

염색가공기술의 동향(합성섬유)

1. 서 언

4,000년 이상에 걸쳐 인류의 의류는 동·식물을 원료로 하여 만들어져 왔고, 20세기에 발명된 재생섬유(셀룰로오스를 원료로 한 것)와 합성섬유는 그 후 50년동안 생산량이 급격히 증가하여 20세기 말에는 합성섬유의 생산비율이 50%를 넘었다. 21세기에는 이 경향이 더욱 가속화되어 21세기 중반에는 80% 이상을 합성섬유가 차지할 것으로 예측하고 있다. <그림 1>에 년대별, 섬유종류별 소비량(예측 포함)을 나타냈다.

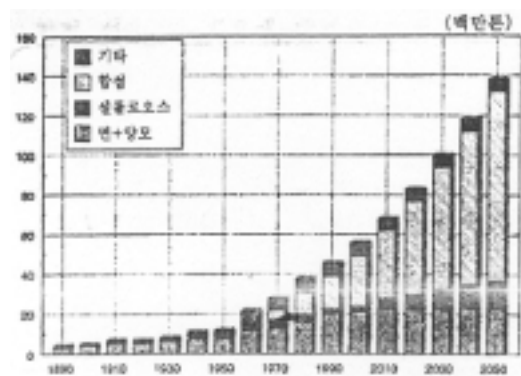
합성섬유에서 특히 눈에 띄게 증가하고 있는 것은 폴리에스테르섬유이다. 합성섬유의 제조는 1970년대까지는 구미, 일본이 선두였지만 80년대에 들어서 대만, 한국이 등장하면서 생산량이 증가되었으며 90년대에는 중국으로 교체되었고, 21세기 전반 합성섬유의 생산량은 중국을 위시한 동남아시아에서 전세계의 80%를 차지할 것으로 예측하고 있다.

이러한 개발도상국의 추격에 대하여 서구의 대규모 합섬메이커는 점차 이 사업에서 철퇴해 왔지만, 일본의 각 합섬회사는 철퇴없이 차별화로 생존하면서 개발도상국의 추격에 대항하고 있다.

차별화의 기본적인 방법은 실 제조공정에서 준비하여 염색가공공정에서 발현시키는 것으로, 실의 제조, 직·편물, 염색가공의 일관된 연구개발 효과로 실키 합섬, 신합섬, 각종 기능성 소재를 만들어 냄으로써 개발도상국과의 사이에 우위성을 유지하여 왔다. 이 기술개발에는 염색가공업 및 염색가공 장치산업도 중요한 역할을 하였다고 생각한다. 예컨대, 고압 워셔(washer)에 의한 강연사직물의 크레핑(creping)기술, 저장력 하에서의 정련 및 염색기술, 이수축(異收縮) 혼섬 및 혼방직물의 염색기술, 알칼리 감량처리에 의한 촉감

개량의 실용화 기술, 극세 복합사직물의 염색가공기술, 섬유표면의 친수화 기술 등 잇달아 새로운 기술이 개발되어 왔다.

그러나 금세기에 들어 종전 방식의 연장으로는 폐색감(閉塞感)에 도달할 것으로 예상된다. 따라서 예상되는 문제점과 이들 폐색감으로부터 타개할 수 있는 신기술을 예상해 본다.



<그림 1> 년대별 섬유종류별 소비량

2. 예상되는 변화

2.1 IT혁명

제일 먼저 떠오르는 것은 IT혁명의 진전에 따른 전세계의 동시화가 진행되어 국경이 무너지는 것이다. 의류 패션분야도 예외가 아니며, 온 세계가 동시에 변화하기 때문에 시대 흐름에 대한 순간 파악과 그 정보를 생산에 결부시키는 Q.R(quick response) 체제의 확립이 매우 중요하다. 인터넷의 이용으로 정보를 순차적으로 수집하는 시스템은 합섬업계에도 이미 시작하고 있으며, 그 중요성은 점차 증가하고 있다.

2.2 환경 친화적 생산체제와 안전한 섬유제품 기준

염색공업은 다량의 물, 열을 사용하며 또한 다량의 배수를 방출하는 산업으로, 현시점에서 어느 정도의 환경오염 대책은 하고 있지만 아직 충분하다고 할 수는 없다.

