

반응성 염료에 의한 폴리아미드 섬유의 염색

이병선, 김성동

건국대학교 공과대학 섬유공학과

Dyeing of Polyamide Fabric with Reactive Dyes

Byung Sun Lee and Sung Dong Kim

Department of Textile Engineering, Konkuk University, Seoul, Korea

1. 서 론

대표적인 합성섬유인 나일론은 강도, 탄성 및 내마모성이 우수하여 상업용으로 개발된 후 현재까지 지속적으로 발전하여 왔다. 또한 염색가공성이 우수하고 내약품성이 큰 장점을 가지고 있어 의류용 및 산업용 분야에서의 수요가 증대되어 1950년대 이후 생산량의 꾸준한 증가를 보이고 있다. 나일론 섬유의 염색에 있어 산성염료, 합금속염료 및 분산염료가 널리 이용되고 있으나 염색공정의 편리성, 색상 및 섬유-염료간의 염착결합력 관점에서 산성염료를 이용하여 나일론 섬유를 염색하는 것이 일반적 염색공정으로 채택되고 있다. 하지만 염료와 섬유의 결합특성에서 기인하는 이온결합력으로 인하여 수세 및 세탁에 대한 내구성은 그다지 만족스럽지 못한 경우가 많다. 합금속 염료를 이용시 일광 및 세탁건뢰도의 향상을 가져올 수 있지만 염료 중에 포함된 크롬 등의 중금속으로 인한 환경오염에 대한 우려로 점차 사용이 규제되고 있다. 또한 산성염료 및 합금속염료의 경우에 있어서도 원하는 수준의 세탁견뢰도를 얻기 위해서는 후처리공정이 필요하다. 산성염료의 후처리 공정에 있어서는 일반적으로 탄닌산 및 합성탄닌을 이용한 고착처리 방법과 이에 이온 캐티온화 고분자를 이용하여 흡착된 탄닌물질과의 복합체를 형성시키는 방법이 주로 사용되며 매우 효과적인 것으로 알려지고 있다. 반응성염료를 사용하여 폴리아미드 섬유의 고농도 및 고견뢰 염색에 관한 여러 연구가 있어 왔다[1-5]. 그 이유는 섬유 고분자와 반응성염료간의 공유결합으로 인하여 세탁에 대한 우수한 내구성을 가진 염색결과물을 얻을 수 있고, 선명한 색상을 나타낼 뿐 아니라 염료분자 내에 중금속을 포함하지 않으므로 환경오염측면에서도 큰 장점을 가지고 있기 때문이다. 이러한 관점에서 천연폴리아미드 섬유, 나일론 및 나일론 복합 소재의 염색에 반응성염료의 이용은 충분한 가치가 있다고 생각된다.

본 연구는 monochlorotriazine, vinylsulphone 및 heterobifunctional 등 세 가지 타입의 반응성 염료를 사용하여 염색시 높은 고착률을 획득하기 위한 최적의 pH, 염색온도, 알칼리 투입량을 확인하고, 염료의 반응기를 변형함에 따라 달라지는 염색성의 변화를 분석하는 데 그 목적이 있다.

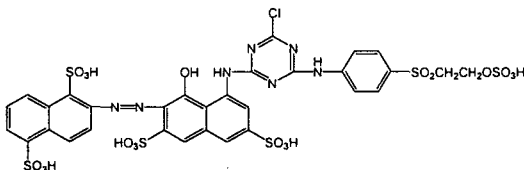
2. 실험

2.1 시 료

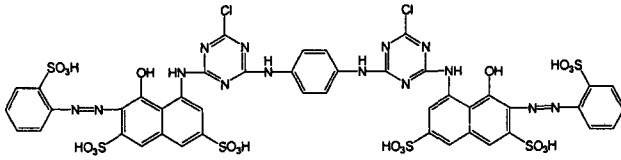
KS K 0905에 규정된 시험용 표준 나일론 백포를 사용하였다.

2.2 염 료

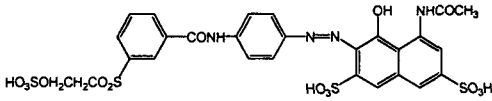
C. I. Reactive Red 195 (Dye 1), C. I. Reactive Red 120 (Dye 2), C. I. Reactive Red 21 (Dye 3)의 3 종을 사용하였다.



