

## 면방적 시스템에서의 견섬유 방적

### 1. 서언

견섬유에 대한 강력, 섬도, 광택 및 탄성 등의 물성은 잘 알려져 있다. 그러나, 견 섬유가 나타내는 섬유 특성에 거의 완벽한 조합을 가진 다른 단섬유는 아직까지 개발되지 않았다.

부잡사를 이용한 견섬유 방적사의 생산 기술에는 여러 가지 공정들이 포함되어 있다. 이러한 공정들은 디거밍(degumming), 개섬, 절면(filling), 정소면, 소면, 연조, 조방 및 정방공정이다. 방모방적 시스템이나 웨이스트방적 시스템(waste spinning system)으로 견섬유 방적사를 제조하려는 시도는 있었으나, 면방적 시스템의 이용 가능성에 대해서는 자세하게 조사된 적은 없었다.

전세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 면방적 시스템은 스테이플 견섬유를 처리하여 100% 견섬유 방적사 및 견섬유를 사용한 혼방사 제조에 적합하다고 생각된다. 최근에 견섬유의 가격 상승으로 견섬유 혼방 직물에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구는 공정 수를 감소시킴으로써 생산비도 감소시킬 수 있을 것이다.

면섬유로부터 견섬유 또는 그 반대의 경우로 생산제품을 변경시킬 수 있는 유연성은 면방적 공장에 보다 다양한 생산품 제조를 가능하게 하며, 면방적 공장의 생산 능력이 크기 때문에 요구되는 수요를 쉽게 처리할 수 있다. 본고에서는 다음과 같은 다양한 측면을 검토하였다.

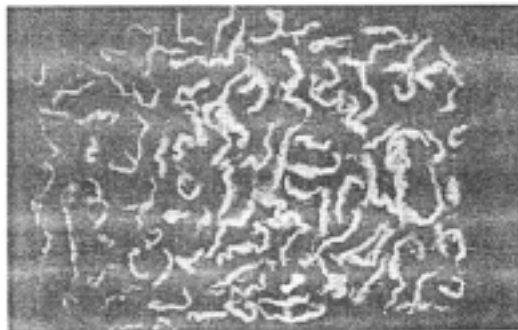
- 면방적 시스템에 의한 정련 스테이플 견섬유의 방적성 (100% 견섬유 및 견섬유 혼방)
- 100% 견섬유 방적사 및 견/폴리에스테르 혼방사와 동일조건으로 제조된 면방적사의 물성 비교

## 2. 원료 및 방법

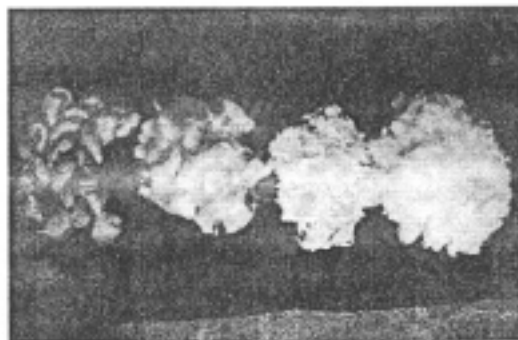
타래 형태의 견섬유(14 16 데니어)와 폴리에스테르 섬유(51mm, 1.5 데니어)를 사용하였으며, 견섬유의 경우에 타래를 가위로 51mm 스테이플로 절단한 후 다음과 같은 조건으로 비누 정련하였다.

|        |   |       |
|--------|---|-------|
| 비누     | - | 6 g/ℓ |
| 탄산 나트륨 | - | 1 g/ℓ |
| 온도     | - | 90°C  |
| 시간     | - | 90 분  |
| 액비     | - | 1:40  |

정련 후 견섬유를 연수로 세척하고, 상온에서 48시간 건조시켰다. 견섬유를 압착 탈수하는 동안 약간의 크림프 효과가 견섬유에 부여된다(그림 1 참조). 이와 같은 크림프는 어느 정도 소면공정을 용이하게 한다. <그림 2>에 견섬유 타래에서 스테이플 견섬유로 변환시키는 과정을 나타내었다.

