

미성숙면의 염색성 보완에 대한 고찰

1. 서 언

면 또는 면혼방직물을 염색한 후에 희끗희끗한 염색결점이 직물전체에 불균일하게 나타나는 것을 종종 볼 수 있다. 이는 대부분 미성숙면 또는 사면섬유 때문에 발생한다. 그런데 미성숙면은 면섬유 자체에 포함되어 존재하기 때문에 방적전에 제거하는 것이 바람직하다. 섬유를 잘 선정하고 유면기의 세팅과 보수유지를 잘 함으로써 위와 같은 문제의 발생을 가장 효과적으로 억제할 수 있다. 그렇지만 섬유를 잘 선정하고 생지의 품질관리를 잘 한다고 해도 염색 후에 희끗희끗한 염색결점이 여전히 나타나는 경우가 가끔 있는데 이는 염색결점을 유발하는 미성숙면 또는 사면이 면섬유에 얼마나 포함되어 있는지를 정확히 분석할 수 있는 방법이 아직 없기 때문에 발생한다고도 볼 수 있다. 마이크로네어가 면섬유의 성숙도를 측정하는 데 가장 널리 이용되는 방법이지만 이는 우리가 알고자 하는 사면섬유의 포함량에 대한 것이 아닌, 시료의 평균치만을 알려 줄 따름이다. Arealometer 나 Shirley면 성숙도 측정시험기와 같은 시험기도 그 같은 결점을 갖고 있기는 마찬가지이다.

전통적으로 염색기술자들은 미성숙면의 단점을 조절 또는 보완하기 위해서 다음 2가지 방법을 사용해 오고 있는데 염료의 적절한 선택과 머서화 처리가 그것이다. 그런데 적절한 염료선택이 문제해결에 도움을 주는 경우도 있지만, 견뢰도 및 비용면에서 문제가 발생할 수도 있고 또 어떤 특정색상의 경우에는 사용자체가 문제가 되는 경우가 발생한다.

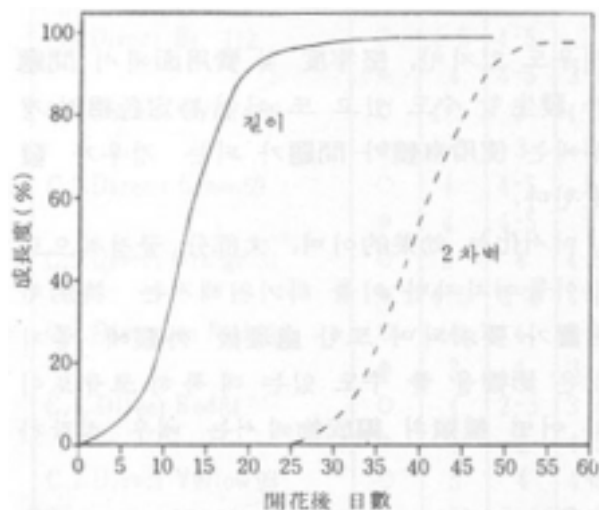
머서화는 효과적이며, 대부분 긍정적으로 받아들여지지만 이를 하기 위해서는 특별한 장치가 요구되며 또한 처리 후 외관에 좋지 않은 영향을 줄 수도 있는데 특

히 코듀로이와 어떤 종류의 편성물에서는 매우 심각하다.

Cotton Incorporated 는 1982년에 머서화 처리시 발생될지도 모르는 문제점들, 예를 들면 촉감이 거칠어진다든지 또는 파일의 길이가 짧아진다든지 하는 역효과가 없는 머서화에 관한 연구를 하였다. 첫 단계로서, 미성숙면의 단점을 보완할 수 있는 가성소다의 최소소농도, 처리온도 및 시간을 정하기 위한 실험을 한 결과 그 이듬해에 가성소다는 14%, 온도는 15.6~48.9°C (60~120°F)로 10초간 처리하면 염색 후에 색상차를 유발시키지 않는다고 보고한 바 있다. 또한 그 같은 처리조건하에서는 직물의 수축과 스티프닝(stiffening) 이 최소가 된다고 하였다. 그후 공장실험을 한 결과, 그 같은 서브 - 머서화처리가 실제로 미성숙면의 염색성을 향상시키기 위해 행하는 머서화처리와 그 효과면에서 같다고 인정되었다.

지난 일년동안 본 연구실에서도 미성숙면 때문에 발생하는 문제와 대책에 대해 연구하였는데 본고는 이의 연구결과이다.

