

〈연구논문(학술)〉

## 가연조건에 따른 나일론 섬유의 물성(II) - Disk/Yarn과 온도의 영향 -

허종태

중소기업청

### Physical Properties of Nylon Textured Yarn according to False Twist Texturing Parameters(II) -Effect of Disk/Yarn and Temperature-

Jong Tea Hu

Small and Medium Business Administration

(Received: November 27, 2007/Revised: January 7, 2008/Accepted: January 30, 2008)

**Abstract**— False twist texturing uses the thermoplastic property of synthetic yarn and produces a bulk and a stretch by giving the filament a permanent crimp. This study investigated the effects of false twist texturing parameters, disk/yarn(D/Y) and heater temperature, on the physical properties of nylon textured yarn. D/Y was a primary determinant of twist numbers of filaments and was proportionally increased with the twist numbers of filaments, resulting in an increase of crimp rigidity of the textured yarn. Heater temperature, a determinant of the heat setting of transformed filaments, was proportionally increased with the increase of crimp rigidity. Nylon 6 was partially melted at 190°C. This study consequently suggested the optimal parameters of nylon 6 85d/68f full-dull POY.

**Keywords:** nylon, false twist texturing, disk/yarn, temperature, crimp rigidity

## 1. 서 론

사가공은 실에 크림프를 부여하여 전체적인 부피를 증가시켜 최종 섬유제품의 촉감, 드레이프성, 피복성을 향상시키는 목적에 유용하다. 그런 이유로 가공사를 사용한 직물은 그렇지 않은 경우에 비해서 사용된 실의 중량에 비해 우수한 피복성과 부피감을 가지게 된다. 뿐만 아니라 부피의 증가로 인해 필라멘트보다 수분을 함유할 수 있는 공간이 넓어 최종 섬유제품을 착용했을 때 소비자에게 더 편안함을 주며, 미적으로 아름다움을 부여할 수 있고, 합성섬유 고유의 치수 안정성을 가지는 장점도 있다. 또한 방적사로 만든 직물보다는 필링에 대한 저항성이 우수하다<sup>1)</sup>. 가공사는 사가공에 의해 외관, 구조가 변해진

실로서, 일반적으로는 여러 가지 가공에 의해 평면적, 혹은 입체적인 미세한 권축이 부여된 합성섬유 필라멘트의 집합체라고 할 수 있다<sup>2)</sup>.

가장 대표적인 사가공인 가연가공 기술은 초기에는 비연속적인 방법으로 생산성이 매우 낮고 설비를 갖추기 위한 공간이 많이 필요한 문제점을 가지고 있었다. 이런 문제점을 개선하기 위해 연속적인 방법을 모색하게 되었다. 이를 가능하게 해준 것은 1930년 초에 꼬임을 부여하는 장치로서 핀 스피들의 개발이었다. 핀 스피들을 이용한 가연가공법은 1945년 이후 공업화가 되어 100,000 rpm.까지 생산속도를 높일 수 있게 되었다<sup>3,4)</sup>. 이런 핀 가연가공법의 문제점은 핀 회전에 많은 에너지가 필요하며, 핀이 회전할 때 굉장한 소음이 발생한다는 점이었다<sup>5)</sup>.

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

1973년 Scragg사에서 꼬임을 부여하는 장치로 디스크를 개발하면서 가연가공 기술이 한 단계 더 발전할 수 있는 계기가 마련되었다<sup>6)</sup>.

가연방식은 편, 디스크, 벨트 방식으로 구분된다. 편 방식은 가장 안정적인 품질을 발현할 수 있으나 저속으로 인해 생산성이 떨어져 최근에는 거의 사용되지 않고 있다. 폴리에스터 가연에 많이 사용되는 벨트 방식은 나일론 세데니어에는 부적합하여 나일론 가연에는 거의 사용되지 않는다. 디스크 방식이 나일론 섬유의 범용 방식으로 사용되고 있다<sup>7,8)</sup>. 가연공정의 개발과 함께 가연사의 특성에 대한 이론적 연구가 진행되었으나, 요즘은 잘 사용하지 않는 편 방식 가연기에 대한 연구가 주로 진행되었다<sup>9)</sup>. 국내에서는 벨트 방식을 사용하는 폴리에스터에 대한 연구가 행해졌으나, 디스크 방식을 적용하는 나일론에 대한 종합적 연구는 전무한 상황이다<sup>10)</sup>. 팬티스타킹 용도로 사용하기 위해 디스크 방식이 개발되면서 기본적 연구는 진행했으나, 이런 연구 결과는 환편 및 신축성 소재로 많이 사용되는 70데니어급 나일론 멀티필라멘트에 적용하기에는 어려움이 있다.

