

<연구논문(학술)>

차양막 직물용 코팅사 제조기술에 관한 연구

김승진[†] · 이은호¹ · 허 경² · 김현아³

영남대학교 융합섬유공학과, ¹헌터 더글라스, ²다이텍연구원, ³한국패션산업연구원

Study on Manufacturing Technology of Coating Yarns for Awning Fabrics

Seung-Jin Kim[†], Eun-Ho Lee¹, Kyeong Heo² and Hyun-Ah Kim³

Department of Textile Engineering and Technology, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea

¹Hunterdouglass Korea, Gumi, Korea

²Korea Dyeing and Finishing Technology Institute, Daegu, Korea

³Korea Research Institute for Fashion Industry, Daegu, Korea

(Received: January 28, 2015 / Revised: February 11, 2015 / Accepted: March 4, 2015)

Abstract: This paper investigated optimum process conditions of coating yarn for awning fabric. For this purpose, the simulation for processability and yarn quality using SPSS statistics package was carried out, and PP/TPO and PET/PVC coating yarns specimens were made with variation of extruder temperature and feed speed of core yarn on the yarn coating machine for examining simulation result. It was revealed that optimum coating conditions of PP/TPO 1000d coating yarn were extruder temperature 150°C, and core yarn feed speed 400~500m/min. Mechanical property and thermal shrinkage of PP/TPO coating yarn made at this conditions were best and core evenness rates of these coating yarns by yarn compression tester were also superior, which was certified by SEM photograph. In addition, these experimental results were coincided with simulation results. It was found that, in PET/PVC coating yarn, yarn physical properties between 1500d and 1200d coated yarns were not shown any difference, and core evenness rates of these coating yarns were superior. It revealed and concluded that these simulated coating conditions are applicable to production field.

Keywords: coating yarn, core evenness rate, extruder temperature, PP/TPO, PET/PVC

1. 서 론

실의 코팅(coating)은 제직공정에서 실의 강도를 높이기 위해 사이징(sizing)을 하는 기술이 효시라고 볼 수 있으며 실 표면에 얇은 필름 막을 형성시켜 보호층을 형성하는 역할 혹은 기능성을 목적으로 방수성 혹은 방염성 등을 부여하기 위해 사용되어 왔다. 최근에는 기능성을 향상시켜 병원용(medical), 보호용(protective) 그리고 화학물질에 대한 저항성(chemical resistance) 등을 높인 산업용도의 제품 또한 보호의류 등에 사용되고 있다. 최근 이들 용도로 사용되는 소재별 연구를 분류해보면 PET 필라멘트에 CNT(Carbon Nano Tube)를 코팅한

연구^{1,2)}와 센서, IT분야에서 융복합소재로 사용되는 CNT와 Carbon을 사용한 코팅연구³⁻⁶⁾에 관한 내용이 발표되었다. 한편 면사에 기능성 코팅을 하여 기능성 의류에 적용한 연구^{7,8)}가 있으며 그 외 바테리 방전을 줄이기 위한 코팅사의 응용⁹⁾, PET에 PEDOT(poly(3,4-ethylene dioxythiophene))를 코팅하여 전도성을 향상시키기 위한 연구¹⁰⁾, carbon과 유리섬유 코팅사의 열저항성 향상에 관한 연구¹¹⁾, 그리고 아라미드에 금(gold)코팅을 하여 전도성을 향상시킨 연구¹²⁾ 등이 최근에 연구가 되었다.

A. Schwarz¹²⁾은 파라아라미드사에 polypyrrole(PPy)과 구리(Cu)층 코팅을 하고 이들 코팅표면에 얇은 층의 금 증착을 무전기증착방법으로 처리한 코팅사를 만들어 우수한 기계적, 전기전도특성을 가진 것을 확인하였으며, wearable textile 재료에서 biomedical 신호를 측정 가능한 재료의 가능성을 확인하였다.

[†]Corresponding author: Seung-Jin Kim (sjkim@ynu.ac.kr)

Tel.: +82-53-810-2771 Fax.: +82-53-812-5702

©2015 KSDF 1229-0033/2015-3/35-49

R. Zhang¹⁾은 TPU(Thermoplastic polyurethane) 스판덱스사에 CNT를 코팅하여 smart textile용 센서재료로써 높은 포텐셜을 가짐을 확인하였다.

H. E. Misak²⁾은 PET에 CNT 나노코팅을 실시하여 복합재의 강도 보강재로서의 가능성을 연구하였다. 한편 smart textile 재료로서 CNT를 코팅한 연구³⁻⁶⁾에서는 센서 재료로써 사용가능성을 확인 하였으며 면사의 코팅에 친수성고분자인 PVP(poly(N-Vinyl-2-pyrrolidone))를 사용하여 사의 역학 특성치를 44% 증가시킨 연구⁷⁾와 Chitosan 코팅면사의 항진드기 활동에 대한 효과를 분석한 연구⁸⁾도 발표되었다. 한편 Smart textile용으로 PEDOT로 코팅하여 전기전도성을 높인 연구^{9,10)}와 PANI(polyaniline)코팅 UHMWPE(ultra high molecular weight polyethylene)사의 전기전도성을 연구한 논문¹³⁾도 최근 발표되었다.