2. 미성숙면의 발생원인 및 성질



< 그림 1 > 면섬유의 성장단계

면섬유는 그림 1에서 보는 것처럼 보통 2단계로 구분되어 성장한다. 제1단계는 섬유의 성장단계로서 목화씨로부터 성장하여 제1차 세포벽만이 생성된다. 길이 성장이 거의 끝날 무렵 외부에서 내부로 2차벽의 성장이 시작되어 면섬유가 두꺼워진다. 그런데 이 같은 2차벽의 성장과정에서 그것이 제한을 받는다든지 또는 성장속도가 느려지면 미성숙면이 되는 데, 2차벽의 성장에 제한을 주는 것들로는 해충, 질병, 가뭄, 일기변화(특히 일찍내리는 서리) 및 조기수확 등을 들 수 있다. 이같은 면섬유를 수확하면 길이는 정상형태지만 두께는 정상이 아니다.

미성숙면의 세포벽이 얇을수록 성숙면에 비해 강성이 저하한다. 이렇게 되면 미성숙면 또는 사면의 가요성이 증가하여 건면, 린트 클리닝 및 유면시 기계적인 힘에 의해 매듭이 형성되어 뭉치려는 경향이 더 심해진다. 섬유가 뭉쳐지는 것이 대부분 기계적인 작용에 의해발생된다고 생각되지만 다래(boll sample)에 대해 연구한 결과 미성숙면 또는 사면의 클럼프(clump)가 다래에서도 형성됨을 알았다. 따라서 이 방면에 대해 계속해서 연구가 진행중에 있다.

사면과 미성숙면의 용어를 혼용해서 사용하는 것이 보통이지만 이 용어가 서로 다른 성숙도를 지칭한다는 것을 알 필요가 있다. 그림 2에서와 같이 정상적인 성숙면의 단면은 콩모양으로 세포벽이 두꺼운 데 반해 극단적인 예로 사면은 세포벽의 두께가 거의 없다. 미성숙면은 그 중간정도이다. 즉 미성숙면은 어느 정도 2차벽이 두껍다는 것을 볼 수 있다.



< 그림 2 > 면섬유의 단면

사면과 미성숙면의 차이점은 매우 중요하다. 즉, 양쪽 모두 성숙면에 비해 얇게 염색되지만, 머서화 또는 서브-머서화처리에 반응을 보이는 것은 미성숙면이며 사면은 위와 같은 전처리를 한다고 해도 어떤 염료에 대해서는 염색이 되지 않는다.

미성숙면과 사면의 실험실적 연구에 사용되는 몇 가지 분석방법이 있는 데 그 하나가 Goldthwait Differential Dyeing Test(ASTM D1414)로써, 이 방법은 면섬유의 상대적인 성숙도를 측정하는데 유용하다. 이 방법 말고 미성숙면의 감별을 현미경을 이용하여 하는 방법도 있는데 그 중 한가지 예로 ASTM D1442를 보면 18%의 가성소다 용액으로 섬유를 팽윤시켜 현미경으로 관찰하는 방법이 나와 있는데 이 같이 18%의 가성소다 용액을 사용함으로써 성숙면과 미성숙면의 외관을 뚜렷이 구별할 수 있다. 그리고 ASTM D1442 에는 편광현미경을 이용하는 방법에 대해서도 나와있다. 성숙면, 미성숙면, 사면은 세포벽의 두께가 각각 다르기 때문에 편광현미경에 놓고 회전시키면 색상이 다르게 나타난다.

이 같은 실험실적 방법은 염색 후 직물에서 희끗희끗하게 나타나는 부분의 섬유감별에 효과적이지만 공장에서 사용하고자 할 경우에는 위와 같은 방법 모두 추천하고 싶지 않다.

3. 미성숙면과 사면 때문에 발생하는 결점

미성숙면 또는 사면의 클럼프는 3가지 결점의 원인이 되는 데 염색 후에 모두 희끗희끗한 점들로 나타난다. 결점의 첫 번째 형태는 서로 뒤엉켜진 미성숙면들이 직물표면에서 매듭을 형성하여 이후의 공정을 거치는 동안 납작하게 되어 직물표면에서 아주 작은 반사거울을 형성하는데, 이 때문에 같은 농도로 염색이 되었다고 해도 어떤 각도에서는 빛을 더 많이 반사해서 반짝거리는 효과가 난다.

