

폴리에스테르 필름에 대한 날염호 중의 분산염료의 염착 및 확산에 영향을 미치는 인자

박건용

청운대학교 패션디자인섬유공학과

Factors Affecting the Absorption and Diffusion of Disperse Dye in Print Paste for Polyester Film

Geon Yong Park

Dept. of Fashion Design & Textile Eng., Chungwoon Univ., Hongsung, Korea

(Received: September 28, 2007/Revised: November 5, 2007/Accepted: December 10, 2007)

Abstract— The factors which affect the absorption and diffusion of disperse dye in print paste for polyester film were investigated using film roll method. When Emtatex print paste of different disperse dye concentrations were fixed by high temperature steaming(HTS) for 2 hr at 190°C, the dye uptake and diffusion distance of 50g/kg dye concentration for PET film were very low, but those of 100~300g/kg were increased with increasing dye concentration. It was found that sodium alginate(5%) was more effective for the absorption and diffusion of disperse dye to PET film than CMC(3%) and Emtatex(18%), and Emtatex showed comparatively low absorption in three thickeners used. The dye uptake and diffusion distance of disperse dye in sodium alginate paste for PET film were increased with increasing paste thickness to 160~180µm, but were decreased at 200~220µm in both fixations of baking and HTS for 2 hr at 190°C, and were far more largely increased by fixation of HTS than baking because steam was very important for fixation. Also it was confirmed that dye uptake was slightly increased as steam supply pressure was raised from 1 kg/cm² to 2 kg/cm², and the dye uptake and diffusion distance of disperse dye were outstandingly increased with raising fixing temperature from 170°C to 190°C and fixing time from 0.5 hr to 3 hr in the fixation of HTS.

Keywords: disperse dye, polyester film, print paste, diffusion, film roll method, thickener, high temperature steaming(HTS), baking

1. 서 론

고온에서의 분산염료의 승화성은 분산염료 염색물의 승화건뢰도에도 영향을 미치나 이를 이용한 염색방법에 유용하게 응용되어 각종 염색과 날염 방법이 개발되었다. 그 중에서도 특히 분산염료의 승화성을 이용하여 배치식으로 염색하는 방법인 증기상염색(승화염색)에 관한 연구가 오래전부터 다수 이루어져왔으나 그다지 실용되지는 못하였고, 아세테이트와 폴리에스테르의 연속

염색과 각종 날염은 현재 보편적인 방법으로 활용되고 있다¹⁻⁶⁾. 폴리에스테르의 연속염색과 일반 날염 또는 전사날염 등에 있어 분산염료가 폴리에스테르로 전사되어 확산하는 거동에 대한 연구가 오래전부터 다수 이루어졌는데 염착거동은 분산염료가 열에 의해 승화하여 염료입자와 섬유와의 미세한 공기층을 가로질러 섬유 표면에 흡착되고 계속적으로 확산이 일어난다고 일반적으로 알려져 있다^{7,8)}. 연속염색의 경우 패딩액에 첨가되는 이염방지제는 보통 염료의 유동을 방지하는

*Corresponding author. Tel: +82-41-630-3104; Fax: +82-41-633-8747; e-mail: pgy313@chungwoon.ac.kr

데 요구되는 최소한의 농도로 사용되므로 열고착 과정에서 분산염료의 승화에 의한 염착을 그다지 방해하지 않으나 예외적으로 고농도의 이염방지제를 사용해야 하는 경우에는 염착량이 저하하는 결과가 나타난다고 보고하였다⁹⁾. 날염에 관한 연구 대부분은 날염호 중의 호제가 염료의 확산을 방해하고 적절한 조제가 이러한 방해를 감소시킨다고 보고하였다^{8,10)}. 전사날염의 경우에는 적절한 승화성을 갖는 분산염료의 선별에 관한 연구도 중요하나 실제로는 첨예한 무늬를 만들기 위해 필요한 날염호 중의 호제나 전사잉크 중의 바인더가 염료 양보다 더 많이 첨가되기 때문에 고착 과정에서 이들 호제나 바인더가 염료 증기의 방출을 방해할 수 있으므로 이에 대한 연구가 더 필요한 것으로 보고했으며, 또한 전사날염에 있어 분산염료의 전사와 확산에 영향을 미치는 인자로는 전사 시간과 온도 및 압력이라는 연구 결과도 보고 되었다^{8,11)}.

