

면 섬유의 염색 가공에서 발생하는 문제점들과 해결책

1. 서 언

면 섬유는 전세계적의 섬유 무역에서 가장 중심이 되는 섬유 소재이다. 면 섬유의 품질은 매우 다양하며, 그 용도는 거의 무한정인데, 이런 점 때문에는 가장 많이 사용되고 있는 방직 섬유 가운데 하나가 되고 있다. 면 섬유는 고시피움(Gossypium)속과의 식물로서 씨앗의 섬유털인데, 자연에 존재하는 것 가운데 가장 순수한 형태의 셀룰로스이다. 그러나 면 섬유를 습식 처리하거나 염색 작업이 수반될 때에는 가장 문제가 많은 섬유 소재가 된다. 면 섬유 제품을 염색할 때 자주 발생하는 문제들 대부분은 실제 염색 가공 때문이 아니라 그 이전의 생산 및 가공 단계에서 야기된 어떤 잠재적인 결함 때문이다. 염색한 면 섬유 제품에서 발생하는 문제의 근원을 추적해 보면, 면화의 재배지까지 거슬러 갈 수 있다. 여기에서는 다양한 방식으로 면 섬유 제품을 염색 가공하는 데 있어 발생하는 문제점들을 설명하고자 한다. 우선 여러 가지 형태로 이루어지고 있는 면 섬유의 처리 공정을 살펴보고, 그 다음에 면 섬유의 염색 과정에 수반되는 주요 가공 단계와 요인들을 자세히 설명하면서 각 단계별로 발생하는 문제들에 대하여 언급하기로 한다.

1.1 면 섬유 제품의 생산 공정

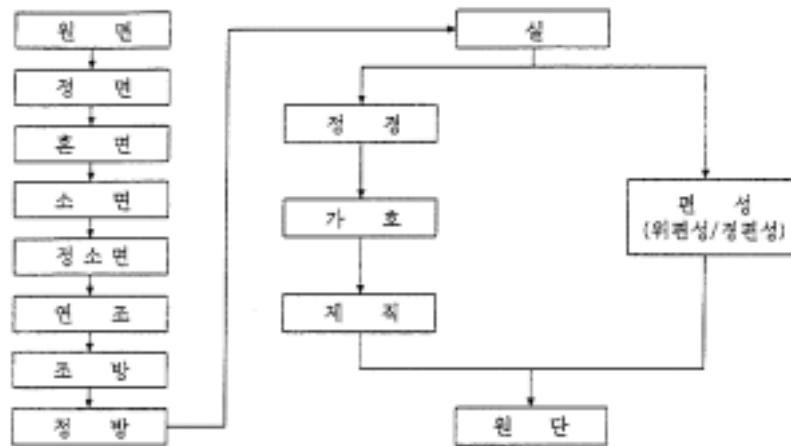
섬유 원료가 제품화되기까지 여러 단계의 처리 과정을 거치게 되는데,

원면을 투입하여 처리하면서 이로부터 실을 만들며, 이 실에서 원단이나 그 밖의 여러 제품으로 만들고, 나아가 염색 및 가공하기까지 매우 수많은 단계의 생산 과정을 통과하게 된다. <그림 1>에서 면 섬유 제품을 제조하는데 있어 이루어지는 일반적인 과정을 보여주고 있다.



<그림 1> 면 섬유 제품의 일반적인 제조 과정

면 섬유는 일반적으로 3~4 단계의 제조 과정을 거치게 되는데, 즉 방적, 제포, 습식 가공 그리고 봉제이다. 방적 섬유들을 실로 만들기 위해서는 섬유들을 모아서 꼬임을 주어 이들 섬유들을 결속시켜 주어야 한다. 비록, 대부분의 방적 섬유들은 방적이라는 공정을 통하여 처리하게 되지만, 섬유 소재가 천연 섬유 또는 인조 섬유인가에 따라서 방적 공정에 이르기 전에 다른 공정을 거치기도 한다. <그림 2>에서는 면사를 제조하는 생산 단계들을 보여 주고 있다. 이들 단계 가운데 어떤 것은 선택 사항인데, 이는 실의 형태와 채용한 방적 설비에 따라 달라진다.



