

폴리에스터 섬유의 섬유장과 혼방비율이

OE 혼방사의 특성에 미치는 영향

1. 서 론

최종제품에 요구되는 성질에 최대한 가깝게 하고 제품의 단점을 없앨 목적으로 행하는 섬유의 혼합은 가장 기본적인 방적공정 중의 하나이다.

실제로 방적공정에서 섬유의 혼합이 실에 미치는 영향은 크며 엄밀히 말해서 섬유의 혼합 없이 방적되는 실은 없다고 하겠다.

천연섬유는 산지와 등급별로 분류하여 섬유를 혼합하고 화학섬유는 동질성이므로 각 섬유의 특성을 고려하여 혼방한다.

본 고에서는 링정방공정에서 섬유의 혼합비율이 가공공정 뿐만 아니라 중간제품과 최종제품의 품질 및 기술적으로 요구되는 과정에 대한 영향을 폭넓게 다루었다.

OE 방적은 링정방법에 근거를 두고 필요할 때면 이 방법을 OE 정방 및 OE사 제조에 적합하도록 수정하였다.

지난 15년간(체코 OE 정방기 BD200으로 시작된 OE 정방 초기에서부터) OE 정방법과 관련이 있는 수많은 논문들은 가끔 상세히 또는 부분적으로 혼방섬유에 의한 제직상의 문제점에 관해 언급하였다.

두 가지 성분의 섬유를 혼합할 때 관심의 초점은 화학섬유 생산에서 중요한 위치를 차지하고 있는 폴리에스터 섬유가 차지하고 있는 비율에 있다는 것은 명백한 사실이다.

이와 같은 방적기술을 적극적으로 개발한 주요 화학섬유 메이커가 OE 방적에 폴리에스터 섬유를 사용하여 OE 방적에 적당한 성질을 갖는 섬유를 응

용했다는 점에서 화학섬유 발전에 중요한 영향을 끼쳤다.

무엇보다도 본 실험은 종래에 사용된 BD200형 OE 정방기를 사용했다는 점에서 매우 큰 의의를 가지고 있다는 사실이다.

OE 정방법은 섬유표면에 정전기를 방지하고 기하학적인 성질을 부여하므로 앞으로 기존의 섬유뿐만 아니라 새로운 섬유의 방적공정을 주도할 것이고 또한 화학섬유의 변수를 향상시키는데 기여하였다.

본 논문에서는 OE사의 특성에 대한 품질문제와 여러 가지 매개변수를 이용하여 실의 특성과의 일반적인 관계에 역점을 두었다.

2. 혼방시 폴리에스터 섬유가 차지하는 비율이 섬유의 특성에 미치는 영향

링정방법에 의해 일반적으로 알려진 것처럼 혼방사의 강도는 각 혼방섬유의 강도에 따라 단사강도는 현저하게 차이가 있다. 예를 들면 폴리에스터/면, 폴리에스터/비스코스로 혼방할 때 링정방의 경우 폴리에스터/면 혼방사에서 폴리에스터 섬유의 비율이 60%일 때 강도는 높고, 30 50%일 때 강도는 가장 낮다고 알려졌다.

새로운 방적사인 OE 정방에서 폴리에스터 섬유를 면이나 비스코스 섬유와 혼방할 때 OE 방적사의 근본적인 특성에 어떤 영향을 줄 것인지를 알아보면 다음과 같다.

가. 혼방섬유의 특성

섬유의 일반적인 성질은 혼방된 섬유 무게의 비율과 각 섬유성분의 비율로 나타낼 수 있다.

2종류의 섬유를 여러 혼방비율로 혼방할 경우 각 섬유의 무게를 b_1 , b_2 로 하고 혼합시 각 섬유성분의 비율을 a_1 , a_2 로 했을 때 지수로 표시된 혼방사의

물성의 평균치는 다음과 같이 나타내었다.

區 分	1纖維 成分	2纖維 成分	混織
纖 度(tex)	Tt_1	Tt_2	Tts
纖 維 長(mm)	lv_1	lv_2	lvs
單糸強度(N)	Fv_1	Fv_2	Fvs
比 強 度($N\ tex^{-1}$) (Specific stress)	Rv_1	Rv_2	Rvs

일반적으로 두 종류의 섬유 혼합시 혼방사의 물리적 성질은 다음과 같이 수식으로 표시할 수 있다.

