

## 공정 조건에 따른 이성분 복합사의 인장 특성

허 유\*, 양희원<sup>1</sup>, 김형진<sup>1</sup>, Chen Y. Zhu<sup>2</sup>

\*경희대학교 기계·산업시스템공학부, <sup>1</sup>경희대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup>절강이공대학교 섬유·재료 공학

## Tensile Property of Compound Yarns by Process Conditions

\*You Huh, Hee W. Yang<sup>1</sup>, Hyung J. Kim<sup>1</sup>, and Chen Y. Zhu<sup>2</sup>

\*Faculty of Mechanical and Industrial Systems Engineering, KyungHee University, Yongin, Korea

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Graduate School, KyungHee University, Yongin, Korea

<sup>2</sup>College of Textile and Material Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, 310018, China

### 1. 서론

이성분 복합사중 코어 방적사는 이미 만들어진 필라멘트를 중심사로 하여 그 겉면을 새로운 스테이플로 감싸는 2층 구조사를 의미한다. 일반적으로 코어 방적사는 대부분 마찰 정방을 이용하여 생산되는데 이러한 마찰 방적사는 강도가 낮고 사 내부구조가 불규칙적이며 공정 조건에 대하여 민감하다는 단점이 있었다. 반면, 코어 방적사를 생산하는 방법 중 링 정방을 이용한 방적법은 필라멘트와 스테이플 섬유를 front roller의 nip point에서 만나도록 하여 가연구간에서 두 성분은 꼬임을 주는 것으로 기술 축적도가 높고 생산된 제품의 품질이 우수하여 고기능성 코어 방적사의 생산에 적합하다[1~3]. 하지만 양질의 코어 방적사를 생산하기 위한 링 정방법 연구에서 코어 방적사의 core-sheath의 구조가 링 정방 코어 방적사의 기계적 물성에 미치는 영향에 대한 것은 많은 연구에도 불구하고 잘 알려져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 현재 산업용 소재로 많이 사용되는 Aramid, 고강도 PET, Basalt 필라멘트를 이용하여 코어 방적사를 생산하여, 코어 방적사에서 중량비와 연계수에 따른 인장 특성을 확인해 보았다.

### 2. 시스템 구성 및 실험

#### 2.1. 실험장치

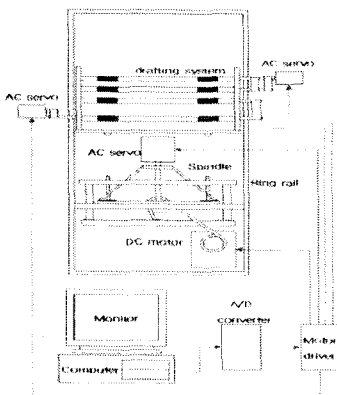


Fig.1 Schematic configuration of ring spinning system

양산에 이용되는 링 정방기는 공정 조건이 대량 생산에 맞추어져 있어 공정 조건을 용이하게 변화시키기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 코어 방적사의 생산에 있어서 공정 조건의 변화에 따른 결과를 용이하게 비교, 확인하기 위하여 Fig.1과 같은 링 정방 시뮬레이터를 제작하였다. 드래프트 시스템에서 각 실린더는 기계적인 링크 대신 AC servo에 의해 독자적으로 동작할 수 있도록 하였으며, Spindle 역시 다른 AC servo로서 독립적으로 동작 되도록 하여 드래프트 비, 꼬임수, 그리고 생산속도의 조절이 컴퓨터에 의하여 용이하게 이루어 질 수 있도록 설계 하였다.

#### 2.2. 시료 준비

##### 2.2.1 원료

본 연구에서는 고강도를 유지하면서 축감이 우수한 코어 방적사를 생산하고자 코어 방적사의 겉면을 싸는 스테이플로써 면(cotton)을, 코어 필라멘트으로써는 고강도 PET, Aramid, Basalt 필라멘트를 사용

하였다. 면 로빙(roving)은 1,500tex를 사용하였으며, 코어 필라멘트 고강도 PET, 아라미드는 27.8tex와 22.2tex를 사용하였다. 하지만 Basalt 섬유는 직경은  $12\mu\text{m}$ 이나 비중이 2.7로써 높아 100tex를 사용하였다. Table 1은 본 연구에서 사용된 재료의 사양을 나타낸다.