독일, 오스트리아 등 서구에서는 섬유제품의 안전기준으로 에코텍스 100을, 환경에 친화적인 생산체제의 기준으로 에코텍스 1000을 이미 실시하고 있으며, 더욱이 양자를 통합시킨 EU 에코라벨에서 제품의 안전기준을 확인할 수 있는 EU 통일의 에코라벨 기준이 설정되었다. 이 기준은 섬유원료에서부터 최종제품에 이르기까지 전 제조공정이 환경에 친화적이고, 게다가 만들어진 섬유제품이 사용 중이나 폐기한 후까지 안전하다는 것을 증명하는 것이다.

합성섬유는 천연섬유와 비교해 제품으로서는 내구성, W&W성이 우수하지만, 섬유원료의 제조, 제직·제편, 염색가공과정 등 생산공정에서 어느 정도 우위성을 유지할 수 있을가가 문제로 된다.

2.3 천연섬유의 부족에 대한 대응

중장기적으로 보면 중국, 인도, 인도네시아, 아프리카 등 개발도상국의 인구증가와 생활수준 향상으로 섬유 수요는 확실히 증가하겠지만, 그 수요에 따른 천연섬유의 증산은 식품생산이 우선하기 때문에 기대할 수 없으며, 부족한 부분은 합성섬유에 의존할 수밖에 없다.

지금까지는 주로 면을 사용한 속옷이나 여름용 의류분야에서는 천연섬유와의 혼방기술 및 소수성 합성섬유에의 흡한성 부여 또는 양모섬유 특유의 보온성을 갖게 하는 등의 기능성 부여가 한층 더 중요하게 되어 왔다.

3. 염색가공에서의 신기술

3.1 전처리공정

전처리공정의 목적은 직·편물에 부착되어 있는 방사유제, 가호제, 제조과정에서의 오염 제거 및 직·편물의 태 형성을 들 수 있다.

합성섬유는 천연섬유에 비해 불순물이 적고 취급이 용이하지만, 각각의 공정을 분석해 보면 아직 개선의 여지가 남아 있다. 가호제는 제직성 향상에서 보면 필요하지만 그 이후에는 필요가 없다.

비가호사(non sizing)는 공기류를 이용한 교락사(交絡絲)로 이미 실용화되어 있는 기술이지만, 방사유제 및 공기류 발생 노즐처리 조건 등 세부조건을 검토하여 그 적용범위를 확대시키면 발호공정이 불필요한 직물의 비율을 증가시킬 수 있다.

천연섬유와 합성섬유와의 혼방직물은 가호공정이 필요하다고 생각하지만, 면직물 분야에서 개발되었던 저온 플라즈마(plasma)처리가 효과적이며, 연속 저온 플라즈마 처리기도 개발단계에 있기 때문에 이것이 실용화되면 정련제의 대폭적인 절감, 물 절약, 공정단축에 의한 환경오염 부하를 대폭 절감할 수 있다고 생각한다. 태의 발현으로는 저 장력 하에서의 비빔효과가 뛰어난 건열 처리기의 중요성이 증가할 것이다.

폴리에스테르 장섬유직물의 태 개량법으로 알칼리에 의한 감량처리가 실시되고 있지만, 이 방법은 환경오염에 대한 부하가 너무 크고, 효소에 의한 폴리에스테르섬유의 감량처리는 아직 기초 연구단계로서 효소의 유전자 조작 등 새로운 기술개발 가능성을 남기고 있다. 알칼리에 의한 감량처리는 건직물에서의 세리신 용해제거와 같은 효과를 노린 처리인데, 폴리에스테르 장섬유 직물에서는 섬유와 섬유간의 간격 증대와 섬유표면의 조면화(粗面化)를 위한 것이다. 알칼리에 의한 감량처리를 하지 않더라도 같은 효과를 낼 수 있는 폴리에스테르 장섬유(일반사와 자기 발현사(自己發現絲)와의 혼섬사를 정련처리하여 공간을 발현)도 개발되어 있으며, 다각 단면섬유의 사용과 섬

유표면의 조면화 기술을 병용하면 알칼리 감량처리를 하지 않아도 양호한 태를 갖는 폴리에스테르 장섬유 직물을 얻을 수 있다.