그러나 이들 연구들은 padding 방법 혹은 OCVA(Oxidative Chemical Vapor Deposition)방법 등으로 실의 코팅을 실험실에서 연구하여 전기전도성 등의 물성을 향상시키는 것에 연구의 목표를 두었다. 실제 코팅 관련 중소기업에서는 코팅액의 균제한 코팅이 대단히 중요하며 코팅사의 인장 물성 등 실의 길이 방향의 물성균제성이 코팅사 품질에 대단히 중요한 기술로 알려져 있으며 코팅공정기계에서는 extruder의 온도와 core사의 feed speed에 따라 코팅사의 인장특성이 달라진다고 알려져 있으나 이들에 관계된 내용의 연구는 많이 발표된 것이 없다.

따라서 본 연구에서는 Sun screen으로 많이 사용되는 PP와 PET 필라멘트의 TPO와 PVC 코팅액과의 코팅공정에서의 최적 공정조건에 관한 연구를 하고자 하였다. 즉 코팅기계에서 중요 공정인자인 extruder 온도와 core사의 feed속도에 따른 코팅사의 물성에 대해 시뮬레이션을 실시하고 실제 코팅공정에서 온도와 속도를 변화시킨 코팅사를 제조, 이들의 물성을 측정하여 시뮬레이션 결과와 비교·분석하여 최적물성을 갖는 최적 사 코팅공정에 관한 연구를 수행하였다.

2. 압출 시뮬레이션

2.1 시뮬레이션 모델 및 방법

코팅사의 제조시 품질에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 예상되는 인자를 선정하고 이를 2수준 부분완전 배치법¹⁴⁾을 적용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 품질

평가특성은 코팅사의 강신도 그리고 진원율(core사 주위의 coating사의 균제성)을 등급화하여 시뮬레이션을 실시하였다.

Figure 1에 시험용 사코팅 제조기계의 공정도를 보였다. 코팅제로 사용되는 컴파운드 칩이 호퍼(hopper)에 공급되면 압출기(extruder)내의 스크류(screw)의 회전과 함께 칩이 용융 및 혼합이 되면서 이송되어 다이스와 니플의 slit사이로 일정량이 토출되면서 다이스 내로 들어오는 core원사에 균일하게 피복되어 코팅사가 만들어진다. 이러한 제조과정에서 코팅사 물성에 영향을 주는 공정인자로서는 extruder 토출량, 다이스(dies)직경, 니플 직경, extruder 용융온도, 그리고 심사 공급 속도 등이 있다.

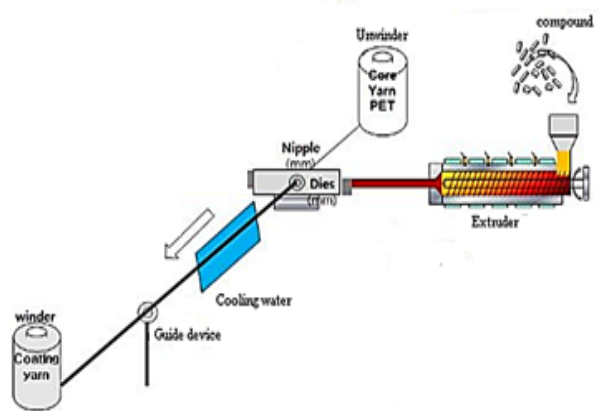


Figure 1. Schematic diagram of yarn coating apparatus.

이들 인자 중에서 핵심 4개 인자에 대한 2수준과 중심점을 포함시켜 시뮬레이션 분석¹⁴⁾을 하였으며 등고선 분석은 아래 시뮬레이션 모델 식(1)을 사용하였다.

$$y_i = x_1 + x_2 + x_1^2 + x_2^2 + e \dots\dots\dots (1)$$

where, i; 1, 2
e; error

위의 식에서 x_1 인자는 extruder 온도, x_2 인자는 core yarn speed이며, y_1 은 작업성으로 코팅 현장에서 작업성이란 생산성을 의미하며 사절이 생산성에 가장 중요한 인자가 되므로 코팅사의 표면상태, 절단강도와 절단신도 등이 사절에 결정적인 요인이 되는 것으로 알려져 있다. 따라서 코팅사의 강신도특성에 관계되는 코팅중 사절과 실의 표면상태 등을 고려하여 평가하였다. 25~30회 시험용 코팅사 제조중 사절이

없을 때 1.0으로 평가하며, 사절이 2회 이하일 때 0.5, 2회 이상일 때 0으로 평가하였다. 그리고 y_2 는 진원도로서 25~30회 시험용 코팅사 단면의 광학현미경 사진에서 0.8에서 0.5까지 0.1의 차이를 두면서 4단계로 진원도를 육안평가 하였다.