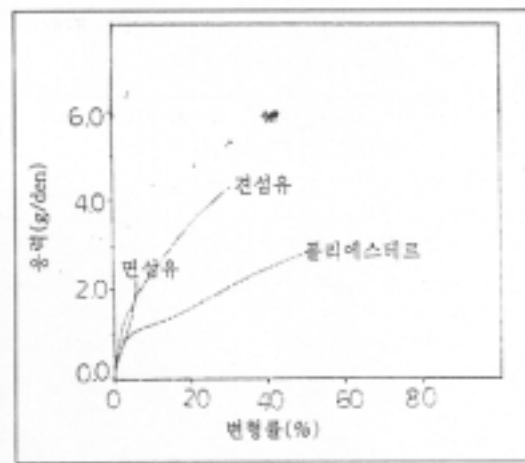


<그림 1> 견섬유에서의 크림프 효과



<그림 2> 견섬유 타래, 스테이플 견섬유, 정련된 견섬유, 개섬된 견섬유

견섬유 혼방사 및 직물의 물성을 면섬유의 물성과 비교하기 위하여 동일한 연계수(2.8)를 갖는 면 방적사를 제조하였으며, 면방적사 및 면직물의 물성을 기준 값으로 사용하였다. 링정방기로 H-4 원면의 조사로부터 면 방적사를 제조하였다. <표 1>에 H-4 원면의 물성을, <표 3>에 면 방적사(C10 표기)의 물성을 나타내었으며, 견섬유, 폴리에스테르섬유 및 면섬유의 응력 변형률 곡선을 <그림 3>에 나타내었다.



<그림 3> 섬유의 응력 변형률 곡선

<표 1> 섬유 물성

| 물성 \ 섬유                      | 폴리에스테르           | 견                | 면                |
|------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| 강도(g/den)                    | 2.84(8.15)       | 4.32<br>(12.01)  | 2.22<br>(12.44)  |
| 신도(%)                        | 50.10<br>(14.10) | 30.80<br>(13.30) | 10.01<br>(15.41) |
| 스테이플 섬유장<br>(mm/2.5% 스펠 섬유장) | 51<br>(28.2)     | 51<br>(28.5)     | 25.41<br>(25.42) |
| 섬도(den/micronaire)           | 1.58<br>(5.54)   | 1.2<br>(17.47)   | 4.0<br>(20.42)   |

※ CV%는 괄호안에 표기

Ne 30(20 tex)의 견/폴리에스테르 혼방사의 혼방률은 0:100, 20:80, 40:60, 60:40, 80:20, 100:0(각각 S0P10, S2P8, S4P6, S6P4, S8P2 및 S10P0으로 표기)으로

하였다. 정련 후 스테이플 견섬유를 손으로 충분히 개섬하였으며, 방적유제 LV-40와 P-2152(각 방적유제 0.5%와 물 5%)를 분무기로 견섬유에 분무한 후 원료를 24시간 컨디셔닝하였다. 혼방은 스택 혼방(stack mixing) 원리로 준비하여, 컨디셔닝 후 2가지 톱을 공급하여 혼방하였다. 그 후 혼방된 섬유를 MEI 소면기로 처리하였다. 충분한 섬유 개섬과 정전기를 방지하기 위해 생산 속도(10kg/hr)를 낮게 하였다.

소면 슬라이버를 연조기에서 8 더블링으로 드래프트비를 8로 하고 연조공정을 2패스하여 연조슬라이버를 제조하였다. 이때 로울러 감김을 방지하기 위해 연조기의 속도를 낮게(100 m/min) 하였으며, 또한 드래프팅 영역에 공급되는 슬라이버의 폭을 감소시켜 이와 같은 현상을 어느 정도 조절하였다.

연조슬라이버를 조방기에서 드래프트 10으로 하여 Ne 1.4(421.1 tex)의 조사를 제조하였으며, 이때 조사의 연계수는 0.8, 스핀들 속도는 700 rpm으로 하였다. 로울러 감김은 적절한 콘덴서를 사용하여 조절하였다.

링정방기에서 Ne 30(20 tex) 방적사를 제조하였다. 이때 스핀들 속도는 10,000rpm이고 연계수는 2.8이며, 로울러 세팅은 섬유장에 따라 조정하였다.

섬유 섬도 및 강도는 ASTM D3822-95(a)에 의해 Vibroskop 및 Vibrodyn으로 측정하였다. 방적사 물성은 <표 2>에 나타난 방법에 의해 평가하였다. 가는 결점, 굵은 결점 및 넵에 대한 감도는 각각 -50%, +50%, 200%로 하였으며, 여러 가지 실의 잔털을 비교하기 위해 S<sub>3</sub>(3mm 이상 잔털 수)을 측정하였다. 방적사의 휨 강성은 Shirley 하중식 링방적사 강성 시험기(weighted ring yarn stiffness tester)로 측정하였다.

