 미국 시장 규모가 약 26억 불에 달하는 것으로 조사되었다. 특히, 의료용 부직포 제품은 병원용 일회용 제품 시장의 약 36% 정도를 차지하고 있는 중요한 제품 군으로, 대표적인 제품으로는 의료용 드레이프, 가운, 마스크, 모자, 신발 커버 등이 있으며, 환자 및 의료진의 안전성 측면뿐만 아니라 경제적 이유로 그 수요가 점차 증가하고 있다(Figure 1). 의료용 부직포들은 수술실, 응급실, 진료실 등에서 감염원으로부터 환자와 의료진을 보호하고 멸균된 환경을 유지하기 위해 사용된다. 최근 들어, 고령화와 더불어 수술 건수가 증가하고 병원에 체류하는 기간이 늘어남에 따라 일회용 섬유 제품에 대한 수요가 더욱 증가할 것으로 기대된다[4].

2.2. 의료용 부직포

외과용 섬유 제품(surgical textiles)은 일회용과 재사용 가능한 다회용 제품으로 구분할 수 있으며, 2006년 미국과 유럽에서 각각 약 17억 불에 달하는 것으로 조사되었고, 매년 4.5% 정도의 성장이 예측되었다. 외과용 섬유 제품은 의료 환경의 특수성으로 인해 일회용 제품에 대한 수요가 점차 증가하는 추세로 2006년 세계 시장을 기준으로 약 56%가 일회용 제품이 차지하였고, 미국의 경우 80~90%, 유럽의 경우 50% 정도가 사용되는 것으로 보고되었다[5]. 이에 반해 2004년 국내 대학병원을 대상으로 조사한 보고에 따르면 약 15% 정도만이 일회용 부직포 수술가운을 사용하는 것으로 알려져 있으며, 아직까지도 선진국과 비교하면 그 비중이 매우 낮은 것으로 알려져 있다[6].

Table 2. 의료용 제품에 있어서 부직포의 장점[2]

	경쟁 제품	부직포 장점
drapes	직물	저렴한 가격
surgical wear	직물	감염 위험 감소
wipes	종이	내구성, 린트(lint) 발생 낮음

일회용 의료용 섬유 제품의 대부분은 부직포 제조 공정을 통해 제조된다. 부직포 산업은 1950년대 시작된 것으로, 제지 기술에 섬유 기술 및 화학 기술이 접목되어 발전한 산업으로, 저렴한 비용으로 새로운 섬유구조체를 형성시키는 방법이다. 부직포의 세계 시장 규모는 2006년 기준으로 약 145 억 불 규모로 추산되며 매년 약 7%의 성장이 예측되었다[5]. 오늘날 부직포는 상대적으로 낮은 제조 비용과 우수한 기능성으로 인해 다양한 산업분야에서 각광을 받고 있으며, 지난 몇 년간 기술적으로 많은 개선이 진행돼 새로운 용도가 활발하게 확대되고 있다. 일회용 제품으로 사용되는 의료용 부직포와 다른 기술을 통해 제조한 의료기기를 비교한 것이 Table 2이다.

의료용 부직포를 제조하는 회사는 세계적으로 약 30여 개사가 있으며, 대표적인 업체로는 Ahlstrom, Fiber Composites, Cardinal Health, Kimberly-Clark HealthCare, Kendall LTP(Tyco International), Medline Industries and 3M 등을 들 수 있다.

부직포 제조 방법은 스펀본딩, 멜트블로운, 카딩, 에어레이팅, wet-laid 방법 등이 있으며, 의료용 부직포 제조에는 스펀본딩과 멜트블로운 방법이 주로 이용되고 있다. 통상적인 부직포 제조 방법만으로는 의료 시장의 다양한 요구 특성을 만족시키기 어렵기 때문에 혈액, 알코올, 물 등과 같은 유체와 세균 및 바이러스와 같은 미생물에 대한 차단성, 대전방지 기능 등을 부여하기 위해 다양한 기법들이 개발되어 왔다.

