

가연조건에 따른 나일론 섬유의 염색특성(I)
- 연신비의 영향 -

허종태

중소기업청

Dyeing Properties of Nylon Textured Yarn according to
False Twist Texturing Parameters(I)
- Effect of Draw Ratio -

Hu Jong-Tea

Small and Medium Business Administration

(Received: December 27, 2007/Revised: February 13, 2008/Accepted: February 25, 2008)

Abstract— Nylon textured yarn is usually manufactured by disk type false twist texturing. Dyeing properties of nylon textured yarn have not been studied yet. In this study, dyeing properties of nylon textured yarn according to draw ratio out of process parameters were investigated. The fact that microstructure of nylon textured yarn in amorphous region particularly is transformed by draw ratio was confirmed indirectly by measurement of dyeing rate because dyeing rate was affected by the structure of amorphous region. Dyeing rate at draw ratio 1.29 was the lowest because the higher draw ratio increase amorphous orientation and disturb dye diffusion into amorphous region. The microstructure according draw ratio was indirectly confirmed by 5% strength, tenacity, elongation. But difference in K/S value and fastness was insignificant.

Keywords: nylon, false twist texturing, draw ratio, dyeing rate, K/S

1. 서 론

나일론 섬유의 특성은 강도, 탄성 및 내마모성이 크며, 비중이 작으면서 흡습성이 낮아 속건성을 타나내고, 염색가공성이 좋으면서 내화학성, 내약품성이 큰 것 등을 들 수 있다. 이와 같은 특성을 갖고 있기 때문에 나일론 섬유는 의류용, 인테리어, 산업용은 물론 최근에는 토목섬유용으로 폭넓게 사용되고, 스포츠웨어 및 여성용 란제리, 스타킹 분야에서는 더욱 두드러지게 사용되고 있다¹⁾.

사가공은 합성섬유의 규칙적인 구조를 다소 불규칙하게 하여 천연섬유의 우수한 특징을 부여하기 위한 공정이다. 이는 개개의 필라멘트가 열, 역학, 화학적으로 변형되고, 이로 인해 실에서의 그들의 공간적 배열이 바뀌게 하는 방법이다.

직선 구조인 필라멘트의 연속성을 유지하며 직선인 필라멘트에 영구적인 미세한 변형, 크럼프, 루프, 코일, 주름을 부여하는 것이란 정의도 있다²⁾. 열역학적 방법을 이용하는 가장 대표적인 사가공 방법은 가연가공이다. 이 방법은 합성섬유의 열가소성을 이용한다. 열가소성은 열 또는 응력이 적용될 경우 분자간에 자유롭게 미끄러져 변형이 일어날 수 있고, 외력이 제거될 경우 변형된 형태로 고정되는 성질이다³⁻⁴⁾. 이런 가연가공은 공정을 진행하는 과정에 열, 형태 변형 등 여러 가지 외력을 받게 되어 합성섬유의 물리적구조가 변하게 된다.

나일론 섬유의 산성염료 염착기구에 관하여 많은 연구가 이루어져 있고 그 결합형식은 섬유중의 아미노 말단기와 염료 음이온과의 이온결합 외에 수소결합 및 무극성 Van der Waals Force와 같은 비

[†]Corresponding author. Tel.: +82-32-450-1117; Fax.: +82-32-818-7469; e-mail: texcolor@hanmail.net

이온 결합이 복합되어 관여한다고 알려져 있다⁵⁾. 그리고 섬유의 물리적구조의 변화도 염색에 영향을 미치는데 섬유의 연신율이 커지면 염료의 섬유 내 확산이 크게 저하하고 포화염착량에도 영향을 준다고 알려져 있다⁶⁾. 나일론 섬유의 염색성 차이는 염색 조건이 균일하다면 말단 아미노기 함량, 결정화도, 배향도와 같은 구조적 성질 차이에 의해 발생할 수 있다. 용융방사에 의한 나일론 섬유의 제조 방법은 2단계 방법인 UDY-DT(UnDrawn Yarn-Draw Twist), 1단계 방법인 POY(Partially Oriented Yarn), FDY(Fully Drawn Yarn)으로 구분된다. 이 3가지 공법에 의해 생산되는 섬유는 물리적 성질을 좌우하는 미세구조 형성에 차이가 생기고 이것은 염색성 차이의 요인이 된다고 알려져 있다⁷⁾. 나일론 가연공정에서 연신조건에 의해 섬유 내부의 미세구조 형성에 차이가 생기게 되고 그 결과 나타나는 섬유의 구조적 성질은 다시 염색성 차이를 발생시킬 수 있지만 아직 이에 대한 연구가 미진한 상태이다.

본 연구에서는 나일론6 85denier/68filament(85d/68f) full-dull POY를 이용하여 가연가공을 수행할 때 디스크 방식인 Barmag FK-6 가연기의 공정조건 중 연신비에 의한 나일론 가연사의 염색특성을 고찰함으로써 나일론 가연사 활용에 필요한 기초를 마련하고자 하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

시료는 Table 1에 나타낸 chip 조건으로 POY 공법을 적용하여 생산된 85d/68f full-dull 나일론 6 부분배향사((주)효성)를 사용했다. 85d/68f full-dull 나일론 6 부분배향사의 물성은 Table 2와 같다.