섬유 강력 실현율(fiber strength realization percentage)은 실제 방적사 강력과 섬유 강력의 비를 백분율로 나타낸 것이다. 절단신도와 혼방률이 다른 2가지 섬유를 혼방하는 2성분 혼방의 경우에 섬유 강력 실현율은 실제 사 강력과 예측 사 강력과의 비이다.

<표 2> 사 물성

| 사 물 성     | 시 험 방 법       | 시 험 기                         |
|-----------|---------------|-------------------------------|
| 강력        | ASTM D2256    | Instron 강력 시험기 4465           |
| 균제도 및 IPI | ASTM D1425-96 | Keisokki 균제도 시험기 80           |
| 잔털        | ASTM D5647:95 | Zewigle G 566 잔털 시험기          |
| 사 외관      | ASTM D2255    | Board maker                   |
| 사 마도 저항   | ASTM D1379-64 | Custom Scientific Instruments |

예측 사 강력은 Hamburger의 방법으로 계산할 수 있다. 섬유 A의 절단 변형률  $X_1$ (견섬유)이 섬유 B의 절단 변형률  $X_2$ (폴리에스테르)보다 작고, 하중에 의해 실이 신장된다면, 이 때 가장 적은 신도를 갖는 성분의 섬유가 먼저 절단점까지 신장된다. 이러한 섬유가 절단된 후 2번째 성분 B의 섬유(폴리에스테르)는 견섬유가 받던 하중까지 받게 될 것이다. 이전에 견섬유가 받던 이와 같은 하중을 어느 정도까지 폴리에스테르 섬유가 견딜 수 있는 가는 혼방사에서 폴리에스테르섬유의 올 수에 좌우된다.

$X_1$ 까지 변형되면 모든 견섬유는 절단되려는 순간이다. 혼방사에 의해 지탱되는 총 하중은 성분 A와 성분 B에 의해 지탱되는 하중의 합이다.  $X_1$ 에서 사 강도는 다음과 같이 나타낼 수 있다

$$S_1 = (aSa + bSb)/100$$

여기서,  $Sa$ 와  $Sb$ 는 신도  $X_1$ 에서 성분 A와 B의 응력

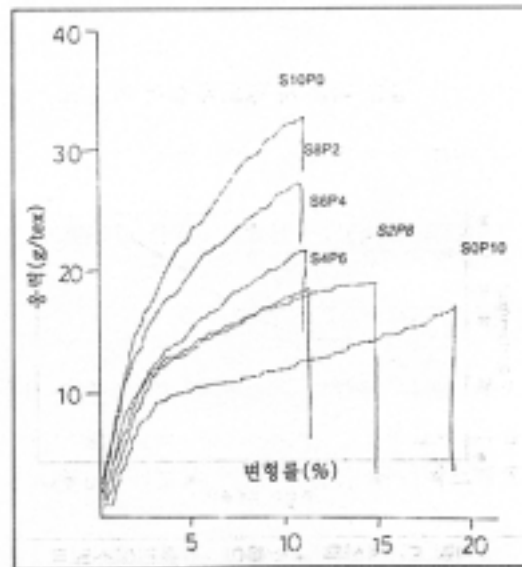
$a$ 와  $b$ 는 섬유 A와 B의 혼방률

성분 A의 모든 섬유가 절단된 후, 성분 B의 모든 섬유가 절단되는 2번째 절단점  $X_2$ 에서 의 사 강도는  $S_2=bSb/100$ 으로 나타낼 수 있다. 여기서,  $Sb$ 는 변형률  $X_2$ 에서 성분 B에 대한 응력 값이다.

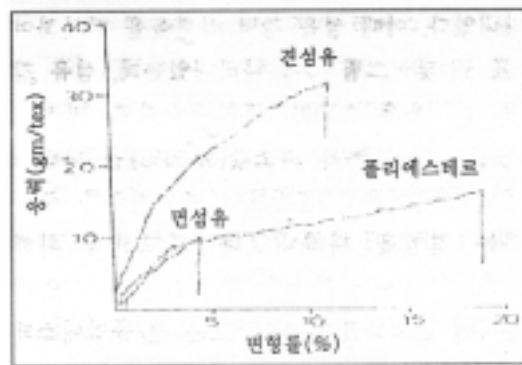
예측 사 강력을 구한 후, 실제 사 강력과 예측 사 강력의 비를 계산하여 섬유 강력 실현율을 구하였다.