본 연구에서는 나일론6 85denier/68filament(85d/68f) full-dull POY를 이용하여 가연가공을 수행할 때 디스크 방식인 Barmag FK-6 가연기의 공정조건 중 D/Y와 히터온도에 의한 나일론 가연사의 물성을 고찰하고 최적조건을 수립함으로써 나일론 가연공정에 대한 이론적 기초를 마련하고자 하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 시약

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

Table 1. Conditions of chips

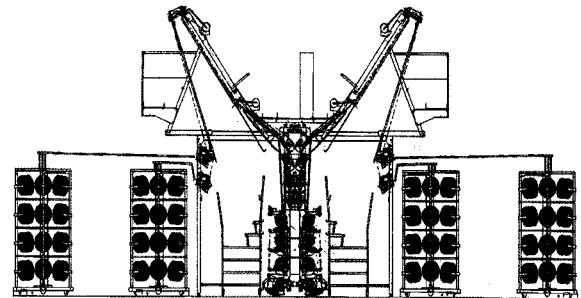
Relative Viscosity	2.47
Moisture Content	0.05%
Amino End Group Content(-NH <sub>2</sub> )	42 mmol/Kg
TiO <sub>2</sub> Content	1.5 ± 0.05%

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

### 2.2 가연장치

사용된 가연기는 Barmag FK-6기종으로 Scheme 1과 같다. 실에 꼬임을 부여하는 장치는 디스크를 이용하며 디스크의 재질은 세라믹과 폴리아우레탄으로 구분되나, 나일론 마이크로 가연에는 세라믹이 더 좋은 품질을 보여주므로 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 조절할 수 있는 2 m 길이 히터이나 본 실험에서는 2 m 길이를 모두 접촉하였다. 두번째 히터가 있으나 본 실험에서는 사용하지 않았다.



Scheme 1. Schematic false twist machine of Barmag FK-6.

### 2.3 실험 방법

#### 2.3.1 D/Y별 실험

가연조건에서 가연속도 500 m/min, 연신비 1.23, 히터온도 180℃로 고정하였으며, 나머지 보조적인 작업조건 역시 고정하였다. 반면 D/Y는 1.5, 1.7, 1.9, 2.1, 2.3, 2.5로 변화시켜가며 5추에서 가연실험을 진행하였으며, 가연작업 중 해사장력, 가연 및 해연 장력 등을 측정하였다.

#### 2.3.2 히터온도별 실험

가연조건에서 가연속도 500 m/min, 연신비 1.23, D/Y 1.9로 고정하였으며, 나머지 보조적인 작업조건 역시 고정하였다. 반면 히터온도는 150, 160, 170, 180, 190, 200℃로 변화시켜가며 5추에서 가연실험을 진행하였으며, 가연작업 중 해사장력, 가연 및 해연 장력 등을 측정하였다.

### 2.3.3 최적 가연조건 실험

가연조건별 실험을 통해 가연사 물성의 변화를 확인하여 최적 가연조건으로 생각되는 가연속도 500 m/min, 연신비 1.23, D/Y 1.9, 히터온도 185℃에서 가연실험을 진행하였다. 12추에 대해 가연실험을 진행하였으며, 각종 가연사 물성을 측정하였다.

## 2.4 물성 측정

### 2.4.1 가연 및 해연장력 측정

디스크를 통과하기 전 위치에서, 해연장력은 실이 디스크를 통과하여 나오는 지점에서 측정하였으며 각 조건당 5추에 대해 측정하여 평균하였다.

### 2.4.2 섬도 측정

25℃, 65% 상대습도 하에서 보관한 후 둘레가 1 m 인 전동식 랩 릴을 이용하여 90회 회전한 샘플을 채취하였으며, 소수점 네 자리까지 측정이 가능한 전자저울을 이용하여 각 시료당 4회 측정하여 평균하였다.

### 2.4.3 강 · 신도 측정

만능 인장강도 시험기(Instron, USA)를 사용하여 25℃, 65%의 상대습도에서 인장시험을 하였으며, 시료길이 20 cm, 인장속도 20 cm/min으로 각 시료당 10회 측정하여 평균하였다.

### 2.4.4 Crimp Rigidity(CR%) 측정

KS-K 0419에 따라 0.1 g/d의 장력하에서 권취장치를 이용하여 가연사 타래를 만들었다. 이가연사 타래에 0.002 g/d의 초하중과 0.1 g/d의 본하중을 부여하여 20℃ 물속에서 2분간 방치한 후 길이를 측정하고, 0.1 g/d의 본하중을 제거하고 2분 후 길이를 측정하였고, 시료당 2회 평균하였다<sup>11,12)</sup>.

$$CR\% = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \quad (1)$$

L<sub>1</sub> : Length after 2 minutes with 0.002 g/d and 0.1 g/d loading

L<sub>2</sub> : Length after further 2 minutes with 0.002 g/d loading

### 2.4.5 수축률 측정

실을 권취장치를 이용하여 10회 회전하여 타래를 만들고, 0.002 g/d의 하중하에서 길이(L<sub>1</sub>)를 측정하였다. 이후 100℃ 온도의 끓는 물에 실을 30분간 침지시킨 후 건조시킨다. 다시 0.002 g/d의 하중하에서 길이(L<sub>2</sub>)를 측정하였고 시료당 2회 평균하였다.

$$Wet\ Shrinkage(\%) = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \quad (2)$$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 Disk/Yarn이 물성에 미치는 영향