2.3. 감염 방지 기능을 갖는 의료용 부직포 제품 동향

2.3.1. 부직포 구조 특성을 이용한 감염 방지 기능 부여

현재 시판되고 있는 의료용 부직포 제품들은 통기성을 확보하면서도 감염 방지 기능, 즉 유체 및 미생물을 차단하는 기능을 확보하기 위해 부직포의 기공 특성을 조절하는 방법을 주로 사용하고 있다. 특히, 형태 안정성이나 착용감을 위해 스펀본딩 방식으로 제조한 부직포를 바깥 층으로 이용하고 내부에는 차단 기능 강화를 위해 멜트블로운 부직포나 다공성 필름을 복합화한 복합 부직포 형태로 개발되어 왔다. 주요 의료용 부직포 생산 업체를 위주로 감염 방지용 의료용 부직포 제품 군을 살펴보고자 한다.

① Kimberly-Clark Healthcare

Kimberly-Clark Healthcare는 외과용 부직포 제품에 있어서 2004년 미국 시장을 기준으로 약 30% 정도를 차지할 정도로 높은 시장 점유율을 갖고 있는 회사로[4], SMS(spunbonding-meltblown-spunbonding) 부직포를 기본 구조로 하는 제품들을 주로 판매하고 있다. 유체 및 미생물 차단성을 높이면서도 통기성을 개선하기 위해 “breathable film”을 보강하는 방법의 제품도 개발되었다. Figure 2에 SMS 개략적인 제조 방법을 나타내었다.

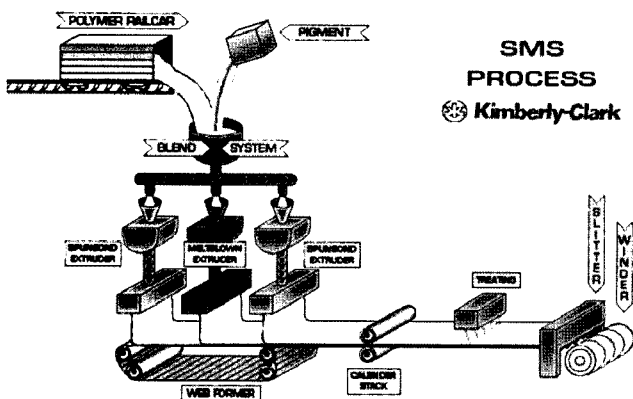


Figure 2. SMS Technology[7].

Kimberly-Clark Healthcare에서는 외과용 드레이프, 가운, 마스크 등과 같은 보호용 섬유제품을 판매하고 있으며, 혈액과 같은 유체의 통과를 막으면서도 “통기성(breathability)”을 확보하기 위해 3층 구조를 갖는 SMS 부직포를 개발하여 CONTROL* Cover Gown이라는 상품명으로 판매하고 있다. 바깥 층은 의복과 같은 느낌을 주면서도 내마모성을 갖도록 스펀본딩을 사용하였고, 중간층은 멜트블로운 방식을 이용해 마이크로 섬유 층을 형성시킴으로써 물이나 알코올 등에 대한 차단성을 확보하고자 하였다[8].

KINGGUARD® wrap 제품은 감염 방지 기능을 더욱 향상시키기 위해 폴리프로필렌을 이용하여 SMMS의 4층 구조를 채택한 제품이대[9]. 외부의 스펀본드 층은 내마모성을 향상시키고 의복과 같은 촉감을 갖도록 설계한 것이며 내부의 멜트블로운 층은 미생물 등에 대한 차단성을 높이기 위한 것이다(Figure 3).

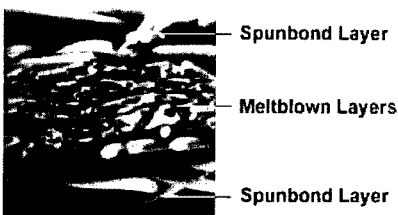


Figure 3. KIMGUARD®의 단면 구조[9].