두 번째 형태는 염색되는 동안에 염액의 침투가 직물전체에 걸쳐 잘 안되었기 때문에 발생하는 결점으로 좀더 구체적으로 살펴보면, 미성숙면의 클럼프들은 직물에 매우 느슨하게 부착되어 있기 때문에 이후의 공정을 거치는 동안 움직이거나, 도는 정지해 있을 수 있다. 따라서 염색을 하는 동안 클럼프뿐 아니라 바로 그 밑의 부분에 염액의 침투가 제대로 되지 못하면 염색 후에 클럼프의 위치가 변하는 경우 희끗희끗한 점으로 나타난다.

세 번째 형태는 지금까지 흔히 존재했던 결점으로 미성숙면 또는 사면의 크럼프가 주위와 같은 농도로 염색이 되지 않기 때문에 발생한다.

4. 미성숙면의 단점보완을 위한 방법

가. 준비과정

우리는 염색전에 정련, 표백을 더 잘 할수록 미성숙면의 염색성이 향상되고, 희끗 희끗한 염색결점이 덜 발생한다고 알고 있다. 이 같은 사실의 진위를 알아보기 위해서 상당량의 미성숙면이 포함되어 있고, 또 그 성분비까지도 알고 있는 100% 면 카드트월로서 실험을 행하였다. 시료는 표1에서 보는 것처럼 8가지의 준비공정을 거친 후 건조하였다. 그 후에 가성소다를 0%, 14%, 20%로 하여 32.2°C(90°F)에서 패딩한 후 30초 후에 수세하고 중화했다. 가성소다의 농도는 무게비(w/w)의 개념이며 두 농도는 정확을 기하기 위해서 적정하였다. 또한 머서화 침투제도 첨가하였다(1ml/l). 가성소다액으로 처리한 시료를 건조한 후에 C.I.Direct Red 81의 염료로 2.0%(owf)로 염색했는데 이 염료는 미성숙면에 대해 잘 염색이 안되는 특징이 있으며 우리가 알고자 하는 실험목적에 매우 적합한 염료이다. 실험결과, 준비공정은 미성숙면의 단점을 보완하는데 별 효과가 없다고 판명되었다. 그 이유는 가성소다 농도가 0%인 블랭크용액으로 처리했던 시료에서 염색 후 희끗희끗

한 점이 매우 많이 발생하였기 때문이다. 그렇지만 14%의 가성소다용액으로 처리한 시료에서는 그 같은 흰점이 나타나지 않았다. 14%와 20%의 차이점은 염료의 흡착량에서 약간의 차이가 있었지만 미성숙면의 염색단점 보완이라는 면에서는 별 차이가 없었다.

< 표 1 > 준비과정

생지 상태
발호
발호 - 정련
발호 - 정련 - 표백
표백만 실시
발호 - 용제 추출
발호 - 5% NaOH로 끓임
발호 - 아세트산으로 처리

이 같은 연구를 통해 우리는 준비과정이 미성숙면의 단점보완에 별 효과가 없다고 결론을 내렸으며, 그보다는 오히려 세포벽을 팽윤시켜서 그 두께의 증가를 유발시키는 어떤 처리를 하는 것이 효과적이라는 것을 알았다.

나. 가성소다에 의한 전처리

진한 가성소다액으로 머서화하면 미성숙면 때문에 발생하는 모든 문제를 해결할 수 있다고 생각하지만 실질적인 면에서 볼 때 머서화가 그 같은 염색결점을 하나도 안생기도록 하는 완전한 방법은 아니다. 이에 대한 근거로 우리는 머서화처리를 한 후에도 희끗희끗한 점들이 나타나는 경우를 보았다.

준비공정과 가성소다처리를 여러 가지로 해서 염색실험한 결과, 미성숙면의 염색성 보완에 별 효과가 없는 염료로 염색하는 경우는 어떤 전처리를 한다고 해도 그것만 가지고는 염색후의 결점을 완전히 제거시키지 못한다는 것을 알았다. 그때 발생했던 희끗희끗한 점들로부터 섬유를 채취해서 편광현미경으로 관찰한 결과 그 섬유들은 세포벽이 매우 얇은 사면인 것으로 판명되었다. 이 같은 사면섬유는 가성소다로 전처리한다고 해도 세포벽이 너무 얇기 때문에 팽윤이 충분히 일어나지 못하기 때문이다 따라서 가성소다 농도를 변화시켜 실험한 결과, 14%인 경우는 미성숙면에 효과가 있었지만 사면섬유에는 효과가 없었다. 그래서 농도를 더 증가시켜 실험한 결과 14%때와 마찬가지로 사면섬유에는 별 효과가 없었지만 성숙면과 미성숙면의 경우는 염료흡착량이 증가하였다.

