

〈研究論文(學術)〉

## 2-for-1 연사 세팅 공정에서의 PET 필라멘트 絲물성에 관한 연구

이응곤 · 김승진\* · 김태훈\*\*

동보섬유

\* 영남대학교 섬유패션학부

\*\* 영남대학교 의류학과

(1999년 9월 29일 접수)

## The Study on the Physical Property of PET Filament in the 2-for-1 Twist Setting Process

E. G. Lee, S. J. Kim\*, and T. H. Kim\*\*

*Dong-Bo Textile, Kumi, Korea*

\* *School of Textile, Yeungnam Univ., Kyeongsan, KOREA*

\*\* *Clothing Science, Yeungnam Univ., Kyeongsan, KOREA*

(Received September 29, 1999)

**Abstract**—Effect of twist-setting time, temperature and cylinder layer for the physical properties of the twist yarn were investigated by separated 9 layer from yarn cylinder. Obtained results were as follow. Shrinkage of the yarns in middle layer shows high value with heat-permeation and in inner's shows low value because of cylinder hardness. And then yarn thermal shrinkage in outer layers shows more or less high value because twist yarn in the outer layer sets more faster. Concerning to the difference on the yarn physical properties among cylinder layers, the changes on physical properties shows significant differences from the 7th layer to the last one. Linear density, T.P.M and initial modulus decreases but snarl index increases.

### 1. 서 론

직물제조에 사용되는 대부분의 원사는 필라멘트에 집속성과 제직 공정에서 요구되는 강도 등을 만족시키기 위해 sizing 처리를 하거나 2-for-1 연사기에 의해 꼬임을 주게 된다. 그러나 연사 공정의 경우에는 꼬임에 의한 영향으로 인해 snarl이 발생하여 제직상에서 문제점을 유발시키고, 또한 연사 이후의 공정에서는 이중연, 보프라기 등의

결함이 발생하여 작업성을 나쁘게 할 뿐 아니라 제품의 품질을 저하시키기 때문에 연사의 안정성을 도모하기 위하여 연고정(twist setting)을 필요로 하게 된다.

연사 제조 조건이 연사 물성 변화를 발생시키는 요인을 살펴보면 연사중의 사의 물성에 영향을 미치는 인자로서는 연사장력과 cylinder 권취 장력을 들 수 있다. 그러나 이에 못지 않게 cylinder 권취 경도나 연고정 조건도 사의 물성에 큰 영향

을 끼친다.

일반적으로 연고정에는 진공 steaming 처리를 하게 되는데, 이때 실린더 내·외층간에 균일한 열전달이 이루어지지 않음으로 인해 사의 물성이 달라지게 된다. 이로 인하여 경사 또는 위사방향으로 선이 보이는 streak 현상, 직물 좌우의 색차 발생 등의 불량을 유발하게 된다. 특히 80년대 후반부터 등장한 천연섬유에는 볼 수 없는 신질감을 가지면서도 합성섬유 고유의 기능성과 감성을 보유한 신합섬이라고 하는 제 4세대 차별화 소재는 열에 민감하게 반응하여 실린더 내·외층간의 물성변화가 크다. 그러나 실제 현장에서는 이에 대한 구체적인 실험 분석 데이터 없이 기존의 regular絲에 의존한 setting 조건을 설정함으로 인해 최종직물에서의 여러 가지 직물의 불량 발생 가능성을 지니게 된다. 그런데 cheese 내·외층간 물성차이에 영향을 주는 인자를 보면 열고정 조건(온도, 시간)과 원사 종류, 권취 장력, 연수 등을 들 수 있다. 따라서 원사 소재에 따라 열고정 조건을 달리 설정하게 되는데 고수축사의 열고정은 저수축사보다 저온에서 긴 시간으로 하여야 수축률 변화, 내·외층차 형성, 염색 불균일등을 방지할 수 있다<sup>1)</sup>.

이에 대한 기존의 연구<sup>2~11)</sup>를 살펴보면 regular PET絲와 나일론絲의 실린더 내·외층부의 물성 변화에 대한 연구가 대부분이며 더구나 이러한 선행 연구에서는 대부분 실험실상에서 이루어졌다. 따라서 본 연구에서는 열에 보다 민감한 신소재사를 이용하여 적정 연고정(twist setting)조건을 검토하고 cylinder에 권취된 사들을 여러개의 층으로 구분하여 급격히 물성이 변하는 층을 조사 분석하므로써 현장에서의 실제 작업시 염색차 등의 직물물성 불량을 막을 수 있는 제직준비 공정에서의 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 실험

본 실험을 위해 사용된 시료는 S社의 BSY 200d/72f와 REN 190d/60f로서 2-for-1 연사기로서 1300TPM으로 연사하여 48개의 hole이 있는 알루미늄 cylinder에 권취한 후 Table 1에서와 같은 조건으로 진공 steaming setting을 행하였다.

