

Rayon-like 섬유의 최적 방사 조건⁺

안 영 무

한성대학교 의류패션산업전공 교수

Optimum Condition of Spinning for Rayon-like Yarn

Ahn, Young-Moo

Prof., Major in Apparel Fashion & Business, Hansung University

Abstract

Rayon fiber as clothing material has silk-like property which relates to other synthetic fibers. It has many advantages that is required to women's clothes. However rayon has many shortcomings. Therefore this research is to spin rayon-like polyester which has high contraction property to be synthesized by previous research to solve those shortcomings and to maintain advantages of rayon. The contraction ratio of regular polyester is 30% and the contraction ratio of this synthesized polyester is over 60%. The spinning temperature of regular polyester ranges from 285°C to 300°C. However, this copolymer is set range from 270°C to 290°C, which is 10°C less than regular polyester due to decreasing melting temperature. The spinning velocity effects the tensile strength and elongation of yarn magnificently. The high velocity of spinning makes yarn highly oriented, increases the tensile strength and decreases the elongation. This research defines the condition as following; draw ratio 2.734, First roller temperature 85°C, Slit heater temperature 175°C.

Key Words : viscose rayon(비스코오스 레이온), rayon-like yarn(레이온조 실), high specific gravity polymer(고비중 고분자), high contraction polymer(고수축률 고분자)

I. 서 론

의류용 소재로서 레이온 섬유는 다른 합성섬유와 비교하여 실크섬유에 가장 근접하고 착용감이 뛰어나며 아름답다. 높은 흡습성, dry 촉감, 깊고 밝은

색상, 광택, 드레이프성, 부드러움 등 레이온은 여성용 의류분야에서 요구하는 많은 장점을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 의류분야에서 타 섬유 소재에 비해 소비량이 적은 것은 다음과 같은 제약이 있기 때문이다. 즉, 제품 가격이 합섬이나 면제

⁺ 본 연구는 2007년도 한성대학교 교내연구비를 지원 받아 작성한 것입니다.

Corresponding author: Ahn, Young-Moo, Tel.+82-2-760-4141, Fax.+82-2-760-4489
E-mail: ahnyoungmoo@hanmail.net

품에 비해 상대적으로 높아 시장이 작고, 정장이나 캐주얼의 곁감용도로 쓰이기에는 레이온의 섬유가 너무 여성스럽고 현대안정성이 취약하다. 높은 수준의 제편, 제직, 가공 및 생산관리 기술이 요구됨으로 적절한 제품을 공급할 수 있는 공급체계를 구축하기가 불가능하다. 방사과정에서 피할 수 없이 나타나는 매듭과 염착차이로 인해 균일한 레이온 섬유 제품을 만들기 어렵다. 준비에서 제직이나 제편까지 lot 및 층별 관리를 엄격하게 하지 않으면 물성 차이로 인한 위단이나 상하색차, 양변 색차 등의 결점이 발생한다. 염색가공 공정에서 구김이 잘 들어가고 열고정이 되지 않으며 습윤강도와 탄성회복률이 낮아 잔류변형이 용이하다. 이러한 레이온 사의 제약 때문에 비교적 매듭이 적고 균일성이 높은 연속 방사 레이온 원사를 사용하여 준비, 제직이나 제편과정에서 시장이나 내외층을 엄격히 관리하여도 100% 레이온 직편물의 결점수는 일반적인 폴리에스터에 비해 현저히 높다.¹⁾⁻³⁾

본 논문에서는 이러한 레이온의 장점을 살리며 결점을 해소하기 위하여 rayon-like 이수축혼성 폴리에스터 직물을 만들기 위한 전 단계로, 선행 연구를 통해 합성한 고수축 폴리에스터와 고비중 폴리에스터를 이용해 chip을 제조하여 공정수분율을 0.003%이하로 낮추기 위한 건조조건을 설정하고 적절한 방사온도와 방사속도를 실험을 통해 최적의 조건을 정하였다.

