

〈研究論文(學術)〉

DTY 및 Elastic DTY사의 물성에 관한 연구 - 인장특성 및 수축률에 대하여 -

¹최재우 · 전병익*

상주대학교 섬유공학과
*동양대학교 패션디자인학과
(2000년 12월 11일 접수)

A Study on Physical Characteristics of DTY and Elastic DTY - Characteristics of Tensile Properties and Shrinkage Ratio -

Jae Woo Choi and Byung Ik Jun*

Dept. of Textile Engineering, Sangju National University, Sangju, Korea

**Dept. of Fashion Design, Dongyang University, Youngju, Korea*

(Received December 11, 2000)

Abstract—Tensile and shrinkage characteristics of DTY, EDY and Macel were investigated experimentally. The drawn textured yarn(DTY) made by an existing belt type false twist and the elastic drawn textured yarn(EDY) made by non-torque false twist method modified from the belt type one. Macel was the yarn which had drawn and un-drawn arrangements. The tenacity of EDY had lower value than that of DTY. EDY had higher stretch than that of DTY. Especially Macel yarn had higher stretch than that of DTY compared with the same diameter of yarn. With time course behavior the tenacity and elongation of DTY and EDY had stabled tendency without variation. Before scouring process, the wet and dry shrinkage ratio of EDY had higher value than that of DTY. However, they decreased after the process. At the same time, the stretch characteristic of EDY was significant as the diameter of yarn became higher.

1. 서 론

직물을 특정용도로 사용하기 위하여 생산함에 있어서 직물의 소재특성과 원사물성을 생산제조 공정에서 제어하는 것은 필수적인 과정이라 할 수 있다. 이러한 생산공정조건을 설정하기 위한 선행 연구로서 원사 특성을 감안하여 품질 및 생산성을 확보하기 위한 공정조건 및 작업표준이 정해져야 함도 물론이다. 이러한 관점에서 신재

품을 제품개발과정 측면으로 분류하면 양산과정을 거쳐 품질이 안정화, 표준화된 일반제품, 일반 제품의 품질과 기능을 개선시킨 개발제품, 전혀 새로운 신개발제품 등으로 나눌 수 있으며, 개발 제품의 관건은 코스트를 적정수준 이하로 낮추는 일과 품질의 재현성을 높이는 일이다. 이 가운데 원사물성이 미치는 영향은 매우 크므로 가장 중요하다 하겠다.

한편, 국내 원사업체들은 고속생산 및 자동화 공법에 의한 대량화 시스템으로서 제조원가 절감에 주력하고 있으나, 직물분야에서의 경쟁력과 수익성을 위한 차별화소재 원사의 개발 및 투자

¹Corresponding author. Tel. : +82-54-530-5285;
Fax : +82-54-535-8174; e-mail : cjw@sangju.ac.kr

는 상대적으로 약화되고 있는 현실로서, 현재 실험을 포함한 차별화 원사의 개발 및 생산의 실질적인 주체는 소로트 다품종의 소재원사에 주력을 하고 있다.

직물의 핵심소재로 사용되는 세섬도(0.5 denier이하)용의 고신축성 가연가공사 소재개발과 이것을 포함한 일반 가연가공사 소재류에 대한 직물생산시의 작업성 및 품질의 고질적인 문제인 소재원사의 꼬임발생 현상을 완전제거하는 non-torque특성의 가연가공사 소재생산이 절대적인 필수조건으로 대두되고 있다. 그러나 국내 소재생산업계의 현 상황은 이와 관련한 기초원료 특성과 고신축 물성과의 상관성 및 이의 생산을 위한 섬유공정특성과 기계적 메카니즘 및 관련품질 안정화에 관한 기초기술이 전무한 실정이다.

가연의 기본목적은 합성섬유를 천연섬유와 같은 촉감을 내기 위하여 섬유의 표면에 권축(crimp) 내지는 부푼(bulky)성을 부여하는 것이다. 예를 들면 면의 경우는 천연 꼬임, 양모의 경우는 크림프가 그것이다.

사의 특성을 향상시키기 위해서 가공한 사는 가연시 100%의 해연이 되지 않고, 잔류 torque가 남아있어 snarl 현상이 발생하게 된다. 이 현상은 제직준비공정 특히 연사, 정경, 가호와 제직시 효율저하를 가져오는 원인이 된다^{1,2)}. 그러나 non-torque 가공 메카니즘을 나타낸 Fig.1과 같이 disk 양쪽으로 서로 다른 방향에서 가연을 함으로서 양쪽실에 잔류되어 있는 S방향과 Z방향의 torque가 반대방향으로 존재하게 되고, 이들은 가연영역의 하단에서 합쳐져서 하나의 가공사로 형성되므로 S방향과 Z방향의 잔류torque가 상쇄되어 torque가 전혀없는 가연가공사를 생산할 수 있게 된다.

