

염액의 wicking성이 양모의 저온 염색에 미치는 영향

도성국

동아대학교 의상섬유학부

Effect of Wickability on Low Temperature Dyeing of Wool

Seong-Kook Dho

Division of Fashion & Textile Studies, Dong-A University, Busan, Korea

Abstract : It is well recognized that the wicking of liquids in a textile fabric takes place mainly through a capillary system composed of the individual fibers. Considering typical dyeing stages, it is thought that a high dye uptake on the fabric probably depends on the wickability. Three kinds of barely water soluble ketones, acetophenone(A), 2-pentanone(2P) and 3-pentanone(3P) were separately dissolved in methanol(M) and then each was mixed with aqueous solution of C. I. Red Acid 114. Wicking heights of dyeing solutions were measured under such conditions that the effect of gravity was negligible. The result could be graphed as a series of straight lines having the form $s = kt^{1/2}$, where s was distance traveled by the solutions, t was time, and k was slope of the line. The surface tension(γ) of the ketones had more significant effect on the wickability compared to the viscosity(η) of them. The greater wickability resulted in the higher dye uptake on the fabric and the order of wickability was equal to that of the surface tension(γ) and dye uptake on the fabric, $A > 3P > 2P > M$.

Key words : surface tension(γ), wicking, viscosity(η)

1. 서 론

양모의 좋은 물성을 유지하면서 단시간에 평형 염착량을 얻기 위하여 온도효과를 대신할 수 있는 유기용매의 영향들이 연구되었다(임용진·黒木, 1983; Beal et al., 1960; Peters et al., 1960).

전보(도성국, 2003)에서 카르보닐기 좌우의 원자단이 서로 다른 케톤계 용매인 acetphenone(A), 2-pentanone(2P), 3-pentanone(3P), 메탄올(M)을 염욕에 첨가하여 염색한 후 염료, 양모섬유, 첨가한 용매들의 용해도 파라미터(δ)로 알 수 있는 여러가지 사항들을 토대로 실험결과를 논리적으로 검토, 해석하였는데 첨가한 용매의 파라미터가 양모와 염료의 파라미터와 가까울수록 섬유 이완능, 섬유표면의 염료농도를 높이는 능력 및 염료의 해회합능이 컸으며 이들은 염착량 증진에 긍정적으로, 용매화된 염료분자의 입체장애 및 배향은 부정적으로 작용하는 것을 알았다. 그러나 한 가지 효과가 지배적이라기보다는 염색온도와 용매농도에 따라 여러가지 요소가 길항적으로 영향을 미쳤고 이것은 용해도 파라미터, 막 투과 실험, 염색반응속도 등에 의해 설명이 가능하였다.

직물을 구성하는 섬유사이의 공간은 섬유들이 고체표면으로

작용하는, 양쪽 끝이 뚫린 모세관 시스템으로 생각 할 수 있으며 모세관 현상에 의한 액체가 고체 표면에 저절로 퍼지는 현상인 젖음은 직물을 구성하는 섬유사이의 공기를 처리용액으로 대체하는 과정이다(Francis et al., 1959; Bernard et al., 1967).

처리직물이 균일한 성질을 가지려면 직물의 모든 부분이 적당한 시간동안(optimum period of time) 용액과 접촉하여야 하는데 공기방울이 남아있는 경우 균일한 처리 효과를 기대 할 수 없고 생산성과 품질을 고려하면 젖음은 빨리 그리고 고르게 일어나야 한다(Myers, 1991). 그러므로 섬유류의 염색, 방 · 발 수 가공 가공, 그리고 가호 시 젖음 속도와 그 정도는 매우 중요하다. 직물과 실을 구성하는 섬유는 모세관의 벽을 형성하고, 액체가 섬유 사이로 침투, 이동하는 wicking성은 젖음성에 비례하고 액체와 고체 표면의 성질에 의존한다(Bernard et al., 1967).

염색을 3단계로 나누면 염욕내 염료가 확산하여 섬유의 표면으로 이동하는 1단계, 섬유표면에 염료가 흡수되는 2단계, 그리고 섬유표면에서 섬유의 내부로 염료가 이동하는 3단계로 나눌 수 있다(Bird, 1963). 그러므로 염착량이 커지기 위해서는 섬유 표면에 흡수된 염료의 양이 많아야 할 것이 중요한 조건이고 이것은 표면장력과 점도에 의해 좌우되는 용액의 wicking 능력에 비례한다.