① 섬유장 : $lvs = a_1lv_1 + a_2lv_2$

② 섬 도 : $Nms = b_1Nmv_1 + b_2Nmv_2$ 또는

$$\frac{I}{Ttvs} = \frac{b_1}{Ttv_1} + \frac{b_2}{Ttv_2}$$

③ 혼방사의 강도 :

$$Rvs = b_1Rv_1 + b_2Rv_2$$

④ 섬도가 Tt 인 혼방사의 단면적 당 섬유의 올 수 :

$$np = \frac{Tt}{Ttvs}$$

나. 면 또는 비스코스 섬유로 혼방할 때 폴리에스터 섬유가 차지하는 비율이 사의 특성에 미치는 영향

면섬유와 비스코스 섬유를 폴리에스터 섬유와 혼방하는 목적은 다음 공정에서 안정감이 높은 실을 제조하기 위함이며 특히 셀룰로스계 섬유의 좋은 특성을 유지하기 위함이다.

1) 방적조건

강도가 낮은 섬유와 혼방할 때 폴리에스터 섬유가 차지하는 비율의 영향을 조사하기 위하여 변수가 20tex이고, 연계수 $\alpha_m = 144$ 인 실을 선택하였다.

실험에 사용된 로터의 직경이 67mm, 54mm이고 회전속도가 각각

40,000rpm, 60,000rpm인 BD200 S 160형을 사용하였고 실린더는 6,000rpm인 Garniture OK 37형을 사용하였다.

혼방된 각 섬유의 기준계수는 <표 1>과 같으며 폴리에스터 섬유는 표준섬유장이 32mm와 40mm인 섬유를 사용하여 실험하였다.

모든 실험은 소면 슬라이버 상태로 두 종류의 섬유를 혼합하였고 이때 두 번 신장된 슬라이버의 평균변수는 3,480tex이다.

<표 1> 혼방에 사용된 섬유의 평균수치

區 分	標準纖維長 (mm)	Lvi	Tvi	Rvi
		纖維長 (mm)	변 수 (dtex)	纖維強度 (N tex ⁻¹)
폴리에스터1	40	36.2	1.77	0.581
폴리에스터2	32	31.3	1.77	0.609
비스코오스	36	35.1	1.55	0.243
綿 1		23.2	1.51	0.225
綿 2		24.3	1.87	0.248

폴리에스터 섬유가 차지하는 비율을 다음과 같이 7등급으로 나누었다.

b₂(%) 0 – 20 – 35 – 50 – 65 – 80 – 100

폴리에스터 섬유가 차지하는 비율이 실의 물리적 성질에 미치는 영향을 철저하게 조사하기 위하여 동일한 방적조건으로 행하였다. 각각의 경우 위에 언급된 계수를 변화시킴으로써 더 좋은 실을 방적할 수 있을 것으로 여겨진다.

2) 혼방률에 따른 단사비강도의 회귀분석

변수가 20tex이고 연계수 $\alpha_{km}=144$ 로 방적된 혼방사는 지수를 사용하여 회귀분석에 대해서는 식5에 단사비강도에 대해서는 식6에 적용하였다. 그 등식은 아래와 같다.

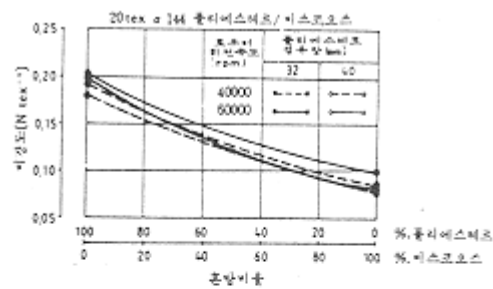
$$R_{PS}=A_0+A_1b_1 \quad (5)$$

$$R_{PS}=A_0+A_1b_1+A_2b_1^2 \quad (6)$$

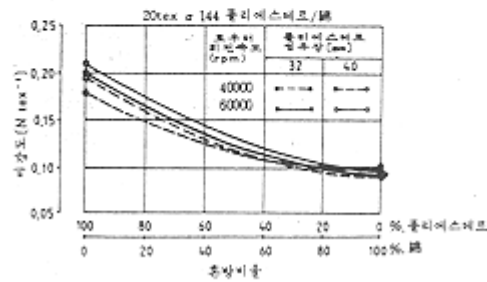
선형과 곡선형 회귀함수와 로터의 속도를 달리하여 방직된 혼방사의 비강도는 <표 2>에 신뢰도로 나타내었다.