본 연구는 폴리에스테르 섬유의 날염에 있어 날염호 중의 분산염료가 고착 과정에서 폴리에스테르로 염착 및 확산해 가는 거동을 살펴보고자 필름권층법을 이용하여 실험했고, 날염호 중의 분산염료의 농도, 날염호의 종류, 날염호의 두께, 증열과 베이킹의 고착 방법 차이점인 증기의 유무, 증열 고착의 온도와 시간 및 증기 공급 압력 등이 고착과정에서 분산염료의 염착 및 확산에 미치는 영향을 살펴보았다.

2. 실험

2.1 염료 및 시약

안트라퀴논형 분산염료인 C. I. Disperse Violet 26(Sumicaron Bordeaux SE-BL)을 시판품 그대로 사용하였다.

호제로 사용한 알긴산소다(SA로 약칭)와 carboxymethyl cellulose(CMC로 약칭)는 1급 시약을 사용하였고, 합성호료인 Emvatex MK-25(일본 공영화학제, Emvatex로 약칭)는 시판품을 사용했으며, 각종 호제에 대해 점도는 12,000cps(±200)가 되도록 원호를 만들었다.

2.2 시료

시료는 두께가 40µm인 2축 연신 PET필름(SK 제품)을 사용하였다. 확산거동 고찰에 사용한 PET 필름의 크기는 4cm×50cm로 하였으며 사용

전에 에탄올로 상온에서 48시간 처리하여 불순물을 제거하고 48시간 실온에서 진공건조하였다.

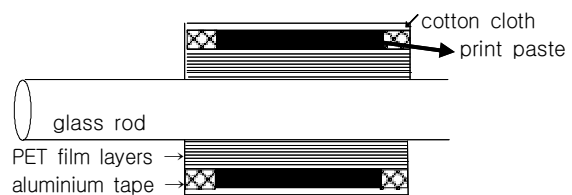
2.3 날염호 조성

알긴산소다는 5%(w/v), CMC는 3%(w/v) 그리고 Emvatex는 18%(w/v)의 농도로 조성된 원호에 소정의 분산염료(50~300g/kg)를 투입하고 충분히 교반하여 날염호를 조성하였는데 이 때 날염호 처방은 다음과 같다.

분산염료	x g
원호	y g
	1000g

2.4 필름권층 제작

폭 4cm, 길이 50cm의 PET필름을 지름 약 1cm인 유리막대에 아래 그림과 같이 단단히 감고 그 위에 일정량의 날염호를 원하는 두께(60~220µm)로 균일하게 도포한 다음 60℃에서 10분간 건조한 후 치밀한 조직의 면포로 날염호 주위를 감아 주고 최외층을 가는 유리막대로 고정시킴으로써 날염호가 필름에서 분리되지 않도록 밀착시킨다. 다시 80℃에서 10분간 건조하여 수분이 날염호에서 증발되도록 함으로써 증열 또는 베이킹 고착 과정에서의 분산염료 확산 거동을 살펴보기 위한 필름권층 시료를 제작하였다.



2.5 고착

고온증열(HTS)은 증기압 1~2kg/cm²으로 증기를 공급하면서 상압 조건에서 170~190℃로 증열 처리하였고, 베이킹(baking)은 190℃에서 건열만으로 고착 처리하였다.

2.6 염착량 측정

증열 또는 베이킹에 의한 고착 처리 후 필름권층 표면을 물로 행구고 권층을 풀어 여과지 사이에 끼워 눌러 건조시켰다. 얻어진 분산염료 확산 PET필름을 층별로 일정한 크기가 되도록 자르고

층의 순서대로 필름에 흡착된 염료를 모노클로로 벤젠으로 추출하여 염착량을 Color Quality Control System(ICS -TEXICON Ltd.)으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

폴리에스테르 섬유의 날염에 있어 날염호 중의 분산염료가 증열 등의 고착 과정에서 폴리에스테르로 확산해 가는 거동을 살펴보고 아울러 확산에 영향을 미치는 인자들에 대해서도 검토하고자 필름권층법을 이용하여 실험하였으며 다음과 같은 결과가 얻어졌다.