한편 기존의 nip belt 방식은 하나의 마찰점을 가지고 있으므로 두종류 원사의 복합은 용이하였다. 그러나 non-torque 가공방식은 복합되어진 가공사를 disk 양쪽으로 마찰점을 두 개 지니고 가공인자(θ , twist ratio)를 서로 달리하여 복합사를 복합하는 기존방식과 차원이 다른 가공방식이 된다. 특히, 기존의 pin type 또는 disk type의 가연기는 가연기구의 메카니즘상 해연장력을 낮게 하는 것이 불가능하여 크림프 부여에는 그 한계를 지니게 되나, non-torque에 의한 가연공법에 의한 경우 해연장력을 극소화 시킬 수 있게 되어 단위 길이당 미세크림프 밀도를 매우 높게 부여할 수가 있어 고신축성을 지닌 복합사제조가 가

능하게 된다.

또한 가연기의 가공인자인 섬유재료와 온도 및 장력과의 상관분석 등 기존의 기초자료를 근거로 미세한 단사크림프를 최대로 부여하고 이들 단사크림프의 집속형태를 기존의 섬유축 방향과 다르게 3차원적으로 배향시킴으로서 높은 신장회복성을 지닌 가공사 소재 제조가 가능하며, 형태학적, 기하학적으로 섬유들의 집속성유지와 형태안정성을 부여하는 원사 및 고품격의 직물을 생산할 수 있게 된다.

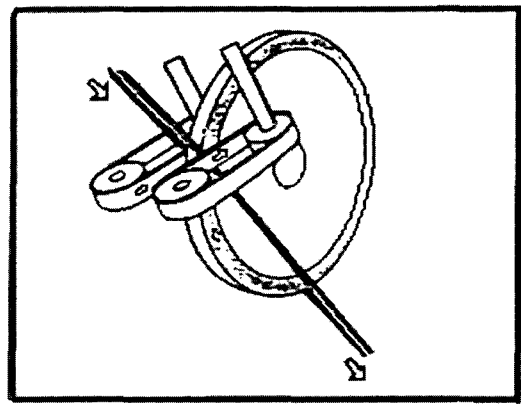


Fig. 1. Mechanism of non-torque system.

이 연구에서는 가연기의 가공인자인 섬유재료와 온도 및 장력과의 관계 등 기존의 Know-how를 기초로 미세한 단사크림프를 최대로 부여하여 제조한 7종의 가공사, 기존의 belt type 가연기에 의해 제조된 DTY사와 belt type 가연기를 non-torque 가연가공방식으로 개조하여 제조된 non-torque 가공사인 EDY(elastic drawn textured yarn) 및 부분 미해연과 동시에 교호로 배열시킨 "Macel"의 인장과 수축성질에 대하여 비교분석하였다.

2. 실험

2.1 원 사

Non-torque 가공방식을 부가한 belt type 가연기를 개조하여 생산된 non-torque 가공사인 elastic drawn textured yarn (EDY) 3종과 기존의 belt type 가연기를 이용하여 가연 가공하여 제조한 일반적인 drawn textured yarn (DTY) 3종과 "Macel" 300/96 SD 등 7종의 원사를 제조하였으며, 서로 다른 시생산조건(사속, 연신비, twist 비,

Table 1. Condition of false twist and yarn

Content	Yarn speed (m/min.)	Drawn ratio	Winder ratio (m/min.)	Twist ratio	Heater temperature (°C)	Nip belt angle (°)	Tension 1	Tension 2	Yarn
DTY	505	1.697	490	1.587	205	110	80	78	75/36 SD 1,200T/M 150/48 SD -
EDY	350	1.577	345	1.587	230	105	68	66	300/96 SD -

nip belt 각도, 온도, 장력비 등)을 변화시켜 제조한 DTY 및 EDY의 가연조건과 종류를 Table 1에 나타내었다.

2.2 인장시험³⁾

시료를 상온에서 24시간 이상 방치한 후 인장시험기(TENSORRAPID -3)를 이용하여 tenacity, 절단신도 및 초기탄성계수를 측정하였다. 측정조건은 시료길이 100mm, Test Speed 100mm/min. 로 각각 20회 측정하였다.