Dye 1



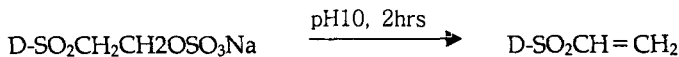
Dye 2



Dye 3

2.3 염료 변형

Dye 1과 3의 반응기인 sulphatoethylsulphone은 trisodium phosphate를 사용하여 pH 10을 유지하면서 실온에서 2시간 동안 반응시켜 vinylsulphone 기로 전환시켰다. 이 변형된 염료를 각각 Dye 1'과 Dye 3'으로 명하였다.



2.3 Buffer 용액

실험에 사용된 buffer 용액은 McIlvaine buffer 시스템으로 0.2M의 Na₂HPO₄ 수용액과 0.1M citric acid 수용액의 혼합비를 달리하여 pH 3~7 범위로 준비하였다.

2.4 염색

염색은 고온고압 pot식 IR 염색기를 이용하여 2% o.w.f의 염료농도, 욕비 30:1, 2°C/min의 속도로 승온하여 100°C로 상승시킨 후 온도를 유지하면서 60분간 염색하였다. 염색된 샘플은 2g/l의 Na₂CO₃ 및 2g/l 비이온 계면활성제를 사용하여 60°C에서 20분간 실시하였다.

2.5 염색성의 평가

모든 염색 시료의 염색성 평가는 각각 염료의 검량곡선을 미리 준비한 후 염색전과 후의 흡광도를 측정하여 흡착율을 구하고 (Eq. 1) 고착율의 경우에 있어서는 25% pyridine 수용액을 사용하여 염색시료를 90°C에서 6시간 동안 추출하고 추출한 염료의 흡광도를 측정하여 흡착된 염료량을 기준으로 하여 고착율을 측정하였다 (Eq. 2). 이를 바탕으로 고착효율은 Eq. 3을 이용하여 계산하였다.

$$\%E = \left(\frac{D_o - D_t}{D_o} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\%F = \left(\frac{D_o - D_t - D_e}{D_o} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\%FE = \left(\frac{E \times F}{100} \right) \quad (\text{Eq. 3})$$

D_o : the quantity of dye initially in the dyebath

D_t : the quantity of residual dye in the dyebath

D_e : the quantity of extracted dye

3. 결과 및 고찰

3.1 pH에 따른 염색성

낮은 pH 조건에서는 양이온화된 말단 아미노기가 다량 존재하기 때문에 음이온성 염료와의 친화력이 증대되어 높은 흡착율을 나타내지만, 고착율은 낮은 값을 보인다. 그 이유는 낮은 pH에서 아미노기가 프로톤화 됨에 따라 염기성이 현저히 저하되므로 반응성이 떨어지기 때문이고, 염료의 반응기는 대부분 sulphatoethylsulphone의 형태로 존재하고 반응성을 가진 vinylsulphone의 형태는 매우 적게 존재하기 때문이다. 한편, pH가 높아짐에 따라 아미노기의 양이온화가 적기 때문에 초기의 염료 흡착율은 낮지만 흡착된 염료 대부분이 섬유중의 친핵성전자를 가진 아미노기와 반응하여 공유결합을 형성하기 때문에 높은 고착율을 보인다. 따라서 흡착율과 고착율을 함께 고려한 관점에서의 고착효율은 Dye 1과 2는 pH 5에서, Dye 3은 pH 6에서 가장 높은 염착특성을 나타낸다.

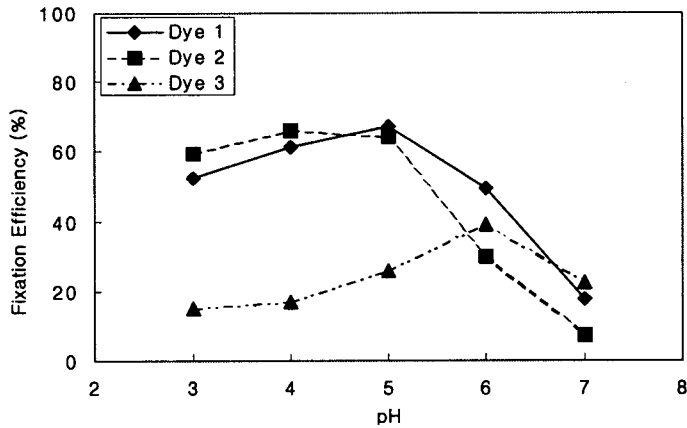


Figure 1. Effect of application pH on fixation efficiency.

3.2 알칼리에 따른 염색성

알칼리의 첨가에 따라 Dye 1은 고착효율의 증가를 보이고, Dye 2와 3은 각각 10g/l, 15g/l의 농도에서 감소하였다가 다시 증가하는 현상을 보인다. 알칼리의 첨가에 따라 아미노기의 양이온화가 저하되어 초기 흡착율은 낮아지지만, 고착율은 현저히 증가함을 확인하였다.