MicroCool* 제품은 박테리아나 바이러스 등이 통과하지 못

하도록 하면서도 “breathable”하도록 하기 위해 breathable film을 이용한 3층 구조의 복합 부직포이다. 이는 수증기가 혈액과 같은 유체나 바이러스, 박테리아와 같은 미생물보다 입자 크기가 작다는 특성을 이용한 것으로 스펀본딩 한 부직포(바깥 층)와 SMS 부직포(내부 층) 사이에 breathable film을 넣은 구조를 가지고 있다(Figure 4,5)[8].

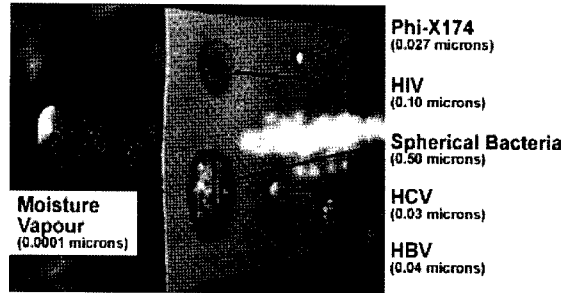


Figure 4. MicroCool* 제품 개념도[8].

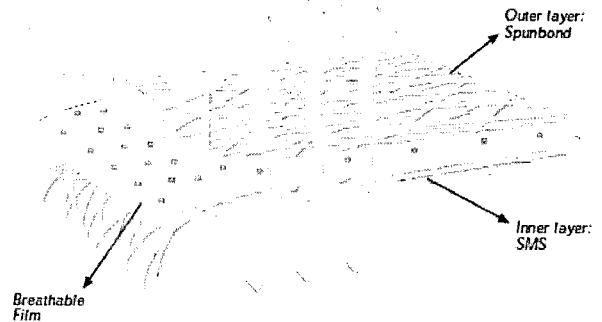


Figure 5. MicroCool* 제품 구성도[8].

Fluidshield®라는 마스크 제품은 혈액이나 체액의 차단성을 향상시키기 위해 breathable film을 사용하여 4층 구조의 복합 부직포로(Figure 6), 폴리에틸렌으로 제조한 미세기공(microporous pore)을 갖는 방수성 breathable film과 폴리프로필렌으로 제조한 필터 및 외부 층, 폴리에틸렌과 폴리에스테르로 제조한 내부 층으로 구성되어 있다[10,11]. Fluidshield® 감염 방지 마스크는 TecnoL medical products(미국)에서 제조

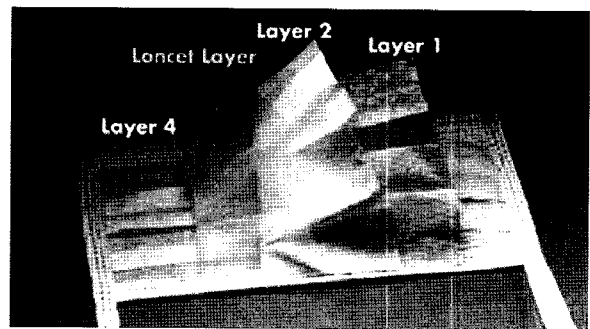


Figure 6. Fluidshield® 제품 구성도[11].



Figure 7. Loncet[®] breathable film[11].

하였으며, 1997년 Kimberly-Clark에 인수되었다[12].

일반적으로 breathable film을 제조하기 위해서는 폴리올레핀에 탄산칼슘(CaCO₃)과 같은 충전제를 혼합하여 익스트루더를 이용해 필름을 제조하는 방법이 주로 이용되고 있다. 표면 특성이나 공극 특성을 조절하기 위해 melt embossing 기법을 이용해 두께가 다르게 패터닝한 필름을 연신하여 제조하는 방법을 사용하기도 한다. 물성 개선을 위해 elastomer를 혼합하여 필름을 제조하거나 제조한 breathable film에 부직포를 부착하여 복합 부직포를 제조하는 방법도 개발되었다[13-16]. Kimberly-Clark에서는 미세기공을 가지고 있는 폴리에틸렌을 이용한 Loncet[®] breathable film을 감염 방지용 제품에 사용하고 있다(Figure 7).