<표 2> 혼방사의 종류에 따른 20tex α=144로 방직된 혼방사의 비강도에 대한 선형 또는 포물선형으로 나타난 신뢰도

區 分	線 型 信頼度; b ₁ (%)	曲線型 信頼度; b ₁ (%)	로 우 터 회전속도 (rpm)
폴리에스테르 1 / 비스코오스	95.44	96.85	40,000
폴리에스테르 2 / 비스코오스	93.34	94.83	60,000
	97.91	99.60	40,000
	94.52	99.34	60,000
폴리에스테르 1 / 면 1	89.68	98.67	40,000
	92.20	98.36	60,000
폴리에스테르 2 / 면 2	88.17	99.30	40,000
	94.17	99.19	60,000



(a) 폴리에스테르/비스코오스



(b) 폴리에스테르/綿

<그림 1> 혼방사의 비강도와 혼방비율과의 관계

상관관계가 선형으로 나타나면 신뢰도는 일반적으로 높았고 곡선인 경우 신뢰도는 거의 100%에 가깝게 나타났다.

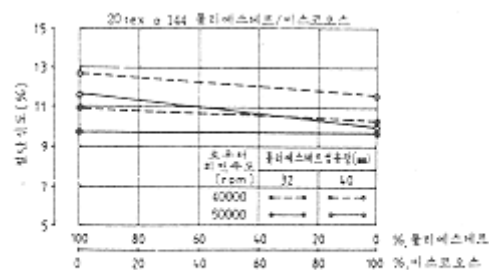
비스코스 섬유와 면섬유로 혼방할 때 단사강도와의 관계를 그림 1a와 1b에 곡선형 회귀함수로 나타내었다.

이 그림에서 볼 때 로터의 회전속도가 일정하면 혼방시 폴리에스터 섬유의 섬유장에 따라 단사강도는 약간의 차이가 있다는 것이 입증되었다.

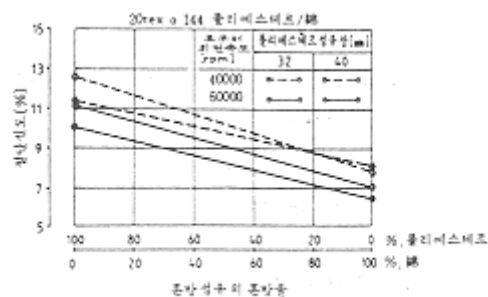
3) 단사신도의 상관분석과 회귀분석

폴리에스터/면섬유를 혼방할 때 상관분석을 이용하여 단사신도 ep 의 신뢰도는 높게 나타났고 혼방사의 단사신도와 100% 방적사와의 차이는 컸다.

폴리에스터/비스코스 혼방에서 혼방사는 100% 방적사에 비해 단사신도는 차이가 적었으나 신뢰도는 낮게 나타났다. 이것에 대한 회귀직선 $ep(b_1)$ 은 그림 2a와 2b에 나타냈다.



(a) 폴리에스터/비스코스



(b) 폴리에스터/면

<그림 2> 단사신도와 혼방비율과의 관계

이 회귀직선으로부터 로터의 회전속도가 낮을 때 단사신도가 높은 것을 방적할 때 실에 장력이 많이 걸려 있는 것이 명백하게 드러났다.

또한 섬유를 혼방할 때 폴리에스터 섬유가 차지하는 비율이 낮을수록 사의 신도가 떨어지는 것이 관찰되었다.

4) OE 혼방사의 강도의 추정가능성

혼방사의 단사강도와 각 섬유가 차지하는 비율과의 관계에서 곡선으로 나타나다면 신뢰도가 90~100%이므로 이와 같은 사실로부터 수학적으로 혼방사의 강도를 추정할 가능성을 제기하였다.

Birenbaum은 그의 논문에서 100% 방적사와 혼방사의 비강도를 간단하게 관계식으로 나타내었다. 그가 나타낸 이 관계식은 각 섬유의 특성과 섬유의 무게비 그리고 <그림 3a>, <그림 3b>에 나타난 두 섬유의 단사신도에서 유도하였다.

신도가 높은 방적사를 사용하여 stress-strain curve가 선형을 나타낸다고 가정하여 그는 혼방사의 강도를 두개의 등식에 적용시켜 나타내었다.

