

편성물의 색단 분석(2)

2. 실험

(7) 혼방 원단

혼방 원단의 경우 위의 실험들 후에 실의 혼용률을 확인하여 정상부위와 색단부위의 실의 혼용률 차이로 인해 발생된 것은 아닌지 확인할 수 있다.

예를 들어, 폴리에스터/면 혼방소재의 정상부위와 색단부위의 실을 105℃ 오븐에 건조하여 무게를 잰다. 데시케이터에서 식힌후 75% 황산을 사용하여 43℃에서 25분간 처리한다. 수세후 105℃ 오븐에 건조하여 무게를 잰다. 황산 처리후 줄어든 무게를 통해 실 중의 면의 함량을 알 수 있다.

그렇지 않으면, 시료를 75% 황산을 사용하여 43℃에서 25분간 처리하여 면섬유를 탄화시킬 수 있다. 수세 및 건조하여 관찰하였을 때, 색단이 그대로 남아 있을 경우, 색단은 섬유의 혼용률 차이에 의해 발생된 것은 아니라고 판단할 수 있다. 면섬유 탄화후 색단이 사라졌을 경우, 색단은 정상부위와 색단부위의 혼용률 차이에 의해 발생되었다고 판단할 수 있다.

(8) 스판덱스 편성물

스판덱스가 있는 편성물의 경우, 편성과정중 스판덱스 편성장력의 차이로 인해 색단이 발생될 수 있다. 스판덱스 제거후 관찰하여 스판덱스 편성장력의 차이가 색단에 영향을 주었는지 확인할 수 있다.

스판덱스 편성물중 면이나 폴리에스터 섬유소재의 경우, 사이클로hex산이나 DMF(N,N dimethylformamide) 두 가지 용매로 스판덱스를 제거할 수 있다. 후드 안에서 색단시료를 사이클로hex산으로 5분간 끓이거나 DMF로 80~90℃로 10분간 처리한다. 처리한 시료를 식힌후 아세톤으로 세척하고 물로 충분히 수세한다. 그 뒤 실온에서 무긴장 상태로 건조한다. 건조후 시료 관찰시 색

단이 여전히 관찰되는 경우, 색단은 스판덱스의 장력차로 인해 발생한 것이 아니며, 반대로 색단이 사라진 경우는 편성과정중 스판덱스 편성장력 차이로 발생한 것으로 판단할 수 있다.

스판덱스 편성물중 나일론 섬유소재의 경우, 위의 용매가 나일론도 용해시키기 때문에 같은 방법으로 스판덱스를 제거할 수 없다. 이 경우 현미경 관찰을 통해 스판덱스가 일부 끊어졌거나 스판덱스가 실에서 잘못 배열되는 등의 문제로 인해 색단에 영향을 미쳤는지 확인할 수 있다.

(9) DSC 분석

합성섬유 편성물의 색단분석인 경우, DSC를 사용하여 좀 더 자세한 분석이 가능하다. DSC 분석은 합성섬유의 열적 특성 데이터를 확인할 수 있다. 열적 특성의 차이는 염색성의 차이를 야기하므로, 열적 특성에 차이가 있는 섬유가 사용되었을 경우, 염색후에 색단이 발견될 수 있다. ASTM E94-01 또는 ASTM E1356-03 등과 같은 표준 시험법을 활용할 수 있다.

정상부위와 색단부위의 시료를 각각 0.1mg에 가깝게 채취한다. DSC 장비를 사용하여 시험편과 대조편에 10℃/min의 속도로 열을 가하여 측정한다. DSC 곡선에서 유리전이 온도(Tg), 용융온도, 재결정 온도 및 열량 등의 열적 특성 데이터를 확인할 수 있다.

(10) 섬유단면 현미경관찰

합성섬유 편성물의 열적 특성 측정 외에도, 섬유단면의 현미경관찰이 색단 분석에 활용될 수 있다. 섬유의 단면은 염색의 색상에 영향을 미쳐 색단을 야기할 수 있다. 그 외에도 현미경관찰을 통해 오일 등과 같은 외부 오염에 의한 색단을 확인할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