2.3 수축률시험⁴⁾

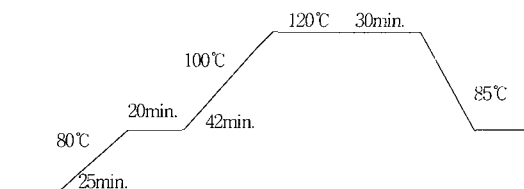
열수 및 건열수축률은 KSK-0215 A법에 의해 측정하였으며, 시료에 초하중을 걸고 정확히 500mm를 재어 2점을 표시하여, 열수축률 시험은 100°C의 열수중에 30분간 침지한 후 꺼내어 가볍게 천으로 물을 제거하고 열풍건조 시킨 후, 건열수축률 시험은 180°C의 건조기중에 30분간 방치후 꺼내어 실온까지 냉각시킨 후, 다시 초하중을 걸고 2점간의 길이를 재어 아래식으로 수축률을 산출하였다.

$$\text{수축률(\%)} = \frac{500 - l}{500} \times 100$$

여기서 l: 2점간의 길이(mm)

2.4 정련시험

현장에서 사용되는 rotary washer를 이용하여 각 원사를 아래의 조건에 의해서 정련 처리하였으며, 이때 사용된 조제는 수산화나트륨 4g/ℓ,



정련호발제 1g/ℓ, 유화분산제 1g/ℓ의 조건으로 처리하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 가공사의 단면

가공사의 단면상태를 알아보기 위하여 Scanning Electron Microscope(HITACHI, 일)를 이용하여 확대 촬영하였다. Fig. 2에 시료의 굵기에 따른 DTY와 EDY의 단면사진을 나타낸 것으로 DTY a),c),e)와 EDY b),d),f)의 단면사진을 비교하면 DTY는 전반적으로 원형에 가까운 형태의 단면을 가지고 있으나, EDY는 원형 형태와 편평한 형태의 단면이 혼합되어져 있다.

DTY는 번수가 증가함에 따라서 필라멘트의 겉보기 단면직경이 증가하며, 150, 300d의 겉보기 단면 직경은 거의 유사함을 알 수 있다. 또한 EDY의 경우에는 번수가 증가함에 따라서 필라멘트의 편평한 단면형태의 정도가 증가함을 보이고 있으며, 300d 경우에서 편평화의 정도가 가장 크게 나타났다.

3.2 절단강도

절단강도는 실이 장력을 받아 절단될 때 사가 갖는 강도를 나타내는 것으로 이 값은 각 공정에서 받는 장력에 의해 사의 절단이 어느 정도 쉽게 나타나느냐를 의미하는 값이 된다.

각 원사에 따른 현재의 절단강도 값과 6개월 보관 후의 절단강도 값의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 전체적으로 DTY, EDY의 절단강도 차이는 크게 나타나지 않고 있으며, 현재의 절단강도 값을 보면 POY에 비해서 DTY와 EDY의 절단강도 값이 크게 증가를 보이고 있으며, 또한, DTY와 EDY의 경우 75D는 유사하고 150D, 300D는 DTY가 EDY의 절단강도 값보다 조금 증가 경향을 나타내고 있다. 이와 같이 DTY가 EDY보다 절

