

〈研究論文(學術)〉

핀·디스크·벨트 가연 시스템에서 제조된 DTY 복합사의 물성에 관한 연구

¹김승진·이종걸·박경순

영남대학교 섬유패션학부
(2004. 4. 6. 접수/2004. 5. 21. 채택)

A Study on the Physical Properties of DTY Composite Yarns Manufactured by Pin, Disk and Belt Texturing Systems

¹Seung Jin Kim, Jong Gul Lee, and Kyung Soon Park

School of Textiles, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea
(Received April 6, 2004/Accepted May 21, 2004)

Abstract—This study surveys the physical properties of DTY composite yarns manufactured by pin, disk and belt texturing systems. For this purpose, 208d/36f POY PET and 40d/12f high shrinkable PET filaments are prepared for specimens. The composite yarns are manufactured with this texturized POY and high shrinkable PET filament using the pin, disk and belt type texturing machines. While the processing conditions of the pin and disk types texturing machines were fixed, those of a belt type texturing machine were varied with over feed to compare and analyze with the yarn physical properties of pin and disk type composite yarns.

Keywords : DTY composite yarns, pin, disk, belt, over feed, POY, high shrinkable filament

1. 서 론

텍스처링(texturing) 가공은 합성 필라멘트사에 인위적으로 크립프를 주어 천연섬유와 같은 걸보기 효과를 갖게 하며 동시에 신축성과 bulky성을 부여하는데 그 목적이 있다. 일반적으로 합성섬유는 열가소성(thermoplastic) 섬유이므로 열을 이용하여 그 특성을 변화시킬 수 있다. 그런데 현재까지 기업에서 사용하는 텍스처링 絲 제조기구는 핀(pin), 디스크(disk) 그리고 벨트(belt) 등 3가지로 대별된다. pin type의 가공사는 belt와 disk type에 비해 생산성은 떨어지는 반면에 고품질의 사를 얻을 수 있다. 그리고 belt type의 가공사는 pin type보다 강신도 및 絲의 품질이 떨어지고 disk type 정도의 균일한 絲를 얻을 수 있어서 전망이 매

우 밝다. pin 스핀들은 스핀들의 회전에 의해 스핀들의 상부와 하부에서 서로 역방향의 꼬임이 생기는 원리를 응용한 가공법으로, 회전하고 있는 스핀들 또는 유사한 가연기에 絲를 통과시켜 스핀들 쪽으로 움직이고 있는 사에 일시적인 연을 준 후, 다른 스핀들 쪽으로 絲를 이동시켜 해연하는 가연(false twist) 방법이다. disk type은 마찰에 의해 꼬임을 부여하는 원리로서 디스크와 絲는 같은 속도로 회전하는 것으로 디스크 스핀들의 속도는 최근에 소개된 기계에서는 1500m/분에 이르고 있다. belt twisting은 2개 belt 접촉면의 중간을 지나는 絲를 꼬기 위해 2개의 crossed belt를 이용하고 있다. 그런데 최근 기업에서 의류용 소재사로서 사용되는 복합사는 많은 기업들이 belt 기구 가연기에서 제조하고 있으나 그 품질에 있어 pin과 disk 기구에서 제조된 가연사에 비해 떨어지므로 부가가치가 있는 소재 개발에 많은 어려움을 겪고 있다. 많은 기업들이 대량생산이 가능한 belt 가연기를 가

¹Corresponding author. Tel. : + 82-53-810-2771 ; Fax. : + 82-53-812-5702 ; e-mail : sjkim@yumail.ac.kr