II. 이론적 고찰

신합섬이라함은 합성섬유가 천연섬유의 감성을 모방한 것으로, Peach Skin, New-Silk like, Wool-Like, Rayon-Like로 나눌 수 있으며, 성능별로는 초 Bulky, 초 Drape, 초 Soft, Dry Touch, Natural 소재로 나누기도 한다. 이러한 성능은 봉제 제품의 용도에 따라 맞게 부여 되었고 소재의 중합 기술, 방사기술, 염색가공기술의 성장에 따라 발전하였다. 이러한 장점을 지닌 신합성 소재들도 천연섬유의 다양한 감성과 기능을 완벽하게 재현할 수 없었고, 일반적으로 1-2가지 정도의 특성을 부여하고 있다. 신합성 소재는 1990년대까지 매우 각광 받

는 차세대 소재로 인정받아 일본의 화섬업체와 국내 화섬업체를 중심으로 발전하였으나, 2000년대 들어서면서부터 기존 신합성 소재들은 다음과 같은 문제점이 지적되고 있다. 기존 신합성 소재 기술의 일반화(중합, 방사, 제편, 제사, 염색 가공)로 후개발국과의 경쟁력을 상실하고 있으며, 3~4가지 이상의 특성을 발현시키기가 어렵고, 소비자의 욕구가 상승하고 있지만 레이온 생산의 감소로, 다 감성, 고가의 순수 레이온 시장의 레이온 수급이 아직 원활하지 못한 실정이다.⁴⁾⁻⁶⁾

국내외의 rayon-like 섬유의 이론적 배경을 살펴보면, 쾌적한 촉감, 높은 드레이프 특성, 우수한 흡습성을 가진 Rayon의 기능을 가진 Rayon-like 소재는 무기질 미립자를 고분자에 혼입, 분산시킨 후 염색 가공 공정에서 섬유 표면에 미세한 요철을 형성시키는 방법이 일반적이다.⁷⁾ 사용되는 첨가제는 기존의 소광제로 사용되었던 TiO₂의 함량을 높이는 방법, BaSO₄와 같이 고 비중 세라믹을 혼입하는 방법, 에어로졸과 같은 미립자를 균일 분산하는 방법 등이 있다. 그리고 알칼리 감량 등에 의하여 사간의 전압을 감소시키므로 드레이프 특성을 향상시키는 기술, 최근에는 자외선 흡수 효과, 보온효과, 청량감등의 특성 등의 기술을 부여하고 있으며, 단면 형상 제어 기술에 의하여 삼각 단면으로 하여 견명효과를 발현하고 있으며, 표면의 크레이터 구조를 방사 또는 가공시 형성시킴으로 흡습성을 향상시키고 있다. 이러한 기능을 가진 특수사들은 방사, 제직준비, 제직, 염색 가공 각 공정에서 기존의 방법과는 다른 Know-How 개발이 필요하게 된다. 원사 메이커에서 레이온의 기능을 부여하는 수많은 원사들이 개발되었으나 제직, 가공 업체와의 협력이 미진함으로 인해 그 기능을 충분히 살리지 못하는 실정이며, 고분자들은 중합체의 합성 이후 방사시 우수한 물성을 얻기 위해서는 기존의 방사공정과 비교해 훨씬 더 복잡하고 고도의 방사 기술을 요구되고 있고, 방사 기술의 개선과 제직, 염색 가공 공정의 개발이 시급한 실정이다. 후가공 업체의 complain에 빠르게 대응하여 원사의 문제점을 개선하고 그 개선한 원사를 다시 제직, 염색, 후가공 할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다.⁸⁾⁻¹¹⁾

III. 실험결과 및 고찰

1. 방사

Rayon-like PET를 제조하기 위해 합성한 고수축 PET, 고비중 PET를 일단 chip을 제조하여 공정수분을 0.003%이하로 낮추기 위한 건조조건을 설정하고 이상적인 원사를 제조하기 위하여 적절한 방사온도와 방사속도를 실험을 통해 최상의 조건을 찾는다.

1) 방사기기

미연신사의 제조에 사용된 방사기는 실험실용 용융방사기를 사용하였으며 공정으로는 2가지의 고분자를 각각 다른 hopper에 투입하고 extruder를 통하여 용융압출한 다음 gear pump를 이용하여 일정 비율로 투입되도록 계량하여 최종적으로는 용융된 각 성분이 서로 다른 pack으로 유입되면서 설계된 nozzle의 형태에 따라서 단면을 형성하면서 섬유로 제조되도록 하였으며 이때 pack 내부에 압력을 측정할 수 있도록 pack 압 검출장치를 부착하여 pack 내부의 압력을 측정하여 작업조건 설정에 참조하였다. 또한 냉각효과를 향상시키기 위해 사유도통의 상부에 유제공급 및 사집속 가이드를 설치하여 냉각효과를 극대화 시킴과 동시에 토출구에서 토출된 원사의 집속성을 향상시킴으로써 사도를 개선하였다.