Fig. 1은 호제로 Emvatex를 사용하고, 190℃에서 2시간 고온증열 처리에 의해 고착하였을 때 날염호 중의 염료농도에 따른 확산 거동을 살펴본 것으로 염료농도가 50g/kg의 경우 PET 필름과 날염호와의 계면에 있어 염료입자의 분포가 호제입자의 분포에 대해 상대적으로 적기 때문에 제1층의 염착량이 매우 낮은 값을 보이고, 동시에 계면에서 떨어진 곳의 염료입자는 호제에 의해 PET 필름 표면으로 확산해 가는데 방해받기 때문에 계면에 분포된 염료입자의 PET 필름 내부로 확산해 들어가는 속도가 호제중의 염료입자의 PET 필름 표면으로 이동하는 속도보다 빠르고, 따라서 매우 적은 값의 완만한 직선적인 염착량 구배를 보이고 있다. 이에 비해 100g/kg의 경우 계면의 상대적인 염료입자 증가에 의해 제1층 염착량이 현저히 증가하였으며, PET 필름 내부에서의 염료입자 확산속도보다 표면에서의 염착속도가 더 빨리 진행하고 있음을 알 수 있다. 200g/kg 및 300g/kg의 경우 염료/호제 중량비가 각각 139/100, 238/100으로 호제양보다 염료가 월등히 많기 때문에 호제에 의해 구속되지 않고 자유로이 염착에 참여할 수 있는 유효염료가 많아지고, 따라서 표면에서의 염착속도 및 염착량이 매우 크기 때문에 각 층의 염착량 또한 증가하며, 각 층간의 염착량 차이가 커짐을 알 수 있다. 한편, 200g/kg과 300g/kg의 각 층의 염착량 및 확산거리가 비슷한 것으로 보아 200g/kg 정도의 농도부터 날염호의 염료농도에 무관하게 일정한 확산 거동을 보임을 알 수 있다.

이상 여러 염료농도의 날염호에 대해 190℃에서 2시간 고온증열한 경우 염료농도가 50g/kg에서는 매우 적은 완만한 직선 구배의 염착과 짧은 확산을 보인데 반해 100g/kg 이상에서는 300g/kg

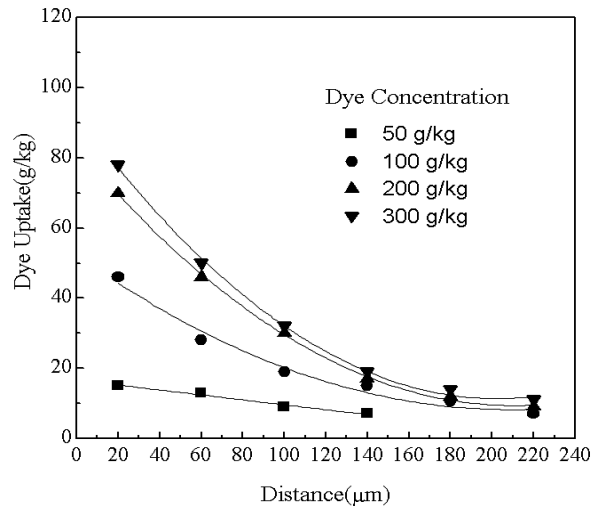


Fig. 1. Dye Uptake-distance profiles on PET film of disperse dye in print pastes, fixed by HTS at 190℃ and 2h for different dye concentrations(thickener: Emvatex, thickness: 120μm, steam: 1kg/cm²).

까지 염료 농도가 증가할수록 제 1층부터 각 층의 염착량이 크게 증가하였으나 층간의 염착량 차이가 커져 다소 가파른 구배의 확산 거동을 보였다.

Fig. 2는 날염에 주로 많이 이용되는 알긴산소다. CMC 및 합성호제인 Emvatex의 세 종류 호제에 대한 분산염료의 염착과 확산 거동을 비교 실험한 것이다. Emvatex를 호제로 사용한 경우 만족할만한 염착과 확산 거동을 보인 염료 농도 200g/kg에 있어 증기압력을 2kg/cm²로 증가시켜 충분한 수분 공급이 이루어지도록 조건을 설정하였다.