동하고 있는 현실에서 이들 기계의 효율성을 높이기 위해서도 이들 3가지 가연기구에 생산된 복합사의 물성의 차이를 정확하게 분석할 필요가 요구되고 있다. 지금까지 가연사에 대한 연구는 고속 가연기구에 관한 연구¹⁻³⁾와 belt type 가연기구에서 가연공정조건에 따른 가연사의 물성에 대한 연구⁴⁻⁷⁾ 등이 있다. 그리고 pin과 belt 가연기구에서 생산된 가연사의 물성변화에 대한 연구⁸⁾가 있으나 pin, disk 그리고 belt 가연기구에서 제조된 복합가연사의 물성변화에 대한 연구는 시료제조의 어려움과 중소기업에서 현장기계의 사용 등 여러 가지 제약에 의해 지금까지 발표된 연구결과가 없는 실정이다. 그러나 국내 가연사 제조기업에서는 대부분 belt 가연기계를 사용하고 있으며 이들 belt 가연사가 pin과 disk 가연사에 비해 어떤 물성이 어느 정도 차이가 있는지에 대한 물성 비교 데이터가 없이 단순히 pin과 disk type 가연사에 비해 belt 가연사의 물성이 나쁘다고만 생각하며 belt 가연기에서 pin과 disk에서 제조된 복합사 만큼의 품질을 가진 복합사는 제조가 어려운 것으로 생각하고 있다.

따라서 본 연구에서는 동일 원사(POY)와 고수축사를 이용하여 pin, disk 그리고 belt type으로 POY를 가공하고 이들 가공사와 고수축사로 제조된 복합사를 제조하여 이들 복합사의 물성을 비교 하므로써 가연기구에 따른 이들 복합사 물성의 차이를 분석하고자 한다. 또한 기업현장에서 필요로 하는 가연기구에 따른 복합사의 물성변화에 대한 기초 데이터를 제공하므로써 생산성이 높고 품질이 우수한 복합사 생산에 도움을 주고자 한다.

2. 실험

2.1 시료

현재 기업에서 많이 사용하고 있는 POY와 고수축사를 이용하여 최종용도가 동일한 복합사를 제조하기 위해 pin, disk 그리고 belt type 가연기에서 복합사를 제조하였다. Fig. 1에 이들 3가지 가연기의 모식도를 보인다.

단 여기서 본 연구의 목적이 현재기업에서 많이 사용하고 있는 belt type 가연기의 효율성을 높이는 데 있으므로 belt type 가연기에서 복합사의 물성에 큰 영향을 미치면서 공정에서 쉽게 바꿀 수 있는 공정조건인 공급비를 3가지로 변화시켜 원사인 POY와 고수축사 그리고 pin, disk 그리고 belt type 가연기에서 제조된 복합사들의 물성의

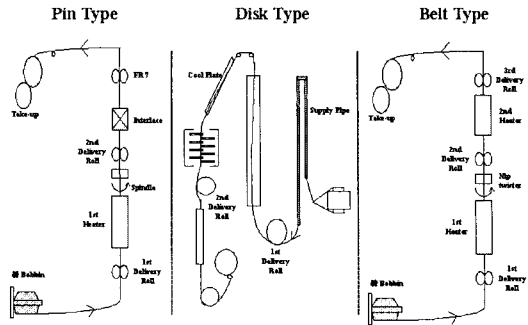


Fig. 1. Schematic diagram of false twist M/C.

차이를 비교 분석하였다. 이들 시료 생산조건을 Table 1에 보인다.

2.2 물성실험방법

Table 1에 보이는 7가지 시료의 물성실험 방법을 Table 2에 보인다.

3. 결과 및 고찰

3.1 가연기구에 따른 복합사의 수축률 특성

Fig. 2는 원사와 가연사 그리고 pin·disk·belt type 복합사의 습열수축률을 나타냈다. 絲가 연신이 되면 섬유內의 비결정부가 질서 있게 배열되어 있는 상태에서 열처리를 거치면서 비결정 영역의 배열이 흐트러지고 무질서하게 되어 랜덤 코일 상태로 되려는 특성을 가지기 때문에 수축이 발생한다. 이 그림에서 원사(시료 A: POY, B: 고수축사)는 복합사(시료 C, D, E, F, G)에 비해 높은 수축률을 보인다. 이는 가연사나 복합사의 경우, 絲가 연신 혹은 열처리의 가공공정을 거치면서 이미 setting이 된 상태이므로 섬유內에 존재하는 잔류 수축률 정도가 원사에 비해 상대적으로 작기 때문이다. 그리고 pin(C)·disk(D)·belt(E, F, G)의 복합사를 비교해보면 pin에서 가연한 絲(C)가 가장 낮은 값을 보이고 다음에 disk(D), belt(E, F, G) 순으로 수축률이 높다는 것을 알 수 있다. 그리고 belt type의 복합사가 pin과 disk type의 복합사보다 수축률 정도가 약 5% 정도 높게 나타났다. 이는 絲 분자내에 존재하는 잔류응력 정도가 외부 에너지에 대한 분자상태의 안정화 정도에 따라 다르기 때문으로 사료된다. 또한 belt type의 복합사가 가공시 받은 장력 정도가 pin과 belt type의 복합사 보다는 상대적으로 크기 때문인 것으로 생각되며 수축률 정도가 상대적으로 낮은 pin과 disk type 복