이때 섬유를 제조하기 위한 방사조건을 <표 1>에 나타내었고, 사용된 방사기의 구조를 <그림 1>에 나타내었다.

2) 방사온도에 따른 물성변화

방사온도를 270℃, 275℃, 280℃, 285℃, 290℃의 5가지 조건으로 방사하였을 때의 물성변화를 확인하고 적절한 방사온도를 설정함에 그 목적이 있다.

(1) 고수축 PET

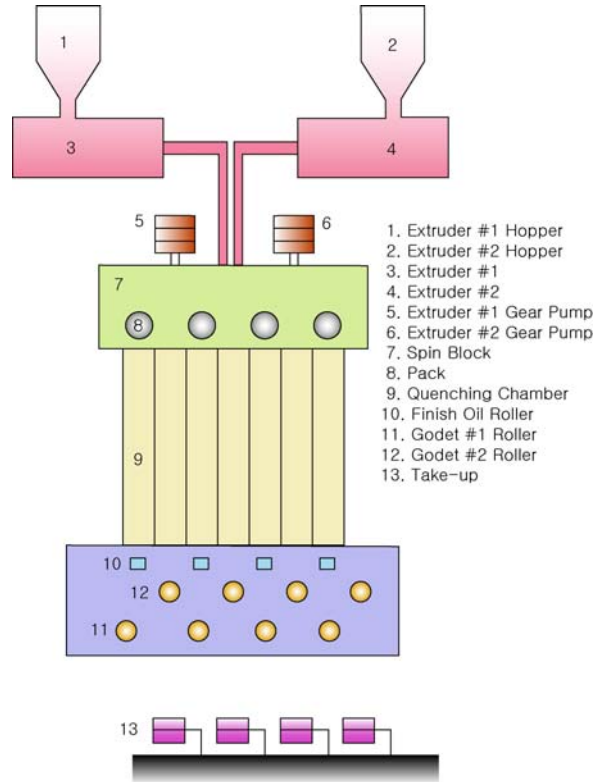
IPA(isophthalic acid)와 Newpol BPE-20(NPE)의 공중합에 따른 물성저하를 확인할 수 있다. Reg. PET의 방사온도를 285℃에서 300℃로 설정하는데 반해 10℃가량 낮은 275℃에서 295℃로 맞추어 설정하였으며 이는 공중합에 따른 열적 성질 중 Tm이 낮아지는데 기인한다고 볼 수 있다.¹²⁾ 기본 물성은 Reg. PET에 비해 차이가 없었으며 방사온도에 따른 강신도 변화를 <그림 2>에 나타내었다.

(2) 고비중 PET

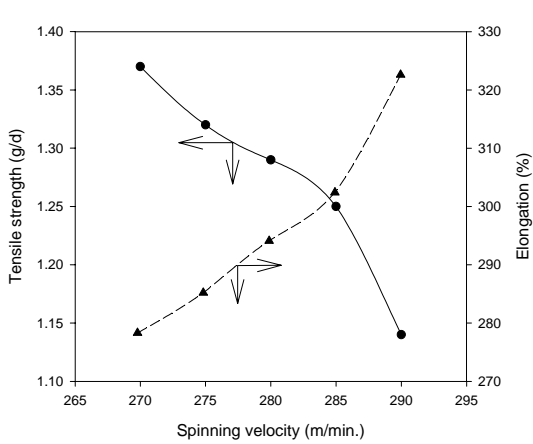
BaSO4를 고분자에 분산시켜 비중을 높인 것으로 Reg. PET의 제반물성과 차이가 없었으며 그 방사온도와 강신도의 변화를 <그림 3>에 나타내었다.