Table 1 Material used for experiments

Material	Sheath material	Core-material		
	Cotton roving	Aramid filament	PET filament	Basalt filament
Thickness(tex)	1,500	22.2	27.8	100

### 2.2.2 시료 생산

본 연구에서는 일정한 꼬임(410 T.P.M)에서 코어 중심사와 sheath-staple의 중량비를 변화시켜가며 중량비 변화에 따른 코어 방적사의 인장 특성을 확인하고자 하였다. 또한 일정 중량비(core:sheath=1:2)의 코어 방적사를 연계수를 변화시켜가며 생산하여 연계수가 코어 방적사에 미치는 영향력을 확인하여 인장 특성의 거동 변화를 확인하고자 하였다. Table 2는 중량비의 변동에 따른 코어 방적사의 생산 조건과 코어 방적사의 연계수에 따른 실험 조건을 나타내며, Table 3은 코어 방적사 생산에 사용된 정방 조건을 나타낸다.

Table 2 Manufacturing condition of core-spun yarn to weight ratio and T.M<sub>(tex)</sub>

Material	Aramid filament	Aramid filament core-spun yarn									
Weight ratio (core : sheath)	1:0	1:2		1:4		1:6		1:8		1:10	
Thickness(tex)	22.2	66.6		111		155.4		199.8		244.2	
T.M <sub>(tex)</sub>	410 T.P.M	2326	2652	2995	3326	3672	410 T.P.M	410 T.P.M	410 T.P.M	410 T.P.M	
Material	PET filament	PET filament core-spun yarn									
Weight ratio (core : sheath)	1:0	1:2		1:4		1:6		1:8		1:10	
Thickness(tex)	27.8	80.1		139		194.6		250.2		305.8	
T.M <sub>(tex)</sub>	410 T.P.M	2922	3333	3744	4155	4561	410 T.P.M	410 T.P.M	410 T.P.M	410 T.P.M	
Material	Basalt filament	Basalt filament core-spun yarn									
Weight ratio (core : sheath)	1:0	1:0.5		1:1		1:1.5		1:2			
Thickness(tex)	100	150		200		250		300			
T.M <sub>(tex)</sub>	410 T.P.M	4243	5283	6408	7448	8487	410 T.P.M	410 T.P.M	410 T.P.M		

Table 3 Spinning condition

Ring diameter	Traveler weight	Draft ratio	Range of twist
50mm	0.3cN	5 ~ 35	250 ~ 500 T.P.M

### 2.2.3 인장 시험법

생산된 시료는 KS규격 KS K 0409:2006 "실의 인장강도 및 신도 시험 방법", KS K 0412:2005 "필라멘트사의 강도 및 신도 시험 방법"에 따라 인장 시험을 실시하였으며, 인장강도, 비강도, 인장 신도의 값은 각각 20번의 시험 결과를 평균하여 인장 결과값을 구하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 중량비에 따른 인장 특성

Fig. 2는 코어 방적사의 중량비에 대한 인장강도와 비강도의 결과를 나타낸다. 결과에 따르면, Aramid 코어 방적사와 PET 코어 방적사는 중량비가 증가할수록 인장 강도가 증가하는 반면, 낮은 중량비(core:sheath=1:0.5)에서 Basalt 코어 방적사의 인장 강도는 순수 Basalt 필라멘트에 비해 급격하게 떨어지다가 중량비(core:sheath=1:1)이상에서 표면섬유의 양이 증가할수록 Basalt 코어 방적사의 인장 강도는 점차 증가함을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 중심사의 종류에 따라 코어 : 표면 중량비가 코어 방적사의 역학적 성질에 영향을 미치는 영향이 다르게 작용한다는 것을 의미한다. 또한 중량비의 증가에 따라 각 코어 방적사의 비강도는 점차 감소하는데, 이는 중량비가 증가함에 따라 중심사가 코어 방적사의 강도에 미치는 영향이 점차 감소하고 강도가 낮은 표면섬유의 영향력이 점차 증가한다는 것을 의미한다.