3.2 염색가공공정

1) 섬유개질과 염색성

나일론, 아크릴섬유는 상압(常壓) 100℃ 이하의 온도에서 특별한 문제없이 염색이 가능하지만, 일반 폴리에스테르섬유(폴리에틸렌 테레프탈레이트 섬유)는 그 분자구조가 치밀하기 때문에 130℃의 고온염색이 필요하다. 상압 100℃ 이하의 온도에서 분산염료로 염색 가능한 폴리에스테르섬유의 제조에는 100℃ 이하의 온도에서 섬유표면에 흡착된 분산염료가 섬유내부로까지 확산되기 위해 비결정영역(Amorphous area)의 분자구조를 보다 성글게 하는 것이 필요하다. 이염성(易染性) 폴리에스테르섬유의 제조방법으로 공중합, 6km/min 이상의 고속방사 등이 실시되고 있으나, 최근 새로운 폴리머를 사용한 폴리트리메틸렌 테레프탈레이트 섬유(PTT섬유 또는, 3GT섬유)가 염색성, 탄성이 뛰어난 섬유로서 공업화되고 있다.

상압 염색 폴리에스테르섬유는 일반적으로 농색(濃色)에서 세탁견뢰도 및 승화견뢰도가 낮은 경향을 보이기 때문에 염료의 선택이 필요하다. 에너지 및 염색장치의 비용은 당연히 절감된다고 생각하지만, 그 차액이 일반 폴리에스테르섬유와 상압 염색 폴리에스테르섬유와의 가격차에 비해 어느 정도 인가가 문제이다.

2) 염료, 염색조건

침염 염색은 저욕비, 단시간, 공정생략, 염색조제의 절감 등 세부적인 부분에서의 개선은 가능하지만, 근본적인 조건변경은 기대할 수 없다.

앞으로 합성섬유와 셀룰로오스계 섬유와의 혼방직물이 증가한다고 예측되

고 있는데, 공정합리화를 위해 가능한 1옥 염색이 바람직하다. 농색 폴리에스테르섬유의 경우 환원세정이 필요하지만, 알칼리에서 염색하면 염색 중에 올리고머가 용해되기 때문에 환원세정을 필요로 하지 않아 색상 범위가 많아진다. 알칼리성에서 분해되지 않는 염료의 종류가 증가하면 공정 생략을 기대할 수 있다. 산성에서 약제로 세정하는 방법, 오존으로 상온에서 처리하는 장치도 개발되어 있어 환원세정 면에서 본다면 대체될 가능성도 있다.

나일론의 염색은 합금속 염료가 환경문제로 사용할 수 없게 되면서 밀링 타입(milling type)의 산성염료 및 반응성염료가 중요하게 되었다. 또한 배수문제의 감소에는 합성섬유와 염료 그리고 염색법에서 흡진률을 높이는 개발이 요망된다.

3) 염색장치

20세기 후반에는 합성섬유직물에 적합한 저장력 자동제어 액류 염색기가 많이 개발되었다. 앞으로는 자원절약 환경보전을 목적으로 공기류를 병용한 초 저욕비 염색기, 배수를 방출하지 않는 완전 밀폐형 염색시스템 등의 장치가 개발목표로 되고 있다.

4) 새로운 염색법

인스턴트 커피 등의 추출에 사용되는 CO₂ 임계용액을 폴리에스테르섬유의 침염염색에 응용하려는 기초연구가 이미 실시되고 있지만, 실용화를 위해서는 장치개발과 생산코스트 문제가 있어 아직 시간이 필요하다. 잉크젯 프린트는 실용화되어 있지만, 현재는 생산성이 낮고 코스트가 높다. 복사기 방식도 제안되고 있지만, 장치, 토너(toner)의 개발문제 등이 남아 있다. 이들 방법은 환경부하의 절감, 소량다품종, QR 등 앞으로 시장의 요구와 일치하는

쪽으로 발전이 기대된다.

티타늄을 사용한 박막(薄膜)처리, 이중 폴리머의 교호적층(交互積層)구조 등 빛 간섭(干涉)을 이용한 착색방법도 고부가가치 상품으로서 주목할 필요가 있다. 또한 패션의 다양화로 빛과 열 등 주변환경의 변화에 따라 가역적으로 변색하는 착색법도 흥미를 갖게 한다.