<표 1> 방사조건

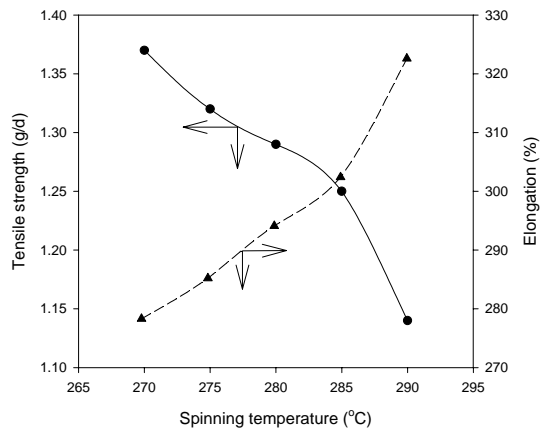
조건		고수축 PET	고비중 PET
chip 건조 조건		140℃ × 4hr	160℃ × 6hr
Ext. 온도(℃)	1st	260	270
	2nd	280	285
	3th	285	295
	4th	285	290
Pack 온도 (℃)	5th	285	290
	6th	290	290
	Filter (mesh)	1,000	1,000
Morundum (g/mesh)		100g	100g
유제	유제명	TF-503	TF-503
	농도	12%	12%
Godet R/O	속도 (m/min)	750	750
	rpm	1,194	1,194
방사속도 (m/min)		800	800



<그림 1> 방사기의 구조



<그림 2> 고수속 PET의 방사온도에 따른 강도와 신도의 관계



<그림 3> 고비중 PET의 방사온도에 따른 강도와 신도의 관계

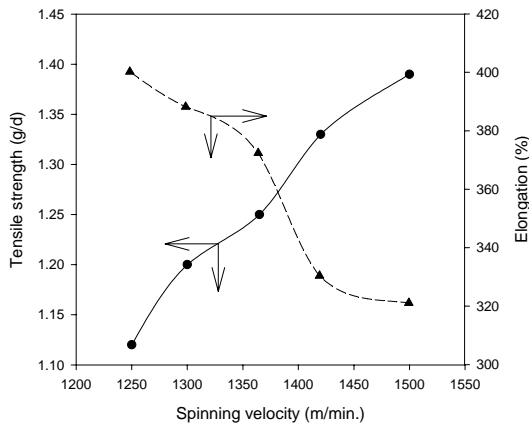
방사온도가 증가함에 따라 PET 분자 유동성이 원활해져 신도 및 열수축율은 증가하지만 강도는 감소한다는 것을 보여주고 있으며, 지나치게 높은 방온 설정은 방사 작업성을 저해하거나 원사 물성저하의 영향이 수반되므로 적정 수준을 유지할 필요가 있다는 것을 보여주고 있다.

3) 방사속도 변화에 따른 물성변화

방사속도를 1,250 m/min, 1,300 m/min, 1,365 m/min, 1,420 m/min, 1,500 m/min의 5가지 조건에 따라 방사를 실시하였을 때 물성변화를 확인하고 적절한 방사속도를 설정하고자 한다.

(1) 고수축 PET

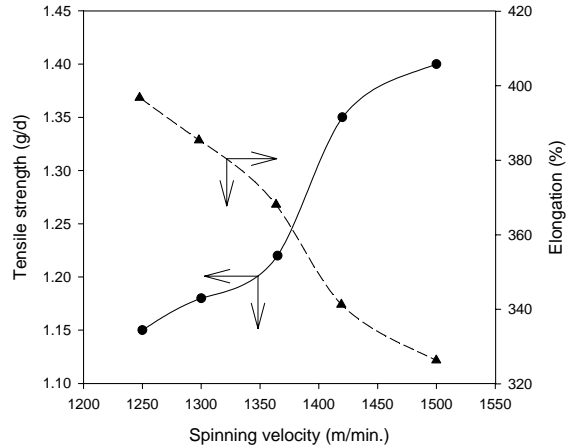
방사속도는 특히 원사의 강신도에 큰 영향을 미치며 고속 방사시 PET 분자의 배향성이 높아져 강도는 증가하는 반면 신도는 감소하게 된다. 방속에 따른 물성을 <표>에 나타내고 이때의 강신도 변화를 <그림 4>에 나타내었다.



<그림 4> 고수축 PET의 방사속도에 따른 강도와 신도의 관계

(2) 고비중 PET

고비중 PET 역시 Reg. PET와 동일한 효과를 나타내고 있으며 분자의 배향도가 고속방사시에 높아지는 데 기인한다고 볼 수 있다. 방사속도에 따른 강신도의 관계를 <그림 5>에 나타내었다.



<그림 5> 고비중 PET의 방사속도에 따른 강도와 신도의 관계

방사속도가 증가함에 따라 분자간의 배향도가 증가함으로 강도는 증가하고 신도는 감소한다. 방사속도가 감소하면 신도가 증가하며 분자간의 비결정부가 많으므로 열수축율은 증가한다. 방사속도를 낮추고 신도를 올리면 열수축율은 증가한다. 단 강도가 저하되는 점을 고려하여 조건설정을 고려한다.