Table 1. Condition of setting

Yarn(d/f)	Setting Temp.	Setting Time	Setting M/C
BSY 200/72	65°C	30 min.	KyeongSin (Korea)
	60°C	60 min.	"
REN 190/60	70°C	30 min.	"
	70°C	60 min.	"

1 cycle로 setting된 사를 Fig. 1에서와 같이 측면에서 보았을 때 cylinder를 4000m씩 9개층으로 나누어 시료를 준비하였다.

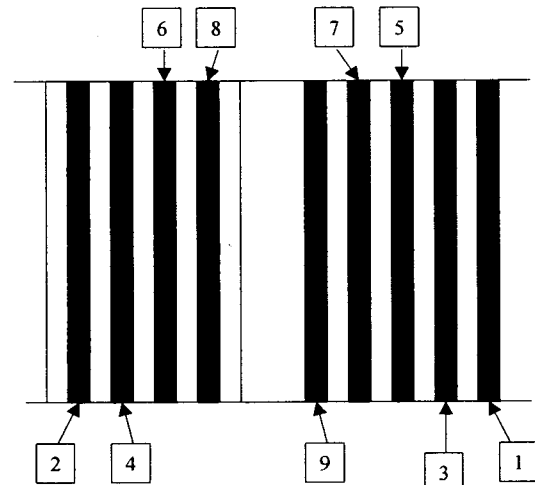


Fig. 1. Separation of cylinder layer.

이들 각 9개 층의 필라멘트絲는 다음에 보이는 물성 실험을 행하였다.

### 2.1 섬도 측정

KS K 0416 필라멘트 사의 섬도 측정 방법(타래법)에 따라 섬도를 측정하였다.

### 2.2 수축률 실험

비등수 수축 실험은 사에 0.1g/d의 하중을 걸어 원장을 구한 후, Water Bath내에서 온도 100°C,

30분 무긴장하에서 비등수 처리를 하여 측정하였으며, 건열 수축 실험은 비등수 수축 실험과 동일하게 원장을 구하고 air 온도 180℃, 30분간 무긴장 열처리를 한 후 하루 이상 방치 후 측정하였다.

**2.3 인장실험**

Testrometric MICRO 350 기계를 사용하여 시료길이 100mm, Test speed 100mm/min., Load cell 25Kgf, 10회 반복 실험을 하였다.

**2.4 열응력 실험**

Kanebo社의 열응력 측정기를 사용하여 시료길이 50mm, 승온범위 40~270℃, 승온속도 300℃/2min.으로서 초하중 0.1g/d를 주고 Peak point에서의 응력과 온도를 3회 측정하였다.

**3. 결과 및 고찰**

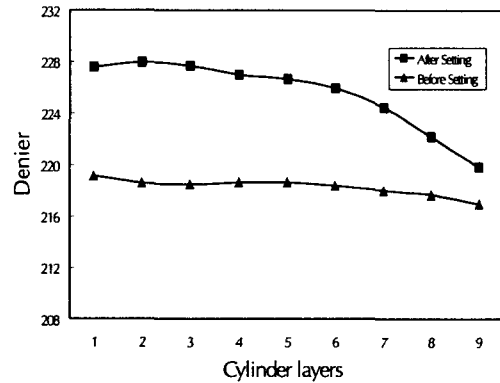
**3.1 열처리 조건과 실린더 층에 따른 섬도의 변화**

Fig. 2는 BSY 200d/72f 시료의 2-for-1 연사후 세팅처리시 cylinder의 층에 따른 세팅처리 전·후의 섬도의 변화를 도시한 것이다. Setting 전후간의 비교에서 볼 때 setting 전의 사에서는 층간에 섬도의 차이가 나타나지 않았으나 setting 후의 사에서는 일곱층층의 내층부에서부터 섬도의 뚜렷한 감소 현상이 나타난다.