<그림 2> 실과 원단의 일반적인 제조 과정

비록 최근에 들어와 부직포가 점차 대중화되고 있지만, 원단을 만드는 주된 방법은 제직과 편성이다. 제직하기에 앞서, 우선 경사로 사용할 실을 커다란 스푼(spool), 즉 콘에 감아서 이를 크릴이라고 하는 랙에 장착한다. 이 크릴에서 경사를 빔에 감게 되는데, 이 상태로 가호라고 하는 공정을 거치게 된다. 가호 공정에 사용하는 호부 액은 일종의 코팅제로서 제직하는 과정에 실이 끊어지거나 마모되는 것을 보호해 준다. 제직 과정에서 일단의 실들을 서로 교차시켜 줌으로써 직물이 만들어지게 된다. 제직 과정에서 직물의 기본 골격을 이루는 길이 방향의 실을 경사라고 하며, 이와 엇갈려 있는 실을 위사라고 한다. 편성물의 경우에는 갈고리 달린 바늘 침을 이용하여 하나 또는 그 이상의 실들을 일련의 루프 형태로 연결해 주어 만들게 된다. 이러한 루프들은 편성물의 사용 목적에 따라 느슨하거나 혹은 치밀하게 구성한다. 편성이 이루어지는 방식에 따라 위편성과 경편성으로 나뉘어진다.

직물과 편성물은 대개 그 상태로 의류나 그 밖의 다른 제품으로 만들지 않고 물이 수반되는 습식 가공 단계를 거치게 된다. 습식 가공에서는 염색이나 가공되기 전의 원단, 즉 생지라고 하는 것을 최종 사용 용도에

맞게 가공된 제품으로 바꾸어 줌으로써 원단의 외관, 내구성, 활용성 등을 개선시켜 준다. 습식 가공은 여러 단계들로 구성되는데, <그림 3>에 제시한 바와 같이 생지를 처리하는 데 있어 약제가 첨가된 욕(bath), 종종 별도의 세정, 수세 그리고 건조하는 단계가 있다. 이러한 단계들 가운데 일부는 선택 사항으로서, 이는 제조된 원단의 스타일 즉 습식 가공하고자 하는 재료가 실이나 혹은 편성물 또는 직물이나에 따라서 달라진다.

면 섬유를 처리하는 데 있어 주가 되는 단계들로는 모소, 발호, 정련, 표백, 머서화 이외에 염색 및 가공이 있다.



<그림 3> 일반적인 습식 가공 단계

모소(singeing)는 실이나 원단에서 돌출되어 나온 섬유들을 제거해 주는 건식 공정이다. 발호(desizing)는 제직하기에 앞서 경사에 처리되었던 호제들을 제거해 주는 습식 공정이다. 정련(scouring)는 세정 작업, 대개는 알칼리 액을 사용하여 섬유나 실 또는 원단에 존재하는 불순물들을 제거해 주는 세척 공정이다. 표백(bleach)은 정련에서 제거되지 않은 유색의

불순물을 탈색시키고, 염색이나 날염 같은 이후의 가공 공정을 위해 준비해주는 화학적 공정이다. 머서화(mercerization)는 염색성, 광택 그리고 외관을 향상시켜 주는 화학적 공정이다. 염색(dyeing)은 여러 생산 단계에서 활용되어 섬유에 색상을 부여하고 제품의 가치를 높여 준다. 염색이 이루어지는 방식은 배치식과 연속식으로 나뉘어진다. 배치식 또는 흡진식 염색의 통상적인 방법으로는 패키지, 빔, 벡(beck), 원치, 제트, 지거 등에 의한 작업이 있다. 연속식 염색 공정은 전형적으로 염료의 처리, 약제나 열을 이용한 염료의 고착 그리고 수세로 구성되어 있다. 염색 공정들은 전체 제조 과정 가운데 몇몇 단계에서 선택적으로 이루어질 수 있다. 스톡 염색은 섬유 상태로 염색하는 것이고, 사염은 실을 염색하는 것이고, 피스 염색은 원단 상태에서 염색하는 것이다. 날염(printing)은 국부적이거나 일정한 모양의 색상을 원단에 부여하는 것이다. 원단을 날염 처리하는 데는 여러 다양한 기술과 설비들을 이용하여 원단에 색상과 모양을 찍어 준다. 가공(finishing)은 섬유나 실 또는 원단에서 화학적 처리나 기계적 처리를 통하여 외관, 텍스처 또는 성능 등을 향상시켜 주는 것이다.