4) 건조

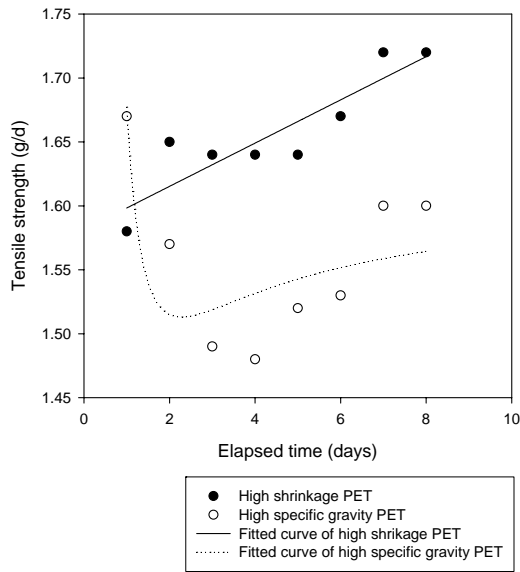
PET 분자의 결정화도를 높여주는 결정화부와 건조시키는 건조 Hopper 및 chip을 풍송하는 Blower로 나누어지며 건조공기 및 N₂ 가스가 가열된 탈습제, 결정화 Hopper, 건조 Hopper를 순환하며 건조하는 방식으로 공정 수분율은 0.003% 이하를 유지하도록 한다.

공중합에 따른 고분자의 T_m이 낮아져 특히 건조에 주의를 기울여야하며 low temp.에서부터 high temp.까지 서서히 수분을 제거시켜 chip들 끼리 응용되어 응집되는 것을 막아야 한다.

5) 개질 원사의 경시변화 시험

일반적으로 PET는 고분자의 결정영역이 과다하므로 저속 방사시에 비결정부의 핵제에 의한 결정화가 촉진되어 원사의 제반물성을 크게 떨어뜨리는 요인

이 되고 있다. 특히 본 연구에서는 수행된 개질 고분자의 경우 그 정도가 더욱 심하므로 경시변화가 일어나는 기간과 그에 상응하는 물성을 비교하여 대량생산 시에 필히 참고하여야 한다. <그림 6>과 <그림 7>은 고수축 원사와 고비중 원사를 시일 경과에 따라 강신도변화를 나타내었다.



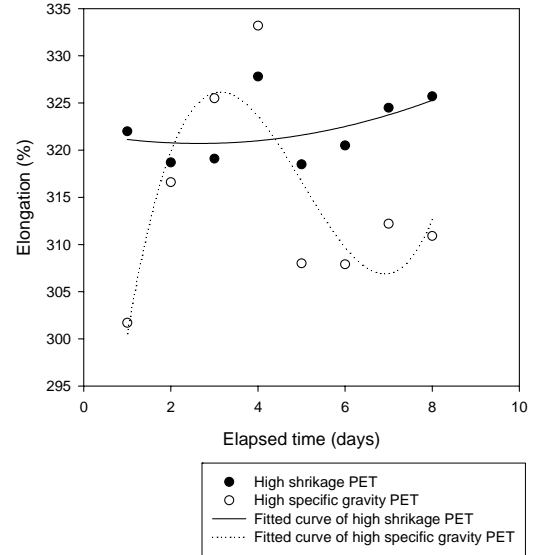
<그림 6> 기간 경과에 따른 강도의 비교

2. 연신

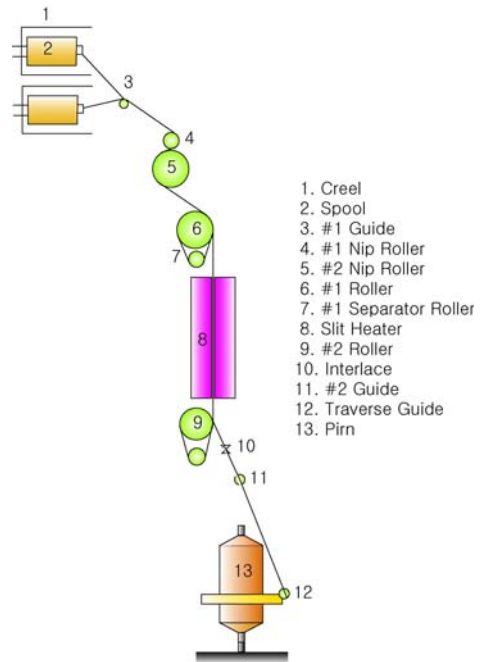
방사하고 난 미연신사를 Feed R/O와 Nip R/O를 통해 예비연신하고 1st R/O, Slit Heater 및 2nd R/O를 통해 적절한 연신비와 열을 부여하며 주연신을 하여 PET 고유의 원사물성을 갖도록 하는 과정으로 이 단계에서 원사의 제반 물성을 부여한다.