가연공정은 합성섬유의 열가소성을 이용하여 꼬임을 부여하고 이를 열고정한 후 다시 해연을 해주어 크림프가 부여된 가공사를 생산하는 공정이다. 주행하는 합성섬유에 얼마나 많은 꼬임을 부여하느냐는 합성섬유에 크림프를 부여하는 가연공정에서 가장 중요한 조건 중 하나이다. 디스크 가연방식에서 부여된 꼬임수를 나타내는 간접적인 방식으로 D/Y를 사용한다. D/Y는 식(3)과 같이 표현된다.

$$D/Y = \frac{\text{Friction Disk Surface Speed}}{\text{Forward Speed of Untwisted Yarn}} \quad (3)$$

$$= \frac{\text{Disk Speed}}{\text{Yarn Speed}}$$

가연공정에서 D/Y는 가연사에 크림프를 부여하는 정도를 결정하는 조건이다. D/Y가 높아지면 주행하는 실의 속도에 비해서 디스크 회전속도가 더 높아지게 되어 더 많은 꼬임이 실에 부여되며, 일정 수준 이상이 되면 실과 디스크 사이에 미끄러짐이 발생하게 되어 가연사 품질이 오히려 저하되게 된다. 반면 D/Y가 낮아지면 주행하는 실에 충분한 꼬임이 부여되지 않게 되어 크림프가 저하되게 된다. 또한 일정 수준 이하가 되면 과도한 가연장력으로 인해 가연사의 필라멘트가 끊어지게 되어 가연사 품질이 저하되게 된다.

D/Y 조건에 의해 실제 공정에서는 가연장력(T<sub>1</sub>)과 해연장력(T<sub>2</sub>) 변경을 확인할 수 있다. 가연장력과 해연장력의 비를 식(4)와 같이 표현한다. D/Y가 높아질수록 K값은 감소하게 되며, D/Y가 낮아질수록 K값은 증가하게 된다. 실제 가연공정에서는 실의 종류별로 적정 K값을 설정하고 이를 이용하여 공정관리를 수행하고 있다.

$$K = \frac{\text{Output Tension}}{\text{Input Tension}} =$$

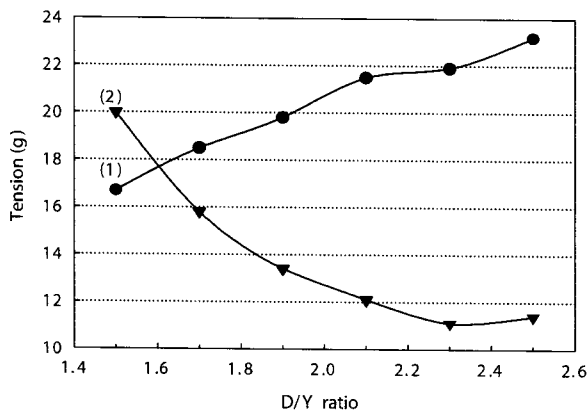
$$\frac{\text{Tension of Untwist}}{\text{Tension of Twist}} = \frac{T_2}{T_1} \quad (4)$$

가연공정에서 D/Y 조건을 적합하게 설정하지 못하는 경우 가연사 품질 불균일의 원인이 된다. 예를 들면 D/Y값이 일정 수준보다 낮은 경우 해연장력 값이 상대적으로 높아지게 되어 필라멘트가 끊어지는 현상이 발생할 수 있으며, D/Y값이 일정 수준보

다 높은 경우 가연장력 값에 대비해 해연장력 값이 너무 낮아 디스크에서 미끄러짐이 발생하게 되어 부여된 꼬임을 제대로 해연해 주지 못해 미해연 현상이 발생할 수 있다. 이와 같은 가연사 품질 불량은 가장 치명적인 것으로서 초기 조건 설정 시 D/Y 조건에 따른 가연사 품질을 세심하게 확인해야 한다.

Fig. 1은 D/Y 변화에 따른 가연 및 해연장력의 변화이다. D/Y가 증가함에 따라 가연장력은 증가하며, 해연장력은 감소하게 된다. 이런 결과는 꼬임수 증가에 따른 이전 연구 결과와 동일하였다<sup>9)</sup>. 가연사의 크립프는 가연장력과 해연장력을 적절하게 부여해야만 최고의 상태로 부여할 수 있다. 최적 D/Y 조건을 설정하기 위해서는 가연사 CR%, 외관, K값을 확인하며 결정하여야 한다.

Fig. 2는 D/Y 변화에 따른 섬도의 변화이다. 이전 연구에서 꼬임수가 변해도 섬도는 일정하다는 결과가 알려져 있다. 여기서는 D/Y가 증가함에 따라 섬도는 미세하게 감소하다 증가하는 경향을 보여주었다. D/Y 증가에 따라 섬도가 감소하는 것은 가연장력이 증가하며 인장 응력이 증가하고 꼬임수가 증가하며



(1) Twist tension (2) Untwist tension  
Fig. 1. Twist and untwist tension as a function of D/Y ratio.