Table 1. Specification of specimens

Lot	Yarn	Fineness(d/f)	Processing condition	Remark
A	POY	208/36		
B	HS	40/12		High shrinkable
C	Composite yarns	175/48	Draw ratio:1.51, Air pressure:2.0kg/cm ² Speed:250m/min	Pin
D		171/48	Draw ratio:1.70, Air pressure:2.8kg/cm ² Speed:460m/min	Disk
E		173/48	Draw ratio:1.624, Belt crossing angle:90° Velocity ratio:1.575	Belt
F		175/48	Draw ratio:1.624, Belt crossing angle:90° Velocity ratio:1.613	
G		175/48	Draw ratio:1.624, Belt crossing angle:90° Velocity ratio:1.65	

Table 2. Experimental methods

Item	Measurement method	Measurement items	Remarks
Mechanical property	KSK 0901	Breaking stress Breaking strain Initial modulus	Testometric MICRO 350 Test speed : 100mm/min Sample length : 100mm
Thermal shrinkage	KSK 0215	Wet shrinkage Dry shrinkage	Dry-Heat chamber (180℃, 30min) Wet-Heat chamber (100℃, 30min)
Thermal property	Thermal stress (Kenebo Engineering LTD.)	Thermal stress Thermal stress temperature	Thermal stress Sample length : 50mm Temperature rate : 2.3℃/sec
Snarl index	KSK 0479	Snarl index	
Crimp property	HATRA method	Crimp rigidity	Sample length : 90cm
Dye affinity	Computer color matching	K/S value	<ul style="list-style-type: none"> • Scouring : NaoH 2g/l Non-surfactant : 2g/l → 80℃/30min • 1% o.w.f. Bath ratio(BR) : 30:1 Raising temp. : 2.5℃/min Dyeing : 130℃, 40min → C.I. Disperse Red 60 • Mathis Labomat Beaker Dyer type FA-8
Bulky property	JIS L 1077	Bulky degree	

합사는 belt type 복합사보다 열적으로 더욱 안정화되어 있음을 보여준다. 또 Fig. 2에서 nip-belt friction twister를 거치고 공급비를 달리한 복합사(시료 E, F, G)의 경우, 공급비가 증가할수록 수축률 또한 다소 증가함을 알 수 있다. 일반적으로 공

급비가 증가하면 絲의 표면에 다수의 느슨하고 큰 루프(loop)가 형성되고 絲의 집속성 효과가 좋아져서 외부 에너지에 대해서 각각의 필라멘트에 대한 토크(torque) 분산이 증가하며 絲 전체의 잔류 토크가 증가하므로 수축률은 증가하는 것으로 보

인다. Fig. 3은 원사와 가연사 그리고 pin, disk 그리고 belt type에서 공급비를 달리한 복합사의 견열수축률을 나타냈다. 원사나 가연사 그리고 복합사 모두 습열수축률에 비해 약 5~10% 정도 높은 수치를 보인다. 복합사(C, D, E, F, G)의 경우는 습열수축률과는 달리 큰 차이를 보이지 않는다. 그러나 원사 POY(A)의 경우에는 습·견열수축률 정도가 실험 결과에서 알 수 있듯이 50% 이상의 높은 수치를 보인다. 이는 POY가 부분 배향사로써 섬유 분자내 분자 사슬의 배향이 많이 이루어지지 않고, 결정영역이 거의 존재하지 않는 섬유이므로 무긴장 상태에서 열처리를 거치면 열에 의한 분자쇄의 움직임이 용이하므로 섬유 축 방향으로 수축이 많이 발생하기 때문으로 사료된다.