일반적으로 공정중에 사의 물성에 영향을 미치는 인자로서는 장력과 열을 생각할 수 있다. 연사 공정에서는 balloon 및 권취 장력, speed 등이 사의 물성에 영향을 주게 되고 setting 공정에서는 열처리 온도와 시간에 의해 사의 물성이 변하게 된다. Fig. 2에서 보듯이 setting 후의 사에서 내층부에 있는 絲의 섬도가 작은 값을 보이는 것은 연사공정과 setting 공정의 효과가 복합된 것으로 생각할 수 있다. 하지만 setting 전의 층간에는 섬도 변화가 나타나지 않는다는 점에서 연사기의 작업 조건에 의한 絲의 섬도 변화는 거의 없었음을 알 수 있다.

외·중층이 내층에 비해 섬도가 높은 것은 열에 의한 사의 수축정도가 외·중층에서 크기 때문으로 생각된다. 수축된 양은 순수한 열에 의한 양

으로 생각할 수도 있지만 내층의 경우에는 외층에 비해 cylinder의 강성에 의해 수축이 억제되었을 수도 있다. 즉, 외층의 경우에는 층의 안쪽이 사층으로 형성되어 있어 열에 의한 수축이 자유롭게 일어날 수 있으나 내층의 경우에는 층의 안쪽이 금속제(알루미늄) cylinder이므로 사의 수축이 cylinder 강성에 의해 억제되었기 때문이다.



**Fig. 2. Linear density according to the cylinder layer.**

Fig. 3은 REN 190d/60f 시료의 연사후 세팅처리시 열처리 온도와 시간에 따른 실린더 내·외층에 있는 필라멘트의 섬도 변화를 도시한 것이다. Cylinder 층에 따라 볼 때 내층부로 갈수록 섬도는 낮아진다. 또한 최외층부에서도 중층부에 비해 섬도가 약간 낮음을 볼 수 있다. 이것은 외층부가 중층부에 비해서 약간 적은 수축을 하였음을 나타낸다. 외층부의 수축이 적은 것은 최외층부에서의 사는 steam이 직접 닿으므로 빠르게 열 고정되어 버리는 것에 비해, cylinder 내부의 사는 열전도가 낮고 열이 서서히 전해지므로 최외층부에 비해 많은 열수축을 수반하면서 고정이 되기 때문이다<sup>1)</sup>. 최내층부에서는 cylinder 벽면에 뚫린 구멍으로 인하여 중층부에 비하여 더 많은 열을 받아 수축이 많이 되었을 것으로도 생각할 수 있다. 그러나 내층부에서는 cylinder에 접해 있으므로 수축에 대한 자유도가 거의 없이 열고정되므로 중층이나 외층부에 비해 적은 수축을 보였을 것으로 생각된다. 그리고 열처리 시간보다 열처리 온도가 絲의 수축을 더 증가시켜 실의 섬도가 더 굵어지

며 열처리 온도와 시간이 증가할수록 필라멘트의 섬도는 더 증가함을 알 수 있다.

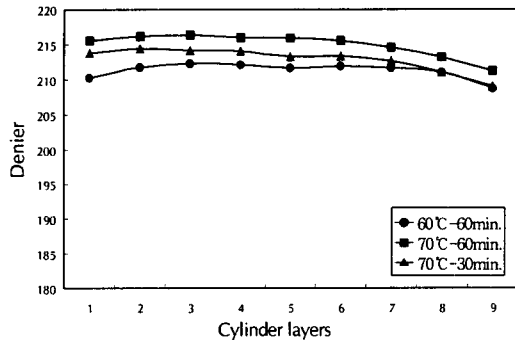


Fig. 3. Linear density according to the heat setting condition.

3.2 열처리 조건과 층에 따른 연수의 변화

Fig. 4는 BSY 200d/72f 시료의 2-for-1 연사후 세팅처리후의 각 layer 별로의 사의 t.p.m.을 도시한 것이다. 그리고 Fig. 5는 REN 190d/60f 시료의 연사 및 세팅처리 후의 cylinder 층간의 열처리 조건에 따른 연수의 변화를 도시한 것이다. cylinder 층간의 변화를 살펴보면 내층부 사의 연수가 외층부에 비해 현저히 낮다. 이것은 앞에서도 언급되었듯이 내층부에 비해 외층부에서 수축이 많이 일어나서 단위길이당의 꼬임수가 많아진 것으로 생각된다. Fig.5에서는 중층부에 비해 최외층부의 연수가 약간 낮은데 이는 역시 최외층부는 중층부에 비해 빠르게 열 setting 되므로서 중층부에 비해 수축이 적게 일어나 나타난 결과로 보여진다. 열처리 온도에 따라서도 사의 수축량이 달라 낮은