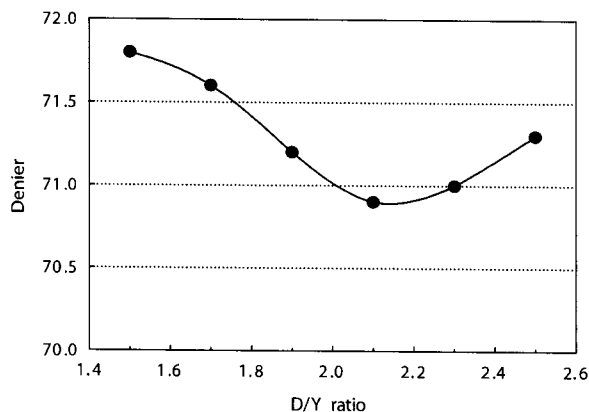


Fig. 2. Denier of textured yarn as a function of D/Y ratio.

비틀림 응력이 높아진 결과로 추정된다. 반면 D/Y 2.1 이상에서는 섬도가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 꼬임수가 증가하며 실의 길이가 줄어드는 상태에서 해연이 충분히 되지 않은 미해연이 생겨 섬도가 높아진 것이다.

Fig. 3 ~ 5는 D/Y 변화에 따른 강신도의 변화이다. D/Y가 증가함에 따라 5% 강력, 강도, 신도 모두 떨어지는 결과를 보여주었다. 이전 연구에서는 강도, 신도는 적정 꼬임수에서는 큰 차이가 없으나 그 범위를 초과하면 급격하게 떨어진다고 하였으나, 본 논문에서는 거의 동일한 비율로 감소함을 확인할 수 있었다. 섬유의 기계적 성질은 결정화도와 분자배향에 큰 영향을 받는다. 가연사의 경우 열고정 단계를 거치면서 부분 용융과 재결정화를 통해 결정 크기가 증가하면서 결정화도가 증가하게 된다. 하지만 기계적 성질은 분자 배향에 의해 더 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다<sup>13)</sup>. 그리고 가연공정에서는 분자 배향에 영향을 주는 2가지 외력이 주어지게 된다. 분자 배향을 방해하는 비틀림 응력과 분자 배향을 유발하는 인장 응력이 있다. D/Y의 증가는 꼬임수를 증가시켜 섬유에 비틀림 응력을 증가시키게 되고 또한 가연장력 증가로 인장 응력 또한 증가시키게 된다. D/Y의 증가는 인장 응력의 증가보다는 비틀림 응력의 증가에 크게 기여하며 이로 인해 분자 배향이 오히려 낮아져 5% 강력 및 강도가 떨어지는 것으로 생각된다. 반면 신도의 경우 분자 배향을 저하시키는 비틀림 응력 보다는 가연장력의 증가로 인한 인장 응력의 영향을 더 많이 받아 D/Y가 증가함에 따라 저하하는 것으로 생각할 수 있다.

Fig. 6은 D/Y의 변화에 따른 CR%의 변화이다. D/Y가 증가한다는 의미는 실에 더 많은 꼬임을 부여한다는 뜻이므로 CR%가 증가하게 된다.

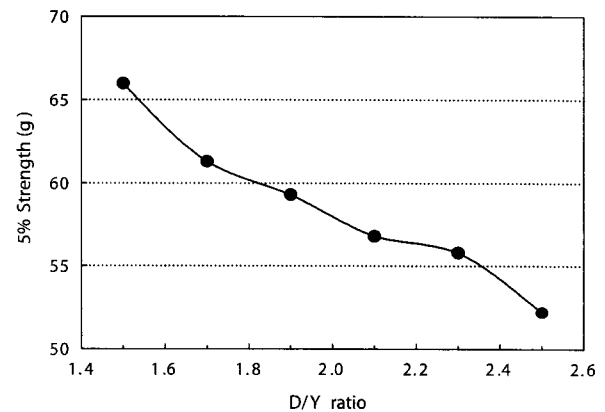


Fig. 3. 5% strength of textured yarn as a function of D/Y ratio.

하지만 앞서 얘기한 것과 같이 D/Y가 일정 수준 이상이 되면 실과 디스크 사이에 미끄러짐이 생겨 최종 가연사의 미해연을 유발하므로 가연사의 외관을 확인하며 D/Y 조건 설정이 필요하다.

### 3.2 히터온도가 물성에 미치는 영향

가연공정에서 히터는 실에 부여된 꼬임이 영구적인 크립프가 되도록 열고정하는 역할을 한다.

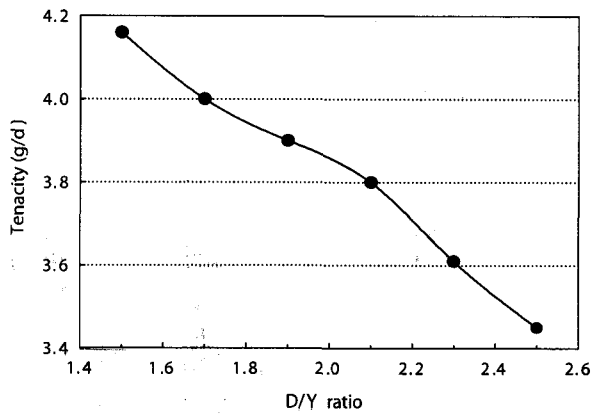


Fig. 4. Tenacity of textured yarn as a function of D/Y ratio.

