

<研究論文(學術)>

## 고속방사 나일론 섬유의 연신비에 따른 물성 및 염색성

<sup>1</sup>윤석한 · 김태경 · 임용진\* · 손영아\*\*

한국염색기술연구소

<sup>°</sup>경북대학교 광과대학 염색공학과

<sup>\*\*</sup>충남대학교 신소재공학부 섬유공학과

(2002. 11. 25. 접수/2002. 12. 11. 채택)

### The Physical Properties and the Dyeability of Nylon Fibers Prepared by High Speed Spinning at Different Godet Roller Draw Ratio

<sup>1</sup>Seok-Han Yoon, Tae-Kyung Kim, Yong-Jin Lim\*, and Young-A Son\*\*

*Korea Dyeing Technology Center, Taegu, Korea*

*<sup>°</sup>Department of Dyeing and Finishing, College of Engineering,*

*Kyungpook National University, Taegu, Korea*

*<sup>\*\*</sup>Department of Textile Engineering, Chungnam National University, Daejeon, Korea*

(Received November 25, 2002/Accepted December 11, 2002)

**Abstract**—The physical properties and the dyeability of the nylon 6 fibers prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio from 1.1 to 1.6 were investigated. The strains of nylon 6 fibers were decreased against the increase of the godet roller draw ratio. The stresses of nylon 6 fibers were increased with the increase of the godet roller draw ratio.

Birefringences, densities and crystallinities of the nylon 6 fibers were increased with the increase of godet roller draw ratio.

In DSC diagrams, the  $\gamma$  form of crystal became dominant at higher godet roller draw ratio.

The dye uptakes of C. I. Acid Blue 113 on the fibers were decreased against the increase of godet roller draw ratio.

**Keywords :** Nylon 6, High speed spinning, Godet roller draw ratio, Dyeing, Acid dye

### 1. 서 론

나일론 6은 3대 합섬 중 가장 먼저 발명된 후 지속적으로 발전하였으며, 강도, 탄성 및 내마모성이 크며, 비중이 작으면서 흡습성이 낮아 속건성을 나타내고, 염색가공성이 좋으면서 내약품성이 큰 장점을 가지고 있어 의류용은 물론 산업용에도

수요가 증대하여 1950년대 이후 생산량은 급격한 증가를 계속해 왔다.

나일론의 그 발전 흐름은 두 가지로 볼 수 있다. 첫째는 초극세섬유 등을 중심으로 하는 고부가가치 상품의 개발로서, 합섬의 단점을 극복하고 다양한 질감의 기능성 섬유의 시장요구에 부응해 발전하여 왔으며, 둘째는 신공정 개발, 공정혁신 등을 통하여 생산성 극대화의 노력으로 초고속방사기술의 개발 등이 그 대표적인 예이다<sup>1,2)</sup>.

일반방사는 방사공정과 연신공정이 분리된 2단

<sup>1</sup>Corresponding author. Tel. : +82-53-350-3857 ; Fax. : +82-53-350-3818 ; e-mail : seokhan@hanmail.net

계 공법인데 비하여, 고속방사(FDY공법)는 방사공정과 연신공정을 연속적으로 하는 1단계만으로 이루어지기 때문에 일반방사에 대비하여 품질이 우수하고 제조비용을 절약할 수 있으며 생산속도의 증가와 공정단순화로 인한 생산성이 향상된다<sup>3)</sup>.

전보<sup>4)</sup>에서는 나일론 섬유의 고속방사에 관한 것으로 방사속도를 달리하여 방사한 나일론 6 필라멘트의 물성 및 염색성을 조사하였으며 본 연구에서는 방사속도는 고정하고 연신비를 변화시키면서 방사한 필라멘트를 대상으로 한 것으로 5,250m/min의 고속으로 방사된 나일론 6의 godet roller의 연신비에 따른 물성 및 염색성의 변화를 고찰하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 시약

전보<sup>4)</sup>와 같은 chip과 방사조건으로, 각각 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6의 연신비(Godet Roller Draw Ratio(GR2/GR1))로 방사 및 연신된 나일론 6 필라멘트((주)효성)를 사용하였다. 이 때 take-up speed는 5,250m/min로 고정하였다.