2. 섬유 원료에 기인하는 문제

2.1 사면과 미성숙 면에 의해 발생하는 문제

비록 사면(dead cotton)과 미성숙 면(immature cotton)이라는 용어를 호환성 있게 사용하는 것이 통상적이지만, 면 섬유에서 전혀 다른 두 가지 수준의 성숙도를 가리키는 이러한 용어를 사용하는 것이 유용할 수 있다. 정상적으로 성숙한 면 섬유는 단면이 강낭콩 모양으로서 두꺼운 세포 벽을 가지고 있다. 이것과 극단적으로 다른 사면은 실질적으로 세포 벽의 두께가 전혀 없다. 성숙 면과 사면 사이의 중간 단계에 있는 면 섬유를 미성숙

면으로 분류한다. 미성숙 면(때때로 얇은 세포 벽을 갖는 면 섬유로 불림)은 2차 세포 벽의 생장이 조금 보인다. 미성숙 섬유의 세포 벽이 얇아질수록 면 섬유의 강도(rigidity)는 떨어진다. 이와 같이 성숙 면이나 사면이 존재하게 되면, 기계 작용을 받을 때 서로 얹히게 되어 조면 공정, 린트 소제시 그리고 소면 공정에서 덩어리가 되기 쉽다. 이러한 섬유 덩어리, 즉 넵(nep)은 염색에서 문제가 되어, 염색을 한 후에 하얀 반점 같이 보일 수 있다.

사면과 미성숙 면의 구별은 매우 중요하다. 이들 모두 완전 성숙 면보다 염색이 열게 되지만, 미성숙 면의 경우에는 머서화 가공이나 그 밖의 팽윤 처리에 대해서 반응한다. 이와 대조적으로 사면은 사전에 어떤 팽윤제로 처리해 주어도 염색성이 떨어진다.

흰색이나 옅은 색의 반점이 미성숙 면이나 사면에 의한 것이라면, 이는 다음의 세 가지 형태 가운데 하나이다. 첫 번째 형태의 결점이 나타날 때는 미성숙된 면 섬유들이 서로 엉켜면서 표면에서 넵이 되어 가공 과정에서 편평해지고 반들거리면서 윤이 나는 외관을 갖게 된다. 그 다음에, 이 넵들은 염색된 제품의 표면 위에서 조그마한 반사 거울의 역할을 하게 된다. 반사율이 크기 때문에 실제 똑같은 색 농도로 염색하였더라도 어느 각도에서는 이러한 넵이 주위보다 훨씬 열게 보이게 된다. 두 번째 형태가 발생하는 경우는 염색 과정에서 원단에 대한 침투가 불량할 때 발생한다. 미성숙된 면 섬유 덩어리들은 흔히 제품에 느슨하게 부착되어 있기 때문에 이후 계속 처리되는 과정에서 이동하거나 충격을 받아 탈락된다. 만일, 이러한 섬유 덩어리들이 실에 존재함으로써, 염색 과정에서 적절히 염료가 침투할 수 없게 되면 이 덩어리가 위치를 옮기어 갈 때 옅은 반점이 보이게 된다. 세 번째 형태는 미성숙 면이나 사면의 섬유 덩어리들이 주위 소재와

똑같은 색 농도로 염색되지 않는 전통적인 예가 된다.

미성숙 면의 피복도는 다음의 인자들에 따라 달라진다.

- 섬유 준비 작업(fiber preparation) : 섬유 준비 작업에는 몇 개의 단계가 있는데, 여기에서 대개 서로 뭉쳐지려고 하는 미성숙 면이나 사면에서 뉘의 양을 줄이려는 시도가 이루어질 수 있다. 이와 같은 덩어리들을 제거하려고 하는 것은 소면 공정에 투입하기에 앞서 중요한 것이다. 일단, 소면기의 메인 실린더를 통과하게 되면, 덩어리 진 섬유들은 계속해서 이후 만들어지게 되는 실이나 원단 속으로 들어가게 된다.

- 준비 작업 순서(preparation sequence) : 준비 작업의 순서가 미성숙 면의 피복에 미치는 영향은 거의 없다. 세포 벽을 팽윤시키는 전처리만이, 만일 이를 더 두껍게 만들 수 있다면, 미성숙 면의 염색성을 개선시키는 데 효과적이다.