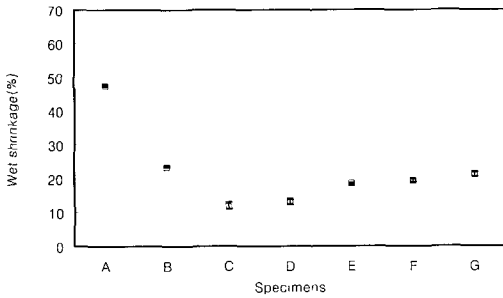


Fig. 2. Wet shrinkage of each specimens.

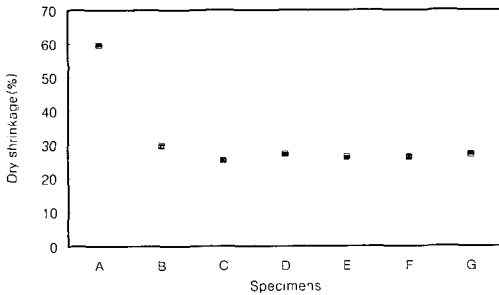


Fig. 3. Dry shrinkage of each specimens.

3.2 가연기구에 따른 복합사의 인장특성

Fig. 4는 원사와 그리고 가연기구에 따른 복합사의 절단강도(Breaking stress)를 나타냈다. pin type 섬유(C)의 절단강도가 가장 낮고 disk(D), belt(E, F, G)는 거의 비슷한 수치를 보인다. pin type 복합사의 절단강도가 가장 낮은 이유는 가공 공정시 필라멘트 섬유속을 흐트리는 정도가 disk와 belt type의 복합사에 비해 상대적으로 크기 때문에 필

라멘트의 배향성이 낮아져 낮은 절단강도를 보이는 것으로 보여진다. disk와 belt는 섬유의 절단강도에 차이가 날 정도의 변화는 없는 것으로 보인다.

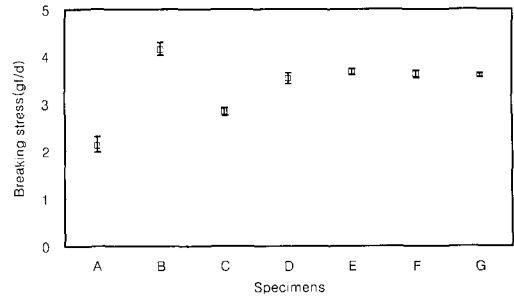


Fig. 4. Breaking stress of each specimens.

Fig. 5는 원사와 가연기구에 따른 복합사의 절단신도(breaking strain)를 나타냈다. 공정에 있어서 절단신도는 생산 효율성과 직접적인 영향이 있는 항목이다. 특히 POY의 경우 연신시 공정에 걸리게 되는 장력은 POY의 우수한 연신 능력으로 인해 거의 발생하지 않으나 절단신도 부근까지의 과도한 연신은 잦은 사절을 발생시킬 수 있으므로 연신 작업시에는 적절한 연신비 설정이 중요하다. 원사 POY(A)의 경우에는 절단신도의 값이 다른 시료에 비해 월등히 높다는 것을 알 수 있다.

이는 POY 섬유 분자의 배향상태가 아주 불안정하고 불균일하기 때문인 것으로 생각된다. Pin시료(C), disk시료(D) 그리고 belt시료(E, F, G)에서는 큰 차이를 보이지 않는다.

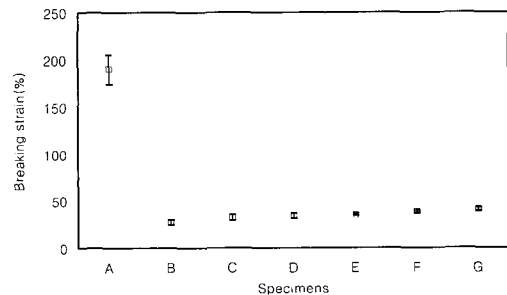


Fig. 5. Breaking strain of each specimens.