알긴산소다(5%)와 CMC(3%)에 비해 호고형성분이 훨씬 많은 Emvatex(18%)의 경우 각 층의 염착량이 비교적 적은 값을 보였고, 알긴산소다와 CMC에 있어서는 알긴산소다가 CMC보다 호고형분은 더 많으나 각 층의 염착량이 약간 더 큰 값을 나타냈는데 이는 알긴산소다의 날염호가 증열 고착 과정에서 CMC보다 증기에 의해 더 쉽게 팽윤되어 날염호 중의 염료입자가 보다 쉽게 자유운동에 의한 염착과 확산이 이루어질 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

알긴산소다(5%), CMC(3%) 및 합성호제인 Emvatex (18%)의 세 종류 호제에 의한 날염호 중의 분산염료 확산 거동을 비교 실험한 결과 호고형성분이 많은 Emvatex의 염착량이 가장 적었고, CMC 보다는 알긴산소다가 분산염료의 염착과 확산에 보다 더 효과적임을 확인하였다.

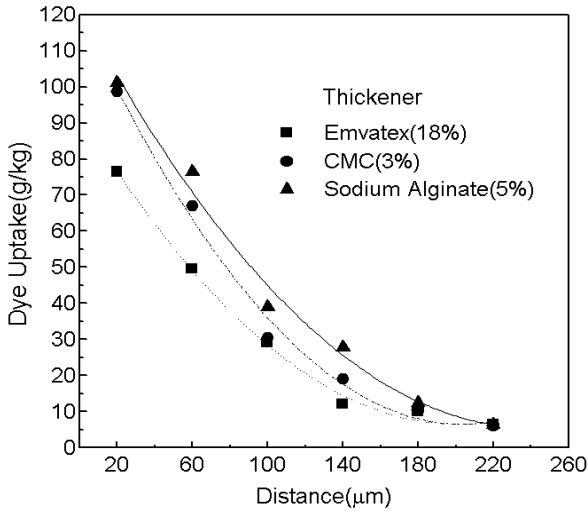


Fig. 2. Dye Uptake-distance profiles on PET film of disperse dye in print pastes of various thickeners, fixed by HTS at 190°C and 2h(steam: 2kg/cm² dye: 200/kg).

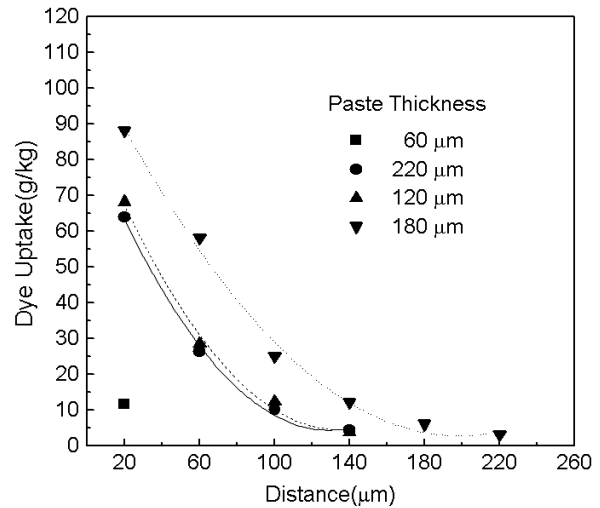


Fig. 3. Dye Uptake-distance profiles on PET film of disperse dye in print pastes of various thickeners, fixed by HTS at 190°C and 2h(thickener: sodium alginate).

앞의 두 그림은 고온증열에 의한 고착으로 증기 공급이 이루어지는 조건에서의 고착이나 Fig. 3은 수분이 전혀 공급되지 않는 베이킹법으로 고착한 경우에 있어 날염호 두께에 따른 확산 거동을 살펴본 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 날염호 두께가 60μm 일 때는 제 1층에서만 아주 적은 양이 염착되었고, 날염호 두께가 120μm와 180μm로 증가함에 따라 각 층에 있어 현저한 염착량 증가 및 확산거리 증가를 보였고, 그 이상의 두께인 220μm에서는 오히려 염착량과 확산거리가 감소하는 경향을 보였다.

수분이 없는 상태에서의 고착은 수분의 부재로 인해 전혀 날염호가 팽윤되지 않아 호제의 속박으로 인한 염료의 자유운동이 크게 제한될 것으로 기대되며 따라서 오로지 분산염료의 승화성에 기인한 염착과 확산만이 일어날 것으로 추정되는데 역시 60μm의 비교적 얇은 날염호 두께에 있어서는 승화에 의한 염착이 가능한 유효 염료입자가 매우 적기 때문에 표면의 단 1층에서만 매우 낮은 염착이 이루어졌다. 그러나 120μm로 두께를 두 배로 한 경우에는 현저한 염착량 증가와 4층까지의 확산이 이루어졌으며, 180μm에서는 더욱 현저한 염착량과 확산거리 증가가 나타났다. 이 같은 현상으로 보아 날염호의 두께가 어느 정도 까지 증가하면 승화에 의한 염착 및 확산에 유효한 염료 입자 양이 증가하는 것으로 판단된다. 그러나 이 보다 더 두꺼운 220μm의 경우에는 필름과 날염호의 계면에 미치는 열이 두께에 의해 어느 정도 차단되어 계면에서의 염착과