이 연구에서는 카르보닐 기 좌우의 원자단이 서로 다른 케톤계 용매인 acetphenone(A), 2-pentanone(2P), 3-pentanone(3P), 메탄올(M)을 염욕에 첨가하여 염색한 후 양모직물과 첨

Corresponding author; Seong-Kook Dho
Tel. +82-51-200-7543, Fax. +82-51-200-7335
E-mail: skdho@donga.ac.kr

가한 용매들의 표면장력(γ) 및 점도(η)로 알 수 있는 여러가지 사항들을 토대로 염액의 wicking성과 염착성에 관한 실험 결과를 논리적으로 검토, 해석하였다.

2. 실험

2.1. 시료

경위사 밀도가 $25 \times 25 / \text{cm}^2$ 인 정련된 양모 직물을 에탄올로 24시간 추출, 증류수로 세정, 실온에서 건조한 다음 36% 황산 데시케이터 안에 보관하여 사용하였다.

2.2. 염료

Fig. 1의 불균염성 C. I. Acid Red 114를 디메틸포름아미드로 추출하여 불순물을 제거한 다음 메탄올로 2차 재결정하여 분광광도계로 순도를 확인한 후 사용하였다.

2.3. 용매

케톤류인 acetophenone(MW, 120), 2-pentanone(MW, 86), 3-pentanone(MW, 86)과 methanol(MW, 42) 등 1급 시약을 정제하지 않고 그대로 사용하였다.

첨가용매의 물리적 특성은 Table 1과 같다(淺原 외, 1985; Van Krevelen·Hofsteyzer, 1976; Brandrup·Immergut, 1975).

2.4. 염액의 제조

위 용매들은 수용해도가 낮고 특히 acetophenone의 경우 위와 같은 용해도를 갖는다고 하지만 실제로는 수불용성 이라고 할 정도이었다. 그래서 케톤류의 세가지 용매를 소정농도로 먼저 메탄올 120 ml 에 녹인 후 이것에 완충용액과 염료 10^{-3} mole을 더하여 1리터가 되게 하여 10^{-3} M 의 염료용액을 제조하였다.

2.5. 염색

여러가지 용매를 첨가한, 염료농도 1×10^{-3} M 염액으로 양모 직물을 욕비 1 : 100, 소정 시간, 소정 온도에서 IR염색기(BRA-12, Mathis Labomat, Swiss)로 염색한 후 수세, 건조하였다. 염액의 pH는 인산염 완충용액을 사용하여 5.5로 일정하게 유지하였다.

2.6. 염착량 측정

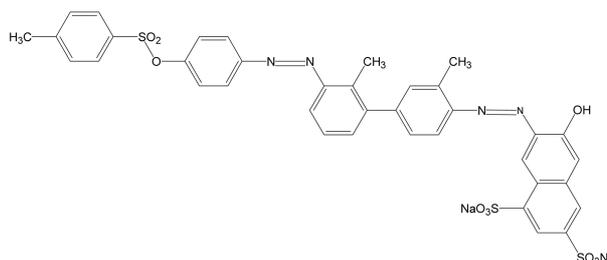


Fig. 1. Molecule of C. I. Acid Red 114 (MW: 830.8, λ_{max} : 512nm).

미리 작성한 검량선으로 염색 후 염욕의 농도를 분광광도계(UV 2401PC, Shimadzu, Japan)로 정량하여 알고 이것을 원래 염료의 농도에서 빼서 염착량을 구하였다.

2.7. wicking성 측정

염액의 wicking성을 측정하기 위하여 시료 직물의 경사를 풀어내어 높이가 20cm인 시험관에 소정 염액을 10mm 넣고 길이 15cm인 실의 하단은 추를 달아 5mm 잠기게, 상단은 시험관의 고무마개에 꽂은 핀에 고정하여 소정 온도에서 염액이 상승한 높이를 소정 시간마다 측정하였다.

2.8. 첨가 용매의 온도별 표면장력(γ)의 계산

Table 1과 Table 2의 값(Van Krevelen·Hofsteyzer, 1976)으로 다음의 Eötvös 방정식(Glasstone·Lewis, 1960)으로 구하였다.

$$\gamma(V_M)^{2/3} = a(T_c - T - 6) \dots\dots\dots(1)$$

여기서 γ , 표면장력, V_M , 용매의 몰부피, a, 상수, T, 절대 온도, T_c , 임계온도이다.

20°C에서 구한 a값은 AP, 2P, 3P, M 각각 2.22, 2.13, 2.16, 1.24이었다.