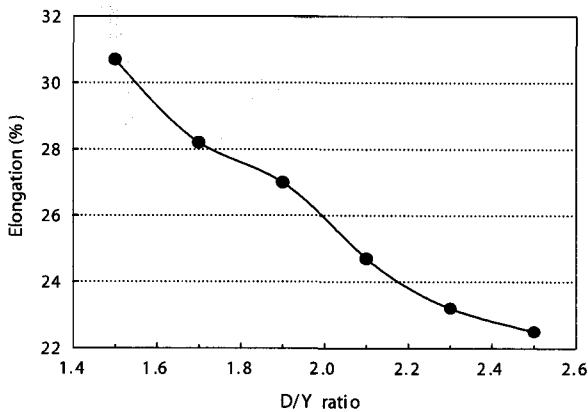


Fig. 5. Elongation of textured yarn as a function of D/Y ratio.

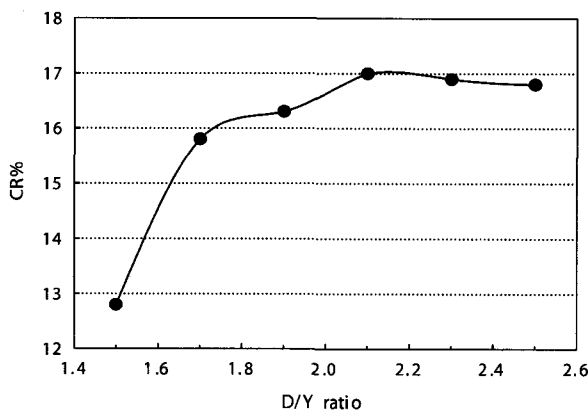
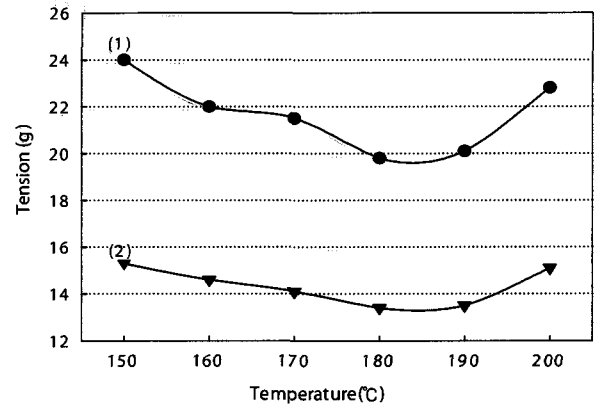


Fig. 6. Crimp rigidity of textured yarn as a function of D/Y.

가연사의 크립프가 영구적인 형태로 잘 부여되기 위해서는 히터온도가 중요한 조건의 하나이다. 가연공정에서 최적 열고정 온도는 섬유고분자의 유리전이온도, 융점, 분자 구조에 영향을 받는다. 히터온도 별로 가연사의 물성 및 외관을 확인하는 것은 최적 히터 온도 설정을 용이하게 할 수 있다.

Fig.7은 히터온도 변화에 따른 가연 및 해연장력의 변화이다. 히터온도가 증가함에 따라 가연장력과 해연장력은 조금씩 감소하게 된다. 히터온도가 높아지면 실에 부여되는 열에너지가 높아지게 되며, 이는 섬유고분자의 운동성을 증가시켜 열가소성인 합성 섬유를 유연하게 할 수 있다<sup>14)</sup>. 즉 고온일수록 섬유의 유연성은 증대하게 되고, 이것이 가연장력 및 해연장력을 감소시켜 준다. 반면 190℃에서 가연 및 해연장력이 다시 증가하는데, 이는 190℃에서 나일론6 섬유가 용융되어 용착 상태로 되면서 섬유고분자의 운동성을 상실하기 때문이다.

Fig. 8은 히터온도 변화에 따른 섬도의 변화이다. 이전 연구에서 히터온도 증가시 섬도 변화가 없다고 하였으며, 나일론 6의 용착에 대한 검토가 이루어지지 않았다.



(1) Twist tension (2) Untwist tension  
Fig. 7. Twist and untwist tension as a function of temperature.

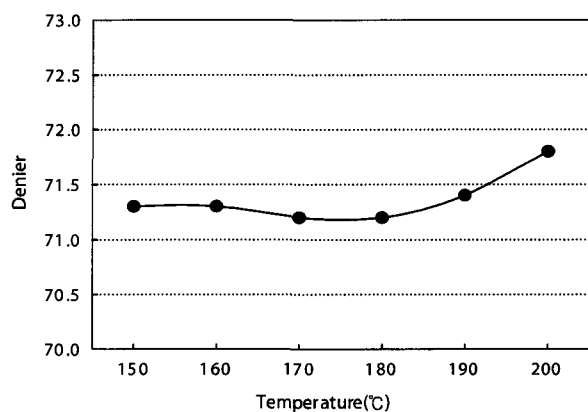


Fig. 8. Denier of textured yarn as a function of temperature.

본 논문에서도 히터온도 변화가 섬도에는 영향을 주지 않지만, 히터온도가 190°C보다 높은 경우 나일론 6 섬유가 용착상태로 되어 섬도가 증가하였다.