확산이 오히려 감소하는 것으로 판단되고 아울러 열에 의한 분산염료의 승화성도 크게 떨어질 것으로 추정된다.

Fig. 4는 증기압 1kg/cm²로 증기를 공급하면서 고온증열(HTS)하는 경우에 있어 날염호 두께에 의한 염착과 확산 거동을 살펴보았다. 건열에 의한 베이킹 고착시 60μm의 날염호 두께는 너무 적은 염착량을 보였고 220μm는 큰 염착량 저하와 확산거리 단축을 보임으로 인해 그 사이에 해당하는 80μm부터 200μm까지의 날염호 두께에 대해 살펴보았다.

베이킹 고착의 경우와는 달리 80μm에서도 높은 염착량과 큰 확산을 보였고, 120μm와 160μm에서는 날염호 두께 증가에 따라 각 층에서의 염착량 증가가 나타났으나 200μm에서는 베이킹 고착에서와 같이 각 층의 염착량이 다소 감소했다. 그러나 대체적으로 베이킹의 경우와는 달리 날염호 두께에 따른 염착량과 확산거리 차이는 적었다.

80μm에서도 큰 염착량과 확산거리를 보인 것은 증기에 의한 날염호 팽윤이 효과적으로 일어나 분산염료의 염착을 위한 이동과 확산이 원활하게 이루어졌기 때문으로 판단되며, 160μm까지 두께 증가에 따라 각 층에서의 염착량이 어느 정도 증가하는 것은 염착에 관여하는 유효 염료 입자수가 두께 증가에 의해 상대적으로 많아졌기 때문으로 판단된다. 그러나 200μm로 두께가 두꺼워지면 유효 염료 입자의 증가에 비해 필름과 날염호 계면으로의 열전달이 다소 어려워짐으로

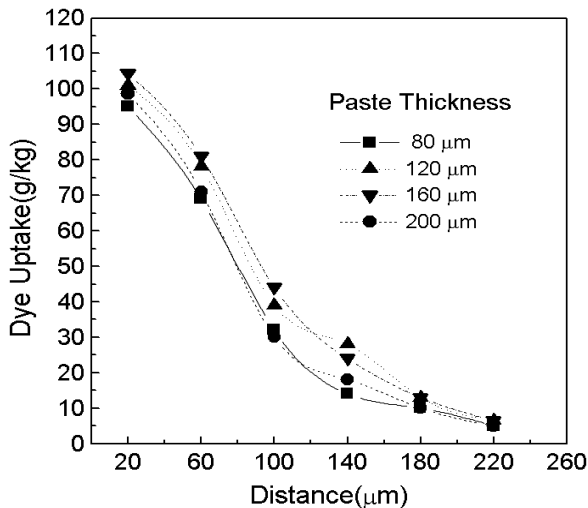


Fig. 4. Dye Uptake-distance profiles on PET film of disperse dye in print pastes of various thickeners, fixed by HTS at 190°C and 2h(thickener: sodium alginate).

인해 염착과 확산 효율이 떨어질 수 있고, 과량의 호 고형분에 의해 증기에 의한 날염호의 팽윤이 다소 더 어려워질 뿐만 아니라 아울러 분산염료의 승화성 역시 떨어지기 때문으로 추정된다. 그러나 대체로 두께에 따른 큰 염착량과 확산거리 차이가 적은 이유는 증기에 의해 날염호가 팽윤되고 따라서 호제에 의한 염료입자의 속박이 완화되어 필름으로의 염착과 확산이 용이하게 일어나기 때문이라 생각된다.