2.9. 첨가 용매의 온도별 점도(η)의 계산

Table 1의 값(Van Krevelen·Hofsteyzer, 1976)으로 다음 식(Beal et al., 1960)으로 구하였다.

$$\eta = N_h \cdot \exp(3.8T_b/T)V_M \dots\dots\dots(2)$$

Table 1. Physical properties of the solvents used

| Physical properties | Solvents | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| | Acetophenone(A) | 2-Pentanone(2P) | 3-Pentanone(3P) | Methanol(M) |
| Critical temperature(T_c , K) | 729.15 | 563.95 | 560.95 | 513.15 |
| Boiling temperature(T_b , K) | 475.15 | 375.15 | 376.15 | 338.15 |
| Water solubility(wt %) | 0.55 | 5.90 | 5.10 | ∞ |
| Solubility parameter(at 298.15K, δ , $(\text{J}/\text{cm}^3)^{1/2}$) | 19.8 | 17.8 | 18.0 | 29.7 |
| Molar volume(cc/mol) | 117.1 | 106.1 | 105.6 | 40.4 |
| Density | 1.026 | 0.812 | 0.816 | 0.792 |

Table 2. Surface tension(γ) and viscosity(η) of the solvents

| | Temp.(°C) | Solvents | | | |
|-------------------|------------------------|----------|-------|-------|-------|
| | | A | 2P | 3P | M |
| γ (dyn/cm) | 20 ^{a)} | 39.80 | 25.20 | 25.30 | 22.61 |
| | 30 | 38.95 | 24.22 | 24.35 | 21.55 |
| | 40 | 38.02 | 23.23 | 23.38 | 20.50 |
| | 50 | 37.10 | 22.32 | 22.41 | 19.44 |
| | η (cp) | 20 | 1.61 | 1.61 | 0.49 |
| η (cp) | 30 | 1.32 | 1.32 | 0.41 | 0.68 |
| | 40 | 1.09 | 1.09 | 0.36 | 0.60 |
| | 50 | 0.91 | 0.91 | 0.31 | 0.53 |
| | γ/η (cm/sec) | 20 | 2472 | 2472 | 5142 |
| 30 | | 2951 | 2951 | 5907 | 3169 |
| 40 | | 3505 | 3505 | 6637 | 3417 |
| 50 | | 4077 | 7200 | 7003 | 3768 |

^{a)}All the values were calculated from equation (1) and (2) except for at 20°C(Van Krevelen·Hoflyzer, 1976)

여기서 η , 점도, N, 아보가드로수, h, 플랑크상수 T_b , 끓는점, T, 온도, V_M , 용매의 몰부피이다.

2.10. 첨가 용매의 점도(η)의 활성화 에너지 계산

위의 (2)의 식으로 소정온도에서 점도(η)를 계산하고 아래 식(Laidler·Meiser, 1999)에 의해 $\ln \eta$ 의 1/T에 대한 직선 회귀식의 기울기로 구하였다.

$$\eta = A \cdot \exp(E_a/RT) \dots\dots\dots(3)$$

여기서 η , 점도, A, 상수, E_a , 활성화 에너지, R, 기체상수, T, 절대온도 이다.

2.11. wicking의 활성화 에너지 계산

(6)의 식으로 k를, (7)의 식으로 wicking 속도v를 구하고 $\ln v$ 의 1/T에 대한 직선 회귀식의 기울기로 구하였다.

2.12. 계면장력의 계산

물질 1과 2사이의 계면장력과 계면자유에너지를 각각 다음 식(Robert·Mittal, 1993)으로 구하였다.

$$\gamma_{12} = \gamma_1 + \gamma_2 - 2(\gamma_1\gamma_2)^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

$$\Delta G = \gamma_{12} \cdot \Delta A \dots\dots\dots(5)$$

여기서 ΔA 는 계면의 단위 면적이다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 용매를 첨가한 염액의 wicking성과 중력

전보(도성국, 2003)에서 염료 수용액, 12 v/v% 물(W)/메탄올(M) 혼합 염액, 및 12 v/v% 물(W)/메탄올(M) 혼합 염액에

acetophenone(A), 2-pentanone(2P), 3-pentanone(3P)의 농도가 각각 0.05 1M되게 첨가한 염액으로 양모 직물을 염색한 결과, 평형 염착량의 순서는 $A>W>3P>2P>M$ 이라는 것을 알았고 그 이유는 다음과 같이 요약 할 수 있었다.