이와 같은 실험을 통해서 미성숙면과 사면사이에는 매우 중요한 차이가 있음을 알았다. 또한 14%와 그 이상의 농도로 전처리하면 미성숙면의 경우에는 2차 세포벽의 팽윤이 증진되어, 염료의 친화력이 증가한 반면 사면의 경우는 전처리를 아무리 해도 팽윤 가능한 세포벽이 너무 얇은 관계로 별 효과가 없었다.

다. 염료의 선택

염료의 적절한 선택은 미성숙면과 사면의 염색성 보완에 가장 효과적인 방법중의 하나이다. 미성숙면의 함량을 알고 있는 100% 면 카드트월을 여러 가지 농도의 가성소다로 전처리한 후에 염료종류에 따라 몇가지씩 염료를 선정해서 미성숙면 및 사면에 대해 염색보완성을 평가하였다. 예상했던 것처럼 염료의 종류에 따라서 희끗희끗한 점에 대한 보완정도가 다 달랐다. 또한 실험결과가 대부분의 염료가 14%의 가성소다로 전처리하면 미성숙면의 염색성이 향상된다는 것도 알았다. 그런데 C.I.Direct Blue 86 은 예외로 나타났다. 모든 염료에 대해 그같은 성질을 일일이 조사할 수 없기 때문에 염료공급업자로부터 관심을 갖고 있는 염료의 미성

숙면에 대한 염색자료를 요청하는 것이 바람직할 것 같다. 가성소다로 후처리한다고 해도 사면 때문에 나타나는 희끗희끗한 점을 제거하지는 못하기 때문에 그 같은 문제를 해결하는 최선의 방법은 염료의 선정을 잘 하는 것이다. 비록 정확한 염착이론은 잘 모르지만 그같은 염료는 염색시 섬유의 셀룰로오스 내로 균일하게 침투하는 것이 아니라 섬유의 바깥층에 주로분포한다는 이론이 있다.

염료선정과 관련해서 중요시해야 할 문제는 염색기술상의 문제로서 일반적으로 연속염색 또는 반연속염색법이 배치식 염색법에 비해 미성숙면 및 사면의 염색성 보완에 더 효과가 좋다.

라. 후처리

미농무생 남부지역연구소의 연구팀이 머서화처리를 하면 각각의 섬유가 팽윤될 뿐 아니라 조그만 반사거울처럼 보여서 염색결점을 유발시키는 미성숙면 섬유의 엉킴을 방지할 수 있다는 정보를 우리에게 알려 주었다.

이 같은 사실은 만일 우리가 미성숙면의 염료흡착량이 성숙면의 그것과 같다는 가정하에 엉킨 섬유들에 의한 반사표면의 형성유무만을 고려한다면 염색전 뿐만 아니라 후에 팽윤처리를 실시해도 그 효과가 있음을 의미한다. 그렇게 처리를 함으로써 배트염료로 염색된 직물에서 염색결점을 제거하는 데 매우 효과적이었는데 이 같은 경우는 반사표면의 존재에 기인되는 완전히 문리적인 문제였기 때문이다. 그러나 화학적인 문제, 즉 성숙면보다 더 얇게 염색되는 경우에는 별효과가 없었다.

실제로 염색후에 머서화를 하는 공장도 있지만 그 같은 방법은 강 알칼리에 의해 분해가 일어나지 않는 염료로 염색해야만 하고 또한 색상차가 발생한 매우 극단적인 경우에 대해서만 타당성이 있을 것으로 생각된다.

면섬유의 또 다른 팽윤처리는 액체암모니아로 하는데 보통 염색후에 실시되고

있으며 이렇게 하면 미성숙면 때문에 발생하는 희끗희끗한 점을 줄이는 데 효과적이라고 믿는다.

마. 기술자에 대한 추천사항

염색 후 식물에서 희끗희끗한 점이 발생하면 먼저 그 문제에 대해 주의깊게 분석을 행하라. 미성숙면의 클럼프 때문에 발생하는 3가지 결점, 즉 반사표면에 의한 것인가, 염액의 침투가 불균일해서 발생한 것인가 또는 염색이 잘 안되어서 발생한 것인가 중에서 어떤 것 때문인지를 판단하라. 각 결점에 따라 해결방법이 다르므로 이를 정확히 판단함으로써 많은 시간과 노력이 절약된다. 결점분석에 가장 좋은 방법은 스테레오현미경으로 직물을 관찰하는 것인데, 10× 에서 70× 의 배율로 관찰하면 결점의 분류를 보다 쉽게 할 수 있다. 그러면 지금부터 3가지 결점의 해결방법에 대해서 살펴보자.