Table 1. Conditions of chips

Relative Viscosity	2.47
Moisture Content	0.05%
Amino End Group Content(-NH ₂)	42 mmol/Kg
TiO ₂ Content	1.5 ± 0.05%

Table 2. Physical properties of nylon 85d/68f POY

Denier	Tenacity (g/d)	Elongation (%)	5% Strength(g)	U%	entanglement (ea/m)	OPU (%)
85.3	4.45	68.5	66.0	0.97	1.1	0.53

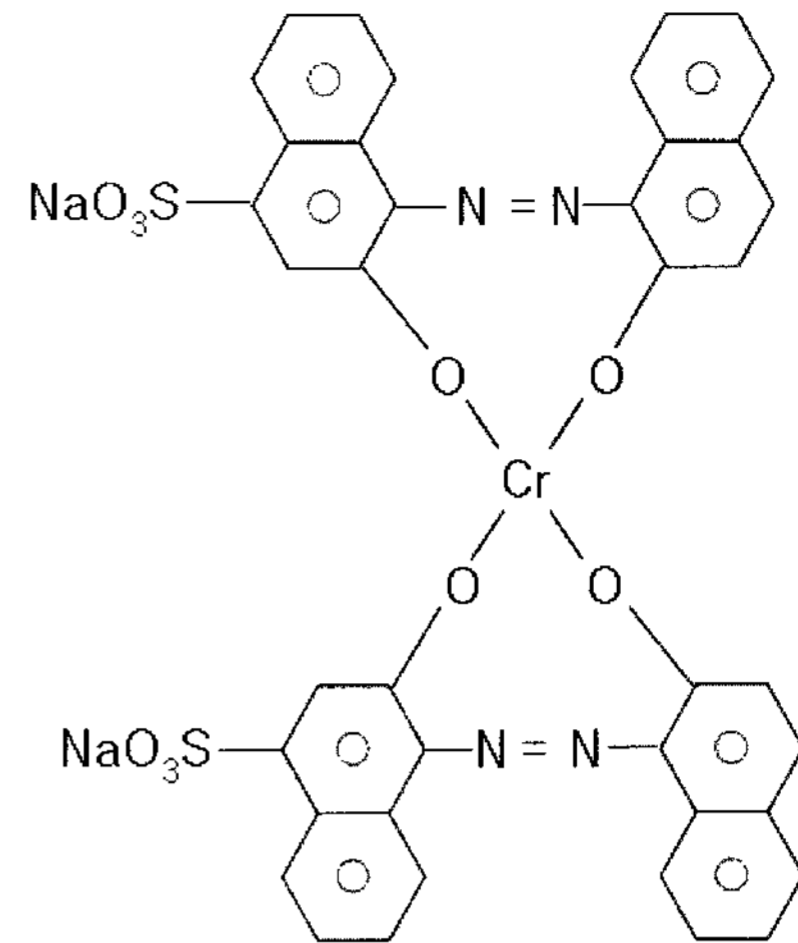


Fig. 1. Chemical Structure of C. I. Acid Blue 193.

나일론 가연사의 염색성 시험을 위해 Yorkshire 사의 산성염료 Neutrilan Navy M-BR(C.I. Acid Blue 193, Fig. 1)을 사용하였으며, 기타 시약은 시판 1급을 그대로 사용했다.

2.2 가연장치

사용된 가연기는 Barmag FK-6기종이다. 실에 꼬임을 부여하는 장치는 디스크를 이용하며 디스크의 재질은 세라믹과 폴리우레탄으로 구분되나, 나일론 마이크로 가연에는 세라믹이 더 좋은 품질을 보여 주므로 세라믹 디스크를 사용하였다. 또한 디스크 장치는 inlet disk 1매, 주 디스크 6매, 나이프 디스크 1매를 0.5 mm 간격으로 구성하였다. 디스크는 직경 52 mm, 두께 9 mm인 세라믹 디스크를 사용하였다. 히터는 dowtherm을 이용한 접촉 방식을 사용하였으며, 접촉 길이를 조정할 수 있는 2 m 길이 히터이나 본 실험에서는 2 m 길이를 모두 접촉하였다. 2nd 히터가 있으나 본 실험에서는 사용하지 않았다.

2.3 실험 방법

2.3.1 연신조건별 실험

가연조건에서 가연속도 500 m/min, D/Y비 1.19 ~ 1.29에서 0.02 간격으로 변화시켜가며 가연실험을 진행했다.

2.3.2 염색속도 측정

연신조건별 실험을 통해 제조한 가연사를 편성포로 만들어 시료로 사용했다.

염색속도를 비교하기 위해 dye-o-meter system (염색기 Ahiba turbocolor, UV-visible spectrophotometer Hewlett Packard)을 이용하여 염색 개시 후 시간별 염착량을 측정하였다. 염액은 시료 5g에 액비 100:1로 염료 1%(o.w.f.) 투입하고 Meisan PC(pH Sliding agent, 명성화학) 1g/l, Na₂CO₃ 0.3g/l로 구성하고 30°C에서 시작하여 승온속도 1°C/min로 염색하면서 30 초 간격으로 흡광도를 측정했다.

2.3.3 강 · 신도 측정

만능 인장강도 시험기(Instron, USA)를 이용하여 25°C, 65%의 상대습도에서 인장시험을 했으며, 시료길이 20 cm, 인장속도 20 cm/min으로 각 시료당 10회 측정하여 평균했다.

2.3.4 K/S 값의 측정

연신조건별 실험을 통해 제조한 가연사를 편성포로 만들어 시료로 사용했으며, 동욕 및 이욕 염색에 대한 겉보기 색농도를 비교했다.

동욕 염색은 세 시료를 염료농도 1.0%(o.w.f.)로 1% 초산용액 3ml/l에 액비 20:1의 염욕에 동시에 투입하여 IR 시험 염색기(Matis, Swiss)를 사용하여 Fig. 2와 같이 염색했다.

이욕 염색은 세 시료를 염료농도 1.0%(o.w.f.)로 1% 초산용액 3ml/l에 액비 20:1의 염욕에 각각 투입하여 IR 시험 염색기(Matis, Swiss)를 사용하여 Fig. 2와 같이 염색했다.

피염물의 겉보기 색농도를 비교 평가하기 위해 측색기(Color Eye-3100, Macbeth)를 사용하여 광원 D65, 시야 10°에서 피염물의 반사율을 측정하고, Kubelka-Munk의 식에 의해 K/S값을 구했다.