첨가한 케톤류 용매의 염료단분자화능 즉, 해회합도(disaggregation)순서는 $A>3P>2P>M$ 이었고 용매가 양모를 이완하는 능력은 $A>3P>2P>M$ 이었다. 따라서 첨가한 용매만을 고려하면 염착량은 $A>3P>2P>M$ 의 순으로 용매들의 단분자화능과 양모섬유의 이완능과 정확히 일치한다. 그리고 염료수용액의 경우 양모와 친화력이 크고 입체장애가 작은 염료의 소수부가 양모 쪽을 향하여 가장 빠르게 이동하므로 염착량이 두 번 짝로 크다고 추정한다.

염착량이 커지기 위해서는 섬유 표면에 흡수된 염료의 양이 많아야 할 것이 중요한 조건이고 이것은 염액의 표면장력(γ)과 점도(η)가 관계하는 젖음(wetting) 능력에 비례한다.

미처리 양모와 물의 접촉각이 90~91°(Stewart·Whewel, 1960; Schick, 1975), 양모의 임계표면장력이 30~45dyn/cm(Schick, 1975), 물의 표면장력 72.8dyn/cm(Van Krevelen·Hoflyzer, 1976), 그리고 염액은 전해질인 인산염에 의해 물보다 표면장력이 커진 완충 용액인 점을 고려하면 염료 수용액은 양모를 젖게 하지 못한 다는 것을 알 수 있다(Myers, 1991). 실제 염료 수용액의 wicking성은 관찰 되지 않아 3가지 케톤계 용매와 메탄올을 염액에 첨가한 경우만 관찰 하였다.

그리고 중력의 영향을 살펴보기 위하여 실험에 사용한 실을 한쪽 끝만 비이커에 침지하고 서로 접촉하지 않도록 1.5 m를 약 15 cm 길이로 10회 왕복하여 늘어뜨린 상태로 장시간 두었더니 염액들은 1.5 m전체를 wicking하였고 섬유사이의 간격이 더 큰 즉, 모세관의 반경 r이 더 크다고 할 수 있는 방모사가 소모사보다 더 빠르게 wicking하였다. 이것은 중력의 영향을 무시 할 수 있는 경우의 침투력의 척도인 Washburn의 모세관내 흐름에 관한 아래 식(Francis et al., 1959)에 부합하였다. 따라서 최대 높이를 15 cm 정도로 제한한 경우 wicking에 미치는 중력의 영향은 무시할 수 있다고 판단하였다.

$$s = kt^{1/2} \dots\dots\dots(6)$$

$$ds/dt = 2r\gamma_{LV} \cos\theta / 8\eta s = 0.5k/t^{1/2} \dots\dots\dots(7)$$

$$k^2 \propto r\gamma_{LV} \cos\theta / \eta \dots\dots\dots(8)$$

여기서 s는 이동거리, k는 비례상수, t는 이동하는 데 걸린 시간, r은 모세관의 직경이다.

3.2. 첨가한 용매의 점도와 표면장력이 wicking성에 미치는 영향

Fig. 2~4에 소정 온도에서의 wicking 높이(s)와 시간의 제곱근($t^{1/2}$) 사이의 관계를, Table 2에 용매들의 $\gamma, \eta, \gamma/\eta$ 를 나

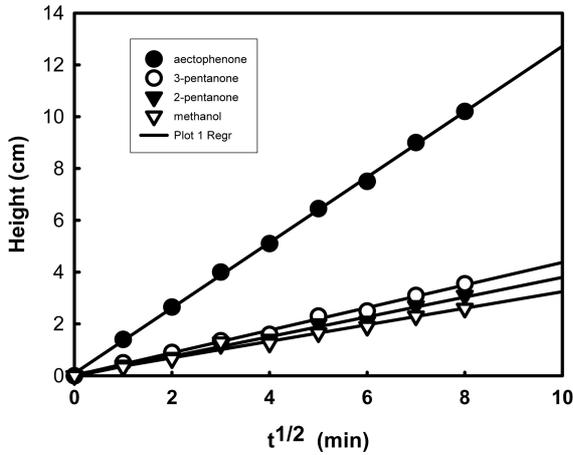


Fig. 2. The effect of the solvents on wicking height at 30°C. The concentration of three ketones is 0.051M in 12 v/v % of methanol/water dye bath. 'Methanol' in the legend box means 12 v/v % methanol/water dye bath without any ketones.