② Ahlstrom

핀란드 Ahlstrom 사는 천연 및 합성 소재를 이용한 부직포 제품을 생산하는 세계적인 업체로 최근 3층으로 구성된 breathable viral barrier(BVB)라는 부직포 제품을 개발하여 세균이나 바이러스로부터의 감염 위험을 줄이는 제품을 판매하고 있다.

Ahlstrom 사의 BVB 제품은 가장 높은 수준의 바이러스 차단 성능을 확보함과 동시에 사용자의 체온이 상승했을 때에도 통기성과 편의성을 증진시킨 제품으로, 미세 섬유로 구성된 내층과 외층 사이에 monolithic membrane(모노리스형 멤브레인)이 존재하는 3층 구조를 가지고 있다(Figure 8). 바깥층은 강도확보를 위한 부직포로 제조하고 중간층은 바이러스를 차단하면서도 “breathable”을 확보할 수 있는 monolithic membrane(모노리스형 멤브레인)을 사용하고 내부층은 착용자의 편안함을 증진시키기 위한 부직포로 구성되어 있는데, 내부의 독특한 monolithic 구조가 바이러스 차단성을 극대화시키면서도 “breath” 기능을 확보하게 해준다[17].

일반적인 가운 제품이 통기성을 확보하기 위해 미세 기공을 가진 breathable film을 사용할 경우 바이러스 침투 방지 성능이 상대적으로 떨어질 수 있다. 이에 반해 Ahlstrom 사 BVB

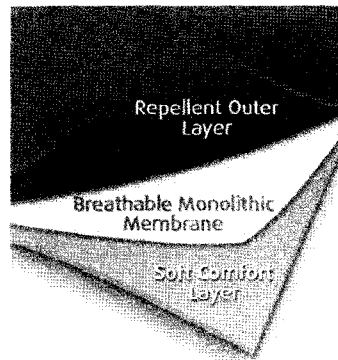


Figure 8. Ahlstrom 사의 BVB[17].

제품의 내부 멤브레인은 기공이 아닌 필름 층을 통해 분자 단위로 물이 확산되기 때문에 바이러스와 같은 미생물 침투를 효과적으로 방지하면서도 “breath” 기능이 확보된다. 또한, 의료진의 체온이 상승할 때 내부 멤브레인이 자동적으로 반응하여 수분의 이동속도를 증진시킨다.

이와 같은 특성을 이용해 외과용 가운과 같은 보호 기능의 의류로 사용되고 있으며, 미국 FDA의 보호복 제품의 기준이 되는 AAMI PB70(liquid barrier performance and classification of protective apparel and drapes intended for use in health care facilities) 뿐만 아니라, 바이러스 차단성을 평가 중 가장 까다로운 ASTM F1671(resistance to viral penetration) 규격을 만족시키고 있다.

그 밖에도 Ahlstrom 사는 외과용 드레이프 용도로 필름을 기반으로 한 복합 부직포로 SMS, spunlace, wet-laid 제품을 판매하고 있으며, 린트 발생 가능성을 줄여 환자의 안전성을 확보하는 제품을 개발하여 판매하고 있다. 특히 Ahlstrom SMS 섬유 구조체는 후 가공을 통해 정전기 방지나 alcohol repellent 기능을 부여하였다.

2.3.2. 표면 가공을 통한 감염 방지 기능 부여

실제 병원에서는 isopropyl alcohol과 같이 표면 장력이 낮은 액체도 자주 사용되고 있다. 표면 장력이 낮은 액체가 혈액과 섞일 경우 보다 쉽게 보호용 섬유제품으로 혈액이 침투하기가 쉬워진다. 따라서, 미세기공을 갖는 필름이나 필름-부직포 복합체와 같이 구조 특성만을 이용해 유체에 대한 차단성을 확보한 제품의 경우 표면 장력이 낮은 액체가 존재할 경우 감염 방지 성능이 떨어지기 쉽다.

최근에서 통기성 확보하면서도 물, 오일, 바이러스 등에 대한 차단성을 더욱 향상시키기 위해 멤브레인 제조 공정이나 후처리 공정에서 불소계 화합물을 첨가하거나 자연모사 기술을 이용한 표면 개질에 대한 연구 및 제품 개발이 활발하게 진행되고 있다[18-20].