(1) 색단 사례 1

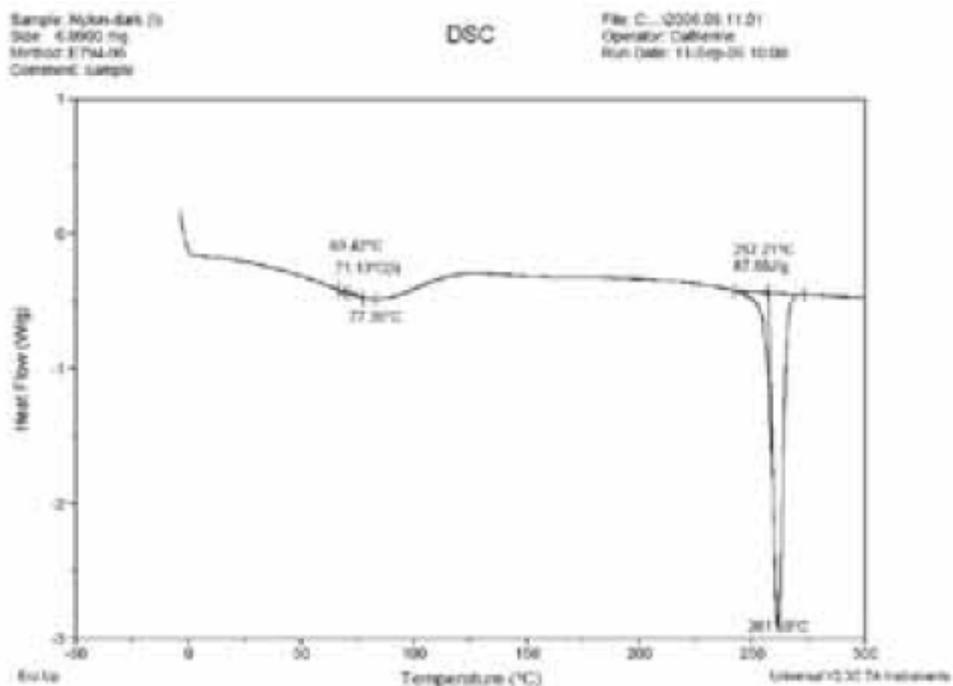
푸른 색상의 30/1 100% 면 코마사 편성물에서 색단현상이 발견되었다. 색단 시료는 앞서 언급한 차아염소산나트륨을 사용하여 탈색후 재염색하였다. 충분히 헹군 뒤 실온에서 건조하여 관찰한 결과 여전히 색단이 관찰되었다. 따라서 색단이 구조적 문제로 인해 발생한 것으로 판단되었다. 스트리크 분석에서도 색단 형태가 플라스틱 필름에 찍혀 구조적 문제로 인해 발생한 것으로 확인되었다. 정상부위와 색단부위의 루프장과 실 꼬임수를 측정한 결과 부위별 차이는 나타나지 않았다. 실 섬도를 측정한 결과, 색이 열은 색단부분은 29.1 ± 0.9 (면사 변수)인 반면, 정상부위는 31.3 ± 1.1 로 측정되었다. 15회 반복 측정시 $\alpha = 0.796$ 이다. $29.1 \pm 0.796 \times 0.9$ 와 $31.3 \pm 0.796 \times 1.1$ 은 서로 겹치지 않으므로, 두 부위의 실 섬도 간에는 유의한 차이가 있다고 판단할 수 있다. 따라서 문제의 색단은 정상부위와 결점부위간 실 섬도의 차이로 인해 발생한 것으로 판단되었다.