- 팽윤 전처리(swelling pre-treatment) : 팽윤제를 최적의 농도(예컨대, 14% 이상의 농도를 갖는 가성 소다)에서 처리하는 것은 미성숙 면의 2차 세포 벽을 팽윤시키어 염색에 대한 친화성을 높이는 데 효과적이다. 한편, 사면은 어떤 형태의 팽윤 전처리 시스템을 사용하여도 효과적으로 처리하는 데 필요한 세포 벽의 두께가 절대적으로 부족하다.

- 염료의 선정(dye selection) : 염료에 따라 하얀 반점이나 탈색된 반점을 효과적으로 제거해 주는 능력은 매우 다양하다. 특정한 염료별로 미성숙 면에 대한 피복 능력에 관한 데이터를 파악하기 위해서는 염료 회사에 문의할 것을 권장한다. 가성 소다는 사면으로 인하여 발생하는 흰색이나 탈색된 반점을 제거하는 데는 효과가 없기 때문에, 이 경우에는 염료의 선정이 최상의 대안이 된다. 비록 정확한 메커니즘은 밝혀지지 않았지만, 한 가지 이론은 사면을 피복해 주는 염료들이 면 섬유의 셀룰로스(중심부)

속으로 침투하지 않고 대부분 바깥 층에 염착된다는 것이다. 이로써 사면은 표면만 착색된다.

○ 후처리(after-treatment) : 머서화나 암모니아 처리 같은 팽윤 처리의 경우에, 만일 문제점이 미성숙 면으로 인하여 표면이 반사되고 염료의 흡진(dye uptake)에 실질적인 차이가 있기 때문이라면, 염색 이후뿐만 아니라 염색 이전에 하여도 효과가 좋을 수 있다. 그러나 이러한 절차는 극단적인 경우에만 무방한데, 이는 강알칼리에 내성이 있는 염료로 원단을 염색하면 반드시 변색이 발생하기 때문이다.

2.2 면 섬유의 염색성 변동으로 인한 문제

어느 연구 결과에서 확인된 바에 따르면, 면 섬유의 염색성은 품종마다 다양하다는 것이다. 따라서, 염색성의 변동을 최소화하기 위해서는, 가능하다면 한 품종으로만 작업할 것을 권장한다. 염료들 가운데 어떤 것은 염색성의 변동에 매우 민감한 것도 있으므로, 이런 경우에는 염색할 때 염색성의 변동에 덜 민감한 염료를 선택하여야 한다.

2.3 면 섬유의 오염에 의한 문제

면 섬유는 96% 정도가 셀룰로스이고 그 밖의 여러 성분들로 이루어져 있는데, 이들 기타 성분들은 성공적인 염색을 위하여 전처리 단계에서 제거되어야 한다. <표 1>에 자연에서 생성된 면 섬유의 천연 불순물에 관하여 종류와 비율을 나타내었다.

면 섬유의 오염에 영향을 주고 있는 요소들로는, 재배지의 지질, 토양의 성분, 발육 기간의 기후 조건, 경작 기술, 약품, 살충제와 비료, 그 외에도 수확 기술 등을 열거해 볼 수 있다. 염색 공장에게 가장 커다란 위협이 되는

요소는 알칼리토류와 함께 칼슘, 마그네슘, 망간 그리고 철과 같은 중금속의 오염이다. 원면은 원산지에 따라서 알칼리토류와 중금속 이온의 함량이 매우 다르다. <표 2>에서는 원산지에 따른 원면 속에 함유된 금속의 함량을 보여주고 있다.

<표 1> 전형적인 원면의 구성 성분

성 분	비 율(%)
셀룰로스	88.0~96.0
펙틴	0.7~1.2
면랍	0.4~1.0
단백질	1.1~1.9
회분	0.7~1.6
기타 유기질	0.5~1.0