염료는 Sandoz사의 Nylosan Navy N-RBL(C. I. Acid Blue 113)을 N,N-dimethylformamide로 추출한 후 비용매인 디에틸에테르를 첨가하는 방법에 의해 재결정하여 사용하였으며, 그 외 시약은 1급 시약을 그대로 사용하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 강신도 측정

인장강도 시험기를 사용하여 20℃, 65%의 상대습도 분위기하에서 인장실험을 하였으며, 시험편의 파지거리는 20cm, crosshead speed는 20cm/min로 하여 인장실험을 하였으며, 연신비별로 각각 20회 실시한 후 평균하였다.

#### 2.2.2 복굴절률( $\Delta n$ ) 측정

편광현미경을 이용하여 복굴절률을 측정하였으며, 섬유와 편광자의 각도를 45° 로 하여 파장이 546nm인 광을 투과시켰다. 굴절률이 큰 방향이 편광자와 수직이 되도록 고정시킨 후 검광자를 회전시켜 광의 세기가 최소가 되는 값을 정하였다.

$$R = \frac{\theta \times \lambda}{180}$$

$$\Delta n = \frac{R}{d}$$

R은 지연값,  $\lambda$ 는 파장,  $\theta$ 는 검광자의 회전각, 그리고 d는 시료의 두께를 나타낸다.

#### 2.2.3 밀도법에 의한 결정화도 계산

밀도가 1.584인 사염화탄소와 밀도가 0.680인 n-heptane의 혼합액으로 이루어진 밀도구배관을 사용하여 23℃에서 원사의 밀도( $\rho$ )를 측정하고 후 다음 식으로 무게분율 결정화도( $X_c$ )를 구하였다.

$$X_c(\%) = \frac{\rho_c}{\rho} \times \frac{\rho - \rho_a}{\rho_c - \rho_a} \times 100$$

$\rho$  : 원사의 밀도

$\rho_c$  : 결정영역( $\alpha$ 형)의 밀도(1.23g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_a$  : 비결정영역의 밀도(1.11g/cm<sup>3</sup>)

#### 2.2.4 시차주사열량계(Differential Scanning Calorimeter, DSC) 분석

Perkin-Elmer DSC-7을 이용하였으며, 시료 질량은 5mg 정도, 승온속도를 20℃/min으로 하여 50℃부터 250℃까지의 온도범위에서 측정하였다.

#### 2.2.5 염색

0.01g의 시료를 2.0×10<sup>-4</sup>M의 C. I. Acid Blue 113을 사용하여 pH 5.0의 초산/초산나트륨 완충용액내에서 용비 5,000:1조건으로 100℃(승온속도 2℃/min)에서 60min 염색하였다.

염색속도 실험은 연신비가 서로 다른 6종류의 나일론 6 원사 0.01g을 2.0×10<sup>-4</sup>M의 C. I. Acid Blue 113을 사용하여 pH 5.0의 초산/초산나트륨 완충용액내에서 용비 5,000:1의 조건으로 40℃, 60℃, 80℃, 100℃에서 각각 염색속도를 조사하였다.

흡착등온선 실험은 0.01g의 시료를 0.05×10<sup>-4</sup>~4.0×10<sup>-4</sup>M의 C. I. Acid Blue 113을 사용하여 pH 5.0의 초산/초산나트륨 완충용액내에서 용비 5,000:1의 조건으로 60℃, 80℃, 100℃에서 각각 평형에 도달할 때까지 염색하여 흡착등온선을 얻었다. 각 온도별 평형시간은 60℃의 경우 20시간, 80℃의 경우 6시간, 100℃의 경우는 3시간으로 하였다.

염착량 측정을 위해 염색후 수세한 시료를 진공하에서 24시간이상 완전 건조한 후, 시료의 무게를 정확히 측정하고 이를 25% 피리딘 수용액으로 95℃에서 추출하였다. 추출액의 흡광도를 분광광도계(UV-Vis spectrophotometer UV-2100, Shimadzu)를 사용하여 흡광도를 측정하고 미리 작성한 검량선으로부터 염착량을 계산하였다. 흡착등온선의 경우는 잔욕의 농도를 측정하기 위해 염색한 후의 잔욕을 100% 피리딘과 3:1의 비율로 혼합하여 25% 피리딘의 분위기로 만든 후 필요에

따라 회석하여 흡광도를 측정하였다.