(2) 색단 사례 2

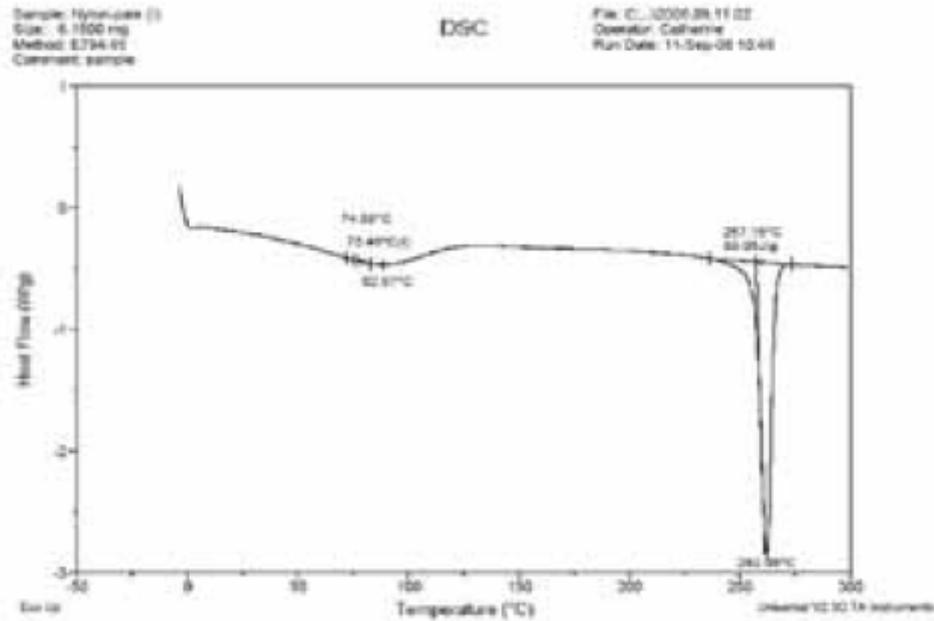
스카이 블루 색상의 20/1 50/50 폴리에스터/면 에어제트사 편성물에서 색단 현상이 발견되었다. 시료를 탈색 및 재염색, 스트리크 분석, 루프장 측정, 실의 꼬임수 및 섬도 측정결과, 문제의 색단은 습식공정이나 구조적 문제로 인해 발생한 것은 아닌 것으로 판단되었다. 정상부위와 색단부위의 실의 혼용률을 4회 측정한 결과, 색단부위의 실은 52.4 \pm 0.2% 폴리에스터, 47.6 \pm 0.2% 면 비율을 나타낸 반면, 정상부위의 실은 50.1 \pm 0.3% 폴리에스터, 49.9 \pm 0.3% 면 비율을 나타내었다. 4회 반복 측정시 $\alpha = 3.372$ 이다. 이러한 분석을 통해 정상부위와 색단부위간 실의 혼용률에 유의한 차이가 있는 것이 확인되었다. 이러한 결과를 확인하기 위해, 시료의 면섬유를 탄화한 결과 색단이 사라졌다. 따라서 문제의 색단은 정상부위와 색단부위간 실 혼용률의 차이로 인해 발생한 것으로 판단되었다.

(3) 색단 사례 3

브라운 색상의 100% 텍스춰드 나일론(2/78/68) 편성물에서 색단현상이 발견되었다. 탈색 및 재염색, 스트리크 분석, 루프장 및 실의 섬도 측정결과, 문제의 색단은 습식공정이나 구조적인 문제로 인해 발생된 것은 아닌 것으로 판단되었다. 시료를 컨디셔닝한 후, 옅은 색의 색단부위 실과 짙은 색의 정상부위 실을 채취하여 DSC로 열적 특성을 측정하였다. <그림 2와 3>에 각 부위별 나일론 섬유의 DSC 스펙트럼을 나타내었다. <그림 3>에 나타난 바와 같이 짙은 색의 정상부위 나일론의 경우, $T_g = 71.1^{\circ}\text{C}$, 용융온도 및 열량이 261.6°C , 87.8J/g 인 반면, <그림 4>에 나타난 옅은 색단부위의 나일론의 경우, $T_g = 76.5^{\circ}\text{C}$, 용융온도 및 열량이 262.1°C , 89.1J/g 인 것으로 나타났다. 각 부위별로 3회 반복 측정한 결과, 통계적으로도 두 부위간의 T_g 에 유의한 차이가 있는 것이 확인되었다. 따라서 T_g 의 차이는 나일론의 염색성 차이를 야기하므로, 이로 인해 색단이 발생된 것으로 판단되었다.



<그림 3> 정상부위 나일론 섬유의 DSC 스펙트럼



<그림 4> 색단부위 나일론 섬유 DSC 스펙트럼

4. 결론

편성물의 색단현상은 체계적인 방법으로 분석할 수 있다. 탈색 및 재염색과 스트리크 분석을 통해 색단이 구조적 차이 또는 섬유의 물성(미성숙면 또는 섬유 혼용률 차이 등) 또는 습식공정상의 문제(불충분한 정련 또는 불균일한 염색 등)로 발생하였는지를 확인할 수 있다. 루프장, 실의 섬유 및 꼬임수, 헤어리니스 정도를 측정하여 색단이 편성 또는 실의 물성에 의해 발생했는지 확인할 수 있다. 혼방 시료의 경우 정상부위와 색단부위의 실의 혼용률을 확인하여야 하며, 스판덱스 편성물의 경우 스판덱스를 제거한 후 관찰하여 스판덱스의 영향 유무를 확인할 수 있다. 합성섬유 편성물의 경우 열적 특성 분석이나 단면관찰이 유용하다.