Fig. 9 ~ 11은 히터온도 변화에 따른 기계적 성질의 변화이다. 나일론 섬유의 기계적 성질은 180°C까지는 점차 증가하다가 그 이상에서는 감소하게 된다. 섬유의 기계적 성질은 크게 섬유고분자의 결정화도와 배향도에 의해 좌우된다. 가연공정에서는 열고정, 가연 및 해연, 연신이 동시에 진행된다. 3가지 인자는 섬유고분자에 각각 다른 특징적인 구조적 변화를 유발하지만 3가지가 동시에 수행되는 관계로 가연사의 기계적 성질은 3가지가 복합적으로 영향을 주는 것으로 판단해야 한다.

히터에서의 열고정은 섬유고분자가 열에 의해 재결정화가 이루어지게 되며 일반적으로 온도가 높을수록 결정화도가 증가하게 된다. 또한 섬유고분자는 가연 및 해연을 거치는 과정에서는 비틀림 응력을 받게 되며, 비틀림 응력은 섬유의 배향도를 저하시킨다. 마지막으로 섬유고분자가 연신이 되는 경우 인장 응력이 작용하여 섬유의 배향도를 향상시키게 된다.

앞서 언급한 것과 같이 가연공정에서 섬유의 구조적 변화는 3가지 변화가 복합되어서 나타나는 것으로 판단해야 한다. 여기서는 히터온도 변화에 따른 섬유고분자의 기계적 성질을 판단해보았다. 연신 및 D/Y 조건은 일정하게 고정하였기 때문에 비틀림 응력과 인장 응력은 섬유고분자에 동일하게 영향을 주고 있다고 판단된다. 반면 히터 온도가 증가함에 따라 180°C까지 가연사의 기계적 특성은 증가하게 된다. 이 경우 결정화도 및 배향도의 증가가 더 큰 영향을 준 것으로 판단된다. 반면 190°C 이상에서 가연사의 기계적 특성 저하는 나일론 6 섬유가 부분적으로 용융되면서 용착이 발생한 것과 배향을 저하시키는 비틀림 특성이 더 큰 영향을 주었기 때문으로 생각된다.

Fig. 12는 히터온도 변화에 따른 CR%의 변화이다. 히터온도가 180°C까지 증가함에 따라 CR%가 증가하였으나, 190°C 이후에는 오히려 CR%가 감소하였다. 180°C까지 CR%가 증가한 것은 온도가 높아질수록 열고정이 잘 되었기 때문이다. 반면 190°C 이상에서는 나일론 6 섬유가 부분 용착이 발생하면서 CR%가 감소하였다. 본 실험조건에서 히터온도가 190°C 이상으로 하는 경우 가연사의 품질 저하가 발생한다는 것을 확인하였다.

Fig. 13은 히터온도 변화에 따른 비수수축율의 변화이다. 히터온도가 증가함에 따라 비수수축율은 감소하였다. 섬유고분자의 수축은 비결정부분에서 배

향되어 있던 고분자 사슬이 열운동에 의해 엔트로피가 증가하는 random 상태로 변화하는 과정에서 발생하는 것이다. 합성섬유를 생산하는 과정에서 받았던 인장응력이 완화되는 것이다. 가연공정에서 히터온도의 증가는 섬유고분자의 구조 안정화에 기여한다. 즉 히터온도가 증가할수록 인장된 섬유고분자가 구조적으로 안정화되어 수축이 적게 되는 것이다.

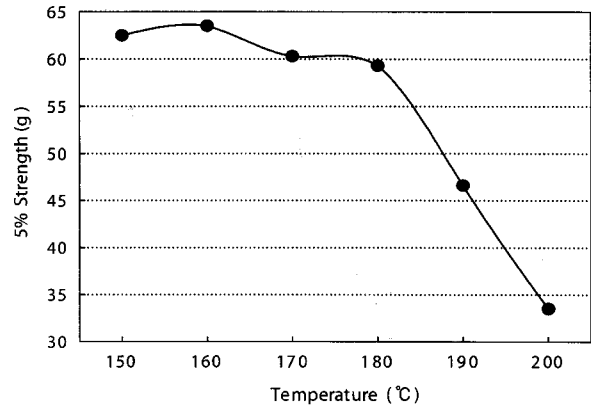


Fig. 9. 5% Strength of textured yarn as a function of temperature.

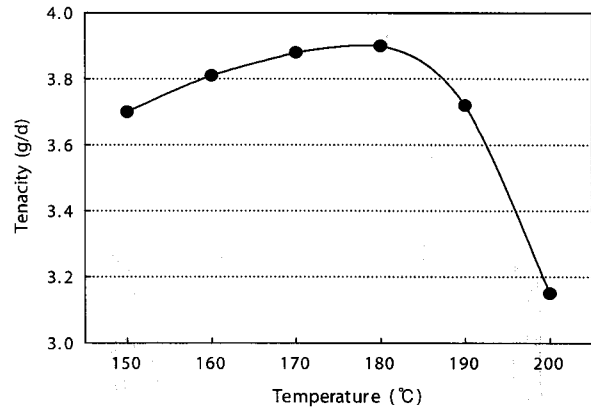


Fig. 10. Tenacity of textured yarn as a function of temperature.