Fig. 5는 알긴산소다와 CMC의 두 호제에 대한 베이킹과 고온증열의 고착 방법에 따른 염착 및 확산 거동을 직접 비교한 실험 결과로 베이킹의 경우 두 호제 모두 저조한 염착 및 확산 거동을 보였는데 특히 CMC의 경우에 비해 알긴산소다가 상대적으로 큰 염착량과 확산거리를 보였다. 증기를 공급하는 고온증열 고착의 경우에는 베이킹 결과에 비해 현저히 증가된 염착량과 확산거리를 보였는데 증기압 1kg/cm²만으로도 충분한 염착과 확산이 일어났으나 증기압 2kg/cm²에서는 각 층에서 약간 더 큰 염착량을 보였다. 증기압 2kg/cm²의 고온증열 고착의 경우 역시 알긴산소다를 호제로 사용한 경우가 CMC 호제에 비해 다소 높은 염착량을 보였는데 위의 두 결과로 보아 알긴산소다가 CMC에 비해 분산염료의 염착과 확산에 더욱 효과적인 호제임을 확인할 수 있다.

이상의 결과로 보아 전체적으로 분산염료 날염의 고착에 있어 수분이 없는 베이킹 고착 방법에 비해 증기에 의해 수분이 공급되는 고온증열 고

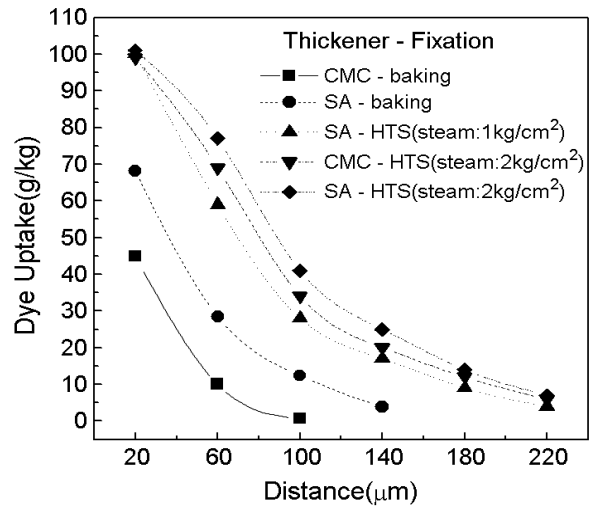


Fig. 5. Dye Uptake-distance profiles on PET film of disperse dye in sodium alginate(SA) or print pastes, fixed by baking or HTS at 190°C and 2h.

착에서 월등히 큰 염착량을 보였고, 확산거리도 현저히 증가하였으며, 또한 증기 공급 압력이 클수록 각 층의 염착량이 다소 더 증가하였다. 이는 고착 과정에서 수분에 의한 날염호의 팽윤이 매우 중요한 역할을 함을 보여주는 것으로 수분에 의해 날염호가 팽윤됨으로써 염료입자의 자유운동에 의한 확산이 보다 활발하게 진행되기 때문이라고 사료된다.

폴리에스테르에 대한 날염호 중의 분산염료의 고착에 증기가 공급되는 고온증열이 매우 효과적인 고착 방법임을 앞에서 확인했다. 이번에는 고온증열의 온도와 증열 시간에 따른 염착과 확산 거동에 대해 살펴보았다.

Fig. 6은 고온증열 온도가 170°C, 180°C 및 190°C인 경우의 1시간과 2시간 증열시 염착과 확산 거동을 나타내었다. 1시간 증열의 경우 170°C에서는 2층만 확산했고, 180°C에서는 4층까지 확산됨과 동시에 각 층의 염착 또한 매우 향상되었으며, 190°C에서는 180°C와 같이 4층까지만 확산했으나 제 1층의 염착량이 현저히 커졌다. 이것으로 보아 170°C보다 온도가 높을수록 염착과 확산이 더욱 활발하게 일어남을 알 수 있다. 2시간 증열의 경우는 1시간 증열에 비해 염착과 확산이 월등히 증가했는데 170°C 증열보다 180°C와 190°C 증열에서 현저히 염착량과 확산거리가 증가했고, 특히 190°C에서 2시간 증열이 가장 우수한 결과를 보였다.