포화염착량(염착좌석) 계산은 나일론과 산성염료의 염착에 적용되는 다음의 Langmuir형의 흡착등온곡선식을  $1/[D]_f$ 를  $1/[D]_s$ 에 대해 나타내어, y절편으로부터 포화염착량(염착좌석)을 정량적으로 구하였다.

$$\frac{1}{[D]_f} = \frac{1}{K[S]_f \cdot [D]_s} + \frac{1}{[S]_f}$$

$[D]_f$  : 평형상태에서 염착량(mole/kg fiber)

$[D]_s$  : 평형상태에서 잔욕의 농도(mole/L)

$[S]_f$  : 포화염착량(염착좌석, mole/kg fiber)

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 강신도

Table 1에 서로 다른 연신비로 방사·연신된 6종류의 나일론 필라멘트들의 강신도를 나타내었다. Table 1에서도 알 수 있는 바와 같이 나일론 6 필라멘트의 강신도에 있어서 신도의 경우 연신비가 1.1일 때 48.2% 였으나 1.3에서 33.5%, 1.6에서는 23.5%로 연신비가 커짐에 따라 신도는 감소함을 보이고 있다. 강도는 연신비가 1.1일 경우 5.05 g/d이던 것이 1.2에서 5.59 g/d, 1.4에서는 6.36 g/d로 연신비가 커질수록 강도는 증가하는데 연신비 1.4 그 이상에서는 강도가 큰 차이를 나타내고 있지 않다.

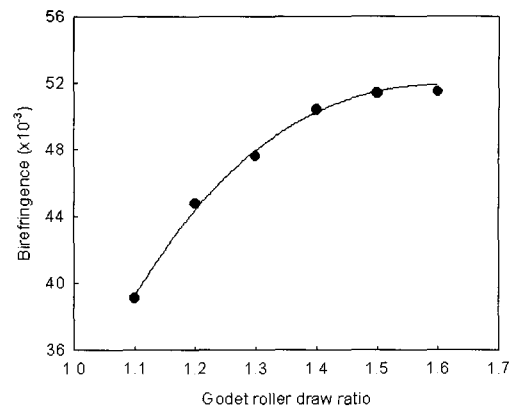
**Table 1.** The physical properties of nylon 6 fibers prepared by high speed spinning

Godet roller draw ratio	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Stress(g/d)	5.05	5.59	6.01	6.36	6.48	6.48
Strain(%)	48.2	40.5	33.5	28.4	25.8	23.5

#### 3.2 복굴절률과 결정화도

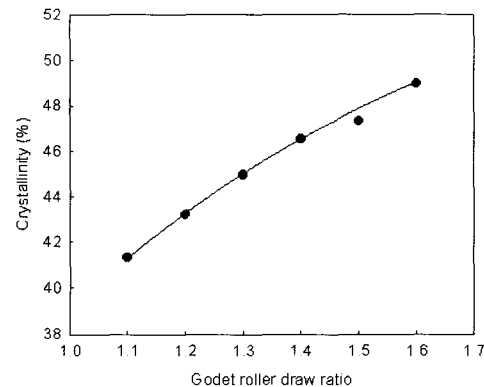
Fig. 1은 각각 연신비에 따른 나일론 필라멘트의 복굴절률을 나타낸 것으로 연신비가 커질수록 복굴절률이 증가하였다. 이러한 결과로부터 나일론 필라멘트의 연신비가 커짐에 따라 분자쇄의 배향 및 배향에 의한 결정화가 효과적으로 진행되어 복굴절률이 증가함을 알 수 있다.