### 3. 결과 및 고찰

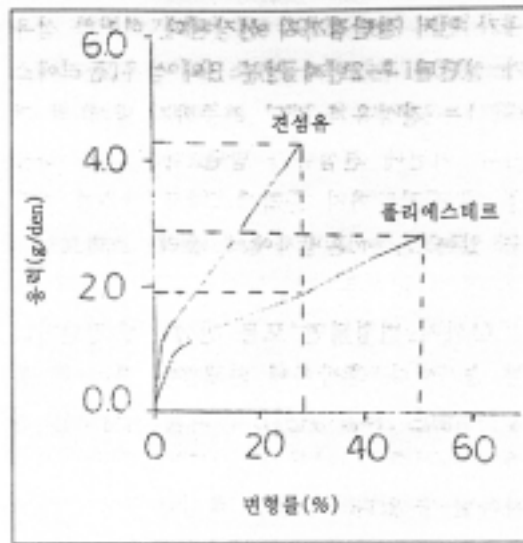
100% 견섬유 방적사, 견/폴리에스테르 혼방사 및 면섬유 방적사의 물성을 <표 3>에 나타내었다. 모든 견/폴리에스테르 혼방사의 응력 변형률을 <그림 4>에 나타내었다. 100% 견섬유, 폴리에스테르 및 면 방적사를 <그림 5>에 나타내었다. <그림 6>에 나타낸 견 및 폴리에스테르 섬유의 응력 변형률 곡선으로부터 계산된 예측 사 강도를 <그림 7>에 나타내었다. 이때 섬유 강력 실현율을 계산하여 <표 3> 및 <그림 8>에 나타내었는데, 섬유 강력 실현율은 100% 폴리에스테르 방적사(S0P10)의 경우에 최소값(57.39%)을 나타내었으며 견섬유의 혼방률이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 비교하기 위해 100% 면섬유 방적사에 대한 값을 각 그림에 동시에 표시하였다. 사 강도는 견/폴리에스테르 혼방사에서 견섬유의 혼방률이 증가할수록 증가하였다(그림 9 참조). 면방적사는 섬유 강력과 연계수가 낮기 때문에 낮은 강도를 나타내었다. 방적사의 모듈러스는 견섬유의 혼방률이 증가할수록 증가하였다(그림 8 참조). 여러 가지 실에 대한 절단 변형률을 <그림 11>에 나타내었다. 100% 견섬유 방적사와 견섬유/폴리에스테르 혼방사에서 절단 변형률은 10%이상 이었다. S2P8과 S0P10 방적사의 경우(각각 13.97 및 17.4)에 폴리에스테르 섬유의 혼방률이 높기 때문에 높은 값을 나타내었다.