① UNIDYNE™(Daikin)

일본 Daikin은 불소계 화합물 산업 선도업체의 하나로, 물

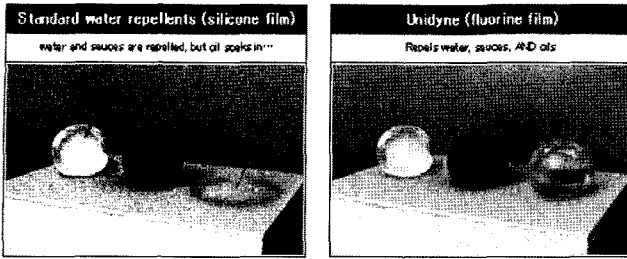


Figure 9. UNIDYNETM 특성[21].

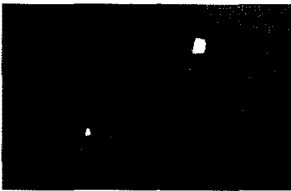


Figure 10. UNIDYNE으로 처리한 부직포[21].

과 오일 모두 반발 특성을 갖는 non-ionic fluoroalkyl acrylate homopolymers or copolymers로 구성된 UNIDYNE™ 제품을 판매하고 있다. 섬유구조체 후 처리 공정 중에 UNIDYNE™ 을 첨가함으로써 물과 오일 성분 모두에 대해 반발 특성을 갖도록 한다. 일반적으로 실리콘 처리한 섬유구조체가 물에 대해서만 반발성을 갖는데 반해 불소(fluorine)의 고유한 특성에 의해 물과 오일 모두에 대해 반발성을 갖는다. UNIDYNE™의 기능성을 다양하게 조절할 수 있어 요구특성에 따라 다양한 제품에 활용이 가능하다[21].

부직포 제품의 경우 높은 수준의 물과 오일에 대한 반발성이 필요하다. UNIDYNE의 경우 PP, Wood-pulp/PET의 특성에 맞게 다양한 품목으로 개발되었는데 수분뿐만 아니라 알코올에 대한 저항성이 크다. 이러한 특성으로 외과용 가운과 같은 의료용으로 용도 전개가 가능하다.

Daikin의 의류에 부착된 오염물질을 세척 등의 방법으로 쉽게 제거하기 위해 불소 성분과 친수성 관능기를 조합한 stain release 용 가공제를 판매하고 있다. 이는 불소 성분이 오일 성분의 부착을 어렵게 하고 친수성기가 세척 시 형성되는 수분 존재하에서 오염물질을 쉽게 제거할 수 있게 한 것으로 Figure 11에 개념도를 나타내었다.

이와 같은 발수/발유제와 stain release 가공제를 조합함으로써 의료 환경에서 혈액이나 알코올, 이물질 등에 대한 차

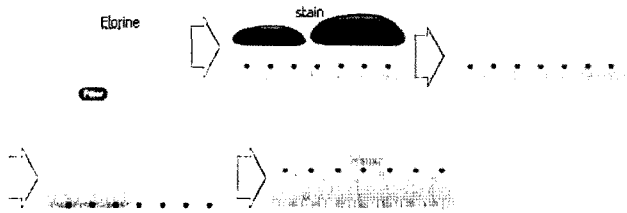
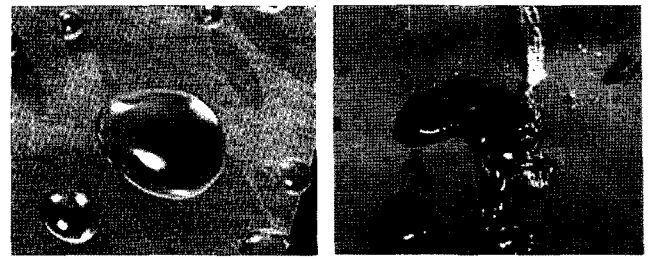


Figure 11. Daikin 불소계 화합물의 Stain release mechanism[21].