$b_1 \lim \leq b_1 \leq 1$ 인 경우

$$R_{ps} = b_1 \cdot R_{p1} + \frac{ep_1}{ep_2} \cdot b_2 \cdot R_{p2} \dots \dots \dots (7)$$

$0 \leq b_1 \leq b_1 \lim$ 인 경우

$$R_{ps} = b_2 \cdot R_{p2} \dots \dots \dots (8)$$

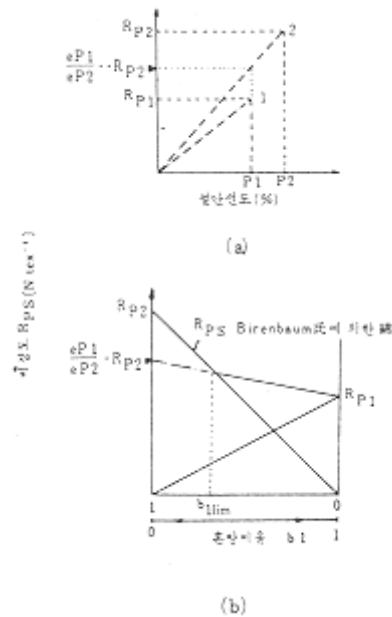
위에 나타난 등식은 실에 대한 지수는 동일한 조건에서 방적된 실에 적용된 지수로 표시한 사의 물리적 성질을 작도하기 위한 조건을 만족한다.

<그림 3a>에 나타난 단사강도와 단사신도 사이에 예상되는 작도를 <그림 3b>에 나타내었다.

이 실험에서 등식에 표시된 지수 1은 강도가 낮은 섬유를, 지수 2는 폴리

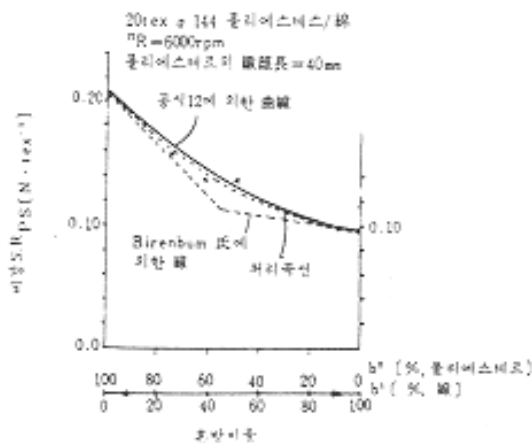
에스터 섬유를 나타낸 것이다.

Birenbaum에 의해 추정된 곡선과 회귀곡선 관계의 전형적인 예는 <그림 3c>에서 구체적으로 설명하였다.



(a) 각각 100%로 방적된 링정방사의 S-S curve

(b) 링정방사의 비강도와 혼방비율과의 관계에 대한 이론적인 작도



(c) 등식12에 나타난 곡선과 회귀곡선 그리고 Birenbaum에 의한 작도를 구체적으로 비교한 혼방비율과 비강도와의 관계

<그림 3>

이 그림에서 곡선은 사(絲)안의 (b_1, R_{ps}) 경계점을 통과하고 점 (b_1, R_{p1}) 의 접선은 관계식(7)에 의해 나타난 선($b_1, \lim_1$)위에 대략 직선으로 나타내고 있으므로 OE 방적사와 방적조건에 대한 수정된 예상 관계식 $R_{ps}(b_1)$ 은 등식(6)으로부터 유도할 수 있다.

$$R_{ps(0)}=R_{p2} \dots \dots \dots (9)$$

$$R_{ps(1)}=R_{p1} \dots \dots \dots (10)$$

$$R_{ps}(1) = R_{p1} - \frac{ep_1}{ep_2} \cdot R_{p2} \dots \dots \dots (11)$$

이 등식을 풀어서 혼방에 사용된 섬유로부터 예상곡선의 해를 얻었다.

$$R_{ps} = R_{p2} - [R_{p1} - R_{p2}(2 - \frac{ep_1}{ep_2})] \cdot b_1 + R_{p2}(1 - \frac{ep_1}{ep_2}) \cdot b_1^2 \dots \dots \dots (12)$$

이와 같은 예로부터 회귀곡선은 예상한 curve와 아주 잘 일치한다는 것이 조사되었고 또한 조건 $ep_1 < ep_2$ 를 만족한다.