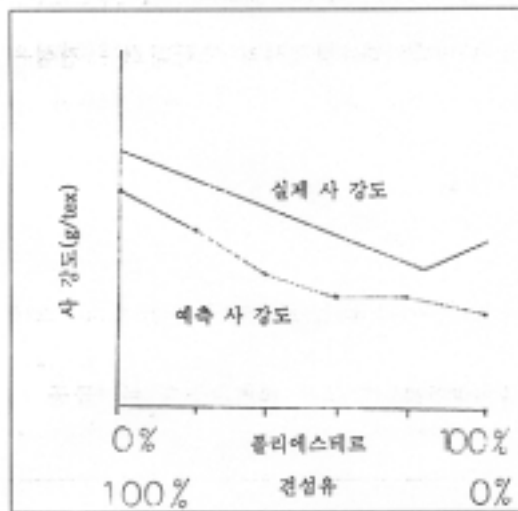
<그림 4> 혼방사의 응력 변형률 곡선



<그림 5> 100% 견섬유, 폴리에스테르, 면섬유 방적사의 응력 변형률 곡선

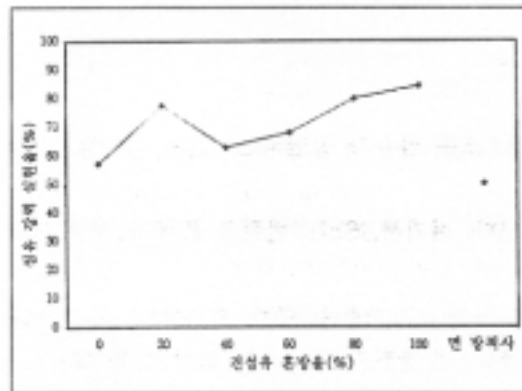


<그림 6> 견섬유 및 폴리에스테르 섬유의 응력 변형률 곡선

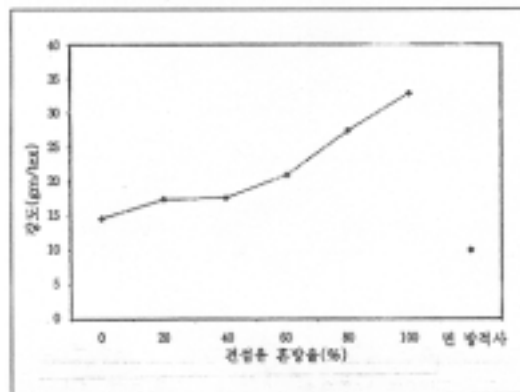


<그림 7> 견섬유 및 폴리에스테르 섬유의 혼방률별 예측 사 강도와 실제 사 강도

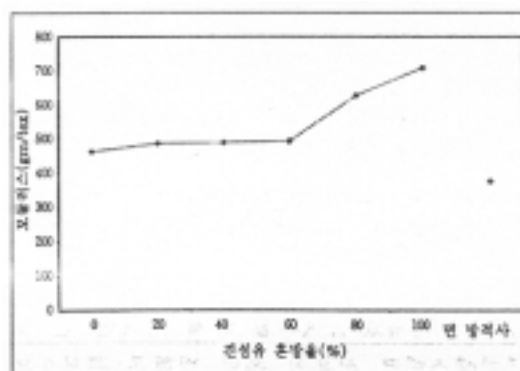




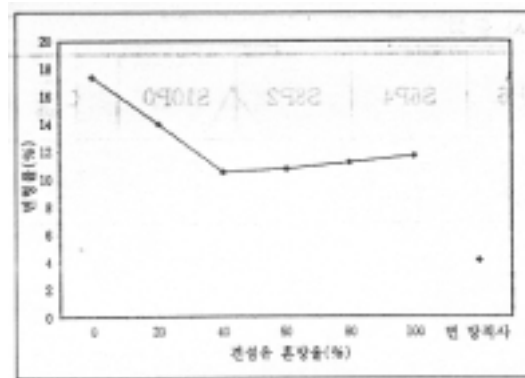
<그림 8> 견섬유 혼방률이 견/폴리에스테르 혼방사의 섬유 강력 실현율에 미치는 영향



<그림 9> 견섬유 혼방률이 견/폴리에스테르 혼방사의 강도에 미치는 영향

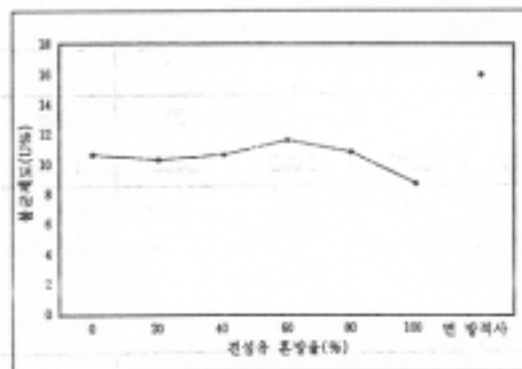


<그림 10> 견섬유 혼방률이 견/폴리에스테르 혼방사의 모듈러스에 미치는 영향



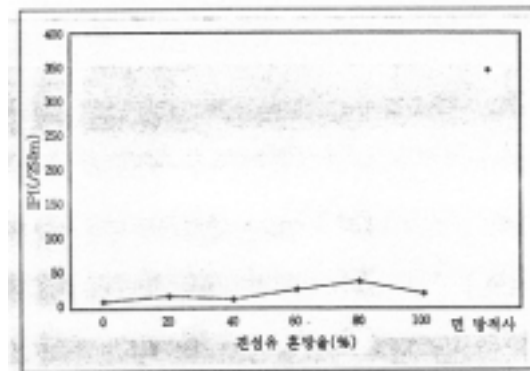
<그림 11> 견섬유 혼방률이 견/폴리에스테르 혼방사의 변형률에 미치는 영향

모든 견/폴리에스테르 혼방사는 면방적사에 비해 균제도, IPI 및 잔털수가 낮은 값을 나타내었다(그림 12 ~ 14 참조).