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (R : \text{Reflectance})$$

2.3.5 염색 견뢰도 측정

염색견뢰도를 측정하기 위하여 세 시료에 대해 각각 염료 1%(o.w.f.), 1% 초산용액 3ml/l에 액비 20:1의 염욕을 조제하고 IR 시험 염색기(Matis, Swiss)를 사용하여 Fig. 2와 같이 염색한 피염물을 사용했고, 각 견뢰도 시험은 KS 해당 규격에 준하여 시행하였다.(세탁견뢰도 : KS K 0430, 물견뢰도 : KS K 0645, 마찰견뢰도 : KS K 0650, 일광견뢰도 : KS K 0700)

3. 결과 및 고찰

3.1 연신조건이 염색속도에 미치는 영향

염색을 진행하는 과정 동안 염액의 농도를 연속적으로 측정하여 작성한 염착곡선을 통해 초기 염착속도 및 최대 흡진율을 파악할 수 있으며, 이를 통해 합성섬유의 배향 구조를 간접적으로 확인할 수 있다. 염색은 섬유의 비결정 영역에 염료가 침투하여 섬유 내 결합좌석과 상호작용을 하는 것으로 비결정영역의 배향구조는 염료의 섬유 내 확산속도에 영향을 준다.

Fig. 3은 연신비에 따른 염료 흡진율의 변화량이다. 연신비가 증가하면 초기 염착속도는 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이것은 연신에 의해 나일론 가연사의 구조적 성질이 바뀌게 되고 특히 염색과 밀접한 비결정 영역에서 차이가 발생했기 때문이다. 합성섬유의 배향결정화는 염료의 침투를 어렵게 만들기 때문에 연신비가 증가하면 배향결정화가 높게 진행된다는 것을 간접적으로 나타내는 것이다.

Fig. 4는 연신조건 변화에 따른 5% 강력의 변화이다. 산성염료에 의한 나일론 섬유의 염색속도는 필라멘트 섬도, 단면적, 배향, 결정화도, 열이력 같은 섬유의 물리적 변화에 의해 크게 영향을 받는다⁸⁾. 나일론 섬유의 경우 현장에서는 초기 modulus를 대신하는 값으로 5% 강력을 사용하고 있으며, 5% 강력 측정을 통해 배향 결정화도를 상대적으로 비교할 수 있다.

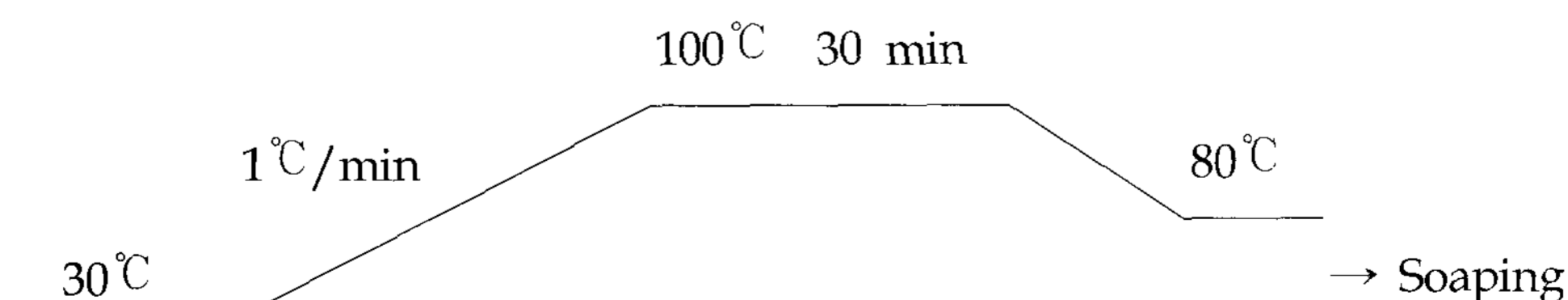


Fig. 2. Dyeing profile of acid dye.