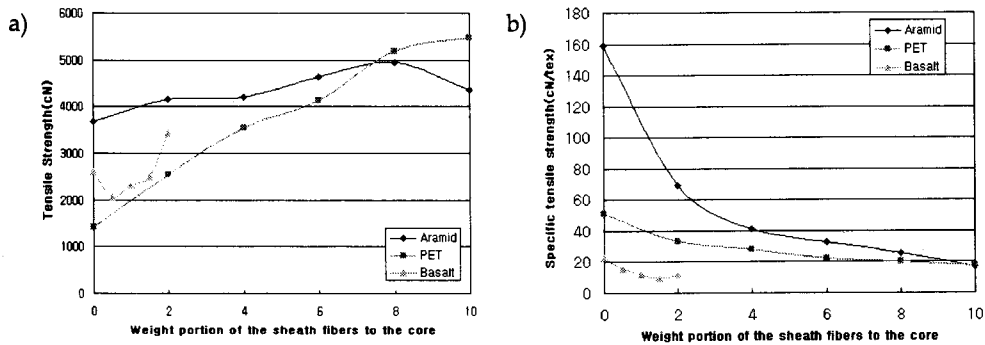


Fig. 2 Tensile properties of core-spun yarn according to various weight ratios ( a ) Tensile strength, b) Tenacities of core-spun yarns to weight ratio of the sheath to the core (twist : 410 T.P.M) )

#### 3.2 연계수에 따른 인장 특성

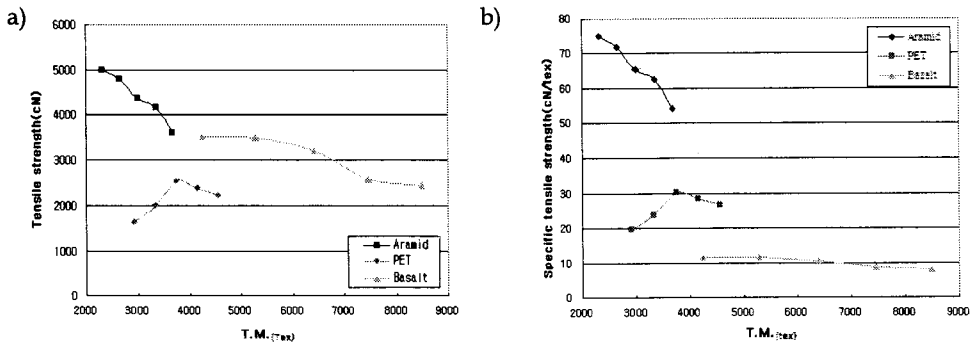


Fig. 3 Tensile properties of core-spun yarn according to various  $T.M._{(tex)}$  ( a ) Tensile strength b) Tenacities (core:sheath=1:2) )

Fig. 3은 연계수에 따른 코어 방적사의 인장 강도와 비강도를 나타낸다. 결과에 따르면, 코어 필라멘트를 이용하여 코어 방적사를 생산할 경우, Basalt 필라멘트 코어 방적사와 Aramid 필라멘트 코어 방적사는 연계수가 증가할수록 인장 강도가 단순히 감소하는 반면, 고강도 PET 필라멘트 코어 방적사는

강도는 가장 낮으나 연계수가 증가함에 따라 인장 강도가 증가하여, 약 4,000  $TM_{tex}$ 에서 최고 인장 강도를 나타내고,  $TM$ 을 더 증가시키면 인장 강도가 다시 감소하였다. 이는 Aramid 섬유나 Basalt 섬유 같이 어느 정도 취성이 있는 재료는 꼬임이 증가할수록 재료가 훼손되어 인장 강도가 감소하는 반면, 연성이 좋은 고강도 PET 섬유는 적절한 꼬임을 부여받을 경우, 최대 인장 강도를 갖는다고 판단되어진다.(Fig. 3 a).