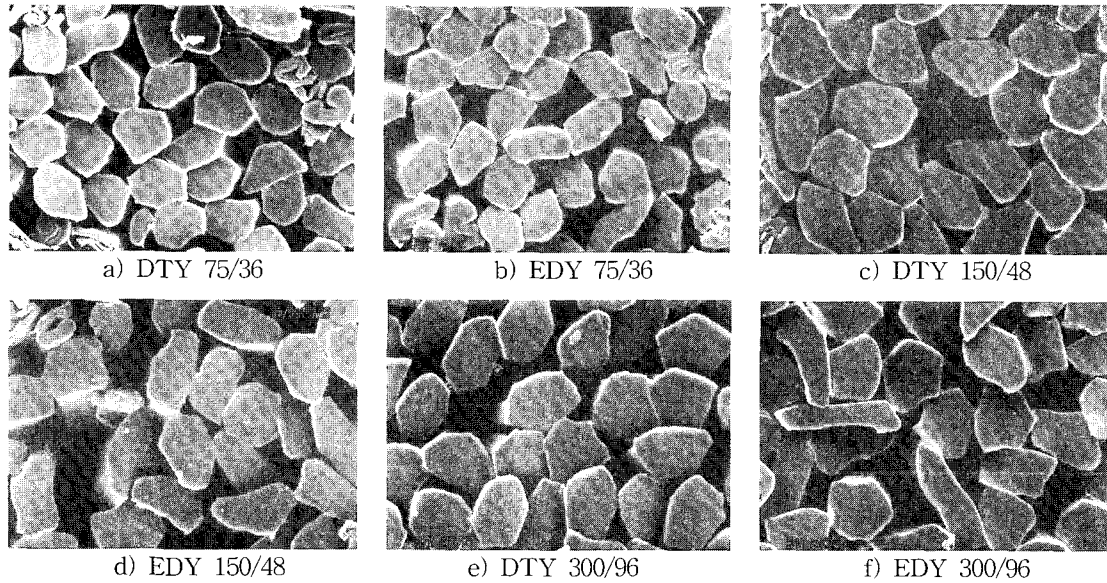


Fig. 2. Scanning electronic microscope of DTY and EDY.

단 강도가 높은 것은 사가공시의 공정특성상 non-torque 가연가공방식이 belt type 가연가공기보다 실과의 마찰면적이 크기 때문이라 생각되어지며, DTY나 EDY가 실의 굵기가 증가할수록 절단강도가 낮은 이유는 사의 표면적이 증가할수록 접압 점을 통과할 때 마찰면적이 증가하여 외력을 더욱 많이 받게 되어 사의 손상률이 증가되기 때문이라고 알려져 있다⁵⁾.

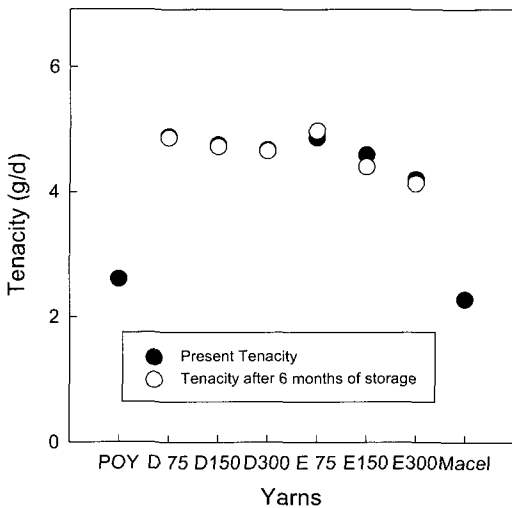


Fig. 3. Tenacity of various yarns.

또한, 보관기간 6개월 후의 절단강도는 현재의 절단강도 값과 유사함을 보이고 있다. 시료를 향한 항습실에서 일정한 온·습도 조건하에서 보관하였으므로 보관상태가 양호하여 변화가 거의 없는 것으로 보인다. 따라서, 일정한 온·습도를 유지할 수 없는 현장에서의 경우 철저한 원사관리가 필요하다⁶⁾.

“Macel” 300D가 낮은 절단강도 값을 보이고 있는 것은 연신 부분과 미연신 부분이 공존함으로 생기는 weak point, 즉 미연신 부분이 존재함으로써 절단강도가 낮은 것으로 보고된 결과와 잘 일치하고 있다⁷⁾.

Fig. 4는 DTY, EDY 300D의 보빈의 내·외층의 절단강도의 변화를 나타낸 것이다. 보빈의 내·외층간의 물성변화는 최종제품에서 염색후 줄무늬 등의 문제점을 발생시킬 수 있는 원인으로 나타난다. 이 실험에서의 보빈 내·외층간의 절단강도변화는 큰 차이 없이 일정한 값을 나타내고 있다.

3.3 절단신도

절단신도는 사가 공정에서 장력을 받아 절단될 때의 늘어나는 정도를 나타내는 것으로, 이에 영향을 미치는 인자중에서 섬유 미세한 단사크림프 구조와 이들 단사크림프의 집속형태에 따라 차이가 있게된다. 이 수치가 큰 값을 지닐 때 사의 신축성이 양호한 것으로 제품의 물성과 제직

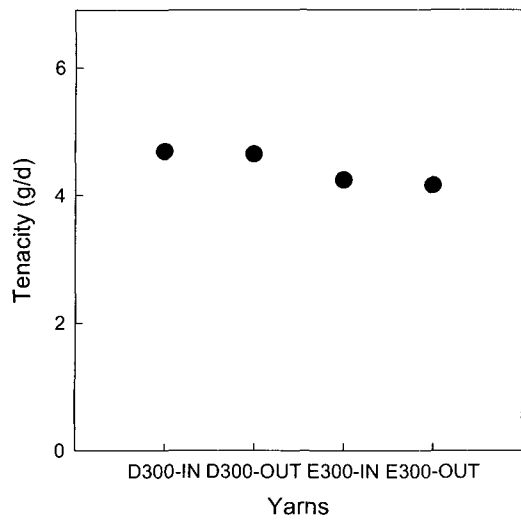


Fig. 4. Tenacity of various yarns in the interior and exterior layer.