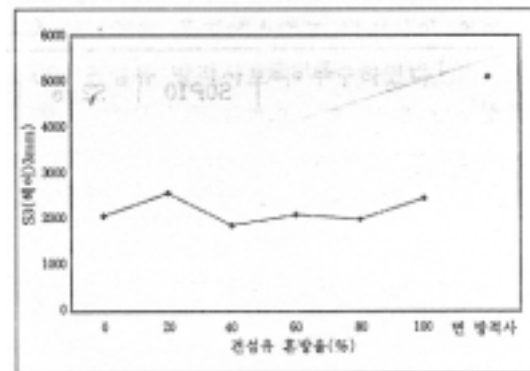


<그림 12> 견섬유 혼방률이 견/폴리에스테르 혼방사의 불균제도에 미치는 영향

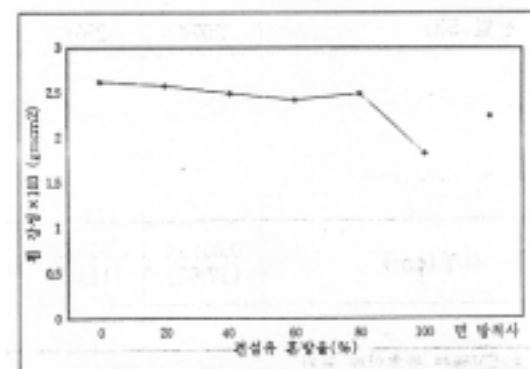
100% 폴리에스테르 방적사의 휨 강성은 최대값( $2.62 \text{ gcm}^2 \times 10^3$ )을 나타내었으며, 100% 견섬유 방적사는 최소값( $2.62 \text{ gcm}^2 \times 10^3$ )을 나타내었다(그림 15 참조). 이와 같은 결과는 100% 견섬유 방적사 제조에 사용한 섬유의 섬도가 작기 때문일 것이다.



<그림 13> 견섬유 혼방률이 견/폴리에스테르 혼방사의 IPI에 미치는 영향



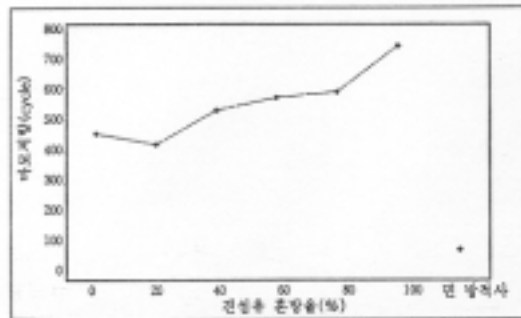
<그림 14> 견섬유 혼방률이 견/폴리에스테르 혼방사의 잔털에 미치는 영향



<그림 15> 견섬유 혼방률이 견/폴리에스테르 혼방사의 휨 강성에 미치는 영향

마모 저항은 혼방사에서 견섬유의 혼방률이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며 면방직사에 비해 크게 우수하였다(그림 16 참조). 강도와

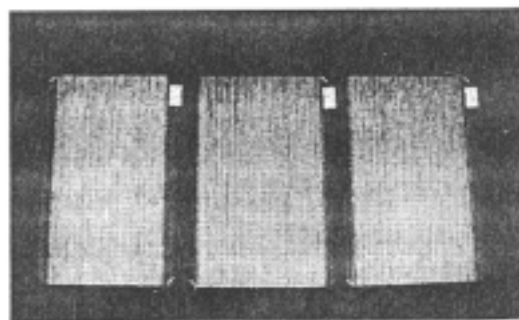
신도가 높은 폴리에스테르와 견섬유 결합이 이와 같은 현상에 기여하는 것 같다.



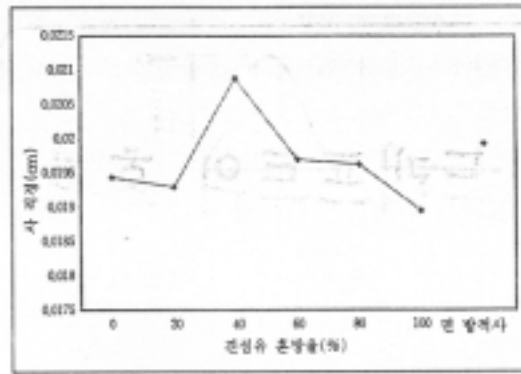
<그림 16> 견섬유 혼방률이 견/폴리에스테르 혼방사의 마모 저항에 미치는 영향

모든 방적사에 대해 사조판 등급을 판정하였다. <그림 17>에서와 같이 100% 견섬유 방적사와 100% 폴리에스테르 방적사의 외관이 100% 면섬유 방적사보다 우수하였다.