밀도로부터 무게분을 결정화도( $X_c$ )를 구하고 이를 Fig. 2에 나타내었다. 밀도의 경향과 마찬가지로 연신비 1.1에서 41.31%의 결정화도를 나타내



**Fig. 1.** Birefringences of nylon 6 fibers prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio.

던 것이 1.3에서 44.95%, 1.6에서는 48.97%의 결정화도를 나타내어 연신비가 커질수록 결정화도가 증가함을 알 수 있다. 복굴절률과 밀도, 그리고 밀도로부터 계산된 무게분을 결정화도의 값을 Table 2에 나타내었다.



**Fig. 2.** crystallinities by weight fraction of nylon 6 fibers prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio.

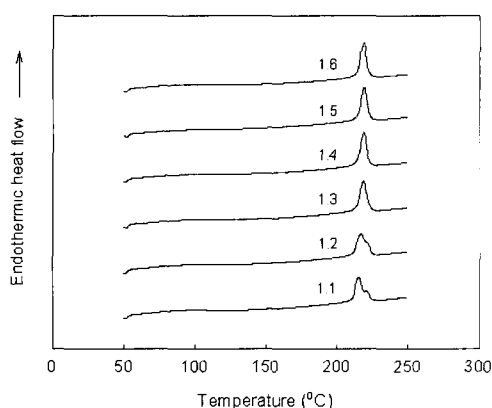
#### 3.3 시차주사열분석

Fig. 3은 연신비에 따른 DSC 결과를 나타낸 것으로 시료내 결정의 용융흡열곡선을 보인다. 시료내 결정의  $T_m$ 이 낮은 쪽과 높은 쪽 2가지가 나타나는데, 전보<sup>4)</sup>에서 설명한 바와 같이 낮은 쪽의  $T_m$ 을 가지는 것은  $\gamma$ 형에 의한 것이고, 높은 쪽은  $\alpha$ 형 결정에 해당하는 것으로, 연신비가 커짐에 따라  $\gamma$ 형이 우세하게 형성됨을 알 수 있다. 이것은 방사 후 연신공정을 거치는 2 Step 일반방사

**Table 2.** Birefringence, density and crystallinity of nylon 6 fibers prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio

Godet roller draw ratio. (GR2/GR1)	Birefringence ( $\times 10^{-3}$ )	Density ( $\text{g/cm}^3$ )	Crystallinity (%)
1.1	39.1	1.1399	41.31
1.2	44.8	1.1426	43.21
1.3	47.6	1.1451	44.95
1.4	50.4	1.1474	46.55
1.5	51.4	1.1485	47.31
1.6	51.5	1.1509	48.97

방식에서는 열역학적으로 안정한  $\alpha$  형이 우세하게 형성되지만, FDY 고속방사 공법에서 방사와 연신이 1 Step으로 이루어지면서 주로  $\gamma$  형이 방사선 상에서 결정화되므로 Fig. 3의 연신비에 따른 DSC 결과에서 보이는 것처럼 연신비가 커짐에 따라  $\gamma$  형 결정이 점점 우세하게 형성되는 것으로 보인다.



**Fig. 3.** DSC diagrams of nylon 6 fibers prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio.

Table 3에 연신비에 따른 용해열,  $\alpha$ 와  $\gamma$  결정 성분의  $T_m$ 과 상대 면적비를 종합하여 나타내었다. 연신비가 커짐에 따라  $\gamma$  형의 결정의  $T_m$ 이 증가하다가 연신비 1.3이상에서는 더 이상의  $T_m$ 의 증가는 나타나지 않았다.  $\alpha$  형의 결정은 나일론 6에 있어서는 열역학적으로 가장 안정한 형태의 결정이므로 연신비가 증가하더라도  $T_m$  자체의 증가는 없이 일정함을 보여주고 있다. 용해열의 경우는

연신비 1.5에서 거의 한계치에 도달했음을 알 수 있다.

각 결정에 의한 DSC 피크의 면적비를 보면 연신비 1.3까지  $\alpha$  형의 결정의 비율은 점차 감소하며, 반대로  $\gamma$  형의 결정의 비율은 점차 증가한다. 그러나 그 이상의 연신비에서는 모두  $\gamma$  형 결정으로만 이루어져 있다. 이러한 일련의 현상들을 종합해 보면 실험에서의 나일론 6 필라멘트는 고속방사와 동시에 연신되는 FDY 공법으로 제조되었으므로 방사선상에서 형성된  $\gamma$  형 결정의 분자쇄는 연신비가 점차 커짐에 따라 고정화됨을 의미한다.