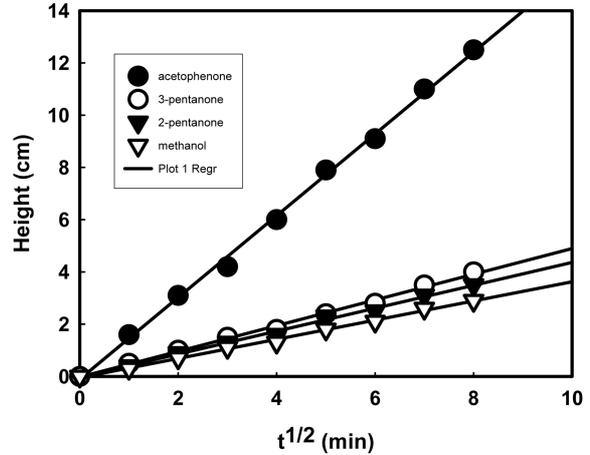


Fig. 4. The effect of the solvents on wicking height at 50°C. The concentration of three ketones is 0.051M in 12 v/v % of methanol/water dye bath. 'Methanol' in the legend box means 12 v/v % methanol/water dye bath without any ketones.

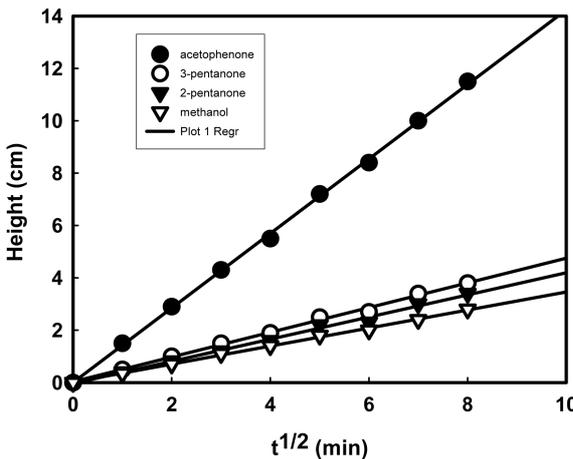


Fig. 3. The effect of the solvents on wicking height at 40°C. The concentration of three ketones is 0.051M in 12 v/v % of methanol/water dye bath. 'Methanol' in the legend box means 12 v/v % methanol/water dye bath without any ketones.

Table 3. Slopes(k) from $s = kt^{1/2}$ for the solvents used at different temperatures

| Temp. (°C) | Solvents | | | |
|------------|----------|------|------|------|
| | A | 2P | 3P | M |
| 30 | 1.33 | 0.40 | 0.45 | 0.33 |
| 40 | 1.45 | 0.43 | 0.48 | 0.35 |
| 50 | 1.56 | 0.50 | 0.44 | 0.36 |

혼합 액체의 점도는 성분 액체의 몰분율과 각각의 점도에 의존하므로 (9)의 식(Saksena et al., 1975)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\eta = x_1^2\eta_1 + x_2^2\eta_2 + x_1x_2(\eta_1 + \eta_2) \dots\dots\dots(9)$$

여기서 η 는 혼합액체의 점도, x_1, x_2 는 각각 성분 1, 2의 몰분율, η_1, η_2 는 각각 성분 1, 2의 점도이다.

A, 3P, 2P 각각 0.051몰과 메탄올 2.3몰을 혼합한 경우, 첨가한 소량의 난용성 용매의 몰 분율은 4.5×10^{-4} 으로 극히 작아 메탄올과 첨가 용매 혼합액의 점도에 큰 영향을 미치지 못하지만 그 점도는 메탄올에 의해 낮아지거나 높아진다는 것을 알 수 있다. 그러므로 Fig. 2~4의 결과는 메탄올에 의해, AP의 점도가 저하되어 k값이 크고, 2P와 3P의 점도는 상승하여 k값이 상대적으로 작다.

양모섬유와 물 사이의 상호작용은 표면 장력, 접촉각, 용해도 parameter(δ)에서 알 수 있듯이 A, 3P, 2P, M에 비해 아주 약하다고 할 수 있다. 그러므로 염욕 표면에서의 모세관 현상은 주로 메탄올과 첨가 용매의 혼합액에 의해서 일어나고 혼합액의 γ 와 η 가 wicking 속도와 높이를 지배할 것을 예상 할 수 있다.