흡에도 이 수치의 대소에 따라 영향을 미치는 중요한 물성 인자로 된다.

각 시료에 따른 현재의 절단신도 값과 6개월 보관 후의 절단신도 값의 변화를 Fig. 5에 보이고 있다. 각 사의 굵기 별 DTY, EDY는 모두 절단신도에 큰 차이는 나타나지 않지만, EDY 75D에서 특히 높은 값을 나타내고 있다. 전반적으로 DTY보다 EDY가 높은 절단신도 값을 나타내고 있는 것은 해연장력을 극소화하여 단위 길이 당 미세한 크럼프의 밀도를 높게 부여한 결과 높은 신축성을 지니게 되고, Fig. 2에 나타난 것과 같이 DTY는 필라멘트가 원형 단면형태로 구성되어 있으나, EDY는 원형 단면형태와 편평한 단면형태로 이루어져 있기 때문에 편평한 단면의 부여 정도에 따라서 신도가 증가하는 것으로 여겨진다. 또한, "Macel" 300D가 높은 값을 나타내고 있는 것은, 미연신 부분이 신장되어 발생한 현상으로 생각된다. 결론적으로 구조가 미세한 단사 크럼프를 최대로 부여하고, 이들 단사 크럼프의 집속형태를 기존의 섬유축 방향과 다르게 3차원적으로 배향시킴으로서 높은 절단신도를 지닌 가공사 제조가 가능 하였기 때문에 형태학적, 기하학적으로 섬유들의 집속성 유지와 형태안정성이 부여된 결과로 고찰된다.

원사에서 제직공정에 이르기 까지 사를 winding하는 공정에서 cheese 상태로 권취하게 되는데, 이때 cheese 내·외층간의 신도변화가 발생되

어 최종 직물에서 염색후 줄무늬 발생의 원인으로 나타나게 된다. 이는 winding될 때 cheese 내·외층 부분이 받는 장력의 차이에 의해서, 또는 steaming 공정의 열처리 과정에서 cheese 내·외층의 setting 정도에 따라 발생하게 된다⁸⁾. Fig. 6은 사종별 보빈 내·외층의 신도변화를 나타낸 것이다. 이 실험에서의 절단신도 값의 차이가 나타나지 않아 안정된 사의 물성을 가지고 있으므로 직물 제조시 불량 발생되지 않을 것으로 생각된다.

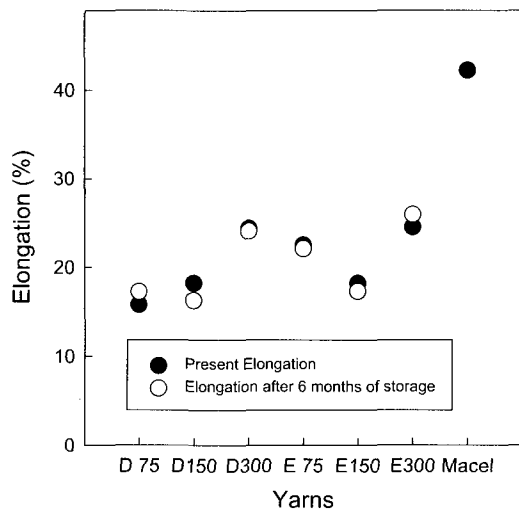


Fig. 5. Elongation of various yarns.

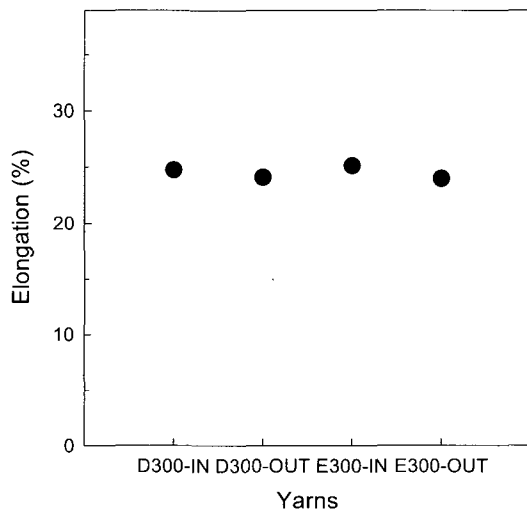


Fig. 6. Elongation of various yarns in the interior and exterior layer.

