

Oxi-PAN Staple Fiber 의 방적성에 관한 연구

이유근, 박종규*, 강태진

서울대학교 재료공학부, * 국방과학연구소

A Study on the Spinnability of Oxi-PAN Staple Fiber

Yu Geun Lee, Jong Kyoo Park* and Tae Jin Kang

Schools of Materials Science and Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea

*Agency for Defense Development, Taejeon, Korea

1. 서 론

Oxi-PAN(Oxidized PAN, Oxi-PAN)섬유는 PAN 섬유를 1-2°C/min 정도의 승온 속도로 180-300°C 정도의 저온, 산화 분위기에서 인장력을 가한 상태로 열처리하여 얻는 섬유이며, 이 열처리 과정에서 PAN 섬유의 분자쇄에서는 Cyclization, Dehydrogenation 및 산화 반응이 일어나게 된다. 이렇게 제조된 Oxi-PAN 섬유는 탄소섬유의 프리커서(Precursor)로 사용되기도 하고 또한 열안정성이 뛰어나 내염화섬유 용으로 사용되기도 한다. 이때 방적사를 이용한 탄소직물이 필라멘트를 이용한 것보다 약 30% 정도 우수한 저열전도도 특성을 나타내며 내열 복합재의 강화재로 사용되었을 때 우수한 물성을 나타낸다.

Oxi-PAN 섬유에 방적성을 부여하기 위해서는 Crimping, Cutting, Opening, Carding, Doubling, Gilling, Drawing, Twisting 등의 작업이 이루어져야 한다. 특히 Oxi-PAN 섬유는 열처리 과정에서 강력이 크게 저하되며 따라서 Carding 공정에서의 절단현상이 면, 모, 합성섬유 등에 비해 많이 발생하므로 방적성이 좋지 않다고 알려져 있다.

합성섬유의 방적에는 면방식과 모방식이 있는데 Oxi-PAN 섬유의 특성상 모방식이 적합하며 그중에서도 소모방용 링정방기를 이용하는 것이 가장 적합하다. 링정방기로 제조할 때 방적사의 물성은 기본적으로 조사의 상태에 의해 가장 크게 좌우되며, 연신율을 가하는 꼬임수, 롤러들의 위치와 간격, 표면의 상태, 연신율, 링의 지름, Spindle의 속도, Traveler의 질량, 형태 등 매우 다양하고 복잡한 인자들에 의해 결정된다. Oxi-PAN 섬유의 물리적 성질은 흔히 방적되는 면, 모 등과 크게 다르므로 Oxi-PAN 섬유에 적합한 공정변수를 찾기 위해 링 정방기의 다양한 공정변수들을 적용하여야 한다.

본 연구에서는 방적사의 품질을 좌우하는 중요한 물리적 성질인 강력, 불균제도 및 Hairiness를 주요 공정변수인 꼬임수, Roller gauge, Spindle speed를 바꾸어 가면서 측정하였다.

2. 실험

2.1 시료

본 실험에서 사용된 Oxi-PAN섬유는 미국 Z사에서 제조한 Oxi-PAN Staple Fiber로 2.1denier이며 섬유장은 4inch이다. Bale상태로 들여온 것을 국내 업체에서 Opening, Carding, Gilling, Roving과정을 거쳐 생산된 1.3g/m의 조사를 가지고 방적하였다. 조사상태에서의 Oxi-PAN섬유는 전공정을 거치면서 이미 상당한 절단이 일어난 상태이다.

2.2 링 정방

드래프트부에서는 2선식 드래프트 시스템을 이용하였다. 슬라이버가 아닌 조사이고 또 조사에 꼬임이 적기 때문에 Break draft의 필요성이 적다. 또한 2선식 draft 시스템으로 공정변수를 제한할 수 있다.

2.3 공정 조건

조사의 선밀도가 1.3g/m로 고정되어 있는 상태에서 5수로 방적하기 위해 Draft Ratio는 13으로 고정하고 2개의 추에서 각각 실험하였다.

꼬임수의 경우 다른 조건을 모두 고정시킨 상태에서 Twist Multiplier를 기준으로 2.8-5.9사이 9가지 Twist Multiplier로 방적하였다. Spindle speed는 2680-6340 RPM 사이에 7가지 RPM으로 방적하였다. Roller Gauge는 방적이 가능한 최소거리인 100mm에서 120mm까지 5mm간격으로 5가지 Roller gauge로 방적한 후 강력 및 unevenness를 각각 측정하였다.