**Table 3.** Analysis of DSC scans of nylon 6 fibers prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio

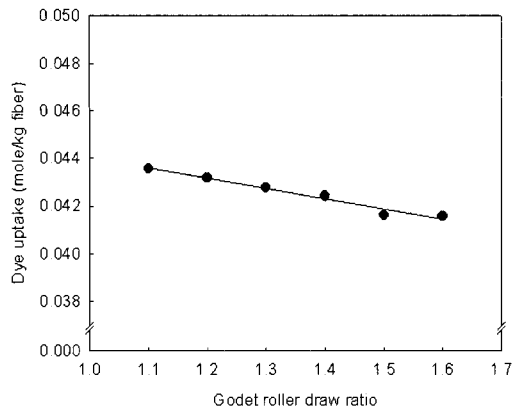
Godet roller draw ratio (GR2/GR1)	Heat of fusion ( $\Delta H_m, \text{J/g}$ )	Melting point ( $T_m, ^\circ\text{C}$ )		Area fraction (%)	
		$\gamma$	$\alpha$	$\gamma$	$\alpha$
1.1	70.8	215.3	220.6	79.04	20.96
1.2	72.2	216.7	220.6	86.70	13.30
1.3	73.6	218.8	220.6	99.17	0.83
1.4	74.4	218.8	-	100.00	0.00
1.5	75.2	219.1	-	100.00	0.00
1.6	75.2	219.1	-	100.00	0.00

### 3.4 염색성

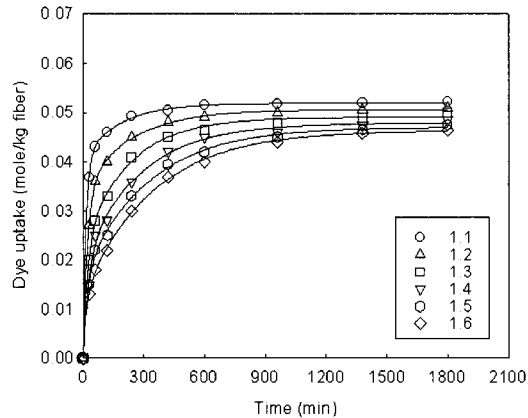
나일론 6의 연신비에 따른 물성의 차이가 염색성에 어떠한 영향을 끼치는지를 조사하기 위해 산성염료인 C. I. Acid Blue 113을 사용하여 염색성을 조사하였다. 염욕의 pH는 초산/초산나트륨의 완충용액을 사용하여 5.0으로 조절되었으며, 온도는 40°C에서 시작하여 2°C/min의 승온속도로 100°C까지 승온시킨 후 이 온도에서 60분간 염색하고, 다시 2°C/min의 냉각속도로 냉각한 후 냉수세하였다. 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 알 수 있는 바와 같이 나일론 6의 연신비가 커짐에 따라 C. I. Acid Blue 113의 염착량은 직선적으로 감소하여 연신비가 1.1일 경우에 비해 1.6의 연신비에서는 염착량이 약 4.6 %정도 감소함을 알 수 있다.

### 3.5 염색속도 및 온도별 평형염착량

Fig. 5는 60°C에서의 처리시간별 염색속도 곡선



**Fig. 4.** Dye uptakes of C. I. Acid Blue 113 on nylon 6 fibers prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio.

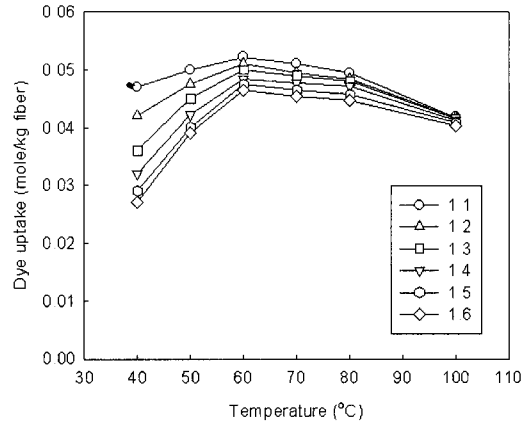


**Fig. 5.** Dyeing rates of C. I. Acid Blue 113 at 60°C on nylon 6 fibers prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio.