1) 연신기기

일정한 신도를 지니며 대기중에 경시변화가 일어나지 않도록 연신과 열고정을 하기 위해 사용된 설비로 비접촉식 열고정 장치가 부착되고 온도 조절과 연신비율 조절이 용이한 연신기를 이용하였다. <그림 8>에 연신기의 구조를 개괄적으로 나타내었다.



<그림 7> 기간경과에 따른 신도의 비교



<그림 8> 연신기의 개괄적인 모습

2) 단사별 실험

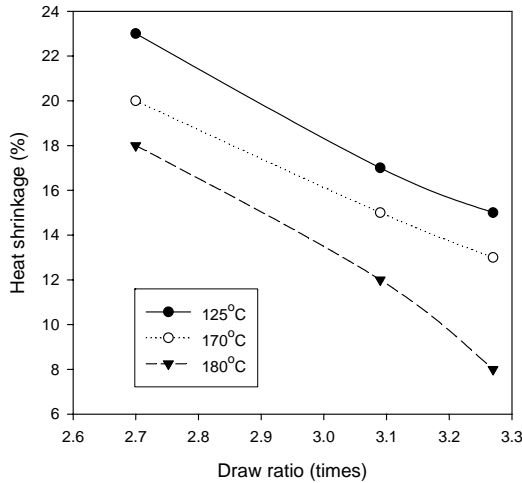
고수축 PET 25d/18f와 고비중 PET 원사를 사용하여 연신비, 온도에 따른 비수축률 (100W)의 이론적 고찰과 작업성을 검토하였다.

(1) 고비중사

고비중사의 실험은 25d/18f의 실로 하였다.

① 연신비 별 열수축율의 변화

연신비를 3종류로 나누어 동일한 온도조건으로 연신한 후의 열수축 결과를 <그림 9>에 나타내었다.



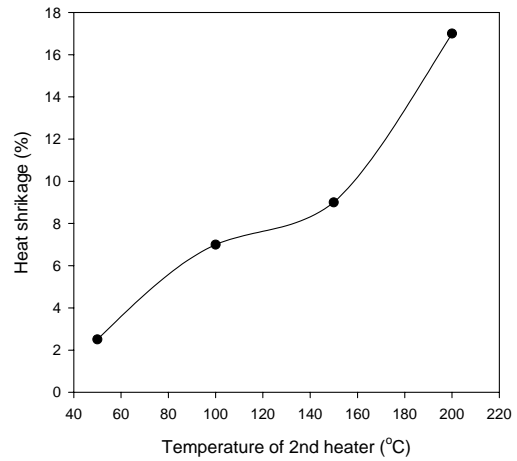
<그림 9> 연신비율과 온도변화에 따른 열수축률의 관계

연신비가 증가함에 따라서 열수축률은 감소함을 알 수 있었으며 이는 PET 연신사의 내부구조에서 분자 축방향의 배향이 거의 이루어 졌다는 점과 결정화 현상이 이루어졌음을 알 수 있다. 연신비는 일정하게 고정하고 1st R/O의 온도를 85°C로 한 다음 slit heater의 온도를 125°C, 170°C, 180°C로 올리면 열수축률은 서서히 감소한다. 이것은 slit heater에서 접촉되는 원사가 온도가 높을수록 결정화가 촉진되어 열수축률이 낮아지는 것이다.

고수축사는 touch하지 않고 통과하므로 고비중사의 열수축률이 낮아질수록 합사 시의 열수축률은 증

가하며, 고비중사의 수축률이 낮을수록 합사 수축률에 크게 영향을 미친다고 생각된다.