Fig. 6은 원사와 가연기구에 따른 복합사의 초기탄성계수(initial modulus)를 나타냈다. pin(C), disk(D), belt(E, F, G) type의 시료에서는 pin, disk 그리고 belt로 갈수록 초기탄성계수의 수치가 증가함을 알 수 있다. 초기탄성계수의 값이 낮다는 것은 사

의 신축성이 우수하다는 것을 나타내는데 pin type의 경우에는 disk와 belt type의 絲에 비해 초기탄성계수가 낮은 값을 보이면서 편차도 적다. 이는 pin type 絲의 크립프 균질성이 우수하다는 것을 나타낸다. 한편 disk type 絲(D)는 belt type 絲(E, F, G)의 초기탄성계수 값보다 낮은 초기탄성계수를 보이므로서 belt type 絲가 disk type 絲에 비해서도 stiff하다는 것을 보여준다. 그리고 belt type 絲에서 공급비를 달리한 경우, 즉 시료 E, F, G에서는 공급비가 증가할수록 絲의 초기탄성률이 감소하는 경향을 보인다. 이는 공급비가 증가할수록 부드러운 크립프가 들어가므로서 복합사는 낮은 초기탄성률을 보인다는 것을 의미한다.

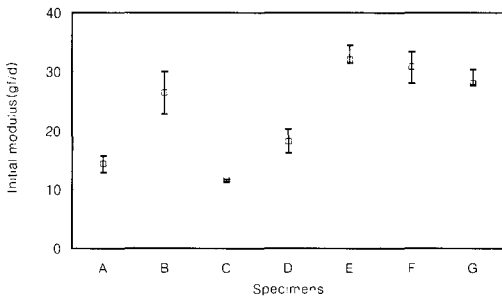


Fig. 6. Initial modulus of each specimens.

3.3 가연기구에 따른 복합사의 열응력 특성

Fig. 7은 원사와 가연기구에 따른 복합사의 열응력 특성을 나타냈다. POY(A)에 비해 고수축사(B)의 최대 열응력 값이 약 0.4gf/d 정도 높게 나타났다. 또 pin(C), disk(D) 그리고 belt(E, F, G) type 복합사의 최대열응력은 pin, disk 그리고 belt type 순으로 증가함을 보인다. 이것은 belt type 복합사가 pin과 disk에 비해 mechanical deformation을 심하게 받았음을 보여준다. 즉, 열응력은 일반적으로 비결정부와 관계가 있으며 絲의 연신온도가 높을수록 또 연신비가 클수록 열응력이 증가한다. 이는 연신온도가 높고 연신비가 크게 되면 絲 내부의 변형이 증가하게 되고 絲의 내부구조가 고배향 구조를 갖기 때문이다. 고배향 구조는 저배향 구조나 배향되지 않은 구조에 비해 더욱 불안정한 에너지 상태이며, 고배향 구조의 분자는 유동할 수 있을 정도의 에너지만 주어지면 쉽게 random화하려는 경향을 띠게 되므로 열응력이 증가하게 된다. 그리고 belt 가연기에서 공급비를 달리한 경우, 시료 E, F, G를 보면 공급비가 증가할수록 시료의

최대열응력은 감소함을 알 수 있다. 이는 공급비가 증가하면 분자와 분자간을 연결하는 분자쇄의 역학적 변형이 상대적으로 감소하므로 외부 에너지를 받으면 분자 segment의 유동성이 감소하게 되어 최대열응력은 감소하는 것으로 보여진다.

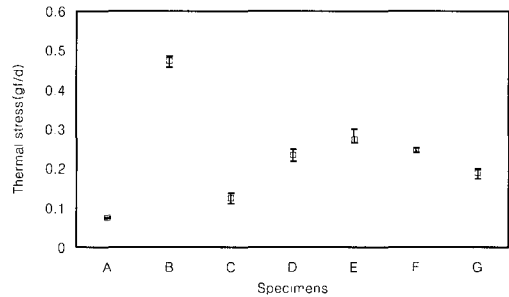


Fig. 7. Thermal stress of each specimens.

Fig. 8은 원사와 가연기구에 따른 복합사의 최대열응력 온도를 나타냈다. POY(A)의 최대열응력 온도는 약 90℃ 그리고 고수축사(B)는 약 120℃에서 최대열응력을 나타내고 있다. pin(C), disk(D) 그리고 belt(E, F, G) type 복합사를 비교하면 pin(C)이 약 150℃에서 그리고 disk(D)가 약 160℃ 정도에서 최대열응력을 보이고 있다. 또한 belt(E, F, G) type 복합사는 공급비에 따라 약 140~160℃ 정도로서 공급비가 증가함에 따라 최대열응력 온도가 증가한다.