염욕 내 각 성분 중 염료의 소수부는 유기 용매 층에 녹아 있고, 염욕에 첨가한 수난용성 용매는 메탄올에 의해 용매화되

타내었다. 각 온도에서 중력을 무시한 경우에 성립하는 $s = kt^{1/2}$ 의 직선 관계가 성립하였고 단위시간당 wicking 높이는 $A > 3P > 2P > M$ 으로 염착량 증진 효과의 순서와 일치하였다. 그리고 이 그래프의 기울기인 Table 3의 k 값을 대입하여 (7)의 식으로 계산한 wicking 속도는 $A > 3P > 2P > M$ 이므로 섬유 내 기포를 제거하고 섬유표면에 염료의 농도를 높이는 역할 역시 이러한 순서일 것이다.

(7)의 식에서 알 수 있듯이 wicking속도는 첨가 용매의 γ 와 $\cos\theta$ 에 비례하고 η 에 반비례한다. wicking 높이와 속도는 γ 값의 순서, $A > 3P > 2P > M$ 과 정확히 일치하고 γ/η 값의 순서, $2P > 3P > M > A$ 와 일치하지 않아 점도 η 보다 표면장력 γ 가 wicking에 더 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

어 있으며 그 외부가 물에 의해 수화되고 있음은 전보(도성국, 2003)에서 밝힌바 있다. 그러나 wicking 현상을 지배하는 표면 분자의 구성과 배향은 bulk상과 다르고(Myers, 1991), 이들 중 섬유와 가장 친화력이 큰, 첨가한 소량의 난용성 용매가 용매화 용매인 메탄올의 인력을 벗어나 모세관에 액주를 형성하려는 경향이 강하므로 첨가한 3가지 용매 및 메탄올의 표면장력과 점도가 wicking성에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

표면에 존재하는 분자들의 모양이나 화학적인 성질에 따라 γ 는 달라지며(Myers, 1991), 수용해도가 낮은 유기 용질 수용액의 γ 는 유기용질의 농도가 높아짐에 따라 물분자에 따른 감소세를 보이지 않고 급격히 감소한 후 표면에 용질이 가득차면 더 이상 γ 는 감소하지 않고 일정 값을 유지한다(Myers, 1991). 그러므로 첨가한 용매, 물, 염료 그리고 메탄올 사이의 용해성이 염색의 표면에 존재하는 분자의 구성에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 전보에서 첨가한 케톤계 용매에 대한 염료의 용해성은 $A>3P>2P>M$ 임을 알았고 A, 2P, 3P의 수용해도는 각각 0.55, 5.9, 5.1 wt % (淺原 외, 1985)이므로 염색의 표면에 존재하는 염료분자의 각 용매에 대한 농도는 $A>3P>2P>M$, 물에 대한 첨가용매의 농도는 $A<3P<2P$, 메탄올에 대한 첨가 용매의 농도는 수용해도를 고려 할 때 $A>3P>2P$ 로 메탄올에 대한 첨가 용매의 농도가 물에 대한 첨가 용매의 농도 보다 높을 것이다. 메탄올에 대한 첨가 용매의 농도와 이들의 γ 가 $A>3P>2P$ 이므로 메탄올과 첨가용매 혼합액의 표면장력의 순서는 $A>3P>2P>M$ 인 것을 알 수 있다.

모세관의 벽면과 액체사이의 인력, 즉 상호작용은 식 (10)(Schick, 1975)과 같고 $\cos\theta$ 와 γ_{LV} 의 값이 클수록 커진다.

$$F = p\gamma_{LV} \cos\theta \dots\dots\dots(10)$$

여기서 p는 모세관의 둘레이다.

비습윤힘(specific wetting force)은 식(11) (Schick, 1975)과 같이 나타낼 수 있고 $\gamma_{LV} \cos\theta$ 가 클수록 큰데 메탄올과 첨가 용매 혼합액의 γ_{LV} 는 $A>3P>2P>M$ 의 순서이다. 그리고 염색의 표면에서 양모섬유에 일어나는 모세관 현상은 표면의 메탄올·첨가용매 혼합액과 양모섬유 사이의 상호작용에 의존하므로 전보(도성국, 2003)에서 밝힌 $|\delta_w - \delta_s|$ 의 크기가 $A<3P<2P<M$ 이므로 상호작용의 크기는 이것의 역순인 $A>3P>2P>M$ 의 순서이다. (11)식에 의하면 상호작용이 클수록 접촉각은 작아지므로 $\cos\theta$ 의 크기 역시 $A>3P>2P>M$ 이다. 따라서 염액과 섬유사이의 상호작용 즉, 비습윤힘은 $A>3P>2P>M$ 의 순서임을 알 수 있고 이는 Fig. 2-4의 결과와 잘 일치하며 첨가한 케톤계 용매의 표면장력의 순서와 같다. 이러한 사실은 비록 소량이지만 케톤계 용매의 표면장력이 염액의 wicking성에 큰 영향을 미친다는 것을 뜻한다.

$$F/p = \gamma_{LV} \cos\theta \dots\dots\dots(11)$$

온도에 따른 wicking속도와 높이의 증가는 (1)의 식에 의한 γ 의 감소 보다 (2)의 식에 의한 η 의 감소가 더 큰 것을 의미한다.