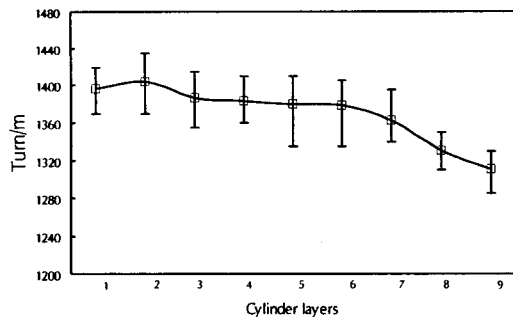


Fig. 4. TPM according to the cylinder layer.

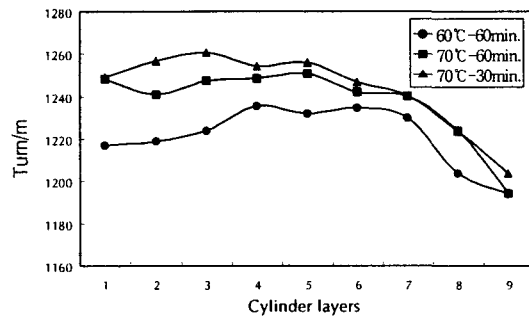


Fig. 5. TPM according to the heat setting condition.

온도인 60°C 열처리에서 적은 수축으로 인하여 연수가 적다. 열처리 시간에 의해서는 오히려 30분 쪽이 60분 처리보다 연수가 크다. 그러나 온도 변화에 의한 차이보다 그 변화량이 적다. 또한 60°C 열처리에서는 외·중층간의 차이가 70°C 처리에서 보다 확연히 나타나 후공정에서 유의해야 할 것으로 보인다.

3.3 열처리 조건과 층에 따른 수축률의 변화

Fig 6과 7은 BSY 200d/72f와 REN 190d/60f 사의 연사 및 열처리 세팅 후 각 layer 별로 비등수 수축률의 변화를 도시한 것이다. 열처리 온도에 의한 영향을 살펴보면 60°C 처리사가 70°C 처리사보다 큰 수축률을 보인다. 그리고 cylinder 내층에서의 수축률이 외·중층에 비해 증가함을 볼 수 있다. 사는 연신, 역학적 이력 현상 등에 의해 안정되어 있던 비결정부가 열을 받음에 의해 그 배열이 흐트러져 무질서하게 됨으로서 수축을 일으키게 된다. 따라서 열수축은 비결정영역의 양과 비결정영역의 배향 인자의 함수로서 설명되어진다. 이와 같이 생각할 때 내층부사의 비결정영역의 구조가 외층부사와 차이가 있을 것으로 생각된다. 즉, cylinder에 감겨진 상태에서는 내층부의 사는 외층부의 사에 비해 더 큰 길이 방향의 인장변형과 측면 방향의 압축력에 의해 비결정부의 흐트러짐이 적은 상태로 있다가 실이 풀어지면서 후공정에서는 외층부에 비해 오히려 더 많은 수축을 일으킨 것으로 생각된다. 이러한 비결정부에서의 구조차이로 인해 초기탄성계수, 염색성 등에 영향을 미쳐 직물상태에서의 불량률의 원인이 될 것이다.

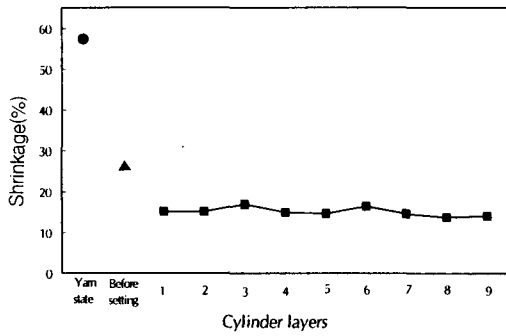


Fig. 6. Shrinkage in boiling water according to the cylinder layer.

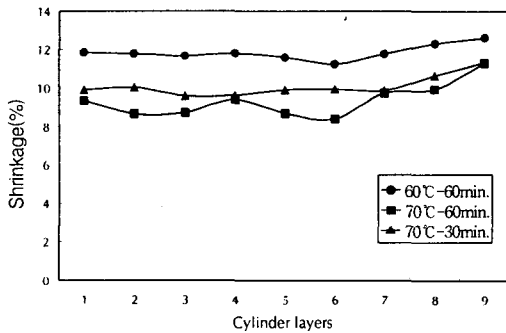


Fig. 7. Shrinkage in boiling water according to the heat setting condition.