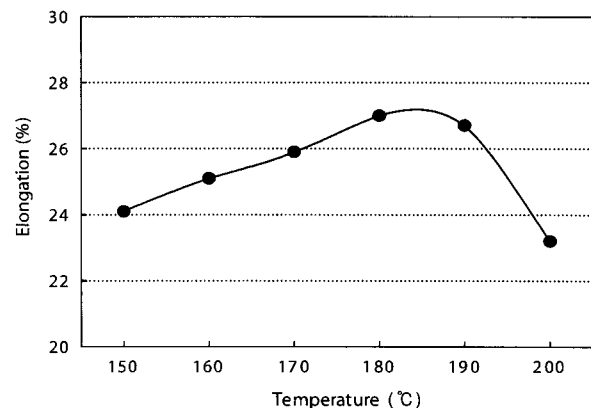


Fig. 11. Elongation of textured yarn as a function of temperature.

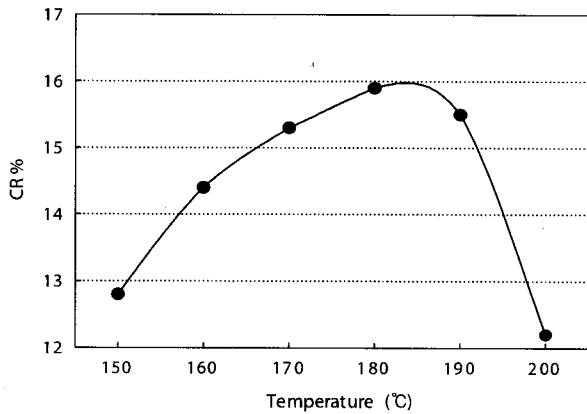


Fig. 12. Crimp rigidity of textured yarn as a function of temperature.

### 3.3 최적 가연조건

가연공정에서는 여러 가지 조건을 잘 조합하여 최상의 품질을 가지는 가연사를 생산하게 된다. 가연공정에서 중요하다고 생각되는 가연속도, 연신비, D/Y, 히터온도에 의해 가연사의 개략적인 물성 변화를 확인하였다. 이런 물성 변화를 고려하여 나일론 6 85d/68f 부분배향사에 대해 최적 가연조건을 수립하여 물성을 확인하였다.

가연속도는 가연사 생산량을 결정하는 조건이다. 생산자 입장에서는 속도가 높을수록 생산량이 많아지기 때문에 제조비용을 감소시킬 수 있지만, 높을수록 작업성 및 가연사의 품질이 떨어져 오히려 제조비용을 증가시키는 문제가 발생하게 된다. 앞서 가연속도에 따른 여러 가지 물성변화를 확인한 결과 가연공정의 작업성 90% 수준을 확보하기 위해서는 500 m/min이 최적의 속도로 판단된다.

연신비는 가연사의 최종 섬도 및 신도를 결정하는 조건이다. 나일론 6 섬유의 경우 연신이 충분히 되지 않아 가연사의 잔류신도라 있는 경우 섬유제품을 제조하는 과정에서의 인장력에 의해 가연사의 크립프가 감소하는 문제점이 있다. 반면 연신이 과한 경우 필라멘트의 사절 및 최종 제품상에서 촉감이 거칠어지는 문제점이 있다. 일반적으로 나일론 6 섬유의 경우 가연사 신도는 25 ~ 30% 수준이 적합하다. 앞선 실험에서 연신비 1.23에서 최적의 가연사 신도를 보여주는 것으로 나타났다.

D/Y는 가연사의 크립프를 결정하는 조건이다. D/Y가 일정 수준 이하인 경우 가연사의 필라멘트가 끊어지는 문제가 발생하게 되며, D/Y가 일정 수준 이상인 경우 꼬임이 뭉쳐있는 미해연이 생겨 최종 제품상에서 품질 문제를 일으키게 된다. 여기서는 D/Y 1.9인 경우 크립프를 최대로 부여하고 미해연이

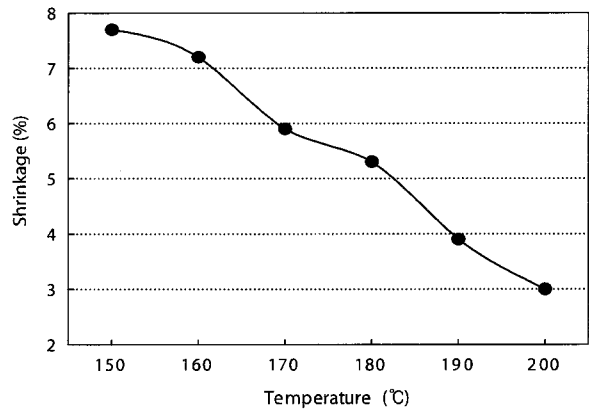


Fig. 13. Wet Shrinkage of textured yarn as a function of temperature.

발생하지 않는 조건으로 생각된다.

히터온도는 부여된 꼬임에 대한 열고정 및 가연사의 수축률을 결정하는 조건이다. 히터온도가 높을수록 가연사에 부여된 꼬임에 대한 열고정이 잘 되게 되나, 과도하게 높아지는 경우 나일론 6 섬유가 부분적으로 용융하는 문제가 발생하게 된다. 이런 부분적 용융현상이 190°C에서 발생하기 시작하는 것으로 확인되어 185°C가 최적 조건으로 생각된다.