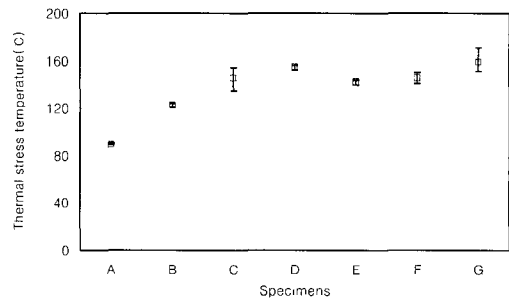


Fig. 8. Thermal stress temperature of each specimens.

3.4 가연기구에 따른 복합사의 snarl 특성

Fig. 9는 pin과 disk에서 만든 복합사와 belt 가연기에서 공급비를 달리한 복합사의 snarl index를 나타냈다. 일반적으로 꼬임이 주어진 絲가 장력을 받은 상태로 권취가 되면 원래의 나선형태의 꼬임 구조로 돌아가려는 토크(torque)가 발생한다. 또한

가연 가공사는 꼬임이 풀리려는 상태인 사의 바깥 부분과 꼬임을 지키려는 사의 안쪽부분의 반꼬임 상태로 축방향으로 유지되어 있으며 사의 신축성에는 비틀림 force보다 굽힘 force가 더 많은 기여를 한다. Fig. 9에서 pin(C)과 belt(E) type의 복합사의 snarl index가 가장 높고 disk(D) 가연사가 다소 낮은 값을 보인다. 일반적으로 사의 가연수가 크면 사에 미세한 crimp가 많이 들어감으로 인해 이에 따른 반전 권축수가 증가해서 snarl은 증가하게 된다. belt type 복합사와 미세한 crimp가 상대적으로 많은 pin 복합사의 경우가 disk type 복합사에 비해 snarl index가 높게 나타남을 알 수 있다. 이는 pin 복합사가 미세 크림프가 많이 들어감으로서 snarl index가 높게 나타나며 belt type 복합사는 pin과 disk에 비해 가해지는 마찰력이 과다하게 작용하므로써 높은 snarl index를 나타내는 것으로 사료된다.

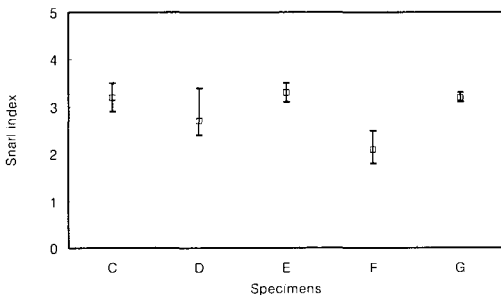


Fig. 9. Snarl index of each specimens.

3.5 가연기구에 따른 복합사의 크림프 특성

Fig. 10은 가연기구에 따른 복합사의 crimp rigidity를 나타냈다. 絲의 물성은 직물의 물성에 큰 영향을 끼치며 복합사의 경우 crimp 특성은 bulky성 못지 않게 중요하다. pin(C), disk(D), belt

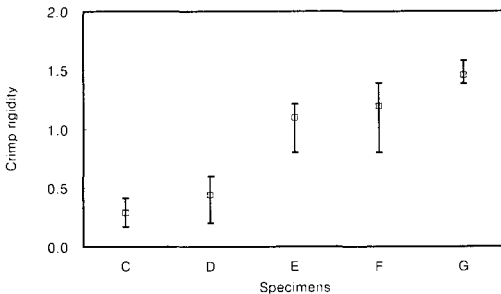


Fig. 10. Crimp rigidity of each specimens.

(E, F, G) type 복합사를 비교하면 crimp rigidity는 pin과 disk type 복합사가 belt type 복합사에 비해 낮은 값을 보이므로써 신축성과 부드러운 촉감을 보이며 공정장력에 의한 크림프의 유지성은 낮은 것으로 판단된다.