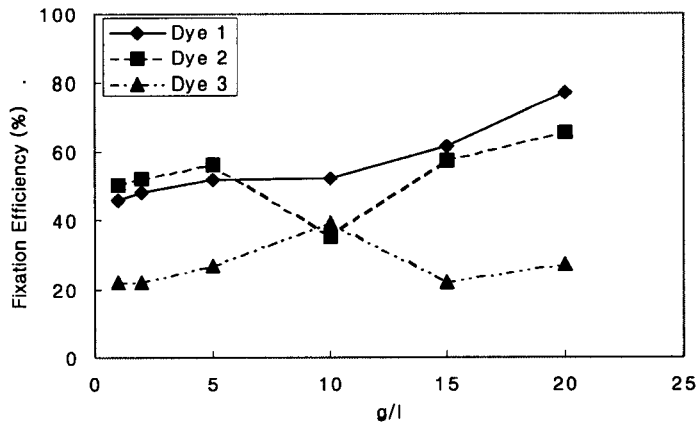


Figure 2. Effect of alkali concentration on fixation efficiency.

3.3 비닐술폰화 염료의 염색성

비닐술폰화 된 염료의 경우 Dye 1'은 매우 높은 염착율과 고착율을 보인다. 하지만 Dye 3'은 높은 염착율을 보이거나 고착율은 70%를 넘지 않았다. 그 원인은 Dye 1'의 경우 반응기가 MCT와 비닐술폰 두 개이지만 Dye 3'의 반응기는 비닐술폰 1개이며, 또한 염료의 색소모체의 화학구조가 다르기 때문일 것으로 사료된다. 비닐술폰으로 변형된 두 염료의 고착효율은, 변형시키지 않고 산성조건에서 염착하고 알칼리를 첨가하여 고착하였을 경우보다 전 pH 범위(3~7)에 걸쳐 우수한 고착 효율을 보이고 있음을 Fig. 3과 1을 비교하면 확인할 수 있다.

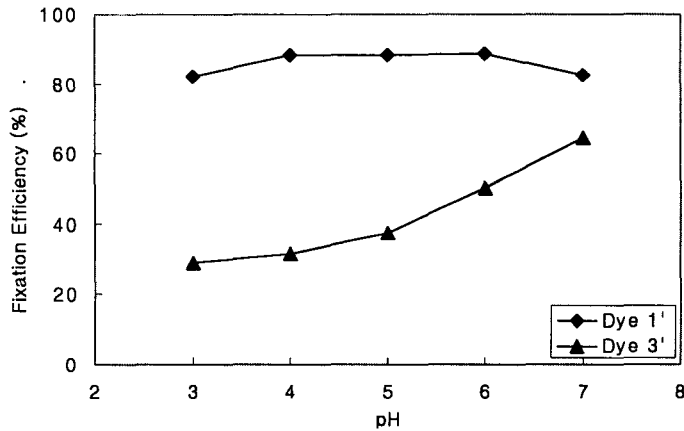


Figure 3. Effect of application pH on fixation efficiency of the converted dye.

4. 결론

반응기의 종류가 다른 세 반응성 염료를 pH와 알칼리 농도를 변화시켜 염색을 실시해 보고 염착률과 고착률을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

염색시 pH가 낮아질수록 섬유고분자의 말단 아미노기가 양전하를 많이 형성하기 때문에 높은 염착율을 보이지만, 아미노기의 염기성이 약해지기 때문에 고착률은 낮았다. 고착 효율은 염료마다 조금씩 차이가 있지만 pH 5~6 사이에서 가장 높게 나타났다.

술파토에틸술폰기를 비닐술폰화 한 염료의 경우 알칼리를 첨가하지 않더라도 전 pH 범위에 걸쳐 변형전의 염료보다 고착효율이 높게 나타났다.

5. 참고문헌

1. S. M. Burkinshaw & K. Gandhi. *Dyes and Pigments*, **32**(2), 107 (1996).
2. S. M. Burkinshaw, S. N. Chevli. *Dyes and Pigments*, **45**, 43 (2000).
3. P. Savarino, P. Piccinini, E. Montoneri, G. Viscardi, *Dyes and Pigments*, **47**, 177 (2000).
4. D. M. Lewis & Y. C. Ho, *Dyes and Pigments*, **31**(2), 111 (1996).
5. D. M. Lewis & Y. C. Ho, *Dyes and Pigments*, **30**(4), 301 (1996).