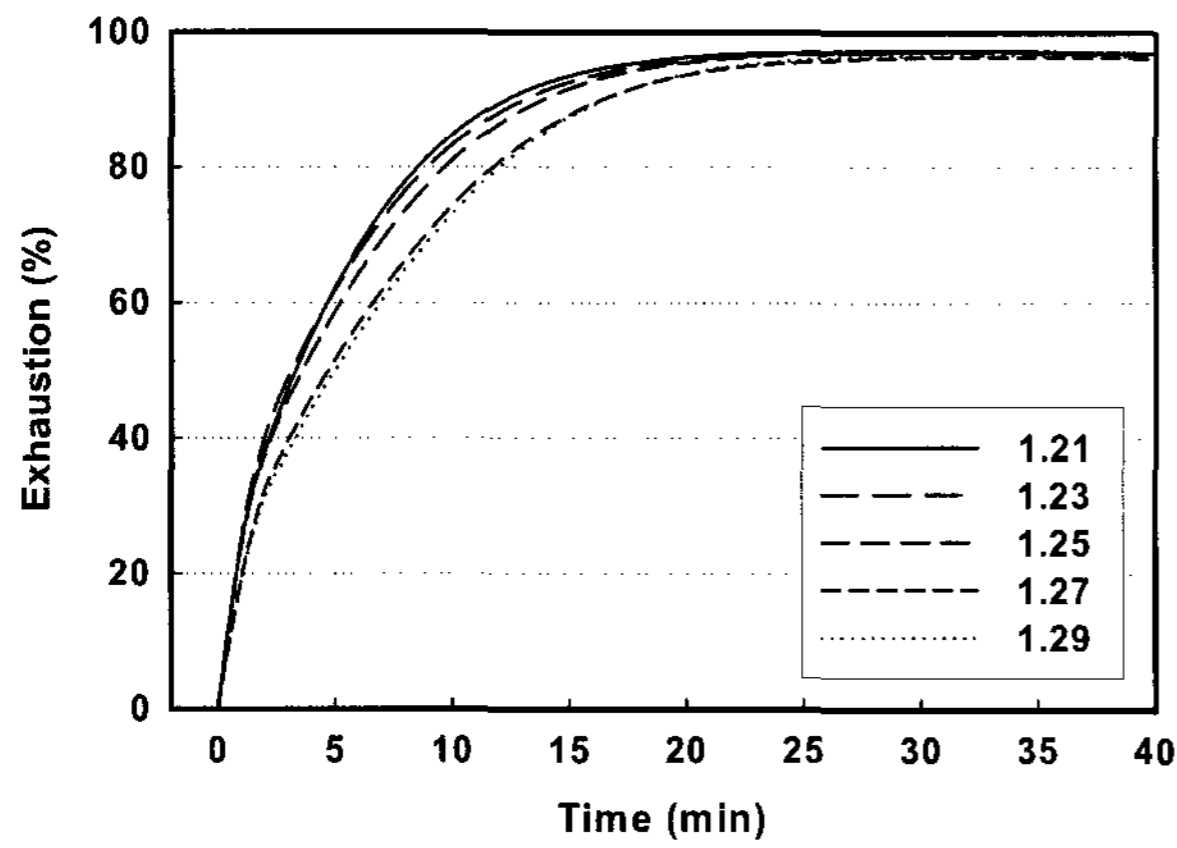


Fig. 3. Exhaustion of textured yarn as a function of draw ratio.

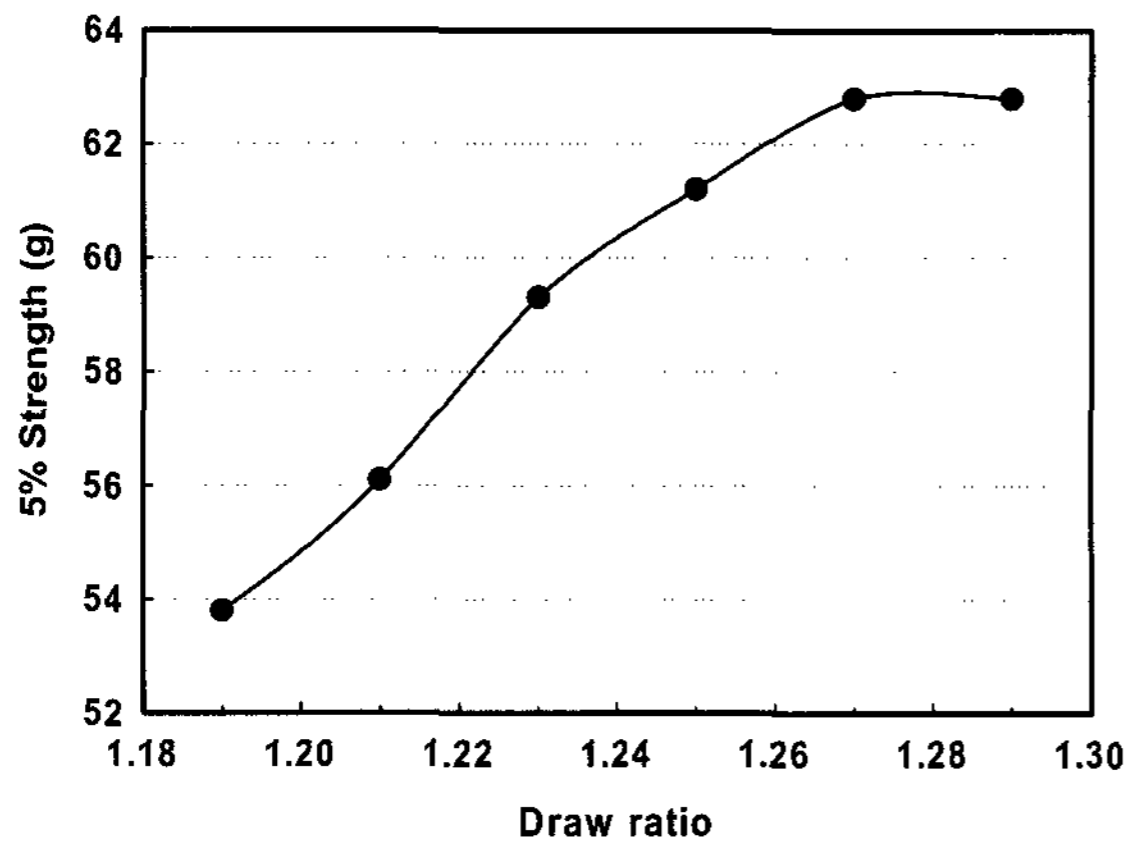


Fig. 4. 5% Strength of textured yarn as a function of draw ratio.

