

링 방적사와 에어젯 방적사에서

꼬임수와 방출번수와의 관계

1. 서언

섬유소재가 처음 등장한 이래로 단섬유 방적사(staple-spun yarn)에서는 꼬임을 통하여 직물로 사용하는데 필요한 강력과 기타 물리적 특성을 부여하였다. 고대에는 고정된 딜리버리 시스템에 대하여 상대적으로 패키지를 회전시켜 꼬임을 주었는데, 이 딜리버리 시스템에서는 이미 완성되어 있는 실로 섬유가닥이 공급되었다. 이 패키지는 권취기능 없이 꼬임을 주기 위하여 회전하게 되고, 그 후 적절히 가연이 이루어지면 실은 패키지에 감기게 되었다.

그 이후로 링 정방이 정방 시스템 가운데 주류를 이루기 시작하였으며, 오토도핑과 슈퍼 드래프트와 같이 효율과 제어측면에서 상당히 발전해 왔다. 그러나 원사패키지를 회전시켜 완전한 1회전에 꼬임을 한 번 준다는 조건 때문에 생산성을 증대시키는 데 커다란 장애요소가 되었다.

오프엔드 정방은 이와 같은 패키지의 회전에 관련된 한계점들을 극복하였지만, 대부분의 상용화된 시스템들은 어느 정도 무거운 로터(rotor)를 회전시키는 방식으로, 이로 인해 경제성과 실용화면에서 생산속도에 한계가 있었다.

셀프트위스트 정방에서는 섬유가닥을 국부적으로 회전시킴으로써 이러한 속도의 한계를 해결하였다. 그러나 이 시스템은 합연사의 방출에 국한되고 있으며, 교호로 위치한 “셀프트위스트”에 실연(true twist)을 주기 위해서는 기존의 링 연사기에 별도의 조치가 요구되고 있다. 더욱이, 최종적으로 방출된 원사에서 꼬임의 변동이 크다는 본질 때문에 편성물과 같은 일부 응용분야에서 사용하는 데는 제한을 받고 있다.

결속사(fascinated yarn)는 이러한 한계점들을 극복한 새로운 구조의 실이다. 결속사의 구조를 보면, 중심부로 섬유들은 어느 정도 평행하게 배열되어 있으며, 이 주위를 소량의 섬유들의 표면을 둘러싸아 결속시키고 있다. 이러한 구조는 기존의 방적사들과 전혀 다른데, 즉, 기존의 방적사에서는 모든 섬유들이 여러 각도로 나선상의 가연과정을 참여하고 있다.

결속사에서 표면의 섬유들이 감싸게 되는 나선각(helix angle)은 상당히 다양하며, 그 범위가 10~80°인 반면에 기존의 방적사에서 나선각은 15~25° 정도이다.

2. 실의 꼬임수 측정

- 원사시료 : 링 방적사와 에어젯 방적사로서 40, 20, 12를 대상으로 하였다.

- 시험기와 시험방법

- 시험기 : 검연기(untwist-twist tester)

(Goodbrand & Co. Ltd)

- 시험횟수 : 원사시료마다 20회 측정

- 시험길이 : 10in

정방 메커니즘의 차이로 인하여 에어젯 방적사와 링 방적사는 전혀 다른 구조를 갖고 있다. 즉, 에어젯 방적사는 오픈엔드 상태에서 실이 형성되는데, 여기에서 모든 섬유들은 평행한 상태로 되어 있지 않다. 이에 따라 꼬임은 정확히 정의하여 설명할 수 없다. 그러므로 해연-가연법으로 정확히 꼬임수의 측정이 수행되어야 한다. 여기에서 해연-가연법에 의한 꼬임수의 측정은 링 방적사와 에어젯 방적사 모두 적용되었다.

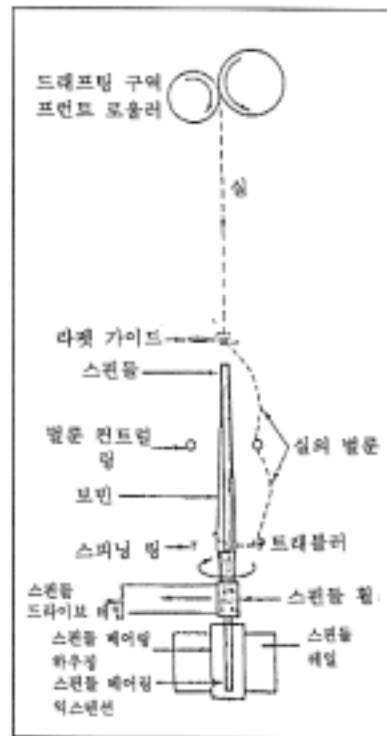
- 시험 데이터 : 이 시험에서 구한 꼬임수에 관한 데이터를 <표 1>과 <표 2>에 나타내었다.