<발수성> <Naturally self-cleaning>

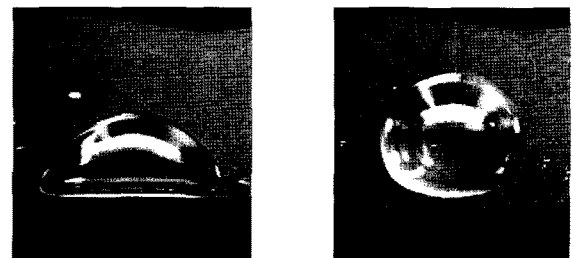
Figure 12. NanoSphere®로 처리한 직물 특성[22].

단성을 높일 수 있을 뿐만 아니라 제거도 용이하게 하는데 이용 가능하다.

② NanoSphere(Schoeller Technologies AG.)

NanoSphere®는 스위스 Schoeller Technologies AG 사가 개발한 섬유 구조체 나노 표면 처리 기술로 자기정화(self-cleaning)라고도 알려진 자연의 비부착(non-adherent) 및 세정(cleaning) 과정을 모방한 자연모사기술의 하나이다. 자기정화란 자연계에 존재하는 일부 식물들의 경우 잎 표면에 독특한 미세구조를 가지고 있어 먼지나 오염물질이 잘 부착되지 않고 비가 내릴 때 쉽게 제거되는 특성을 말한다. NanoSphere® 기술은 Figure 12에서와 같이 물이나 오일 등이 섬유구조체 표면에 쉽게 부착되거나 흡수되지 않고, 표면에 잔존하는 이물질도 소량의 물만으로도 쉽게 흘러내릴 수 있게 해 준다[22].

일반적인 섬유구조체에 물이나 오염물질이 접촉할 경우 접촉 면적이 커 직물에 쉽게 부착된다. 이에 반해 NanoSphere®로 처리된 섬유구조체의 경우 물방울이나 오염물질이 나노입자의 피크 위에만 부착되기 때문에 접촉 면적이 매우 낮아져 부착 정도가 크게 감소하게 되므로 물이 쉽게 흘러내리고 오염 물질이 잘 부착되지 않아 쉽게 제거되는 것이다(Figure 13). NanoSphere®로 처리된 직물의 경우 내마모성이 매우 높아 내세탁성 등의 내구성이 우수하고 낮은 온도에서도 세척이 용이하며 촉감이나 통기성 등의 변화가 거의 없고, Bluesign®



<Classic surface> <NanoSphere® surface>

Figure 13. 일반직물과 NanoSphere® 처리 직물의 표면 비교[22].



규격도 만족시키는 환경친화적인 후가공 기술이라는 장점을 갖는다.

이와 같은 자기정화 특성은 여러 사람이 이동하는 병원과 같은 공공 장소에 사용되는 제품이나 수술 시 발생하는 혈액이나 인체로부터 발생하는 오염물질이 의료진의 의복에 부착되는 것을 막는데 이용될 수 있다.

3. 맺음말

의료용 부직포 제품에 있어서 주요 요구특성으로 경량성, 통기성, 사용 편의성과 함께 감염 방지 기능에 대한 중요성에 대한 인식이 크게 증가하고 있다. 현재 시판중인 의료용 부직포 제품은 주로 스펀본딩이나 멜트블로잉 방법을 이용해 3층 구조나 4층 구조를 갖는 복합 부직포로 구성되어 있으며, 유체나 세균 및 바이러스에 대한 차단성을 높이기 위해 미세기공을 갖는 필름 층을 복합화하는 방법이 주로 이용되고 있다. 최근 들어, 감염 방지 기능을 더욱 강화시키기 위해 불소계나 실리콘계 화합물을 추가해 유체에 대한 반발성을 높이는 제품 개발이 활발하게 진행되고 있다.