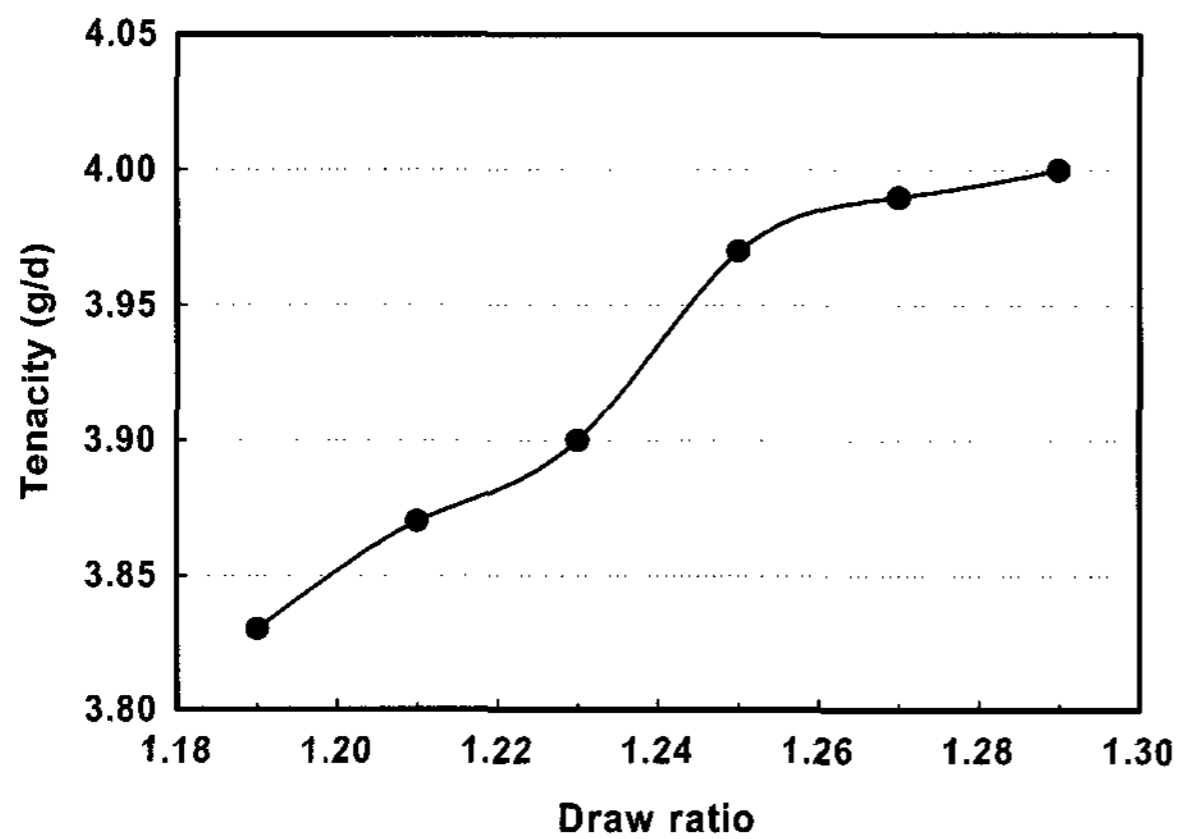


Fig. 5. Tenacity of textured yarn as a function of draw ratio.

연신비가 증가하면 5% 강력이 증가하는 것으로 나타나는데 이는 연신에 의해 배향결정화가 이루어지는 것으로 보이며, 배향 결정의 증가로 인해 염료 분자의 침투가 어려워져 초기 염색속도를 낮아지는 것으로 판단된다.

Fig. 5는 연신조건 변화에 따른 강도의 변화이다.

현장에서는 나일론 섬유의 강도를 측정하여 상대적인 결정화도의 크기를 비교하기도 한다. 연신비가 증가하면 강도는 증가하는 것으로 나타난다. 이는 배향결정이 증가하게 되면서 전체적으로 결정의 비율이 증가하게 되고 이것이 강도를 높이는 것으로 보인다. 연신비 증가에 따라 초기 염색속도가 낮아지는 것은 결정의 증가로 인해 비결정 영역이 감소하게 되어 섬유 내부로의 염료 침투가 어렵게 때문이다.

Fig. 6은 연신조건 변화에 따른 신도의 변화이다. 현장에서 나일로 섬유의 신도를 측정하여 상대적인 비결정 영역의 크기를 비교하기도 한다. 연신비가 증가하면 신도는 감소하는 것으로 나타난다. 이는 연신에 의해 random 형태의 섬유고분자가 배향이 되면서 배향결정을 이루어 신도를 감소시키기 때문이다. 연신비 증가에 따라 초기 염색속도가 낮아지는 것은 비결정 영역의 배향결정화로 비결정 영역이 감소하기 때문에 염료의 침투가 어렵기 때문이다.

Fig. 7은 연신비에 따른 초기 5분에서 측정한 염료 흡진을 변화량이다. 염색속도를 표현하는 방법에는 염료 흡진율, 반염시간, 속도상수 등이 이용된다.