단위면적당 계면자유에너지가 표면장력이므로 단위만 달리 할 뿐 계면장력과 계면자유에너지 값은 같다(Myers, 1991). 식 (4)와 (5)로 계산한 메탄올과 첨가한 케톤계 용매 사이의 계면 자유에너지는, 메탄올-A사이가 $2.4 \times 10^{-3} J$ 나머지용매와 메탄올 사이는 거의 0J, 그리고 첨가한 케톤계 용매와 양모사이의 계면 자유에너지 역시 0J, 양모와 메탄올 사이의 계면장력은 $3.8 \times 10^{-3} J$ 이므로 양모는 메탄올 보다는 첨가한 용매들과 친화력이 더 클 것을 예상 할 수 있고 다른 케톤계 용매에 비해 계면 자유에너지가 큰 A가 자유에너지가 낮아지는 양모 쪽으로 이동하는 경향이 더 강한 것은 자연스러운 현상이다.

3.3. wicking의 활성화 에너지

용매에서 양모 쪽에 흡착되려면 혼합액체를 구성하는 분자 사이의 증간인력을 극복하여야 한다. 혼합액체의 점도가 클수록 분자 증간 상호 인력이 크며 표면에 존재하는 용질 분자의 밀도에 따라 유변학적인 특성(rheological property)이 크게 달라지는데 밀도가 낮을수록 유동성이 커진다(Myers, 1991). 그리고 표면의 용질 분자가 모세관에 흡착되면 벌크 상 용질 분자가 표면으로 확산, 이동하여 새로운 표면을 형성하고 그 확산 속도는 확산계수가 클수록 점도가 낮을수록 빠르다(Myers, 1991).

첨가한 케톤계 용매의 점도는 $A>3P>2P$, 그러므로 혼합액에서 차지하는 케톤계 용매의 몰 분율은 4.5×10^{-4} 으로 모두 같다고 하더라도 (9)의 식에 의한 점도는 $A>3P>2P>M$ 이다. 그러나 앞에서 추정된 대로 표면에 존재하는 메탄올에 대한 첨가용매의 농도는 같지 않고 $A>3P>2P$ 이므로 혼합액의 점도는 당연히 $A>3P>2P>M$ 임을 알 수 있다.

(7)의 식에 의한 wicking 속도의 대수 값과 1/T의 그래프의 기울기에서 구한, 액체가 증간 인력의 장벽을 극복하고 섬유사이로 흐르는데 필요한 에너지인 wicking의 활성화 에너지는, 유체가 증간 인력을 극복하고 유동을 개시하는데 필요한, 점도가 클수록 큰 점도의 활성화 에너지(Laidler-Meiser, 1999)와 같은 개념이므로 wicking을 일으키는 액체의 점도를 반영하는 양으로 볼 수 있다.

Table 4에 wicking과 점도의 활성화 에너지를 나타내었다. wicking의 활성화 에너지는 $A>3P=2P>M$ 으로 위에서 추정된 표면에 존재하는 혼합액의 점도 순서와 거의 일치하고 혼합액의 점도가 가장 큰 A의 온도 의존성이 가장 크다. 즉 표면의 혼합액 분자가 섬유로 이동하여 wicking을 일으키고, bulk상에 있던, 메탄올로 용매화된 케톤계용매가 다시 표면으로 확산, 이동 하는데 필요한 에너지는 점도가 가장 큰 A와 M의 혼합액이 가장 크다는 의미이다.