3.4 초기 탄성계수

초기 탄성계수는 사에 걸리는 하중에 대해서 실이 어느 정도 쉽게 늘어나느냐의 여부를 판정하는 척도로서 값이 작으면 쉽게 늘어나는 실을 의미한다.

각 시료에 따른 초기탄성계수 값의 변화를 Fig. 7에 보이고 있다.

각 사종별 초기탄성계수는 DTY, EDY, "Macel" 순으로 낮은 값을 보이고 있기 때문에 EDY가 DTY보다 신축성이 양호하다고 생각된다.

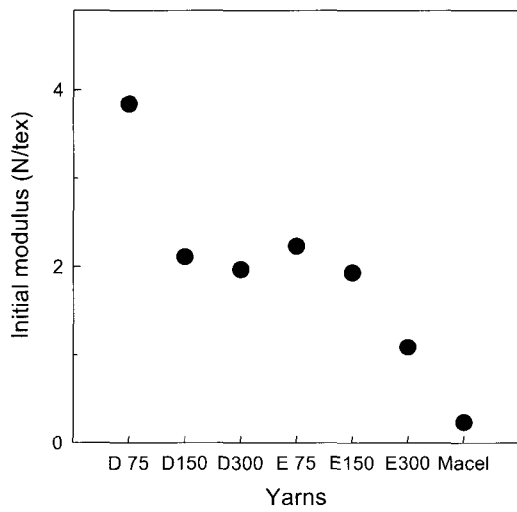


Fig. 7. Initial modulus of various yarns.

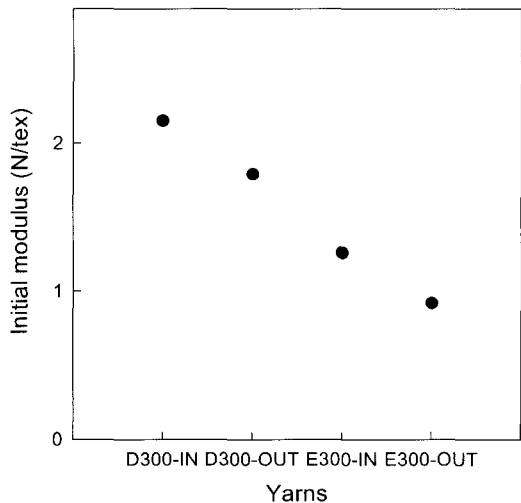
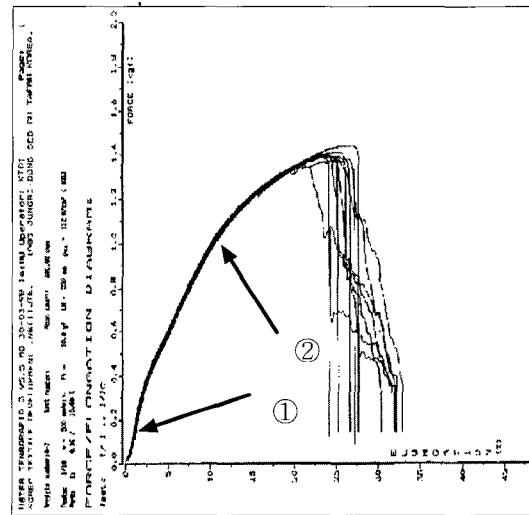


Fig. 8. Initial modulus of yarns in the interior and exterior layer.

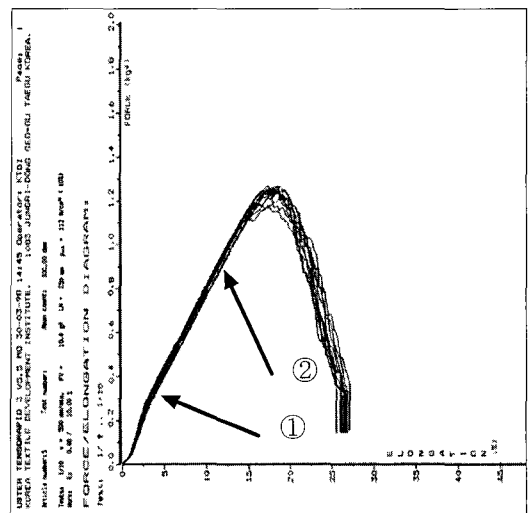
Fig. 8은 DTY 및 EDY 300D의 보빈 내·외층의 초기 탄성계수 변화를 나타낸 것으로 외층이 내층보다 낮은 값을 보이고 있다. 이는 열 세팅시 경화도의 차이에 의해서 이루어지는 현상이며, 특히 EDY의 차이가 심한 것은 내열성이 DTY에 비해서 저열함에 기인한 것으로 생각된다. 또한 사중관리가 불량할 경우 직물제조과정 중에서 표면특성 편차가 발생할 확률이 증가하게 된다.