○ 정방공정과 실의 변수가 꼬임수에 미치는 영향 :

- 링 방적사 : 이 실험에서 채용하였던 링 정방기의 단면을 <그림 1>에 제시하였다. 링 정방공정에서는 스핀들과 트래블러를 이용하여 꼬임을 준다. 스핀들은 고속으로 회전하면서 보빈을 구동시키는데, 보빈과 함께 실의 끝도 함께 회전하게 된다. 실은 트래블러를 통해 유도되고, 이로 인하여 트래블러가 링의 원형 트랙 위를 고속으로 회전하게 된다. 이러한 회전운동의 결과로 실에 꼬임이 주어지게 된다. 가연이 이루어졌을 때 스레드 가이드(thread guide)를 통하여 프런트 롤러까지 상승하고, 따라서 좁은 리본상에 필요한 강력을 부여하게 됨으로써 트래블러의 중량 때문에 발생하는 신장을 견디어 내도록 한다. 링 정방기가 가동할 때 성형운동(builder motion)으로부터 링은 수직으로 왕복운동을 하게 된다. 이 운동으로 인하여, 실은 프런트 롤러에서 방출되면서 크로스 와인드 방식으로 보빈에 감기게 되어 보빈상에서는 균일한 원사 패키지가 만들어지게 된다.

꼬임수를 어느 정도로 할 것인가는 사용하고자 하는 용도에 따라 달라지게 된다. 강력이 큰 실을 얻기 위해서는 꼬임을 많이 주어야 하며, 여기에서 꼬임수는 일반적으로 tpi(turns per inch)로 나타내고 있다. 한편, 가해지는 꼬임수는 실의 변수에 따라 결정되는데, 실이 세번수화할수록 변수의 제곱근에 비례하여 더 많은 꼬임이 요구된다.

링 정방공정에서 실에 가해지는 꼬임수는 프런트 롤러에 의해 방출되는 실 1in당 스핀들의 회전수로 산출하여 구한다. 이와 같은 기본식을 사용할 경우에 꼬임수는 트래블러의 회전수가 되기 때문에 약간의 오차가 있을 수 있다. 이에 따라 계산에 의해 꼬임수와 실제 꼬임수에는 약간의 차이가 발생한다<표 3>.



<그림 1> 링 정방기의 단면

<표 1> 링 방적사의 꼬임수

(20in당 꼬임수)

No	Ne 40	Ne 20	Ne 12
1	288	259	141
2	328	138	175
3	252	178	208
4	325	131	188
5	348	138	225
6	263	137	193
7	283	156	156
8	297	112	177
9	306	155	162
10	311	134	203
11	411	121	162
12	462	181	160
13	429	152	165
14	415	141	172
15	318	145	228
16	305	122	208
17	266	156	204
18	304	168	136
19	352	131	203
20	304	132	177
평균	328.35	149.35	182.15
TPI	16.42	7.47	9.11

<표 2> 에어젯 방적사의 꼬임수

(20in당 꼬임수)

No	Ne 40	Ne 20	Ne 12
1	471	353	241
2	521	307	254
3	495	332	270
4	588	296	272
5	405	303	266
6	436	360	273
7	440	330	252
8	469	373	283
9	460	329	252
10	542	367	229
11	405	343	241
12	406	322	272
13	450	303	269
14	435	307	242
15	423	331	241
16	413	338	279
17	520	315	227
18	504	328	251
19	465	332	236
20	422	340	241
평균	463.50	330.45	254.55
TPI	23.18	16.25	12.73

<표 3> 링 방적사의 계산 꼬임수와 실제 꼬임수

번수	계산 꼬임수 (twists/in)	실제 꼬임수 (twists/in)
Ne 40	23.34	23.18
Ne 20	16.97	16.52
Ne 12	13.02	12.73

3. 에어젯 정방

에어젯 정방의 가연구역에서 가연속도는 실의 회전속도에 의해 결정된다. 가연속도가 높을 경우에는 대개 실의 회전으로 인하여 별루닝이 발생하기에 충분하다. 동력학적 정방시스템에서 실은 두 방향에서 회전하는데, 즉 별루닝과 축방향의 회전이다. 에어젯으로 가연할 경우에 실은 일련의 공기류에 의해 회전하는데, 여기에서 실의 별루닝은 꼬임을 제어해주는 결정적인 인자가 되지만, 가연구역에서의 꼬임수는 축방향의 회전에 의해 변경할 수도 있다.