170°C보다 높은 온도에서는 온도가 높을수록 분산염료의 운동이 더욱 활발해지고 승화성도 향상

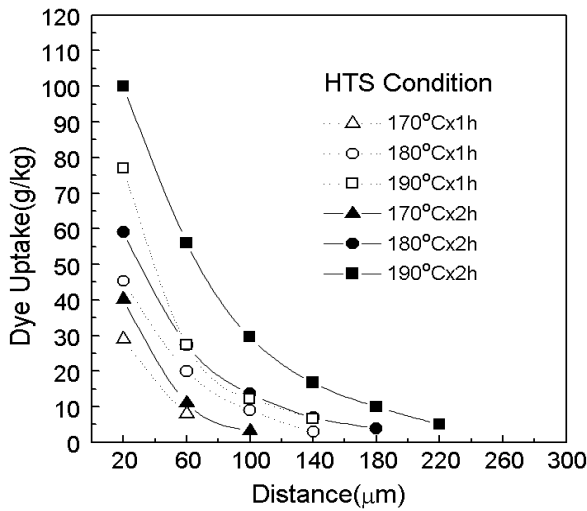


Fig. 6. Dye Uptake-distance profiles on PET film of disperse dye in sodium alginate print pastes, fixed by HTS for 1h or 2h at various temperatures(dye: 200g/kg, 120μm, 1kg/cm²).

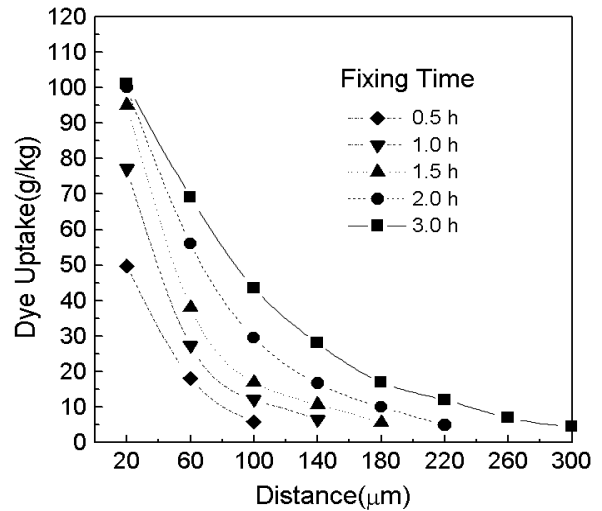


Fig. 7. Dye Uptake-distance profiles on PET film of disperse dye in sodium alginate print pastes, fixed by HTS at 190°C and different fixing times(dye: 200g/kg, 120μm, 1kg/cm²).

되어 염착과 확산이 더욱 크게 일어나는 것으로 판단된다. 1시간 고착에 비해 2시간 고착의 경우는 충분한 염착과 확산이 이루어질 수 있는 시간이 확보됨으로 인해 각 층의 염착량이 크게 증가하고 확산이 더욱 활발하게 이루어진 것으로 판단된다.

Fig. 6의 결과에서 고착 시간이 1시간인 경우에 비해 2시간 고착에 의해 현저히 염착량과 확산 거리가 증가했는데 이를 보다 구체적으로 확인하기 위해 Fig. 7에서는 190°C 증열 고착에 있어 증열 시간에 따른 염착과 확산 거동을 살펴보았다.

0.5시간 증열에 의해서는 3층까지 확산이 이루어졌고, 1시간 증열에 의해서는 4층, 1.5시간 증열에 의해서는 5층, 2시간 증열에 의해서는 6층, 3시간 증열에 의해서는 8층까지 확산에 의해 염착하는 등 대략 30분 증열 시간이 길어짐에 따라 1층씩 확산거리가 증가하는 현상을 보였다. 또한 0.5시간, 1시간 및 1.5시간 증열에 의해서는 제 1층의 염착량이 시간 증가에 따라 크게 증가하여 그 차이가 컸으나 그 이상의 증열 시간에서는 제 1층의 염착량 증가가 현저히 줄어들어 2시간과 3시간 증열의 제 1층 염착량이 약 100g/kg 정도로 포화염착량에 도달했음을 확인할 수 있다. 확산거리가 2층 이하인 경우 각 층에서의 염착량은 증열 시간이 길어질수록 크게 증가하여 3시간 증열의 경우 층간 염착량 차이가 많이 줄어 비교적 완만한 염착량 구배를 보이는 충분한 확산이 이루어졌음을 알 수 있다.

4. 결 론

날염호 중의 분산염료가 증열 고착 과정에서 폴리에스테르로 확산해 가는 거동을 살펴보고 아울러 확산에 영향을 미치는 인자들에 대해서도 검토하고자 필름권층을 이용하여 실험했으며 다음과 같은 결과가 얻어졌다.