연계수에 따른 각 코어 방적사의 비강도 결과에 따르면, Aramid 필라멘트 코어 방적사는 가장 높은 비강도를 갖고 있지만, 꼬임이 증가할수록 급격하게 감소하며, 고강도 PET 필라멘트 코어 방적사는 인장 강도의 경우와 마찬가지로 연계수 약 4,000  $TM_{tex}$ 에서 최고의 비강도 값을 나타내었다. 반면 Basalt 필라멘트 코어 방적사는 꼬임의 증감에 상관없이 거의 일정한 비강도를 유지하였다. 이는 취성의 성질을 갖는 Basalt 중심사가 꼬임에 관계없이 전체적인 코어 방적사의 인장 강도에 일정하게 영향을 미친다고 판단되어진다.(Fig. 3 b)

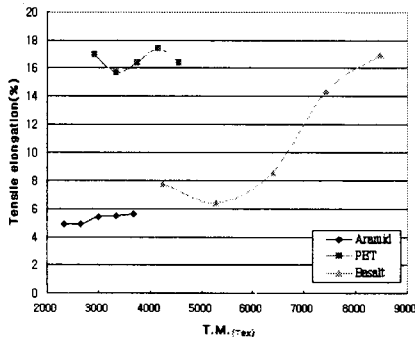


Fig. 4 Elongation of core-spun yarn according to various  $T.M_{(tex)}$  (core:sheath=1:2)

Fig. 4는 연계수의 변화에 따른 코어 방적사의 인장 신도 결과를 나타낸다. 결과에 따르면, 고강도 PET 코어 방적사가 가장 크게 나타났으며, Aramid 코어 방적사가 가장 낮았다. Basalt 코어 방적사는 중간에 놓여져 있으며, 유기 화합물을 코어사로 사용한 Aramid 코어 방적사나 고강도 PET 코어 방적사는 꼬임의 증감에 관계없이 인장 신도의 변동이 크게 발생하지 않았지만, Basalt 코어 방적사는 꼬임에 영향을 많이 받는 것을 확인 하였다.

Basalt 코어 방적사의 신도는 꼬임이 증가함에 따라 대체로 증가하는 거동을 보인다. 이는 코어사를 감싸는 sheath-staple의 영향이 코어 방적사의 신도에 크게 작용한다고 판단되어진다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 링 정방 시뮬레이터를 이용하여 코어 방적사를 생산하고, 각 공정 조건에 따른 인장 특성에 대해 살펴보았다. 그 결과, 각 코어 필라멘트의 재료에 따른 중량비와 연계수에 대한 인장 특성은 서로 다른 경향을 보이는 것을 확인하였다. 즉, Aramid와 Basalt와 같이 고강성이나 취성이 있는 재료를 중심사로 하여 코어 방적사 생산 시 연계수 증가에 의해 인장 강도가 감소하였고 신축성이 있는 PET는 일정 꼬임에서 최고 강도를 갖는 것을 확인하였다. 또한 동일 꼬임수에서 중량비가 증가할수록 코어 방적사의 비강도는 감소함을 확인하였다. 인장 신도는 Aramid, 고강도 PET 코어 방적사는 꼬임의 증감에 관계없이 인장 신도의 변동이 크게 발생하지 않았지만, Basalt 코어 방적사는 꼬임에 영향을 많이 받는 것을 확인 하였으며, 이는 sheath-staple의 영향이 코어 방적사의 신도에 크게 작용한다는 것을 확인하였다.

#### REFERENCE

1. J. K. Lee, "A Study on the Core-Spun Yarn", J. Korean Soc., 13(2), 36-41, (1976)
2. S. K. Suk, E. S. Lee, J. R. Lee, J. K. Lee, "A Study on the Physical Properties of the Core-Spun Yarn" J. Korean Fiber Soc., 15(1), 23-31 (1978).
3. G. M. Abbott, "Force-Extension Behavior of Helically Wrapped Elastic Core Yarns", J. Text. Inst., 54, pp.204-223 (1984)