모든 방적사의 직경은 <표 3>에 나타내었다. 사 직경은 견/폴리에스테르 혼방사에서 견섬유의 혼방률 변화에 따라 별다른 경향을 나타내지 않았다(그림 18 참조).



<그림 17> 100% 면섬유, 견섬유 및 폴리에스테르 방적사의 사 외관



<그림 18> 견섬유 혼방률이 견/폴리에스테르 혼방사의 사 직경에 미치는 영향

<표 3> 사 물성

| 물성 \ 혼방률                              | S0P10              | S2P8                | S4P6               | S6P4              | S8P2                | S10P0               | C10                 |
|---------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 선밀도(tex)                              | 19.42<br>(3.1)     | 19.55<br>(3.2)      | 20.29<br>(2.9)     | 19.11<br>(2.9)    | 19.29<br>(3.1)      | 20.29<br>(3.8)      | 20.36<br>(3.5)      |
| 강도(g/tex)                             | 14.67<br>(13.55)   | 17.44<br>(7.77)     | 17.66<br>(7.89)    | 20.94<br>(9.15)   | 27.34<br>(7.37)     | 32.80<br>(6.9)      | 10.03<br>(7.84)     |
| 섬유 강력 실현율(%)                          | 57.39              | 77.71               | 63.02              | 68.23             | 79.92               | 84.35               | 50.15               |
| 절단 변형률(%)                             | 17.4<br>(10.14)    | 13.97<br>(10.86)    | 10.49<br>(11.50)   | 10.72<br>(12.40)  | 11.16<br>(10.76)    | 11.63<br>(9.32)     | 4.09<br>(9.89)      |
| 모듈러스(g/tex)                           | 462.9<br>(27.43)   | 486.3<br>(22.22)    | 489.1<br>(15.48)   | 493.6<br>(10.62)  | 627.4<br>(8.90)     | 707.0<br>(6.94)     | 375.7<br>(50.53)    |
| 불균제도(U%)                              | 10.64              | 10.32               | 10.64              | 11.63             | 10.83               | 8.75                | 15.98               |
| 가는결점(-50%)/250m                       | 3                  | 1                   | 2                  | 4                 | 1                   | 1                   | 42                  |
| 굵은결점(+50%)/250m                       | 3                  | 6                   | 3                  | 8                 | 7                   | 3                   | 112                 |
| 넵(+200%)/250m                         | 4                  | 11                  | 8                  | 15                | 30                  | 17                  | 201                 |
| IPI/250m                              | 10                 | 18                  | 13                 | 27                | 38                  | 21                  | 345                 |
| 잔탈(S3)                                | 2074               | 2576                | 1874               | 2102              | 2002                | 2462                | 5102                |
| 휨강성 $\times 10^3$ (gcm <sup>2</sup> ) | 2.6200<br>(10.79)  | 2.5773<br>(10.79)   | 2.4890<br>(9.89)   | 2.4182<br>(10.92) | 2.4890<br>(9.42)    | 1.8212<br>(10.82)   | 2.2353<br>(10.87)   |
| 마모 저항(cycle)                          | 456<br>(10.46)     | 422<br>(15.15)      | 528<br>(18.15)     | 568<br>(19.42)    | 586<br>(18.42)      | 732<br>(20.42)      | 95<br>(38.42)       |
| 사 직경(cm)                              | 0.01944<br>(17.62) | 0.019296<br>(11.00) | 0.020892<br>(9.01) | 0.0197<br>(10.05) | 0.019628<br>(10.59) | 0.018948<br>(11.62) | 0.019928<br>(17.62) |
| 사 외관 등급                               | B                  | B                   | B                  | B                 | B                   | B                   | C                   |

※ CV%는 괄호안에 표기

#### 4. 결론

면방적 시스템으로 공정 인자를 적절히 조정하여 우수한 품질의 100% 견섬유 방적사와 견섬유 혼방사를 제조할 수 있었다.

(Feasibility of spinning silk/silk blends on cotton system : Taxtile Asia 2001. 2.)