으로 연신비가 증가함에 따라 염착량이 다소 감소함을 알 수 있다. Fig. 5와 같은 방법으로 40°C, 80°C, 100°C에서의 염색속도를 조사한 결과 각 온도별 평형시간은 40°C의 경우는 약 4,800~5,100분(80~85시간), 60°C는 약 960분(16시간), 80°C는 약 120분 정도이며, 100°C에서는 약 10분 정도로서 온도가 증가함에 따라 평형시간은 급격히 짧아짐을 확인할 수 있다.

각 온도별 염색속도곡선으로부터 평형염착량을 구하여 Fig. 6에 나타내었다. 본 실험에 사용한 나일론 6의 경우에는 전보<sup>4)</sup>의 방사속도별 실험결과에서와 마찬가지로 60°C를 전후로 그 이하의 온도에서는 온도의 증가에 따라 섬유고분자의 열적운동성이 점차 증대되어 염료분자가 섬유고분자대로

침투가 점점 용이해지므로 평형염착량이 증가해가지만 60°C를 넘어서면 이미 섬유고분자의 열적운동성은 충분한 상태에서 오히려 온도의 증가는 발열과정인 염색현상에 불리하게 작용하여 온도의 상승에 따른 평형염착량은 다소 감소해 가는 것으로 볼 수 있다.

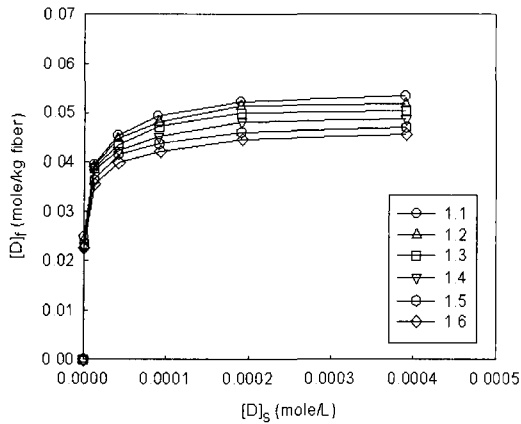


**Fig. 6.** Equilibrium dye uptakes of C. I. Acid Blue 113 on nylon 6 fibers prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio.

### 3.6 흡착등온선

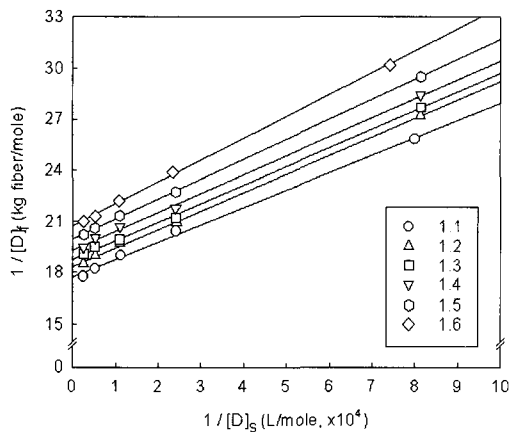
본 실험에서는 서로 다른 연신비로 고속방사된 나일론 6 원사 6종류를 산성염료인 C. I. Acid Blue 113으로 염색하는 경우의 흡착등온선을 60°C, 80°C, 100°C에서 조사하였으며 그 중 60°C의 흡착등온선은 Fig. 7에 나타내었다. 모든 경우에 예상대로 Langmuir형의 흡착등온선을 나타냄을 확인하였으며, 염색속도에서와 마찬가지로 모든 온도와 모든 농도에서의 평형염착량은 연신비가 증가할수록 조금씩 감소함을 알 수 있다. 염착량이 감소하는 정도는 온도가 낮은 경우가 큰 경우보다 더 커서 60°C의 경우에는 연신비 1.1과 1.6인 경우의 최대평형염착량의 차이가 약 15% 정도인데 비해 100°C에서는 그 차이가 약 5% 정도로서 상대적으로 작아졌다.