2.4 물성 시험

Oxi-PAN섬유의 섬유장은 직접법에 의하여 측정하였다. Oxi-PAN 방적사의 단사 강력은 Uster method(파지거리:500mm,속도:5000mm/min)에 따라 Uster tensorapid3를 이용하여 측정하였다. Unevenness 및 Hairiness는 Uster Method에 따라 Uster Tester3를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 꼬임수

방적사의 강도는 섬유자체의 강력과 섬유상호간의 마찰력에 의해 지배된다. Oxi-PAN 스테이플 섬유의 강력은 면, 모, 합성섬유등의 Staple Fiber에 비교할 때 상당히 낮은 편이다. 따라서 최대 강력을 주는 꼬임수를 찾는 것이 더욱 중요하다. 본 실험에서는 Draft Ratio 13, Spindle speed 5000 RPM, Roller gauge 120mm로 고정하고 Twist Multiplier를 2.8-5.9까지 높여가며 방적하였다. 이때의 방적사의 강력 및 U%는 각각 Figure 1, 2와 같다. 강력의 경우 전형적인 꼬임과 강력사이의 관계를 보여주고 있으며 Twist Multiplier가 약 3.6 전후 일 때 최대강력을 주는 포화꼬임

(Saturated Twist)임을 알 수 있다. Oxi-PAN섬유는 다른 섬유들에 비해 강력이 상당히 약하므로 다른 물리적성질에 우선하여 강력을 고려하여야 하며 따라서 포화꼬임에 이르기까지 꼬임을 주어야 할 것이다. unevenness의 경우 Twist Multiplier가 커짐에 따라 역시 증가하는 경향을 보인다.

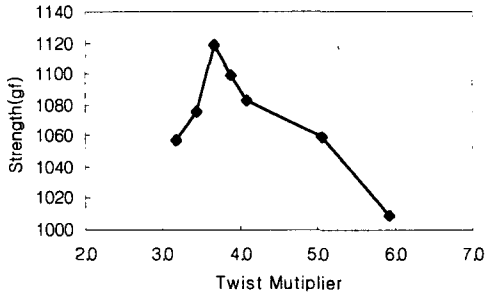


Figure 1. The change of Yarn strength with TM

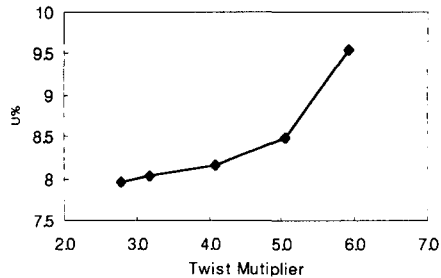


Figure 2. The change of unevenness with TM

3.2 Roller gauge

일반적으로 Roller gauge는 최대 섬유장보다 좀더 넓게 취해야 한다. 드래프트 이론에 의하면 Front Roller와 Back Roller사이의 거리가 멀어지면 부유섬유의 수가 많아지게 되며 그 외에 고속섬유 수와 저속섬유수가 같은 점이 점점 Front Roller의 파괴점에서 멀어지고 뒤쪽에 가깝게 되어 결국 드래프트 불균체가 커지게 된다고 한다. 본 실험에서는 Draft ratio 13, Twist Multiplier 3.2, Spindle RPM 5080으로 고정시켜 놓고 Roller gauge를 100, 105, 110, 115, 120mm로 넓혀가며 방적하였다. 이때의 강력과 unevenness는 Figure 3,4와 같다. 100mm일때는 Roller gauge가 Cutting시의 섬유장보다 짧지만 Carding시 상당수의 섬유에 절단이 일어난 상태이므로 방적이 가능하다. Roller gauge 100mm에서의 Front Roller와 Back Roller에 동시에 파괴된 섬유에서 절단이 일어나므로 강력이 저하되어야 하나 이때 꼬임이 더 많이 들어가게 되어 오히려 강력이 높게 나왔다. 또한 동시에 파괴되는 섬유들이 존재하므로 Draft가 불균일하여 unevenness가 높게 나왔다. 99mm이하에서는 방적이 제대로 이루어지지 않았다. 섬유장의 분포와 비교하여보면 최적의 Roller gauge를 밝혀낼 수 있을 것이다.