현재, 국내 의료용 섬유 제품의 경우 일회용 제품의 비율이 선진국에 비해 크게 낮은 것으로 알려져 있다. 따라서, 세계적인 추세로 볼 때 국내에서도 의료용 부직포 제품에 대한 수요가 점차 증가할 것으로 예상되므로 적극적으로 대처해야 할 필요가 있다. 또, 비 의료용 분야에서 많은 연구가 진행된 섬유 제조 기술 및 가공기술(부직포 제조기술, 항균성 부여 기술, 나노섬유 제조 기술 등)을 의료용 제품에 접목시킴으로써 감염 방지 기능을 강화를 통해 보다 안전하고 쾌적한 의료용 섬유를 개발한다면 국내외 시장 확보 가능성이 클 것으로 예상된다.

참고 문헌

1. Technical textiles and nonwovens: World market forecasts to 2010. Davis Rigby Associates, 2002.
2. Ajmeri C.J., Aimeri J.R., Application of nonwovens in healthcare and hygiene sector. In: Anan SC, Kenddy JF, Miraftab M, Rajendran S editors, Medical textile and biomaterials for healthcare, Cambridge: Woodhead publishing limited, pp.80-89, 2006.
3. Laufman H, Belkin N.L, Meyer K.K. A Critical Review of a Century's Progress in Surgical Apparel: How Far Have We Come? American College of Surgeons, 191(5), pp.554-568, 2000.
4. U.S. Medical Device Outlook, Frost & Sullivan, 2005.

5. Fisher G. Medical and hygiene textiles: Initiatives for growth. second edition, Worcs: International Newsletters Ltd., 2006.
6. 김정숙, 권현선, 성수광. 수술가운의 착용실태에 관한 조사, 한국의류산업학회지, 6(3), pp.341-346, 2004.
7. <http://www.anzics.com.au/uploads/16LudgerNZpresentation.pdf>
8. Kimberly-Clark Healthcare brochure
9. <http://www.kca.com.au/healthcare/about/fabric.htm>
10. <http://www.icrc.org>
11. <http://www.kca.com.au/healthcare/about/masks.htm>
12. <http://www.highbeam.com/doc/1G1-20100918.html>
13. Sheth PJ. Breathable films prepared from melt embossed polyolefin/filler precursor films, USP 4777073, 1988.
14. McCormack AL, Shawver SE. Microporous breathable elastic films, methods of making same, and limited use or disposable product applications, USP 7220478, 2007.
15. McCormack AL. Breathable cloth-like film/nonwoven composite, USP 5695868, 1997.
16. Mueller C, Topolkaev V, Soerens D, Hiltner A, Baer E., Breathable Polymer Films Produced by the Microlayer Coextrusion Process, J Appl Polym Sci., 78, pp.816-828, 2000.
17. www.ahlstrom.com
18. Little SB, Quincy III RB, Rotella JA, Schorr PA, Stopper SR. Breathable film and fabric having liquid and viral barrier, USP 7381666, 2008.
19. Weimer WK, Keenan GE, Kinney RJ, Mrozinski JS, Radovanovic PD. Laminate preventing transmissions of viral pathogens, USP 5981038, 1999.
20. Snowden H.S., Powers M.D., Schorr P.A., Method of treating nonwoven fabrics with non-ionic fluoropolymers, USP 2005/0112970, 2005.
21. <http://www.daikin.com>
22. <http://www.nano-sphere.ch>

• 임 정 남

1990-1994. 서울대학교 섬유고분자공학과 졸업
 1994-1996. 서울대학교 섬유고분자공학과(석사)
 2003-2007. 충남대학교 섬유공학과(박사)
 1995-2007. 삼양사 중앙연구소 의료용구 Program 책임연구원
 2008-현재. 한국생산기술연구원 선임연구원
 e-mail : founder@kitech.re.kr
 전화 : 031-8040-6253

• 임 대 영

1986-1990. 한양대학교 섬유공학과 졸업
 1990-1992. 한양대학교 섬유공학과(석사)
 1992-1995. 한양대학교 섬유공학과(박사)
 1995-1999. 삼양제넥스 생명공학연구소 선임연구원
 2001-2002. 한양대학교 응용화학공학부 연구교수
 2002-현재. 한국생산기술연구원 수석연구원