면 섬유 속에 있던 지방, 유지 그리고 면랍의 양은 알칼리 작용과 표면 활성 제품으로써 허용 한계까지 경감시킬 수 있다. 극단적인 경우에는 용제와 표면 활성 혼합체를 사용하는 것이 필요할 수도 있다. 펙틴과 그 밖의 물질들은 알칼리 작용, 일반적으로는 가성 소다로 용해시킬 수 있는데, 여기에서 가성 소다는 팽윤제의 역할을 한다. 아미노산 또한 알칼리에 용해되는데 이때 나트륨염이 생성된다. 그러나 금속들은 기존의 알칼리 처리로써 제거할 수 없는데, 이는 알칼리라는 매개체에서 금속 이온 봉쇄제가 정량적으로 중금속을 함유한 착염체의 무기질들을 분리해 낼 수 없기 때문이다. 더욱이, 알칼리 영역의 pH에서 셀룰로스는 급속하면서도 강력하게 팽윤함으로써, 중심부에서 섬유의 바깥층으로 결정체의 무기질들을 운반해 주게 된다. 유기산이나 무기산으로 탈무기질화 처리하는 것이 알칼리 처리 방식과 비교하여 훨씬 더 효과적이다. 그러나 산 처리의 효용성에 관계

없이, 셀룰로스 섬유의 탈무기질화 처리에 유기산이나 무기산을 사용하게 되면, 강산의 무기산일 경우에 기계 부품의 부식, 취급의 어려움 그리고 섬유 손상의 위험성이 있는 반면에 유기산일 경우는 탈무기질화의 정도가 떨어지면서 휘발성은 더 커지게 된다.

<표 2> 원산지에 따른 금속 성분의 함량

원 산 지	금속 함량 (mg/kg)				
	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn
브라질, Assai Piranha	3,147	1,156	680	6	30
브라질, Sao Paulo	845	555	46	6	11
페 루	700	440	13	<1	<1
미 국, Texas	810	365	75	<1	<1
미 국, California	600	540	40	<1	<1
이집트, Makko	640	452	11	<1	<1

근래에 들어와서는, 강산성의 금속 이온 봉쇄제 계열이나 유기 완충 시스템과 금속 이온 봉쇄제와의 혼합체 계열의 특수 제품들이 면 섬유의 탈무기질화 처리에 사용되고 있다. 이들 제품들은 염산이나 황산 같은 기존의 산에 비하여 많은 장점을 갖고 있다. 이러한 장점들 가운데 일부를 보면 다음과 같다.

- 부식이 없음
- 휘발성이 없음
- 불쾌한 냄새가 없음
- 재침전으로부터 금속 이온이 용해되는 것을 방지함
- 계면 활성제와의 시너지 효과로서, 세정 효과, 분산력, 오염 방지 능력이 향상됨
- 회분량이 경감됨
- 백도가 향상됨

- 섬유의 손상이 없음

그러나 이와 같은 집중적인 탈무기질화 처리의 경우에는, 이후 계속되는 과산화물에 의한 표백 공정에서 마그네슘 이온이 첨가되는 것에 주의해야 하는데, 이는 표백 공정에서 과산화수소의 안정화가 불충분해지면서 발생할 수 있는 섬유의 손상을 방지하기 위해서이다.

2.4 면 섬유의 색 등급이 염색된 제품의 염색 수율에 미치는 영향

원래의 색 등급이 다른 면 섬유들을 정련과 표백 처리 후에 염색하였을 때 염색 수율의 차이는 매우 적은 편이다.

3. 방적에 기인하는 문제

면 섬유 가공 제품의 품질을 저하시키는 결함 가운데 25% 정도는 실에 그 원인이 있을 수 있다. 실에 관련된 주요 인자들은 다음과 같다.

- 실의 변수
- 꼬임 수
- 꼬임 방향
- 강력
- 방적 형태(오픈엔드/링 방적, 코머/카드사)
- 파단 신도
- 잔털량/필링 특성
- 균제도/변동
- 불순물/외래 잡물
- 혼용률
- 단사/합연

- 색상/색조
- 염색성
- 클래시매트 결점

실에서 나타나는 결점들 가운데 일부 보편적인 형태들은 다음과 같다.

- 넵
- 장주기 굵은 부분
- 단주기 굵은 부분
- 가는 부분
- 약한 부분
- 변수 변동
- 잔털량
- 염색성의 변동

실에서 염색성에 변동을 유발하는 주요 원인은 다음과 같다.

- 미성숙 면
- 사면
- 식물성 물질 또는 외래 잡물
- 꼬임 불량
- 스플라이스 불량
- 넵
- 변수 변동

<다음에 계속>