앞에서 언급한 Langmuir형의 흡착등온선식을  $1/[D]_r$ 와  $1/[D]_s$ 의 관계로 나타내면 직선형태의 1차 관계를 얻을 수 있는데, 이때 얻어지는 y절편 ( $1/[S]_i$ )으로부터 각 조건에서 섬유상에 존재하는 염착좌석의 총량( $[S]_i$ )을 계산해 낼 수 있다. 이를 위해 Fig. 7에서 얻은 흡착등온선을  $1/[D]_r$ 와  $1/$



**Fig. 7.** Adsorption isotherms of C. I. Acid Blue 113 at 60°C on nylon 6 fibers prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio.

[D]<sub>s</sub>에 대해 나타낸 것이 Fig. 8이다. Fig 8과 같은 방법으로 80°C와 100°C의 경우에도 동일한 계산식을 적용하여 그 결과를 얻었다. 모든 경우에 이론식에 일치하는 직선의 관계를 얻을 수 있었으며, 이들의 y절편값으로부터 포화염착량 즉, 염착좌석의 총량을 계산하여 Table 4에 나타내었다.



**Fig. 8.** Relationship between  $1/[D]_f$  and  $1/[D]_s$  of C. I. Acid Blue 113 in dyeing of nylon 6 fibers at 60°C prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio.

Table 4에 의하면 모든 온도에 있어서 연신비가 커짐에 따라 포화염착량이 감소해 가는 것을 알 수 있으며, 온도가 증가함에 따라서도 열역학적인 현상에 의해 포화염착량은 감소함을 알 수

있다.

전보<sup>4)</sup>의 chip 조건에서 밝힌 바와 같이, 본 실험에 사용한 나일론 chip의 말단아미노기(-NH<sub>2</sub>)의 함량은 0.051mole/kg이었다. 이 말단기의 함량을 Table 4에서 나타낸 포화염착량과 비교해 보면 서로 유사한 값을 가짐을 확인할 수 있으며, 60°C의 경우에는 연신비 1.5 이상인 경우를 제외하고는 말단기 함량보다 다소 많은 포화염착량을 나타내는 반면 80°C나 100°C의 경우에는 말단기 함량보다는 다소 적은 포화염착량을 가진다.

**Table 4.** Saturation dye uptake or total dyeing sites of nylon 6 fiber prepared by high speed spinning according to godet roller draw ratio

Godet roller draw ratio. (GR2/GR1)	Saturation dye uptake or Total dyeing sites (mole/kg fiber)		
	60°C	80°C	100°C
1.1	0.0559	0.0489	0.0430
1.2	0.0545	0.0483	0.0426
1.3	0.0533	0.0472	0.0421
1.4	0.0518	0.0463	0.0416
1.5	0.0501	0.0451	0.0412
1.6	0.0482	0.0440	0.0409

산성염료의 나일론 염착은 주로 산의 존재하에서 protonation된 말단 아미노기(-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>)와 산성염료의 음이온기(Dye-SO<sub>3</sub><sup>-</sup>)와의 이온결합에 의하여 이루어진다. 그러나 강산 조건하에서는 말단 아미노기 뿐만 아니라 분자쇄의 가운데에 존재하는 아마이드 결합에도 protonation이 일어남으로써 산성염료의 염착이 가능한 것으로 알려져 있다.

본 실험에서 사용한 염욕의 pH 조건은 5.0으로써 강산이라고는 할 수 없으나, 염착된 염료의 100%가 말단 아미노기에만 염착했다고 단정하기는 곤란하며, 또한 본 실험에서 사용한 산성염료인 C. I. Acid Blue 113은 비교적 분자량이 큰 milling형의 산성염료로서 어느 정도는 직접염료의 성질을 가진다. 그러므로 특별한 염착좌석에 의한 결합이외에 수소결합이나 반데르발스 결합과 같은 2차결합에 의해서도 염착이 일부 가능하다. 따라서 Table 4에서 나타난 것과 같이 60°C의 경우 포화염착량이 chip의 말단아미노기 함량보다 다소 많은 양을 보이는 것은 위의 두 가지 이유에서 비롯된 것이라 생각된다.