다. 폴리에스터 혼방사의 표면구조

혼방섬유의 비율과 섬유의 물성과의 관계를 조사하면서 20tex, α 144로 혼방된 사의 표면구조도 관찰하였다.

OE사의 구조는 많은 사람들에게 의해 실험적인 관점에서 보다는 이론적인 관점에서 관찰되었다.

OE 방적사의 전형적인 특징은 링방적사에 비해 아주 다른 표면구조를 가진 소위 Bauchbind^(註)가 특징인데 이 Bauchbind는 로터에 섬유를 공급해 준 후 실을 형성하는 곳에서 생긴다.

Bauchbind는 실을 만들 때 생기는 꼬임 즉, 공칭꼬임과 실을 만든 후 twist counter로 측정된 꼬임 즉, 실제 꼬임과의 차이와 OE 방적사의 제조과정에서 생기는 여러 현상들과 관계가 있다.

그러나 Bauchbind로 인하여 해연과정에서는 방해가 된다. 방적시 방적사의

꼬임수가 증가하면 꼬임차가 증가한다고 말할 수 있다.

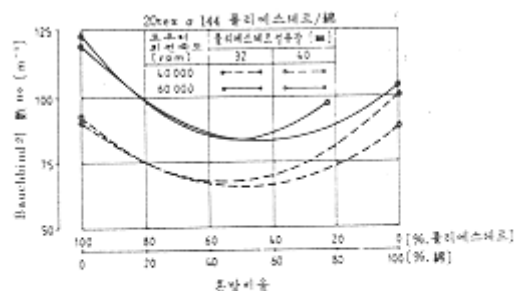
가. 혼방사의 Bauchbind수

현미경을 통하여 Bauchbind의 여러 형태와 Bauchbind안에 섬유가 어떻게 있는지에 관해 또한 Bauchbind를 싸고 있는 섬유의 성질과 실의 단면을 조사하였다.

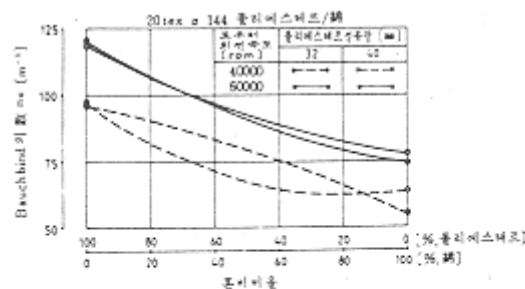
본 논문에서는 섬유장이 80mm인 혼방사를 거의 100개 취하여 Bauchbind를 관찰하였다.

방적사는 1m씩 잘라 Bauchbind수를 계산하였다.

20tex, $\alpha=144$ 로 방적된 폴리에스터/비스코스사와 폴리에스터/면사에 대한 그림은 4a, 4b에 나타내었다.



(a)



(b)

(a) 폴리에스터/비스코스

(b) 폴리에스터/면

<그림 4> Bauchbind수와 혼방섬유의 혼방비율과의 관계

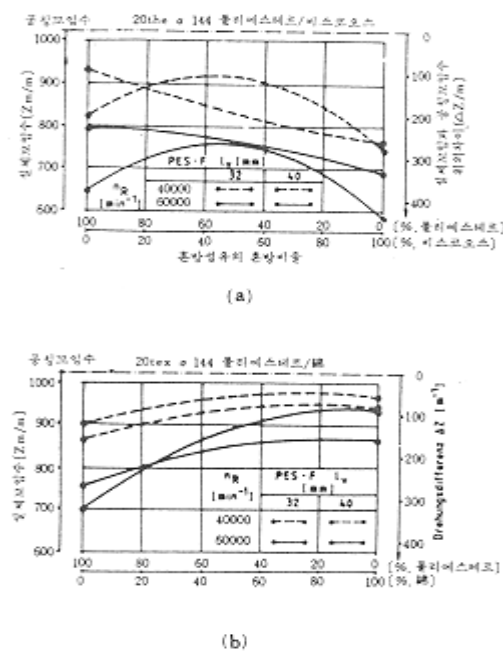
이 그림에서 Bauchbind수는 폴리에스터 섬유로 혼방할 때 비스코스 섬유나 면섬유의 혼방비율에 따라 좌우된다는 것을 알 수 있다.