트윈 젯 가연(twin jet twisting)방식에서는, 첫번째 젯에 의해 가연(false twist)이 이루어지고, 이 젯을 통과하면서 해연되기 시작한다. 그리고 이후 계속해서 두번째 젯에 의하여 반대방향으로 가연이 이루어지게 된다. 비록 대부분의 섬유들은 꼬임을 받게 되지만, 이들 꼬임 가운데 일부는 실연이 아니다. 이렇게 방출된 실의 형태는 합연사와 비슷해진다. 더군다나, 에어젯 정방은 가연 메커니즘의 원리에 입각하여 작용하기 때문에 링 방적사와 같이 꼬임수를 임의로 조절하는 것은 불가능하다.

4. 결과

<그림 2> ~ <그림 7>에서는 각각의 실에 대해 20회씩 꼬임수를 측정한 결과치들을 보여주고 있다. 원사시료 1in당의 평균 꼬임수는 <그림 8>을 보면

실의 변수가 증가할수록 꼬임수도 증가하고 있는 것이 분명해 진다. 즉, 링 방적사에서는 꼬임수와 실의 변수 사이에 직접적이거나 적어도 대략적으로는 선형의 관계를 보이고 있다. 이러한 관계는 실의 방출과정에서 프런트 로울러의 속도를 높이거나 낮춤으로써 소정의 꼬임수를 임의대로 선정할 수 있다는 사실로 설명될 수 있다. 로울러의 딜리버리 속도를 높이면, 실에 가해지는 꼬임수는 적어지게 되고, 딜리버리 속도를 떨어뜨리면 반대로 꼬임수는 많아지게 된다.

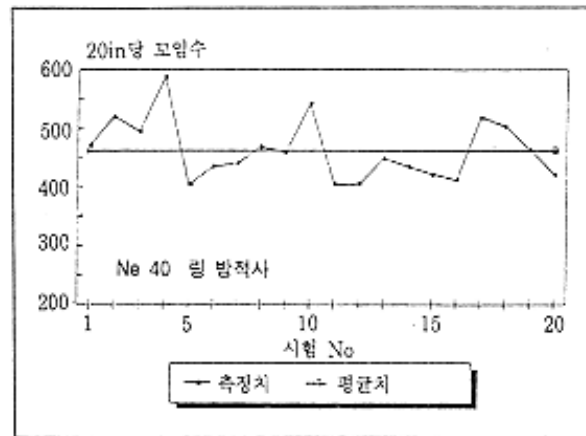
한편, 이러한 경향으로 볼 때, 보다 세번수 쪽으로 방출하기 위해서는 꼬임수를 증가시켜야 된다는 것을 알 수 있다. 그러나 시험결과에 의하면, 에어젯 방적사에서는 꼬임수와 실의 변수 사이에 선형의 관계가 거의 없다는 것을 보여주었다. 즉, 기존의 링 방적사와 비교하여 에어젯 방적사에서는 섬유들이 꼬임을 거의 받지 않고 대부분이 둘러싸여 있다. 트윈 젯 시스템의 경우에 가연작용의 원리로 인하여 결과적으로 에어젯 방적사에서 측정된 꼬임수는 링 방적사보다 훨씬 적었다. 따라서, 이러한 꼬임수는 기존의 링 방적사와 같이 체인지 기어를 이용하여 직접적으로 조절할 수 없으며, 단지 여러 차례의 시험운전을 통하여 조절해야 한다.

그 밖에도, 에어젯 방적사는 <표 4>와 <그림 9>에서 보는 바와 같이 꼬임 변동계수(CV%)가 기존의 방적사보다 훨씬 크게 나타났다. 이는 에어젯 방적사의 실질적인 문제점이 되고 있는데, 이 경우에는 꼬임수의 분포는 전형적인 정방공정에서도 볼 수 있는 결과들이다. 즉, 섬유가닥에 가연이 주어질 때 단지 극소수의 섬유들만이 실연을 갖고 실의 중심부 주위를 실질적으로 둘러싸게 된다.