3.4 열처리 조건과 층에 따른 인장 특성

Fig. 8과 9는 BSY 200d/72f와 REN 190d/60f 사의 연사 및 열처리 세팅후 cylinder 층간의 초기 탄성계수 변화와 열처리 조건에 따른 초기탄성계수의 변화를 도시한 것이다. 꼬임이 주어지기전의 원사에 비하여 꼬임이 주어진 사의 초기탄성계수는 현저히 낮아졌다. 초기탄성계수는 소변형(small deformation) 신장에 대한 섬유 저항도를 의미한다. 초기탄성계수가 꼬임이 주어진 사에서는 낮음으로 인하여 소변형에 대해 쉽게 신장함을 의미하며 사가 더 부드러워졌음을 알 수 있다. 열처리 조건에 따른 변화를 살펴보면 온도와 시간에 따른 변화는 뚜렷하지 않고 내층으로 갈수록 외·중층에 비해 초기탄성계수가 높게 나타나고 있다. 초기탄성계수에는 결정화도 보다는 비정형부의 배향상태에 의해 영향을 받게 된다. 내층부는 외·중층부에 비해 수축이 적게 일어나 비정형부의 흐트

러짐이 적어 초기탄성계수가 높게 나타난 것으로 생각된다.

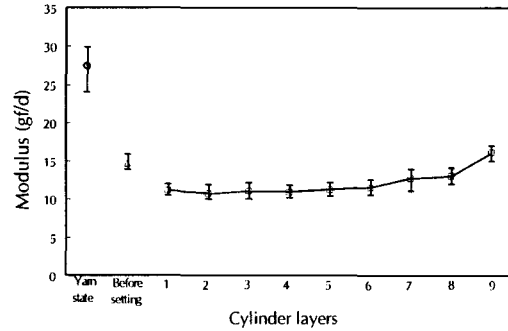


Fig. 8. Initial modulus according to the cylinder layer.

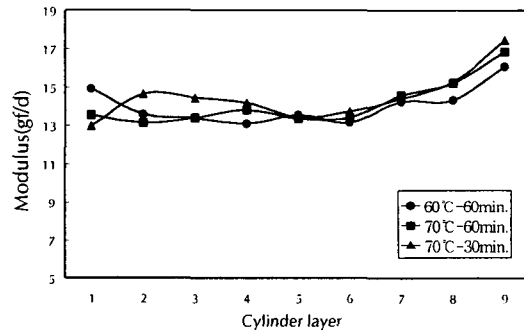


Fig. 9. Initial modulus according to the heat setting condition.

3.5 열처리 조건과 실린더 층에 따른 열응력의 변화

Fig. 10과 11은 BSY 200d/72f와 REN 190d/60f 사의 연사 및 열처리 세팅 후 cylinder 각 층과 최대 열응력의 변화 및 열처리 조건에 따른 최대 열응력의 변화를 도시한 것이다. 이 그림을 살펴보면, twisting 가공을 하지 않은 원사에 비해 꼬임이 주어진 사의 열응력은 낮아졌고, 열처리에 의해서도 열응력이 다시 감소하고 있다. 섬유의 길이를 고정시켜 열처리를 하면 줄어드는 힘에 의해 열응력이 발생하게 된다. 이러한 열응력의 원인은 구속상태에서 형태 고정된 섬유의 사상분자 연결 상호간의 2차 결합이 끊어지기 때문이다.

열처리 후의 사에서 최대 열응력 감소는 사의 내부에 잠재하고 있던 열응력이 외부의 에너지에

의해서 entropy가 낮은 상태에서 entropy가 높은 상태로 전이됨으로써 높은 energy 상태에 있던 분자가 분자구조가 무질서하게 된 낮은 energy 상태로 되기 때문이다. 또한 이것은 섬유내부의 고분자 사슬이 섬유축 방향으로 길게 늘어진 형태 즉, 배향이 잘 된 것에서 배향이 감소하는 Folded structure로 됨을 의미한다.