세가지 케톤계 용매와 메탄올에 대한 점도의 활성화 에너지 값들은 wicking의 활성화 에너지 값들과 차이가 나지만 메탄올

Table 4. The activation energy of wicking(E_w) and viscosity(E)

| Solvents | $1/T(K^{-1}, \times 10^3)$ | $\ln v(m/sec)$ | $\ln(10^{-3} Nsm^{-2})$ | $E_w(J)$ | $E(J)$ |
|----------|----------------------------|----------------|-------------------------|----------|--------|
| A | 3.30 | -11.05 | -6.63 | 6,651 | 15,381 |
| | 3.20 | -10.96 | -6.82 | | |
| | 3.10 | -10.89 | -7.00 | | |
| 2P | 3.30 | -12.26 | -7.80 | 4,157 | 11,640 |
| | 3.20 | -12.20 | -7.93 | | |
| | 3.10 | -12.16 | -8.08 | | |
| 3P | 3.30 | -12.14 | -7.78 | 4,157 | 12,471 |
| | 3.20 | -12.07 | -7.93 | | |
| | 3.10 | -12.04 | -8.08 | | |
| M | 3.30 | -12.44 | -7.29 | 3,741 | 10,393 |
| | 3.20 | -12.40 | -7.42 | | |
| | 3.10 | -12.35 | -7.54 | | |

과 첨가용매 혼합액의 점도 순서인 $A > 3P > 2P > M$ 과 대체로 일치한다. 따라서 첨가한 케톤계 용매가 염액의 wicking에 큰 영향을 미치고 형성된 액주에는 섬유와 친화력이 큰 용매가 높은 비율을 차지한다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

염욕에 첨가한 3가지 수난용성 케톤계 용매의 표면장력(γ)이 점도(η)보다 wicking 성에 더 큰 영향을 미친다는 것을 알았고 wicking성이 클수록 평형 염착량이 많았다. 따라서 표면장력과, 양모와 상호작용이 동시에 큰 용매를 염욕에 첨가하여 wicking성을 크게 하면 저온에서 높은 염착량을 얻을 수 있다는 결론을 얻었다.

감사의 글 : 이 논문은 2004학년도 동아대학교 학술연구비(공모과제)에 의한 것으로 학교 당국에 사의를 표합니다.

참고문헌

도성국 (2003) 양모의 저온염색(1) -용해도 파라미터(δ)를 중심으로-. *한국염색가공학회지*, **15**, 413-420.

임용진·黒木宣彦 (1983) 양모염색에 있어서 아세트페논의 영향. *한국섬유공학회지*, **20**, 23-28.

淺原照三·戸倉仁一郎·大河原信·熊野谿從·妹尾學 (1985) “溶劑 ハンドブック” 講談社, 東京, p.539, pp.515-517.

Beal W., Dickinson K. and Bellhouse E. (1960) The dyeing of wool by solvent-assisted process. *J. Soc. Dyers and Colourists*, **76**, 333-341.

Bernard M., Arthur B.C. and Ramachandran P.N. (1967) Liquid rise between filaments in a v-configuration. *Textile Res. J.*, **37**, 919-924.

Bird C.L. (1963) “The Theory and Practice of Wool Dyeing”. Society of Dyers and Colourists, Bradford, p.17, 29.

Brandrup J. and Immergut E.H. (1975) “Polymer Handbook”. John Wiley and Sons Inc., New York, pp.341-343.

Francis W.M., Anthony M., Wulkow E.A. and Lawrence B. (1959) The migration of liquids in textile assemblies. *Textile Res J.*, **29**, 931-949.

Glasstone S. and Lewis D. (1960) “Elements of Physical Chemistry”. Maruzen, Tokyo, p.146.

Laidler K.J. and Meiser J.H. (1999) “Physical Chemistry”. Houghton Mifflin Company, New York, p.892.

Myers D. (1991) “Surfaces, Interfaces, and Colloids”. VCH Publishers Inc., New York, p.105,107,142,160,417, pp.144-149.

Peters L., Stevens C., Budding B.J., Burdett B.C. and Sykes J.A.W. (1960) The effects of solvents in wool dyeing. *J. Soc. Dyers and Colourists*, **76**, 543-550.

Robert J.G. and Mittal K.L. (1993) “Contact Angle, Wettability and Adhesion”. Netherlands, p.51, 286.

Saksena M.P., Harminder and Kumar S. (1975) Viscosity of binary liquid mixtures. *J. Phys. C: Solid State Phys.*, **8**, 2376-2381.

Schick M.J. (1975) “Surface Characteristic of Fibers and Textiles”. Marcel Dekker Inc., New York, p.147, 429.

Stewart J.C. and Whewell C.S. (1960) The removal of oil from wool and its relationship to surface structure. *Textile Res. J.*, **30**, 912-918.

Van Krevelen D.W. and Hoftyzer P.J. (1976) “Properties of Polymers”. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, pp.584-588.

(2006년 12월 11일 접수)