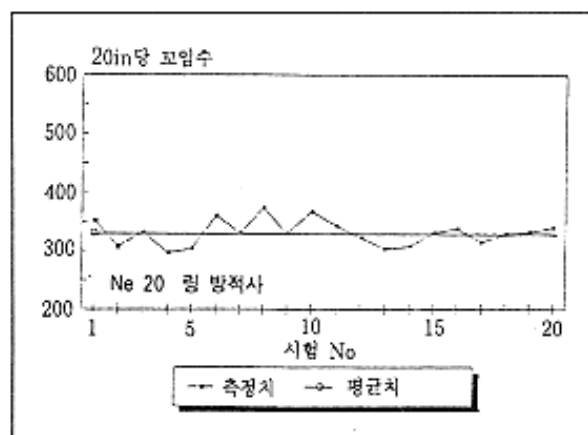
가연의 유효성과 이에 따른 꼬임수의 분포는 제어하기가 어렵고, 따라서 기존의 방적사보다 실질적으로 꼬임수 변동계수(CV%)가 훨씬 커지게 되는

원인이 되고 있다.

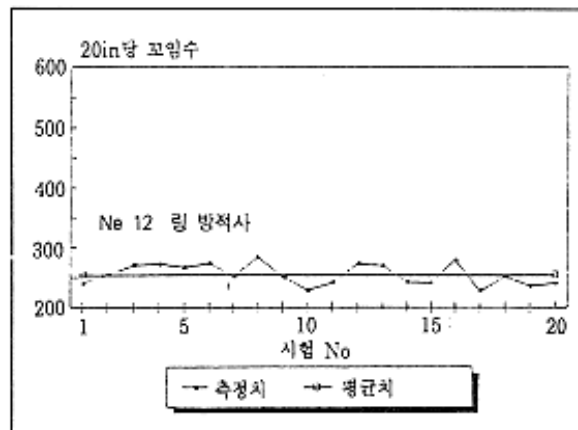
비록, 에어젯 정방이 얼마나 널리 사용될지에 관하여 언급하기에는 아직 이른 감이 있지만, 분명한 것은 가연효율을 향상시키기 위해서는 더욱 많은 연구가 필요하다는 점이다. 즉, 이는 방출되는 실의 선형속도를 향상시키기 위하여 추구해야 되며, 실의장력에 영향을 받게 된다.