Table 3에는 최적 가연조건으로 실험한 가연사의 물성을 나타내었다. 가연조건별 실험을 통해 얻어진 최적 가연조건에 의해 얻어진 가연사의 품질은 요구하는 수준을 만족시키는 것으로 판단된다.

Table 3. Physical properties of nylon 70d/68f textured yarn

No	Denier	Tenacity (g/d)	Elongation (%)	5% Strength (g)	CR%
1	72.1	3.96	27.2	60.2	16.2
2	72.2	3.95	28.1	62.1	16.2
3	72.0	3.97	27.8	58.3	16.6
4	72.1	3.90	27.9	56.5	16.0
5	71.9	3.91	27.7	62.1	16.3
6	72.1	3.94	28.1	59.5	16.5
7	72.4	3.87	28.6	54.3	16.1
8	72.0	3.90	26.7	57.3	16.4
9	71.7	4.11	25.5	63.4	16.5
10	71.9	4.03	26.1	60.8	16.4
11	72.1	4.01	27.1	57.9	16.1
12	71.9	3.98	26.7	59.1	16.4
Ave.	72.0	3.96	27.3	59.3	16.3
$\sigma$	0.18	0.07	0.91	2.62	0.16
R	0.7	0.24	3.1	9.1	0.5

## 4. 결 론

나일론 6 85d/68f full-dull에 대한 디스크 가연방식의 가연조건인 D/Y와 히터온도가 가연사의 물성에 미치는 영향에 대한 연구를 통해 최적 조건을 수립하고 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

D/Y는 가연사의 크림프를 부여하는 꼬임수를 결정하는 조건이었으며, 이것이 과도하게 낮을 경우 가연사에 필라멘트가 사절되는 불량 발생하였으며 과도하게 높을 경우 가연사에 부여된 꼬임이 충분히 해연되지 않는 불량 발생함을 확인하였다. 특히 D/Y 2.1에서부터 부분적인 미해연이 발견되었다.

히터온도는 가연사에 부여된 꼬임을 열고정하여 크림프를 부여하는 조건으로 나일론 섬유는 온도가 낮을 경우 열고정이 불충분하여 크림프가 잘 형성되지 않았으며, 온도가 과도하게 높을 경우 나일론 섬유가 용착이 되어 가연사의 크림프를 발현하지 못하였다. 특히 190℃부터 나일론 6는 용착이 발견되었다.

가연조건이 가연사의 물성에 미치는 영향을 통해 설정된 나일론 6 85d/68f full-dull POY의 최적 가연조건은 가연속도 500 m/min, 연신조건 1.23, D/Y 1.9, 히터온도 185℃임을 확인하였다.

## 참고문헌

1. R. J. Loftin and E. H. Hartgrove, Method of Texturing Secondary Cellulose Acetate Yarn, *U. S. Patent*, 3,310,857(1967).
2. 川崎健太郎, “加工糸概論”, 日本纖維機械學會, 大阪, p.3, 1967.
3. H. R. Bellinson, Twist Determination in Single Yarns, *Text. Res. J.*, **10**, 120-125(1940).
4. D. F. Arthur and A. F. Weller, The Principles of Friction Twisting, *J. Text. Inst.*, **51**, 66-72(1959).
5. P. R. Lord, "Contemporary Textile Engineering", F. Happey, Ed., Academic Press, London, pp.267-288, 1982.
6. G. Naylor, "Yarn Friction False Twist Device", *U. S. Patent*, 3,911,661(1975).
7. T. Endo, S. Shintaku and T. Kinari, Mechanics of Disk-type False Twisting. Part I: Yarn Path and Friction Force on a Single Disk, *Text. Res. J.*, **53**, 1-8(1983).
8. G. W. Du and J. W. S. Hearle, Mechanics of Friction Twisting. Part II: Application of the Single Disc Model to a Triple-Stack Multi-Disc Spindle, *Text. Res. J.*, **61**, 347-357(1991).
9. 奈良寛久 and 安塚勝三, “フィラメント加工技術マニュアル”, vol. 1, 日本纖維機械學會, 大阪, pp.103-121, 1976.
10. M. S. Lee, S. J. Kim and K. S. Park, Effect of False twist Processing Conditions on the Physical Properties of PET DTY, *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **15**, 391-396(2003).
11. S. Fitton and P. Stacey, Apparatus for the Measurement of the Crimp Rigidity of Bulked and Stretch Yarns, *J. Text. Inst.*, **51**, 435-437(1960).
12. V. B. Gupta, A. Ailawadi and P. K. Ganguly, Crimp Retraction of Textured Poly(ethylene Terephthalate) Yarn, *Text. Res. J.*, **53**, 520-523(1983).
13. V. B. Gupta, A. Majumdar and K. K. Seth, Structural Changes in Nylon 6 Yarn on Heat Setting and Friction Twisted Texturing, *Text. Res. J.*, **44**, 539-544(1974).
14. H. Weinsdorfer and G. Egberg, The Draw Texturing Process, *Text. Res. J.*, **45**, 654-666(1975).