3.3 Spindle speed

Draft ratio 13, Twist Multiplier 3.2, Roller gauge 120mm으로 고정시켜놓고 Spindle RPM을 2680-6340으로 증가시키면서 방적하였다. 그때의 강력과 unevenness는 Figure 5,6 와 같다. Spindle RPM의 증가는 강력에 거의 영향을 미치지 않는다. 반면 unevenness는 Spindle speed가 증가할 때 커지는 경향을 보인다.

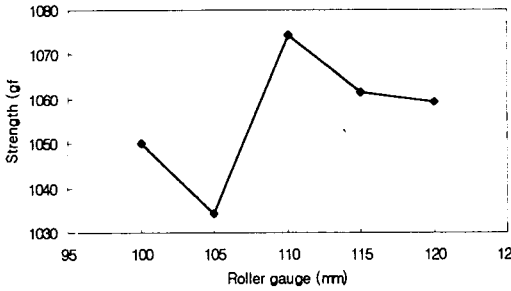


Figure 3. The change of strength with Roller gauge

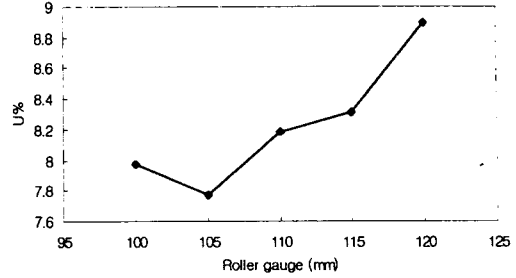


Figure 4. The change of U% with Roller gauge

Hairiness의 경우는 점차 낮아지다가 다시 커지는 곡선을 보인다. Spindle speed가 증가하면 Roller에서의 Slippage가 증가하게 되며 이것이 unevenness 증가의 가장 큰 원인으로 생각된다. 또한 방적사와 가이드, Traveler와의 마찰, 링과 Traveler사이의 마찰로 인한 장력증가로 인해 Hairiness 및 Unevenness가 증가하게 되며 결국 이것이 사절로도 이어질 수 있다.

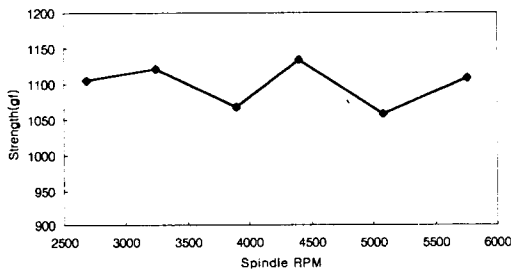


Figure 5. The change of strength with spindle RPM

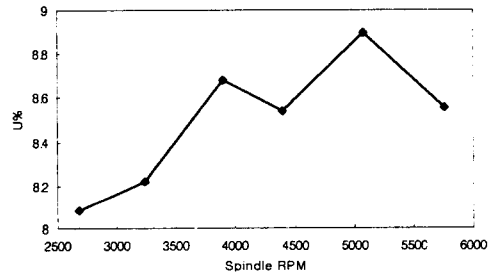


Figure 6. The change of unevenness with spindle RPM

4. 결론

Oxi-PAN섬유는 면, 모, 합성섬유등의 Staple Fiber들에 비해 강력이 떨어지므로 방적사의 강력을 높이기 위해서 방적시 최대의 강력을 나타내는 Twist Multiplier 3.6 정도의 꼬임의 주어야 한다. 또한 Oxi-PAN 섬유는 강력이 약하여 전방공정에서 Staple Fiber의 절단이 많이 일어나므로 Roller gauge를 설정할 때 조사속의 Staple Fiber의 절단정도를 고려하여야 한다.

5. 참고문헌

- 1) Dan J. McCreight, Ralph W. Feil, James H. Booterbaugh and Everett E. Backe, "Short Staple Yarn Manufacturing", Carolina Academic Press (1997)
- 2) 양철곤, "모사방적", 교학연구사 (1995)
- 3) 이재곤, 장석윤, "방적공학", 동명사 (1977)
- 4) Eric Oxtoby, "Spun Yarn Technology", Butterworths (1987)