3.3 고부가가치 후가공

합성섬유의 후가공으로는, 지금까지 의류 용도로 사용되어 온 천연섬유에는 있으나 합성섬유에는 부족한 성능의 개량, 예를 들면 친수성, 흡수성, 대전방지성 등의 개량을 목적으로 한 것과 발수성, 발수발유성, 방오성, 항균성, 소취성, 보온성 등 새로운 기능성 및 쾌적성의 개량을 목적으로 한 것이 있다.

1) 섬유표면의 물리적 개량

합성섬유의 한가지 특징은 요구하는 태, 성능에 따라 섬유 자체의 제조조건을 조절할 수 있다는 것이다. 특히 섬유의 굵기, 표면적, 단면형상은 매우 큰 영향을 미친다. 또한 콜로이드 상태 실리카의 미립 세라믹을 혼합 방사하고 직물에서 알칼리처리나 저온 플라즈마처리를 하면 섬유표면의 미립 세라믹 주변이 빠르게 부식(etching)하기 때문에 섬유표면에 아주 작은 요철이 생성된다. 최근 레이저 광선을 이용해 섬유표면을 조면화(粗面化)하는 방법도 개발되고 있다. 이 처리를 하면 염색성, 태, 흡수성 등이 개량된다. 이와 같이 합성섬유의 테니어, 단면형상의 변화, 섬유표면의 조면화 및 직물조직 등의 물리적 개량으로 태, 반발성, 벌키성, 색상, 흡수성 등을 개량할 수 있다.

직물은 섬유와 공기의 복합체이며, 직물의 접촉각은 섬유원료 폴리머 평면의 접촉각보다 항상 커진다. 즉 섬유의 표면적이 증가하고 섬유 간격이 좁아

지면 모세관현상에 의해 특히 젖음성과 발수성의 값이 증가된다. 즉 젖기 쉬운 표면은 더욱 젖기 쉬워지고, 젖기 어려운 표면은 더욱 젖기 어렵게 된다. 극세섬유나 다각 단면섬유와 같이 섬유의 표면적이 커질수록 이 경향은 가속된다. 최근 이 원리를 이용해 소수성섬유인 폴리에스테르섬유의 흡수성을 향상시킨 흡수패적성 직물과 극세고밀도 직물에 불소계 수지가공을 하여 통기성 발수가공을 향상시킨 상품이 많이 나오고 있으며, 앞으로는 섬유표면의 조면도(粗面度) 및 사 구조와 염색가공의 복합 차별화기술이 중요하게 될 것이다.

2) 화학적 개질

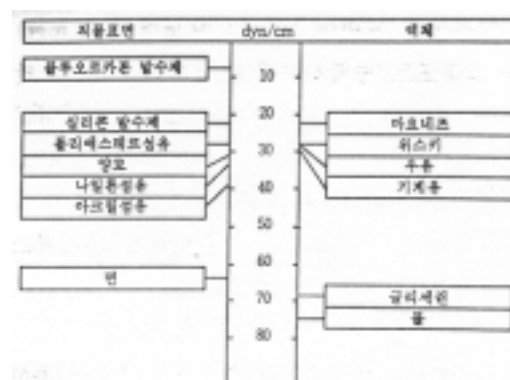
합성섬유는 천연섬유에 비해 반응성이 나쁘다. 특히 폴리에스테르섬유와 같이 섬유표면의 반응성이 좋지 않은 섬유는 세탁내구성을 위한 표면 개질이 비교적 어렵다.

합성섬유에 친수성을 부여하는 방법으로, 섬유제조공정에서는 합성섬유와 친수성 폴리머와의 결합, 폴리머 혼합, 시이드 코어 콘쥬게이트 섬유 등의 방법에 의해 기업화되어 있다. 한편 후가공에서는 그래프트중합 가공법이 중요하게 된다.

합성섬유 표면에 비닐계 모노머(monomer)를 그래프트 중합하는데는 열처리, 라디칼 발생제, 전자선 조사, 저온 플라즈마 등의 처리로 섬유표면에 라디칼을 발생시키고 탈 산소 하에서 실시한다. 저온 플라즈마 처리에 의해 폴리에틸렌 글리콜(PEG) 유도체를 폴리에스테르섬유 표면에 직접 고착시키는 방법도 있다. 아크릴산계 모노머를 그래프트 중합한 후, 카르복실기 등 관능기의 반응성을 이용해 세리신, 향균제, 소취제 등을 고착시켜 새로운 기능을 부여하는 방법도 있다.