지금까지의 결과로 볼 때 고속방사 나일론 6 원사의 연신비별 염색성의 차이는 다음과 같이 생각할 수 있다. 나일론 6 원사는 연신에 의한 결정화가 진행되는데, 연신비를 크게 함으로써 분자의 배향성이 증가해 섬유내의 고분자쇄들이 보다 질서정연하게 배열되며 결정화는 더욱 진행이 된다. 이러한 결과로 나일론의 밀도가 증가하고 결정화도가 커지게 된다. 염색시 염료분자는 섬유내의 분자구조가 규칙적이지 못한 비결정영역내에 침투되어 염착되는 것으로 생각되고 있으므로, 나일론 섬유의 연신비가 커짐에 따라 결정화도가 증가하고 분자배향성이 좋아져서 비결정영역이 감소하게 되면 염료의 침투와 염착이 어려워지게 된다. 염색속도와 흡착등온선 등에서 연신비가 증가함에 따라 염색성이 저하한 것은 이러한 이유에서라고 생각된다. 그러나 이와 같이 염착성이 다소 저하하기는 하나 그 정도가 실제로 염색이 많이 이루어지는 고온에서는 차이가 크지 않으므로 크게 문제가 되지는 않을 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

전보에 이어 방사시 연신을 1.1~1.6까지의 연신비(Godet roller draw 2/Godet roller draw 1)로 하여 방사·연신된 나일론 6 원사 6종류의 물성 및 염색성에 대하여 조사하였다.

강신도에 있어서 신도의 경우 연신비가 1.1일 때 48.2% 였으나 1.6에서는 23.5%로 연신비가 커짐에 따라 신도는 감소함을 보이고 있다. 강도는 연신비가 1.1일 경우 5.05 g/d이던 것이 1.4에서는 6.36 g/d로 연신비가 커질수록 강도는 증가하는데 연신비 1.4 이상에서는 강도가 큰 차이를 나타내지 않았다.

연신비가 커질수록 복굴절률과 밀도는 증가하였

고 밀도의 경향과 마찬가지로 연신비 1.1에서 41.31%의 결정화도를 나타내던 것이 1.3에서 44.95%, 1.6에서는 48.97%의 결정화도를 나타내어 연신비가 커질수록 결정화도가 증가하였다.

DSC 측정결과에서는 연신비 1.3까지 연신비가 증가함에 따라  $\gamma$ 형의 결정이 우세하게 형성됨을 알 수 있었고, 그 이상의 연신비에서는 모두  $\gamma$ 형 결정으로만 이루어짐을 확인할 수 있었다.

온도별 염색속도를 조사한 결과 모든 온도와 모든 시간에서 연신비가 증가함에 따라 염착량이 다소 감소하였고, 흡착등온선은 예상대로 Langmuir형의 흡착등온선을 나타내었으며 평형염착량은 연신비가 증가할수록 조금씩 감소함을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. J. Shimizu, N. Okui, T. Kikutani, A. Ono, and A. Takaku, High Speed Melt Spinning of Poly(ethyleneterephthalate)-Radical Variation Across Fibers, *Sen-i Gakkaishi*, **37**, T143-T152(1981).
2. Y. D. Kwon, R. H. Butler, and D. C. Prevorsek, A Similarity Criterion of the Optimal Process in Melt Spinning, *J. Appl. Polym. Sci.*, **25**, 1165~1178(1980).
3. K. Koyama, J. Suryadevara, and J. E. Spuriell., Effect of Molecular Weight on High-speed Melt Spinning of Nylon 6, *J. Appl. Polym. Sci.*, **31**, 2203~2229(1986).
4. T. K. Kim, S. H. Yoon, Y. J. Lim, Y. A. Son, J. W. Han, "The physical properties and the dyeability of nylon fibers prepared by high speed spinning", *J. Korean Soc. Dyers & finishers*, **14**(4), 1~11(2002).