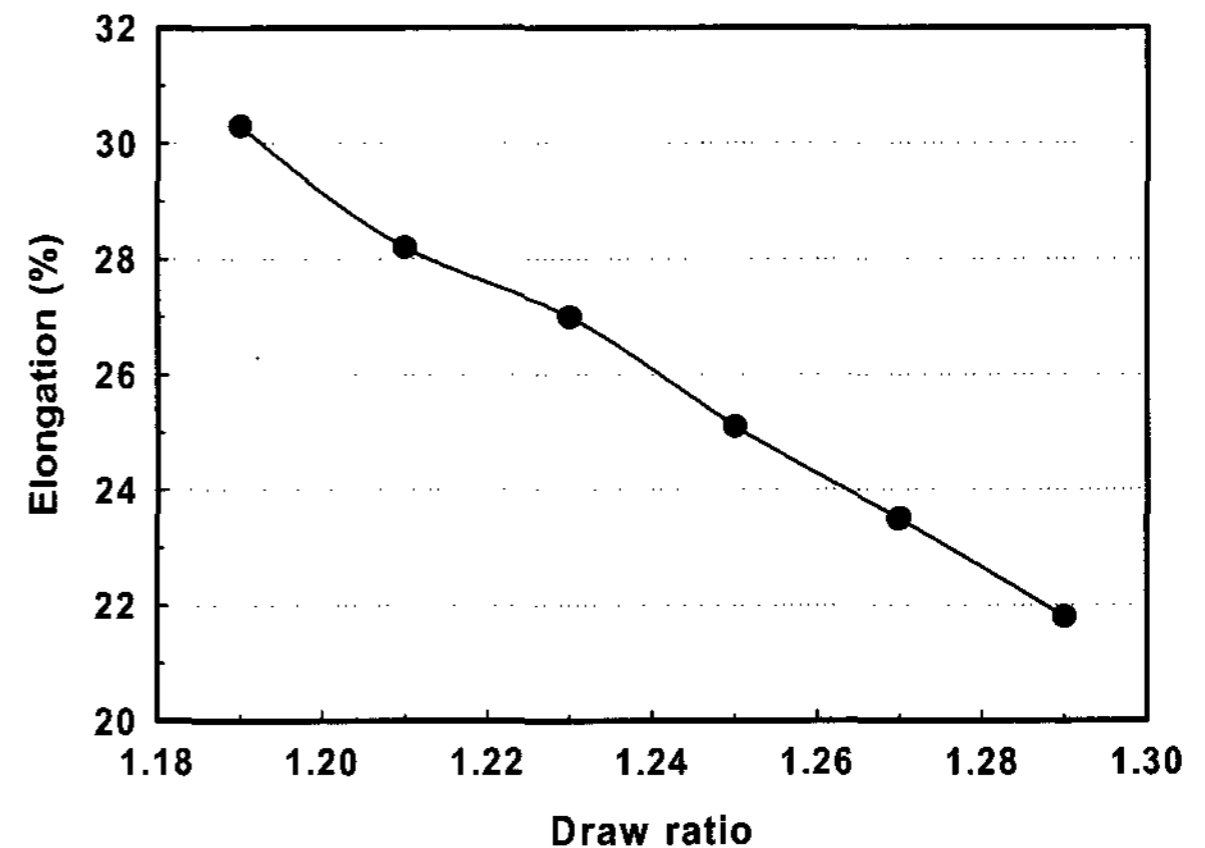


Fig. 6. Elongation of textured yarn as a function of draw ratio.

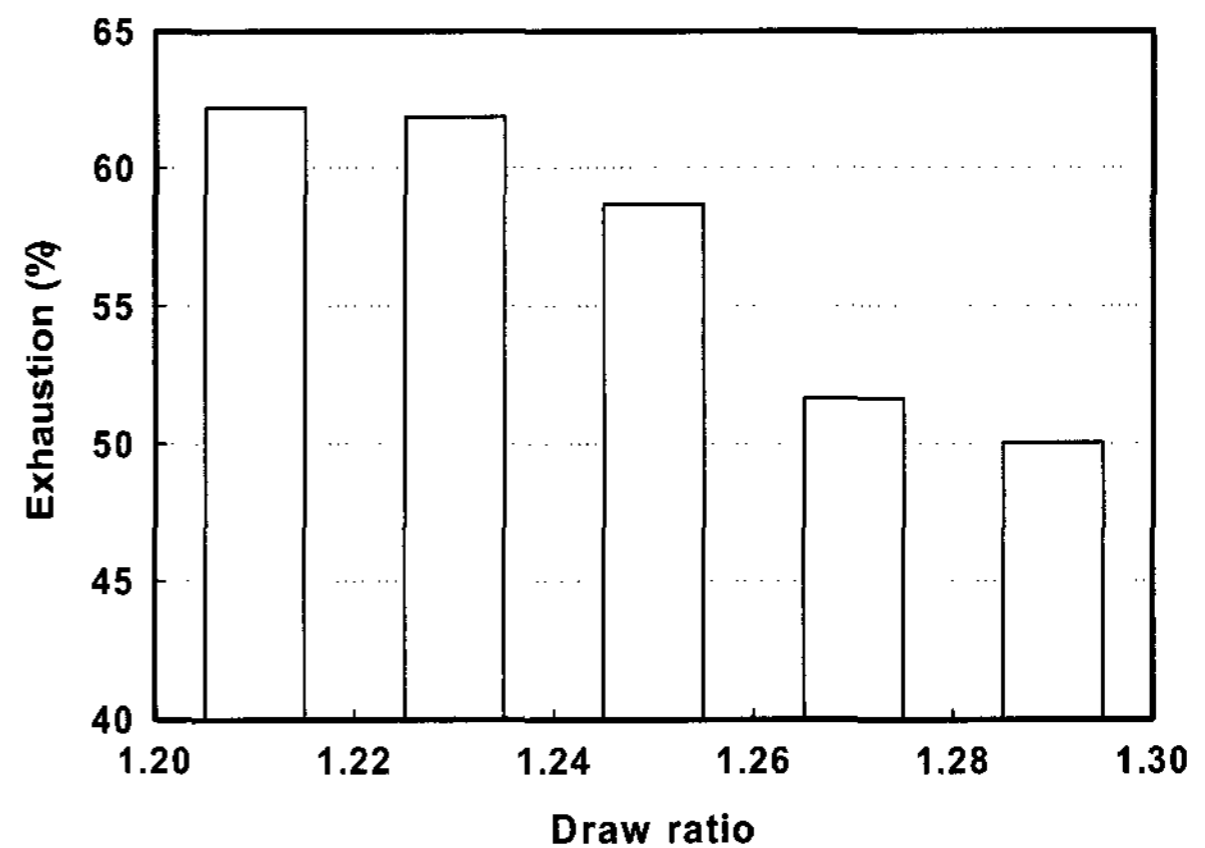


Fig. 7. Exhaustion at 5 minute after starting dyeing as a function of draw ratio.

산성염료를 이용한 나일론 염색은 초기 염색속도가 매우 빠르기 때문에 50% 흡진율에 도달하는 반염시간으로 표현할 경우 염색속도 차이를 표현하기가 어렵다. 따라서 초기 5분일 때 염료 흡진율을 측정하여 비교했다. 연신비가 증가하면 5% 강력 및 강도는 증가하고 신도는 감소하는 현상에서 알 수 있듯이 비결정 영역이 배향 결정화를 형성하면서 염료의 침투를 막게 되어 염료 흡진율이 감소하므로 연신비가 증가하면 초기 5분에서의 염료 흡진율이 낮아지는 현상을 이해할 수 있다.