3.6 가연기구에 따른 복합사의 염색성

Fig. 11은 원사와 가연기구에 따른 복합사를 염색한 후 겉보기 농도인 K/S를 측정하여 나타낸 그래프이다. 각 시료를 환편기로 편직한 후 K/S를 측정하였다. pin, disk 복합사가 높은 값을 보였고 belt type 복합사는 낮은 값을 보인다. 이는 미세 크림프 구조를 보이는 pin type 가연사의 염착성이 가장 우수하며 가연 중 장력과 역학적인 변형을 많이 받는 belt에 의한 복합사의 염착성이 떨어진다는 것을 보여주는 결과라고 사료된다.

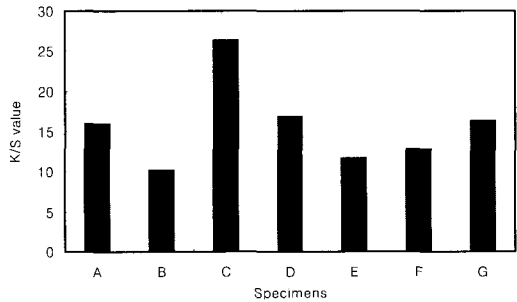


Fig. 11. K/S value of each specimens.

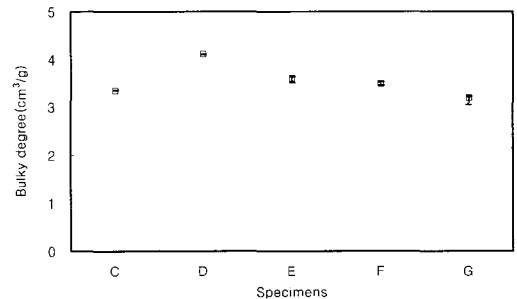


Fig. 12. Bulky degree of composite yarns.

3.7 가연기구에 따른 복합사의 벌키성

Fig. 12는 pin, disk, belt type 복합사의 bulky성 측정결과를 도시한 것이다. 벌키성은 가공사의 비용적을 원사의 비용적으로 나눈 값으로 생각할 수 있다. disk type 복합사(D)의 bulky degree가 가장 높고 pin(C), belt type 복합사(E, F, G)는 거의 비슷

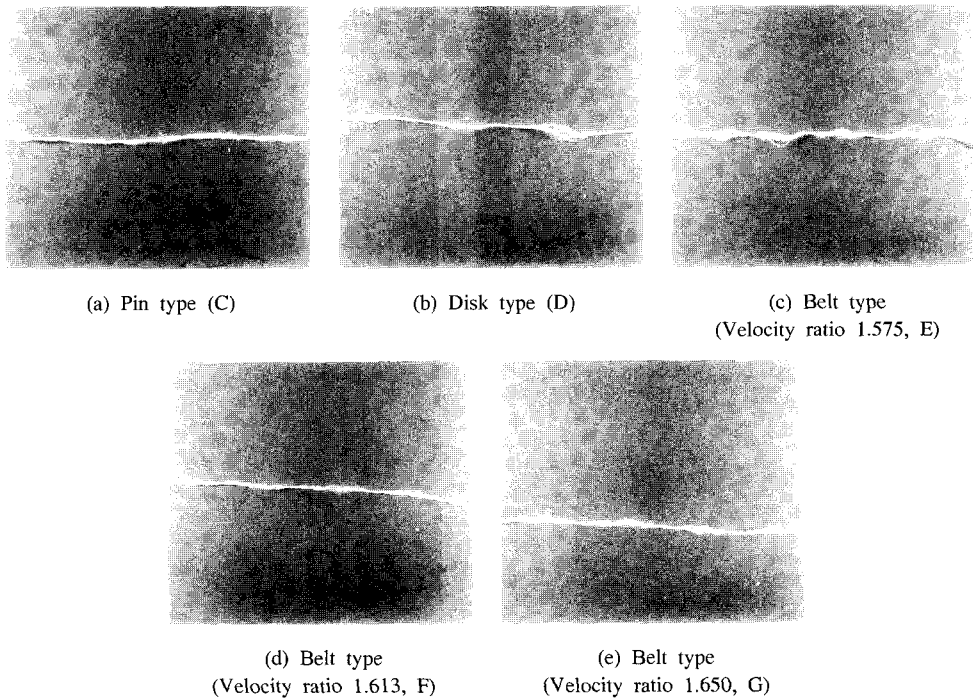


Fig. 13. Bulky degree of composite yarns.