1) 반사표면에 의한 결점

미성숙 면섬유들의 클럼프는 식물표면에 비해서 돌출되었기 때문에 접촉건조 공정중 "캘린더(calender)"되기 쉽다. 이렇게되면 클럼프는 주위의 식물에 비해 반사율이 더 커진다. 따라서 이 종류의 결점으로 판단되면 접촉식 건조장치의 온도와 장력을 조사해보는 것이 좋다. 염색전 머서화 처리된 직물은 가성소다가 섬유를 팽윤시켜 반사표면의 형성원인이 되는 미성숙면의 클럼프를 해체시켜 그것의 형성을 감소시키므로 이같은 종류의 결점발생을 적게 한다.

2) 염액의 침투부족 때문에 발생하는 결점

미성숙면의 클럼프 하나를 제거한 후에 바로 그 밑에 있는 부분이 염색이 잘 안 되었다면 이는 염색시 염액의 침투가 잘 되지 않았기 때문에 발생한 결점이다. 미

성숙 면섬유의 표면클럼프를 고려하지 않고 확립된 염색방법은 클럼프가 존재하는 경우에 적용하기는 염액의 침투면에서 부적합하기 때문에 침투를 강화한 염색 방법을 고려하는 것이 바람직하다. 그렇게하면 염색비용이 약간 증가하겠지만 질이 나쁜 제품을 생산하는 것에 비하면 매우 경제적이다. 앞의 반사표면에 의한 결점의 경우와 마찬가지로 염색전의 머서화는 이 같은 결점의 발생감소에 효과적이다.

3) 염색성의 차이 때문에 발생하는 결점

미성숙면 또는 사면의 부족한 염색성을 향상시키기 위해서는 공정을 재고 할 필요가 있다. 만일 머서화공정을 거치고 염색후에 결점이 발생되었다면 머서화처리에 대해 다시 검토해야 한다.

공장실험실에서 머서화처리를 하지 않은 직물을 규정된 가성소다 농도로 32.2°C(90°F)처리한 후 수세, 중화하여 건조시킨 뒤 C.I.Direct81 로 2%(owf) 로 염색한다. 그래도 염색결점이 발생되었다면 아마 사면의 클럼프 때문일 것이다. 앞에서도 언급한 것처럼 사면섬유는 2차 세포벽의 두께가 너무 얇아 팽윤처리를 해도 별 효과가 없기 때문에 이 문제를 해결하려면 염료선정에 각별한 주의를 해야 한다. 만일 실험실적 처리후 염색결점이 발견되지 않으면 공장의 머서화공정에 문제가 있음을 의미한다. 따라서 가성소다의 침투가 균일한지, 온도는 규정범위 내에 있는지, 처리시간은 적절한지를 조사해야 한다.

만일 머서화가 공정중에 포함되지 않은 형태에서 염색후의 결점이 발생하면 머서화처리르 14%의 가성소다 농도로 행하라. 그렇게 해서 결점이 없어지면 처리공정에서 섬유를 팽윤시킬 수 있는, 예를 들면, 서브-머서화 공정 같은 것을 고려하는 것이 바람직하다. 위와 같이 가성소다 처리를 했는데도 별 효과가 없다면 염료선정을 잘 해야 할 것이다. 사면섬유에 의한 문제가 발생한 후에 염료선정에 신경

을 쓰지 말고 염색전에 미리 대비하는 것이 바람직하다. 이렇게 하면 사면섬유의 염색성 보완문제를 다른 중요한 염색조건들, 즉 건뢰도, 비용 및 재현성과 같은 것과 결부시켜 그 관계를 잘 조화시킬 수 있다.

5. 결 론

면 또는 면혼방직물의 염색시 미성숙면 및 사면 때문에 발생하는 문제는 어떤 한가지 방법에 의해 쉽게 해결될 성질의 것이 아니다. 그렇지만 섬유의 선정, 생지의 관리, 염료의 선정 및 팽윤처리 등을 포괄적으로 검토함으로써 결점이 없는 좋은 제품을 생산할 수 있을 것이다.