3.2 연신조건이 겉보기 색농도(K/S)에 미치는 영향

3.2.1 동욕 염색

Fig. 8은 동일 염욕에서 염색시 겉보기 색농도를 나타내었다. 동욕 염색에서는 연신비가 증가할수록 겉보기 색농도가 낮게 나타났는데, 이는 연신비에 따라 초기 염색속도의 차이가 있기 때문이다. 즉 염착속도가 빠른 섬유가 염욕의 염료를 우선적으로 표면에 흡착하게 되고 이로 인해 다른 섬유들은 상대적으로 염료 농도가 낮은 염욕에서 염색이 진행되기 때문이다.

3.2.2 이욕 염색

Fig. 9는 이욕 염색시 겉보기 색농도를 나타내었다. 이욕 염색시 연신비에 따른 나일론 가연사의 겉보기 색농도는 거의 유사한 수준으로 나타났으며, 연신조건에 의해 발생하는 섬유의 구조적 성질 차이에 의해 겉보기 색농도가 크게 영향을 받지 않았다.

3.3 연신조건이 염색견뢰도에 미치는 영향

염색견뢰도는 염색된 섬유 제품이 사용과정에서 발생하는 외부의 자극에 의해 발생할 수 있는 염료

의 탈락 및 다른 섬유에의 오염 정도를 사전에 파악하는 것으로 중요한 염색특성 중 하나이다. 세탁 및 물 견뢰도는 염색시료의 변퇴와 표준백포의 오염 두 가지로 구분하여 확인하였고, 표준백포는 nylon과 cotton 백포를 사용하였다. Table 3은 연신비에 따른 나일론 가연사에 대한 제반 염색견뢰도를 나타낸 것이다. 연신비에 따라 발생하는 나일론 섬유의 구조적 성질 차이로 인해 제반 염색견뢰도에서 차이를 확인할 수는 없었다.

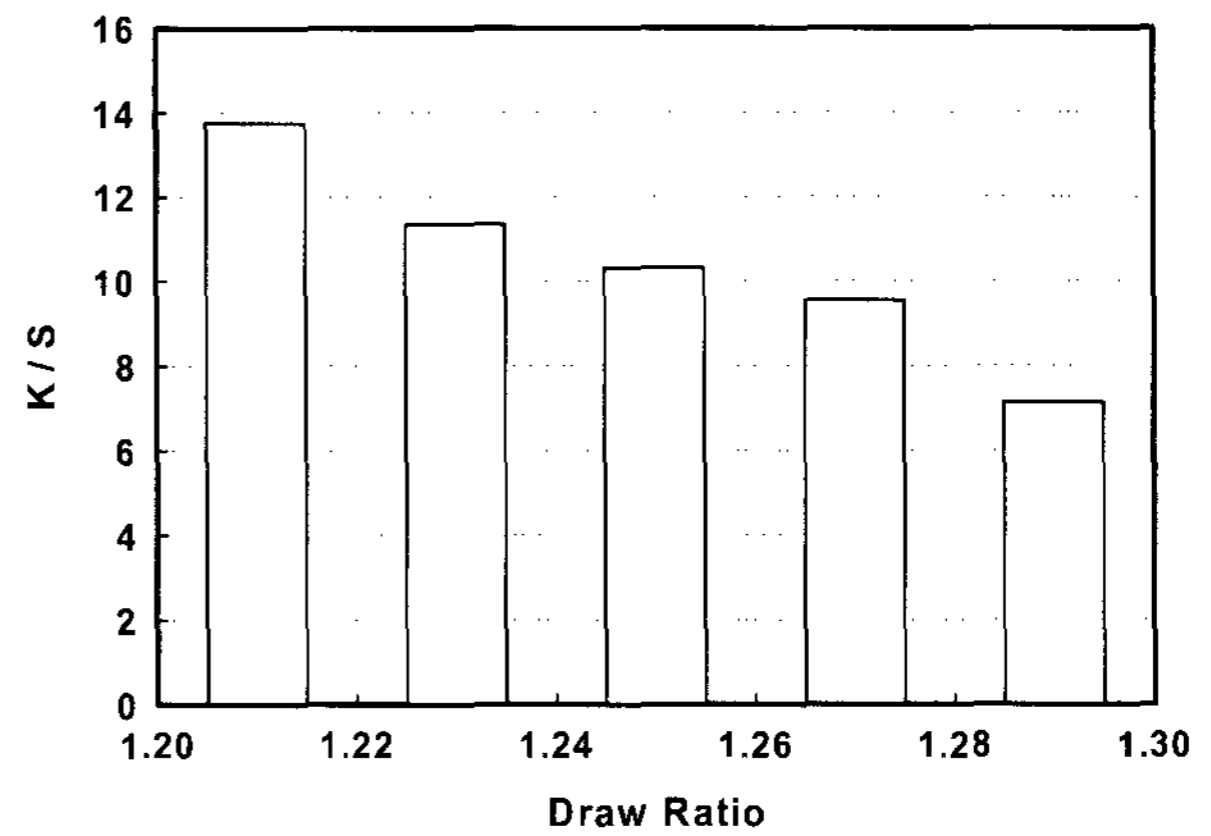


Fig. 8. Color strength of textured yarn as a function of draw ratio in equal bath ($\lambda_{max}=640$ nm).