여러 염료농도의 날염호에 대해 190°C에서 2시간 증열한 경우 염료농도가 50g/kg에서는 매우 적은 염착과 짧은 확산을 보인 반면 100~300g/kg에서는 염료 농도가 증가할수록 염착량과 확산거리가 크게 증가하였다. 알긴산소다(5%), CMC(3%) 및 합성호제인 Emvatex(18%)의 호제에 대한 비교에서는 호고형성분이 많은 Emvatex의 염착량이 가장 적었고, CMC보다는 알긴산소다가 분산염료의 염착과 확산에 보다 더 효과적임을 확인하였다.

수분이 전혀 공급되지 않는 베이킹법으로 고착한 경우 날염호 두께가 60μm일 때는 제 1층에서만 소량 염착되었고, 120μm와 180μm로 증가함에 따라 각 층에 있어 현저한 염착량 및 확산거리 증가를 보였으나 220μm에서는 오히려 감소하였다. 그러나 190°C에서 증기압 1kg/cm²로 증열한 경우에는 베이킹에 비해 80~160μm에서 매우 큰 염착량과 확산거리를 보였으나 200μm에서는 역시 염착량이 오히려 다소 감소하였다. 또한 수분이 없는 베이킹 고착에 비해 증기에 의해 수분이 공급되는 고온증열 고착에서 월등히 큰 염착

량을 보였고 확산거리도 현저히 증가하였으며, 증기 압력이 클수록 각 층의 염착량이 다소 더 증가하였다.

고온증열에 있어 170℃에 비해 180℃와 190℃로 온도가 올라갈수록, 그리고 1시간 증열에 비해 2시간 증열의 경우에서 염착량과 확산거리가 현저히 증가하였다. 190℃ 고온증열에서는 증열 시간이 길어질수록 확산거리가 증가하였는데 0.5시간에 3층까지 확산한 이후로는 대략 30분마다 1층씩 확산거리가 증가하였고, 2시간까지는 제 1층의 염착량이 시간 증가에 따라 크게 증가하여 포화염착량에 먼저 도달했으나 2층 이하에서는 증열 시간이 길어짐에 따라 계속적으로 염착량이 증가하였다.

참고문헌

1. W. McDowell, The Behaviour of Disperse Dyes at High Temperatures, *J. Soc. Dyers Colorists*, **89**, 177-185(1973).
2. F. Jones and R. Seddon, The Vapor-Phase Dyeing of Cellulose Acetate. Part I: Equilibrium Saturation Values and Absorption Isotherms, *Textile Res. J.*, **34**, 373-380(1964).
3. F. Jones and R. Seddon, The Vapor-Phase Dyeing of Cellulose Acetate. Part II: Rates of Absorption and Apparent Diffusion Coefficients, *Textile Res. J.*, **35**, 334-341(1965).
4. K. Nishida, E. Ishihara, T. Osaka and M. Koukitu, Vapour Pressures and Heats of Sublimation of Some Disperse Dyes, *J. Soc. Dyers Colorists*, **93**, 52-54(1977).
5. L. Anselrode, The Behaviours of Dyes in Continuous Vacuum Transfer, *J. Soc. Dyers Colorists*, **93**, 177-185(1977).
6. T. Shimizu, I. Tabata, Y. Kawamura and T. Hori, Heats of Sorption of Anthraquinone Model Disperse Dyes on PET Film from the Vapor Phase, *Sen-i Gakkaishi*, **42**, 61-68(1986).
7. F. Jones and T. S. M. Leung, Some Fundamental Aspects of Transfer Printing, *J. Soc. Dyers Colorists*, **90**, 286-290(1974).
8. C. J. Hawkyard, The Release of Disperse Dyes from Thickener Films during Thermal Processes, *J. Soc. Dyers Colorists*, **97**, 213-219(1981).
9. M. R. Fox, B. Glover and A. C. Hughes, A New Insight into the Thermofix Dyeing of PES-Cotton Blends. II. Practical Considerations, *J. Soc. Dyers Colorists*, **85**, 614-617(1981).
10. W. Biedermann and A. Ischi, Factors Affecting Dye Transfer in Conventional Printing with Disperse Dyes, *J. Soc. Dyers Colorists*, **99**, 363-374(1983).
11. E. J. Gorondy, Analysis of the Dye Transfer Mechanism in Heat Transfer Printing, *Textile Res. J.*, **47**, 604-615(1977).