한 수치를 보인다.

Fig. 13에는 이들 복합사의 bulky성을 시각적으로 확인해 보기 위해 絲측면을 촬영하였다. 사진에서 볼 수 있듯이 pin과 disk type 복합사가 가장 bulky성이 큼을 알 수 있다.

4. 결 론

현재 복합사 제조기업에서 사용하는 POY와 고수축사를 사용하여 이들 복합사의 용도가 동일하다는 조건하에 현장기계에서 가연기구를 달리하여 복합사를 제조하고 이들의 물성을 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 가연기구에 따른 복합사의 습열수축률은 belt type 복합사가 disk와 pin type 복합사보다 약 5% 정도 높게 나타난다. 그리고 belt 기구에서 공급비가 증가하면 습열수축률은 약간 증가하는 경향을 보인다. 이러한 현상은 건열수축물에서는 보이지 않는다.
2. 가연기구에 따른 복합사의 인장강도는 pin type이 disk와 belt type 복합사보다 낮은 값을 보이며 belt type에서 공급비 증가에 따라서는

큰 차이를 보이지 않는다. 그리고 절단신도도 가연기구에 따라서는 큰 차이를 보이지 않는다. 복합사의 초기탄성률은 pin type 복합사가 가장 낮고 균질한 크림프를 가져 絲의 물성이 가장 우수하다. disk type 복합사도 belt type 복합사보다 낮은 초기탄성률을 보여 우수하며 belt type에서는 공급비가 증가함에 따라 초기탄성률은 감소한다.

3. 가연기구에 따른 복합사의 최대열응력은 pin, disk, belt 순으로 높은 값을 보인다. 그리고 belt type에서 공급비 증가에 따라 최대열응력은 감소한다. 그리고 최대열응력 온도는 pin, disk, belt 간에 10℃ 정도의 차이를 보이며 disk type이 가장 높은 온도 160℃를 보인다. 그리고 belt type에서 공급비가 증가함에 따라 최대열응력 온도는 140℃에서 160℃까지 증가하는 현상을 보인다.
4. 복합사의 snarl 특성은 pin과 belt type 복합사가 disk보다 높고 크림프 저항성은 pin과 disk type 복합사가 belt에 비해 낮은 값을 보인다.
5. 복합사의 염색성은 pin과 disk type 복합사가 belt 보다 높은 값을 보이며 벌키성은 disk

type 복합사가 가장 높은 값을 보인다.

참고문헌

1. T. J. Kang and El-Shiekh, A., Mechanics of High Speed Texturing. Part I: Theoretical Analysis of Belt Twisting, Textile Res. J., **53**, 1(1983).
2. T. J. Kang and El-Shiekh, A., Mechanics of High Speed Texturing. Part II: Theoretical Analysis of Ring Twisting, Textile Res. J., **53**, 1(1983).
3. T. J. Kang and El-Shiekh, A., Mechanics of High Speed Texturing. Part III: Experimental Studies of Belt and Ring Twisting, Textile Res. J., **53**, 1(1983).
4. S. J. Kim, B. H. Ahn and M. S. Lee, Effect of Processing of Texturing M/C on the Physical Properties of Textured Polyester Filament, J. Korean Soc. Dyers & Finishers, **11**, 356~361 (1999).
5. M. S. Lee, S. J. Kim, and K. S. Park, Effect of False Twist Processing Conditions on the Physical Properties of PET DTY, J. Korean Soc. Dyers & Finishers, **15**, 391~396(2003).
6. M. S. Lee, S. J. Kim, and K. S. Park, Effect of False Twist Processing Conditions on the Physical Properties of PET DTY, J. Korean Soc. Dyers & Finishers, **16**, 1~4(2004).
7. M. S. Lee, S. J. Kim, and K. S. Park, A Study on the Threadline Instability on the Belt-type Texturing Process, J. Korean Soc. Dyers & Finishers, **16**, 5~9(2004).
8. G. H. Jeon and S. J. Kim, The Study on the Physical Properties of DTY Produced by Pin and Belt False Twist Texturing Systems, J. Korean Soc. Dyers & Finishers, **12**, 79~88(2000).