고비중 폴리에스터사는 유리전이온도인 80°C에서 미세한 증가현상을 보이다가 이점을 지나면 열수축률이 증가를 보이는 것은 T_g 이하의 온도에서도 저분자량의 고분자가 분자운동을 하기 때문인 것으로 보인다. T_g 이상의 온도에서는 활발한 분자운동이 일어나기 때문에 열수축률의 급상승을 보인다.<그림 10>



<그림 10> 2nd heater에 따른 열수축률

2nd heater 온도가 180°C부근에서 folded chain 결정의 급성장예 의해 열수축 곡선의 변곡점이 나타난다. 그러므로 고비중사(저수축사)의 최종 연신온도는 1st R/O 온도를 85°C이하, slit heater temp.를 180°C이하로 설정한다.

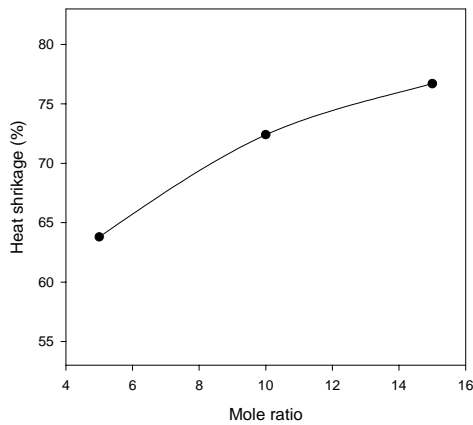
(2) 고수축사

고수축사에 사용되는 실은 25d/18f로 한다.

① IPA의 첨가량에 따른 실험

개질 고분자의 합성 시 첨가제 첨가량에 따라 제반 물성을 비교하였으며 열수축 변화곡선을 <그림 11>에 나타내었다. 실은 75d 기준이며, 연신조건은 Reg. 단사 작업과 동일하게 해주었다. IPA의 첨가량이 많으면 열수축률은 증가하지만 강도와 신도가 떨

어지므로 물성은 떨어진다. 특히 10 mole%가 넘으면 원사가 딱딱하게 경화현상이 발생한다. 개질 고분자의 IPA 첨가량을 5 mole%로 설정하였을 때 열수축률은 약 63%였다. 반면에 Reg. 폴리에스터는 17%이다.

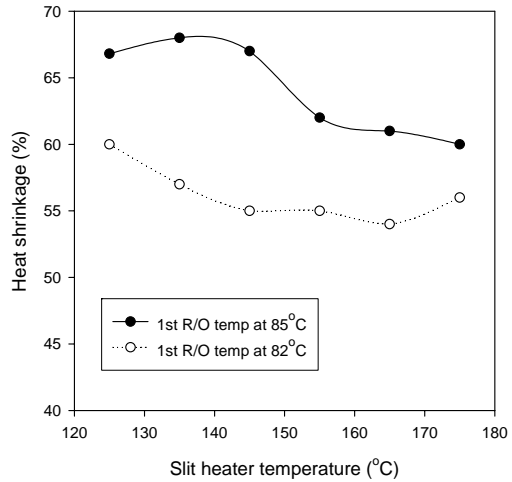


<그림 11> IPA 첨가량에 따른 열수축률의 변화

IPA 5 mole%와 Newpol 2wt%를 첨가한 개질 고분자를 이용하여 방사한 다음, NFY 연신기에서 고수축 단사의 온도조건에 따른 제반 물성과 작업성을 검토하여 1st R/O 온도와 slit heater 온도에 따른 열수축률의 관계를 <그림 12>에 나타내었다. 단, 이때의 원사는 50d/36f FDY를 사용하였다. 1st R/O의 온도를 82℃로 한 다음 slit heater 온도를 125℃로 해주면 열수축률은 60%로 증가하고, 165℃로 해주면 열수축률이 54%로 감소되며, 175℃로 해주면 평형상태를 이룬다. 또한 강도는 slit heater의 온도가 증가함에 따라서 감소하며 신도는 증가하며 slit heater 온도가 145℃ 이상이 되면 거의 변화가 없다.