3.5 각 사종별 S-S 곡선

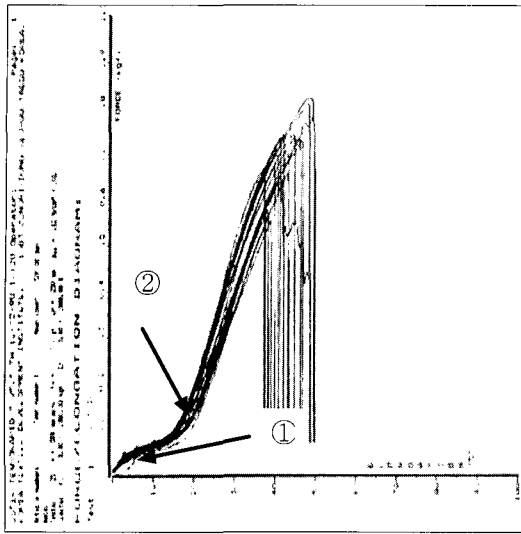
DTY, EDY, "Macel" 300D의 S-S곡선을 Fig. 9에 나타내었다.



(a) DTY 300D



(b) EDY 300D



(c) Macel 300D

Fig. 9. Stress-Strain curves of various yarns.

DTY, EDY, Macel 300D의 S-S 곡선의 초기 점에서의 구배를 비교하면 Macel쪽의 구배가 극히 완만한 곡선을 나타내고 있다(①). 신도가 증가함에 따른 강도의 변화도 EDY사는 약 20% 이후에서 강도가 증가하는데 반해, DTY사는 급격하게 증가함을 볼 수 있다. 이는 미연신 부분의 연신이 발생한 후에 연신된 부분에 힘이 작용하기 때문에 발생하는 것으로 알려져 있으며⁹⁾, "Macel"은 사제조 공정의 제 1단계에서 연신공정의 Unbalance를 부여하여 부분미연신으로 원사의 섬도를 굵고 가늘게 변화시킨 원인에 기인한다고 볼 수 있다(②).

3.6 수축률

비수수축률(Wet Shrinkage)은 100°C 정도의 습열상태에서 사의 수축이 어느 정도 인가를 나타내는 값으로써 공정에서는 가호공정과 2-for-1 연사 후 스티밍 공정에서 사의 수축정도를 예측할 수 있으며, 직물상태에서는 정련과 relaxation 공정에서 어느 정도의 수축이 발생하는가를 예측할 수 있다.

한편, 건열수축률(Dry Shrinkage)은 180°C의 열풍상태에서 사의 수축이 어느 정도 발생하는가를 나타내는 값으로써 공정상에서는 DTY, ITY, ATY 등의 사가공기계에서 히터를 통과할 때 수축이 어느정도 발생하는가를 예측할 수 있는 중요한 의미를 지니고 있다.

각 사종별 정련공정의 진후에 따른 비수 및 건열수축률을 Fig.10에 나타내었다. DTY, EDY의 비수 및 건열수축률에서 양 수축률 모두 EDY사가 DTY사에 비해 전반적으로 높은 수치를 나타내고 있으며, 특히 300D에서는 DTY에 비해 EDY사가 비수수축률은 약 2배이상, 건열수축률은 약 3배정도의 수축률을 나타내므로 사의 굵기가 증가할수록 신축성이 훨씬 우수함을 보이고 있다. 이것은 필라멘트의 편평한 단면 형태의 부여 정도가 신축성의 증가에 영향을 미치고 있는 것으로 여겨지며, 또한 원사의 단사크립프 집속형태에 기인하는 것으로 고찰된다. 이단사크립프의 집속형태에 따른 직물의 벌키성을 SEM 단면 측정 결과 육안으로 확인할 수 있었다.