새로운 기능성의 부여도 건강관리, 치유(治癒), 전자파 방지 등 인체 그 자체에 영향을 주는데 목표를 두고 있으며, 사용 약제도 종전의 합성 유기화합물에서 세리신, 히녹티올, 키토산 등 천연 유기화합물을 사용하며, 제오라이트, 광활성(光活性) 산화티타늄, 은(銀) 등의 파인 세라믹 등 무기화합물의 이용범위가 확대될 것이다.

발수가공, 발수발유가공은 실리콘계 수지 또는 불소계 수지(퍼플루오르알킬($n=8$) 아크릴레이트 유도체 등)로 패드 드라이 큐어(pad dry cure) 가공하는 것이 일반적이지만, 유기불소 가스의 저온 플라즈마처리로 폴리에스테르섬유의 극표면(極表面)에 불소원자를 도입하여 소수화(疎水化) 할 수도 있다. <그림 2>는 각 섬유 본래의 표면장력을 나타낸 것인데, 수치가 작을수록 소수성을, 클수록 친수성을 나타내고 있다. <표 1>은 나일론 및 폴리에스테르 필름을 각종 가스로 저온 플라즈마 처리한 후 표면장력을 측정한 것인데, 각종 가스의 선택으로 섬유표면에 관능기를 도입함으로써 섬유표면의 젖음 특성을 친수성에서 소수성까지 제어할 수 있게 되었다.



<그림 2> 각종 직물 및 액체의 표면장력(dyn/cm)

<표 1>나일론 및 폴리에스테르 필름을 각종 가스의 저온 플라즈마로
처리한 후 표면장력

플라즈마 처리	표 면 장 력(dyn/cm)			
	나일론		폴리에스테르	
	γ_c (Zisman)	γ_c (max)	γ_c (Zisman)	γ_c (max)
미처리	41	45	43	46
O ₂	59	59	56	56
N ₂	59	59	57	57
H ₂	41	56	39	50
He	43	55	56	56
Ar	-	-	56	56
CH ₄	36	41	-	-
CF ₄	19	19	20	20
CHF ₃	19	26	19	20
CClF ₃	38	40	36	44
(CH ₃) ₄ Si	-	-	34	35

섬유표면의 개질은 지금까지 물이나 유기용제를 용매로 사용하여 가공해 왔지만, 자원절약, 저공해 대책으로 용제에 물이나 유기용제를 사용하지 않고 직접 섬유와 기체를 반응시키는 건조공정(dry process)이 중요시되고 있다. 예를 들어 저온 플라즈마처리, 레이저처리, UV, 전자선 등을 사용한 개질 관련 기초연구가 행해지고 있다.

생산에 응용하기 위해서는 생산설비가 필요하다. 저온 플라즈마처리는 지금까지는 배치(batch)식 생산설비를 사용하였지만, 앞서 기술한 것 같이 직물용 연속처리장치가 개발중이며, 이 장치가 상업베이스로 실용화되면 합성섬유 직물의 표면개질에 대한 새로운 응용도 기대할 수 있다.

4. 결 언

앞에 설명한 것 같이, 합섬직물 산업은 합성섬유 그 자체를 다양화시키고, 이에 대응한 직·편물, 염색가공의 일관된 고부가가치 개발로 지탱해 왔다. 21세기 초, 양모섬유와 같은 기구를 가진 흡수에 의해 발열하는 자기발열 섬유가 발표되어 주목을 받고 있다. 앞으로도 이와 같은 합성섬유가 점점 다양화하면서 새로운 기능성을 가진 섬유가 끊임없는 개발될 것이다. 합섬메이커, 직·편물업자, 염색업자가 제휴하여 항상 공격적인 자세로 개발하는 것이 중요하며, 또한 염색가공 담당자는 신소재의 특징을 숙지하여 더욱 염색가공의 특징을 살리는 것이 합성섬유 제품의 승패를 정하는 주요 포인트라고 확신한다.