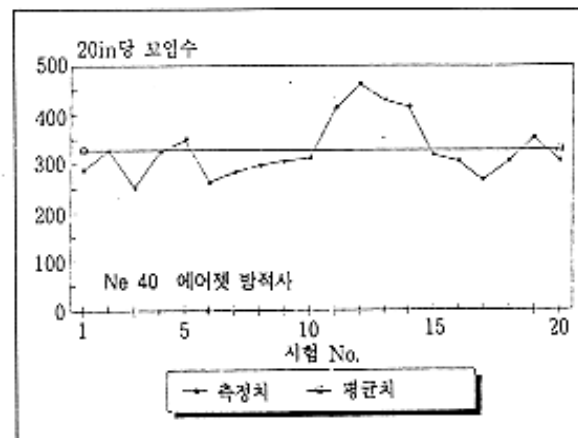
<그림 2> Ne 40 링 방적사의 꼬임수



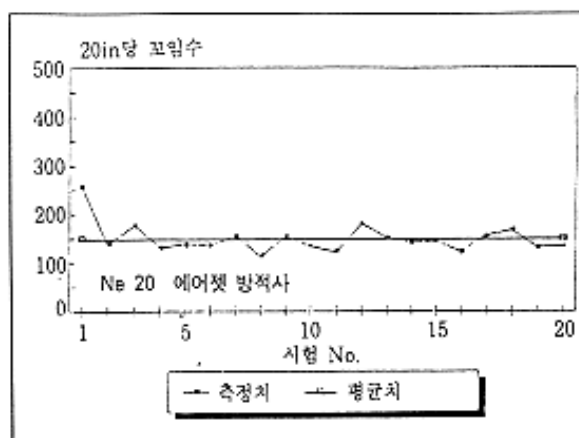
<그림 3> Ne 20 링 방적사의 꼬임수



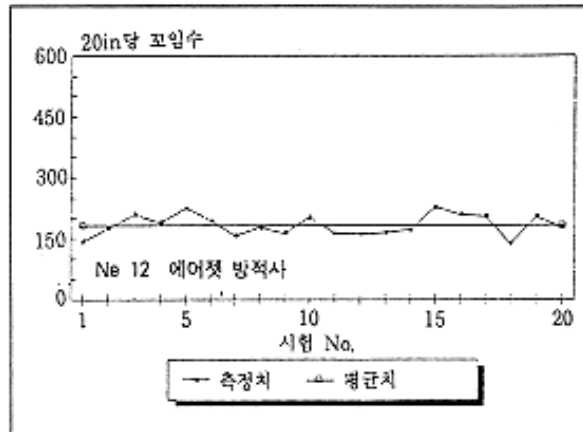
<그림 4> Ne 12 링 방적사의 꼬임수



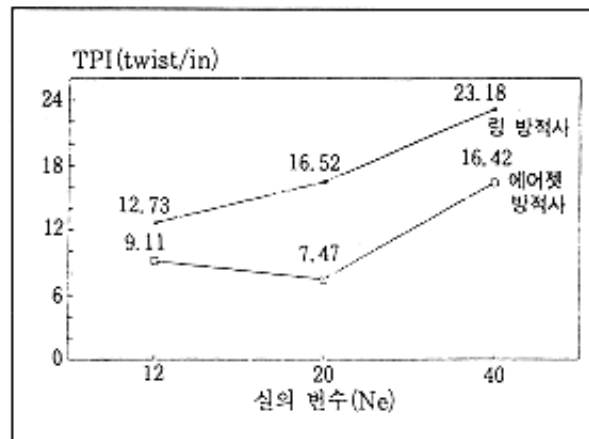
<그림 5> Ne 40 에어젯 방적사의 꼬임수



<그림 6> Ne 20 에어젯 방적사의 꼬임수



<그림 7> Ne 12 에어젯 방적사의 꼬임수



<그림 8> 꼬임수와 실의 변수와의 관계

5. 토의 및 검토

결속사의 한 가지 중요한 특성은 굽힘강연성(bending stiffness)이 다른 방적사들보다 훨씬 높다는 것이다. 이는 실의 구조상 굽힘과정에서 실을 구성하고 있는 섬유들이 서로 상대적으로 이동하게 된다는 것으로 설명될 수 있다. 이러한 상대적인 운동량은 꼬임수에 따라 결정된다. 즉, 꼬임이 많을수록 섬유의 상대운동량은 적어지게 된다. 결속사를 구성하는 섬유들은 대부분이 평행하게 즉, 국부적으로 꼬임이 매우 적는데 이는 다시 말하여 굽힘강연성이

매우 높다는 것을 의미한다.

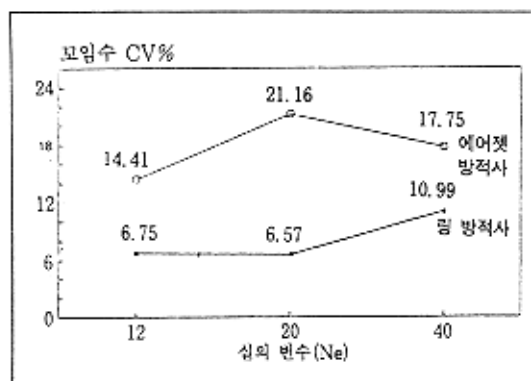
결속사에서 가능한 굵힘강연성과 세번수를 적절히 조화시켜 응용한다면, 섬유의 특성이 양호한 박지직물을 개발할 수 있는 가능성이 있다.

한편으로, 실의 중심부에 있는 꼬임은 실의 강력에 기여하게 된다. 그러나 중심부에서의 꼬임이 래핑(wrapping)에서의 꼬임과 반대방향으로 있다는 것 이외에 그 꼬임은 일반적으로 적으면서 불규칙하다. 이로 인하여 에어젯 방적사의 강력은 어느 정도 링 방적사보다 떨어지고 있다

그 밖에 실의 구조가 인장특성에 미치는 영향에 대해서는 추후 언급하기로 한다.

<표4> 실의 변수, 꼬임수(tpi) 및 꼬임수 변동계수(CV%) 사이의 관계

변 수	링 방적사		에어젯 방적사	
	꼬임수 (twists/in)	CV%	꼬임수 (twists/in)	CV%
Ne 40	12.74	6.75	9.11	14.41
Ne 20	16.52	6.57	7.47	21.16
Ne 12	23.18	10.99	16.42	17.75



<그림 9> 꼬임수 변동계수와 실의 변수와의 관계