Fig. 10에서는 외·중층에서의 열응력 값은 층간의 차이가 크게 나타나지 않지만 내층부에서 열응력 값은 중·외층에 비해서 높다. 그리고 Fig. 11에서 60°C에서의 처리시간보다 70°C에서의 최대 열응력이 낮은 값을 보인다. 높은 온도에서 열고정을 실시하면 섬유내 분자들이 평형에 도달하여 안정된 상태를 취하게 되므로 잠재수축은 줄어들게 되어 열응력은 감소하게 된다. 30분과 60분과의 열처리 시간에서도 보다 긴 시간의 열처리에서 섬유내 분자들이 안정된 상태를 취하게 되어 열응력이 감소하게 된다.

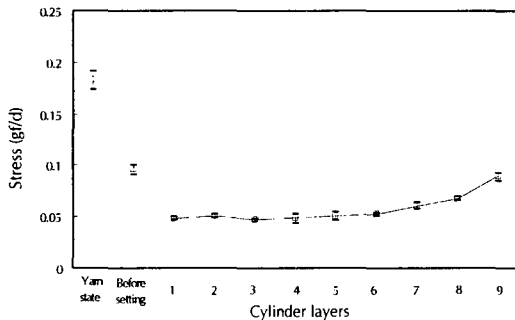


Fig. 10. Thermal stress according to the cylinder layer.

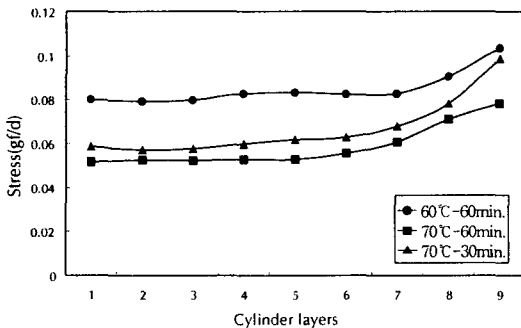


Fig. 11. Thermal stress according to the heat setting condition.

#### 4. 결 론

2-for-1 후 연고정(twist setting) 공정에서의 열처리 온도와 시간 조건변화에 의한 사물성 변화와 연고정 공정을 거친후의 cylinder 층간의 사물성 차이를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 열침투에 의한 cylinder 내·외층간의 수축량은 중층부가 가장 크고 내층부는 cylinder 강성의 영향으로 인해 수축량이 적고, 최외층부에서는 사가 빠르게 열 고정됨으로서 중층부에 비해 수축량이 적다.
2. 60°C의 낮은 온도에서의 열처리는 후공정에서의 수축률이 높게 되고 연수가 현저히 떨어져 염·가공 공정을 거친 후 색차 발생 등의 문제를 유발할 가능성을 가지고 있다.
3. cylinder 층간의 물성 차이에서는 일곱번째층의 내층부에서부터 사물성 차이가 급격히 나타나 섬도, 연수가 떨어지고 초기탄성계수가 높아져 별도의 관리가 필요하다.
4. 현장에서의 cost 절감을 위해서는 열처리 시간과 온도를 줄일수록 유리한데 열처리 온도를 낮추는 것보다는 열처리 시간을 줄이는 것이 유리하다.

#### 감사의 글

본 연구결과는 RRC 연구과제(과제번호: 96-10-02-02-A-3) 결과의 일부로서 관계기관에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 김승진, 폴리에스테르와 나일론 가공사의 특성과 제조기술 (I), (II), RRC, 1998.
2. V.B Gupta, C.Ramesh and A.K. Gupta, *J. Appl. Polym. Sci.* **29**, 3115(1984).
3. V.B Gupta, C.Ramesh and A.K. Gupta, *J. Appl. Polym. Sci.* **29**, 3727(1984).
4. V.B Gupta, C.Ramesh and A.K. Gupta, *J. Appl. Polym. Sci.* **29**, 4203(1984).
5. V.B Gupta, C.Ramesh and A.K. Gupta, *J. Appl. Polym. Sci.* **29**, 4219(1984).
6. 山本孝, 土定育英, *Sen-I Gakkaishi*, **44**,

- 353(1988).
7. 김승진, 안철우, 안진원, 이대훈, 한국섬유공학 회지, **27**, 27(1990).
  8. 손중근, 強燃 PET filament의 構造와 染色性 에 관한 研究, 영남대학교 석사학위논문, 1991.
  9. 송민규, 한국섬유공학회지, **34**, 412(1997)
  10. 松本義隆, 土定育英, 三谷宗久, 宮本博史, 섬유 기계학회지(日), **37**, 471(1984).
  11. 山本孝, 新宅救德, 喜成年泰, *Sen-I Gakk-aishi*, **44**, 457(1988).