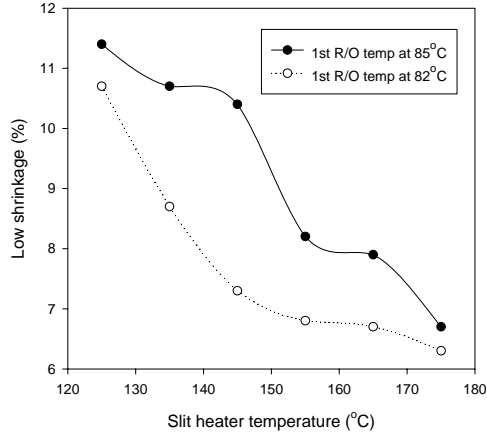
1st R/O의 온도를 85℃로 하면 폴리에스터의 T_g가 80℃이므로 급격히 열수축이 증가한다. slit heater 온도가 125℃일때 열수축이 66.8%이며, 이는 1st R/O의 온도가 82℃, slit heater 온도가 150℃에서와 동일한 열수축률이 발생한다. 또한 175℃에서는 서서히 감소한다. 1st R/O 온도는 82℃에서는 Slit heater 온도가 증가함에 따라서 강도는 감소

하고 신도는 증가하며 Slit heater 온도가 145℃ 이상이 되면 거의 변화가 없다. 이상의 조건으로 최종 연신조건은 1st R/O 온도는 85℃, Slit heater 온도는 175℃로 설정한다.



<그림 12> 1st R/O 온도와 slit heater에 따른 열수축률의 관계

저수축사의 제조 방법은 Slit heater에 touch하는 방식으로 고비중 폴리에스터 UDY 50d/48f 원사로 시험하여 연신온도 변화에 따른 물성 결과를 나타내었으며 열수축 변화를 <그림 13>에 나타내었다. 1st R/O 온도 82℃와 85℃에서 수축률이 낮아진다. 특히 Slit heater 온도 145℃에서 급격하게 낮아진 다음 서서히 수축률이 감소하는 경향이 나타났다. 저수축사의 수축률은 2-4%의 범위를 유지해야만 합사시 수축률효과가 증가하고 또한 Peach-skin 효과도 우수하며 저수축사의 적정 수축률은 4-5% 수준이다. 저수축사의 수축률을 낮추기 위해서 Slit heater의 온도를 올리는데 이때 발생하는 문제점은 2g/d 정도 강도가 낮아진다.



<그림 13> 1st R/O 온도와 SH에 따른 저수축률의 관계

IV. 결론

고수축 고분자를 이용하여 고수축사를 제조하면 60% 이상의 수축률을 얻을 수 있다. 기존 Reg. PET로 저수축사를 제조하면 수축률은 4-5%이다. Rayon-like 사 개발의 최종 연신조건은 연신비 2.734, 1st R/O temp.는 85°C, Slit heater temp.는 175°C로 설정하였다. 작업성 및 물성은 양호하였으며 현장 적용 가능함을 확인하였다.

참고문헌

- 1) 안영무 (1994), *섬유학*, 학문사, pp. 195- 217.
- 2) 안영무 · 박영기 (2007), "Rayon-like 폴리에스터의 합성", *패션비즈니스*, 11(5), pp. 155-164.
- 3) 오영세 · 한삼숙 · 정두감 (2002), "Lyocell 섬유 의 새로운 가능성", *섬유기술과 산업*, 6(1/2), pp. 1-16.
- 4) Marash, S., Dubois, F., & Sakuma, Y. (2001), "CEH Marketing reseach report: rayon and lyocell fibers", *SRI international*, Tokyo.
- 5) Tsuda, Y., & Mukoyama, S. (1967), "The formation of cellulose IV in the viscose spinning", *Bull. Chem. Soc. Japan*, 30, pp. 718-720.
- 6) Kulshreshtha, A. K. (1979), "2-A Review of the literature on the formation of cellulose IV, its strucure, and its significance in the technology of rayon manufacture", *J. Text. Inst.*, 88, pp. 13-18.
- 7) 안영무 (2002), *디지털시대의 의류신소재*, 학문사, pp. 42-43.
- 8) 김종덕 · 한민식 (1992), "Polyester 신합섬", *고분자과학과 기술*, 3(2), pp. 107-115.
- 9) 안태완 · 조재영 (1992), "폴리에스터 소재의 현황과 전망", *고분자과학과 기술*, 3(3), pp. 177-184.
- 10) 김학주 · 이도묵 (1992), "폴리에스터 섬유의 연중 직방기술", *고분자과학과 기술*, 3(3), pp. 207-215.
- 11) 김석수 (1992), "PET 공중합 제조기술", *고분자과학과 기술*, 3(3), pp. 227-234.
- 12) 김익수 · 안중수 (2002), "새로운 레이온 섬유 enVix[®]", *섬유기술과 산업*, 6(1.2), pp.17-28.

(2007년 9월 20일 접수, 2007년 12월 13일 채택)