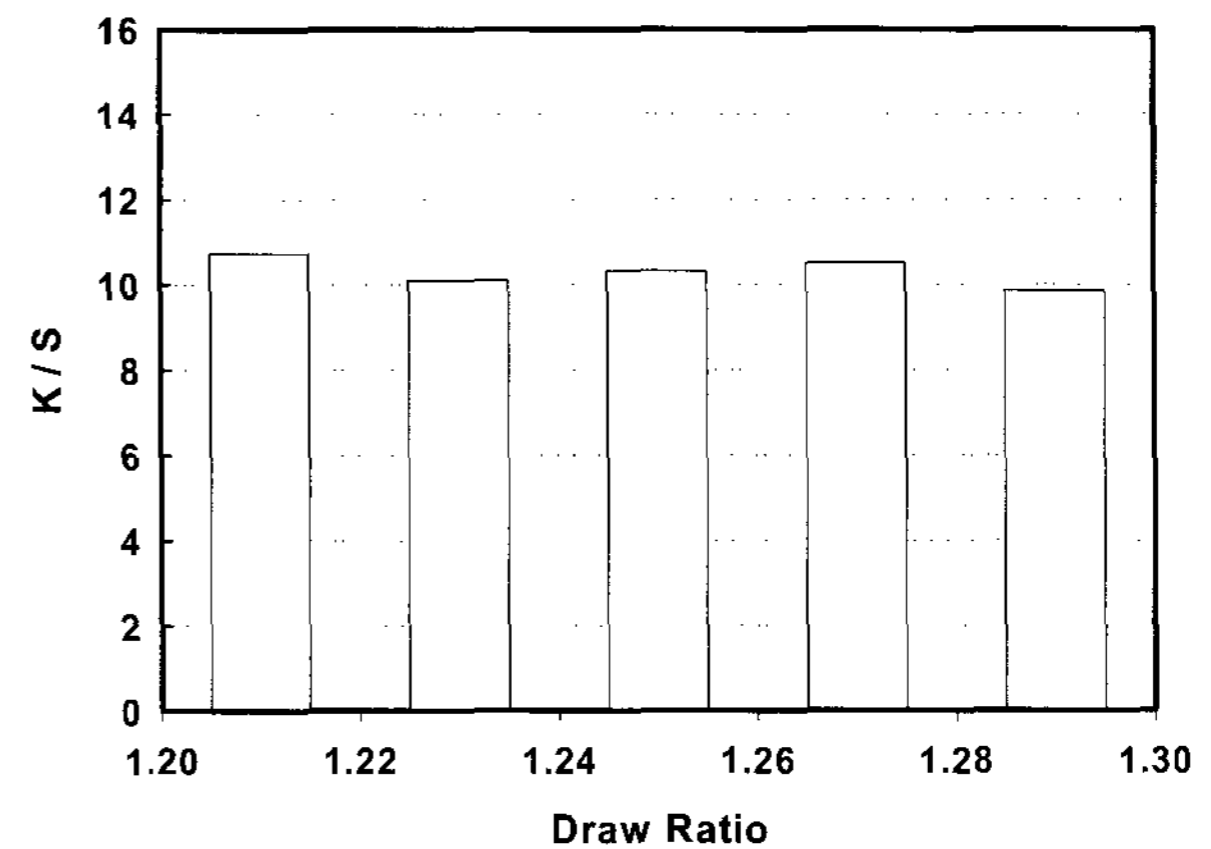


Fig. 9. Color strength of textured yarn as a function of draw ratio in different bath ($\lambda_{max}=640$ nm).

Table 3. Fastness properties of nylon textured yarn as a function of draw ratio

Draw Ratio	Washing			Water		Rubbing		Light	
	Change in Color	Staining Cotton	Staining Nylon	Change in Color	Staining Cotton	Staining Nylon	Dry		Wet
1.21	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1.23	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1.25	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1.27	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1.29	4	4	4	4	4	4	4	4	4

4. 결 론

나일론 6 85d/68f full-dull에 대한 디스크 가연방식의 연신조건이 가연사의 염색성에 미치는 영향에 대한 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

나일론 가연사는 연신조건에 의해 섬유 구조적 성질이 변하게 되며 특히 염색과 밀접한 관계가 있는 비결정영역이 각 연신비에 따라 차이가 생긴다는 것을 염착곡선을 통해 확인하였다.

연신비가 증가할수록 나일론 가연사의 배향결정화가 이루어져 초기 염색속도가 감소함을 확인하였다. 이는 5% 강력, 강도, 신도 등의 거시적인 섬유 구조를 분석하여 확인하였다.

염착속도 차이로 인해 동일 사중이지만 동욕에서 염색한다면 이색효과가 발생하게 되었다. 반면 이욕에서 염색시 큰 차이를 확인하지 못하였다.

연신조건에 의해 발생하는 섬유 구조적 성질 차이가 겉보기 색농도, 견뢰도에는 차이를 보여주지 않았다.

위 결과로 미루어 나일론 가연사는 연신비에 따라 구조적 성질이 차이가 있어 염착속도는 서로 차이가 발생하지만 겉보기 색농도, 견뢰도는 차이가 발생하지 않는다는 것을 확인하였다.

참고문헌

1. M. L. Joseph, "Introductory Textile Science", 5th Ed., pp.101-110, Holt Rinehart Winston, N. Y., 1986.
2. M. J. Denton, Texturing of Continuous Filament Synthetic Yarns, *The Journal(Bradford Textile Society)*, 51-56(1987).
3. D. J. Williams, "Polymer Science and Engineering", p.36, Prentice Hall, New Jersey, 1971.
4. J. A. Brydson, "Plastics Materials", 6th Ed., pp.23-24, Butterworths, Oxford, 1995.
5. A. B. Meggy, Some Recent Developments in the Theory of Dyeing, *J. Soc. Dyers Colourists*, **66**, 510-521(1950).
6. G. T. Davis and H. S. Taylor, Diffusion Kinetics of Orange II in Nylon 66, *Text. Res. J.*, **35**, 405-411(1965).
7. J. T. huh, K. J. Lee, P. K. Park and Y. S. Chung, Dyeing Properties of Nylon Filaments According to Spinning Process, *Text. Sci. Eng.*, **44**, 106-111(2007).
8. K. V. Dartye and A. A. Vaidya, "Chemical Processing of Synthetic Fibers and Blends", John Wiley & Sons, NY, p.262, 1984.