폴리에스터/비스코스 혼방에서 Bauchbind수는 혼방섬유의 비가 동일할 때 적었고, 폴리에스터/면 혼방에서는 면섬유의 비가 많을 때 가장 적게 나타났다. 이와 같이 Bauchbind의 수가 적다는 사실은 100% 면방적사의 표면구조가 가장 좋게 나타난다는 것을 뜻한다.

또한 Bauchbind의 수는 로터의 회전속도와 직경 사이에 차이가 명백하다.

나. Bauchbind의 수와 꼬임 차이와의 관계

20tex, $\alpha=144$ 로 방적된 혼방사의 혼방비율과 실제 꼬임과 ΔE 와의 관계를 <그림 5>에 나타내었다.



<그림 5> OE 방적사의 실제 꼬임수, 꼬임치와

혼방섬유의 혼방비율과의 관계

(a) 폴리에스터/비스코스

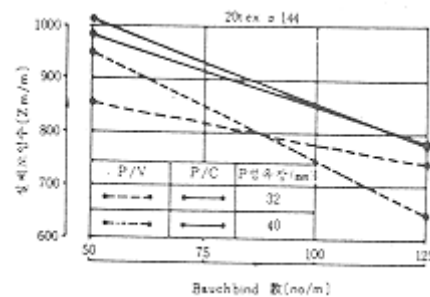
(b) 폴리에스터/면

<그림 5a>에 나타난 P/V 혼방사에서 회귀모형 $Z_m(b_1)$ 은 40mm의 섬유장을 가진 폴리에스터 섬유를 사용했을 때 각 섬유의 비율이 동일한 범위에서 꼬임수는 가장 많았고 32mm 섬유장을 사용했을 때는 폴리에스터 섬유의 비율이 100%일 때 가장 많이 나타났다.

섬유장이 40mm인 폴리에스터 섬유로 방적할 때 혼방섬유의 비율을 변화시킴으로써 Bauchbind수는 $Z_m(b_1)$ 이나 $\Delta E(b_1)$ 으로 표시된다.

그리고 실제 꼬임수와 Bauchbind와의 관계에서 두개씩 나타난 상관직선과 회귀직선은 각각 로터의 회전속도를 고려하지 않고 평가하였다.

회귀직선 $Z_m(n_0)$ 은 <그림 6>에 구체적으로 설명된 바와 같이 직선 3개는 상관계수가 중상을 나타내는 0.66 0.77 사이에 있으나 오직 1개의 직선 즉, 폴리에스터 섬유의 섬유장이 32mm로 방적된 폴리에스터/비스코스 혼방사의 상관계수는 0.34로 낮게 나타났는데 이는 Bauchbind의 수가 적기 때문인 것으로 알려졌다.



<그림 6> 실제 꼬임수와 Bauchbind수와의 관계

3. 결 론

상관분석과 회귀분석에 의해 혼방사의 비강도 변화에 따라 P/V, P/C로 혼방된 20tex 방적사의 물리적 특성에 대한 기준 지수를 유도하였다.

OE 방적사의 예상 단사강도는 등식12에 의해 곡선형으로 나타남을 알 수

있다.

이 곡선과 Bauchbind씨에 의한 링방적사의 굴절된 모형을 비교해 보면 OE 혼방을 할 때 비교적 효율적인 혼섬효과를 가져올 것으로 생각된다.

혼방사를 방적할 때 로터의 회전속도가 빠를수록 장력을 많이 받으므로 이때 단사강도는 높지만 신도는 낮게 나타났다.

또한 강신도곡선에 의한 이론치가 변형시켰을 때 나타난 실제치와 비슷하다는 사실은 위의 내용을 뒷받침해 줄 수 있다.

Bauchbind수와 비례관계에 있는 혼방사의 표면구조는 혼방성분의 비율에 따라 변한다는 사실을 입증하였다. 즉, P/C 혼방시 면섬유의 비율이 높을수록 Bauchbind의 수는 감소하고, P/V 혼방시 혼방성분의 비가 동일한 범위에서는 Bauchbind의 수가 적다는 것이 관찰되었으므로 혼방사의 표면구조는 대략 실제 꼬임수나 꼬임차이에 의해 평가할 수 있다.

끝으로 OE 방적기의 도입으로 인하여 부가가치가 높은 폴리에스터 혼방사의 방적을 가능하게 하였고 또한 로터가 고속으로 회전하여도 혼방사의 방적성을 향상시킬 수 있었다.

(주) Bauchbind : OE 방적시 나타나는 현상으로 섬유가 얽혀져 있는 상태