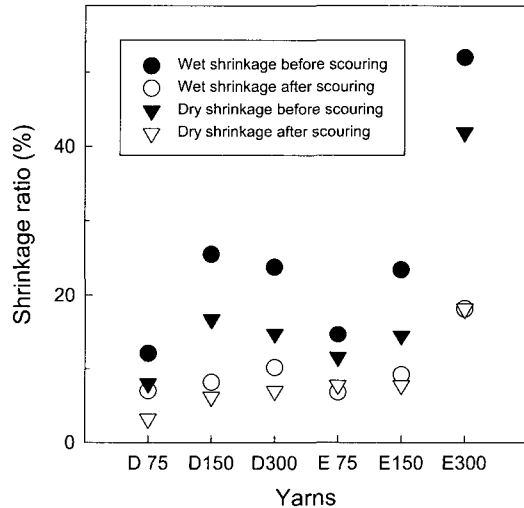


Fig. 10. Wet and dry shrinkage ratio of various yarns according to before and after scouring process.

또한, 정련 전·후의 비수수축률 변화를 비교하면, 정련전에 비해 정련후의 비수수축률이 30~70%정도 감소함을 보이고 있으며, 75D에 비해 150, 300D에서 수축률의 감소율이 크게 나타났다. 이는 원사의 구조물성 상이, 즉 filament 충전율이 75D 보다 150, 300D에서 적은 결과로 고찰된다. 정련 전·후 건열수축률은 비수수축률의 측정치와 유사한 결과치를 보이고 있기 때문에 EDY사의 물성이 안정됨을 보이고 있다.

최근 복합사의 출현에 따라 다단 고수축의 발현이 직물의 물성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다¹⁰⁾. 따라서 실제 정련 전·후 비수 및

건열수축률의 변화를 실제 공정조건과 동일한 상태로 부여하면서 이때 건열수축률의 측정값은 매우 중요한 사항으로 된다.

4. 결 론

미세한 단사크립프를 최대로 부여하여 제조한 7종의 가공사, 기존의 belt type 가연기에 의해 제조된 DTY와 belt type 가연기를 non-torque 가연가공방식으로 개조하여 제조된 non-torque 가공사인 EDY(elastic drawn textured yarn) 및 부분 미헤연과 동시에 교호로 배열시킨 "Macel"의 인장과 수축률을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. EDY의 절단강도는 DTY와 비교해 약간 낮은 값을 나타내었고, EDY가 일반 DTY에 비해 고신축성을 나타냈으며, 특히 "Macel"은 동일 굵기의 DTY에 비교하여 높은 신축 특성을 보였다. 또한, DTY와 EDY의 경시 변화에 따른 절단 강·신도 변화는 거의 나타나지 않는 안정된 물성을 보였다.
2. 정련 전의 비수 및 건열수축률은 모두 EDY가 DTY에 비해 전반적으로 높은 수치를 나타내었다. 특히 300d에서는 DTY에 비해 EDY가 비수수축률에서는 2배정도, 건열수축률에서는 약 3배정도의 수축률을 보였다. 정련 후의 비수 및 건열 수축률은 크게 감소하였고, 시료의 굵기가 증가할수록 수축률의 감소율이 증가하기 때문에 굵기가 증가할수록 신축성이 훨씬 우수함을 보였다.
3. 필라멘트의 편평한 단면형태의 부여정도가 절단신도 및 수축률에 영향을 주는 것을 알 수 있었다.
4. EDY의 경우에는 변수가 커짐에 따라서 필라멘트의 편평한 단면형태의 정도가 증가하였으며, 300d 경우에서 편평화의 정도가 가장 크게 나타났다.

참 고 문 헌

1. "Manual of the filament textured technology (1)", Text. Mach. Soc. J.(1976).
2. "Manual of the filament textured technology (2)", Text. Mach. Soc. J.(1976).
3. "KS"(Korea Standard), Korea Standard Association, Korea(1995).
4. "JIS"(Japanese Industrial Standards), Japanese Industrial Standards Association, Japan (1995).
5. Deijin, *J. Text. Mach. Soc. J.*, **39**(11), 31 (1986).
6. T. Sato, *Textile Asia* (4), 67(1990).
7. H. N. Yoon and A. Buckley, *Text. Res. J.*, **54** (5), 289(1984).
8. N. Kuroda, *Jpn. Res. J. Text. End-Use*, **28**, 260(1985).
9. A. Suzuki, *Sen-i Gakkashi*, **39**, T290(1982).
10. B. I. Jun, A. K. Oh, S. J. Kim, D. H. Jang, and T. H. Kim, *J. Korean Fiber Soc.*, **30** (2), 125(1993).