2.2 1000d PP/TPO 코팅사의 시뮬레이션

PP 210d를 core사로 사용하고 TPO 코팅을 실시하여 1000d PP/TPO 코팅사의 시뮬레이션 실험을 실시하였다.

Table 1에 보이는 2수준(minimum, maximum value)과 중심점(center value) 실험계획¹⁴⁾에 의해 30회 시뮬레이션을 실시하여 얻어진 work sheet를 Table 2에 보였다.

Table 2에서 C5~C8의 4개 공정변수를 Table 1에 보인 범위 내에서 바꾸어 주면서 C9의 작업성과 C10의 진원률을 평가한 30회 시뮬레이션 실험 data를 보였다.

Figure 2는 Table 1에 보이는 실험계획에 의해 시뮬레이션을 할 때 Table 2에 보인 1000d 코팅사의 작업성에 대한 앞에서 보인 등고선 분석 시뮬레이션 모델식¹⁴⁾에 의한 인자별 등고선 영역을 보였으며, Figure 3은 같은 조건에서 진원율에 대한 인자별 등고선 영역을 보였다.

Figure 2와 Figure 3에서 볼 수 있듯이 다이스 직경 0.65mm, 니플 직경 0.3mm로 고정할 때 extruder 온도 140°C~150°C, 그리고 코어 원사속도 450m/min~550m/min에서 가장 높은 작업성과 가장 큰 진원율을 보임을 확인하였다.

2.3 1200d PET/PVC 코팅사의 시뮬레이션

PET 250d를 core사로 사용하고 PVC 코팅을 실시하여 1200d PET/PVC 코팅사의 시뮬레이션 실험을

실시하였다.

Table 3에 보이는 실험계획에 의해 27회 시뮬레이션을 실시하여 얻어진 work sheet를 Table 4에 보였다.

Figure 4는 작업성에 대한 인자별 등고선 영역을 보인다. 다이스 직경 0.6mm, 니플 직경 0.3mm로 고정할 때 extruder 온도 174°C~177°C 그리고 코어 원사속도 650m/min~750m/min 구간에서 생산성이 약 1에 가까운 것을 확인하였다.

Figure 5는 Figure 4와 같은 조건에서 진원율에 대한 인자별 등고선 영역을 보인 것이다. 다이스 직경 0.6mm, 니플 직경 0.3mm로 고정할 때 extruder 온도와 코어 원사속도에 따른 진원률 등고선 영역을 보였다. 그림에서 볼 수 있듯이 extruder 온도 174°C~177°C 그리고 코어 원사속도 700m/min~750m/min 구간에서 진원율이 약 0.8에 근접하는 것을 확인 할수 있다.

따라서 1200d PET/PVC 코팅사의 최적코팅조건은 extruder 온도 174°C~180°C, 코어 원사속도 700m/min~750m/min에서 높은 작업성과 가장 큰 진원률을 보임을 확인하였다.

2.4 1500d PET/PVC 코팅사의 시뮬레이션

심사로 PET 420d를 사용하여 1500d 코팅사를 제조할 때 Table 5에 보이는 실험계획에 의해 31회 시뮬레이션을 실시하여 얻어진 work sheet를 Table 6에 보였다.

Figure 6에 다이스 직경 0.95mm, 니플 직경 0.55mm로 고정할 때 extruder 온도와 코어 원사속도에 따른 작업성의 등고선 영역을 보였다. 그림에서 볼 수 있듯이 extruder 온도 175°C~180°C 그리고 코어 원사속도 600m/min~700m/min 구간에서 작업성이 1에 가까운 것을 확인하였다.

Figure 7은 Figure 6과 같은 조건에서 진원율에 대한 인자별 등고선 영역을 보인 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 extruder 온도 170°C~180°C 그리고 코어

Table 1. Experimental design of simulation(1000d)

	Minimum value	Maximum value	Center value
Extruder temp.(°C)	120	150	140
Core yarn speed(m/min)	300	600	500
Dies diameter(mm)	0.50	0.70	0.65
Nipple diameter(mm)	0.20	0.35	0.30

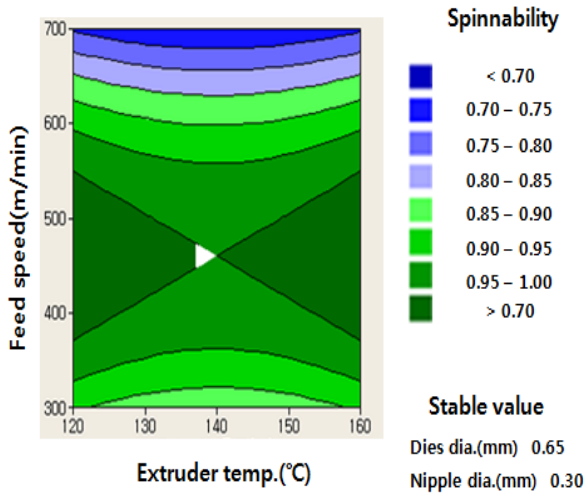


Figure 2. Contour curve of spinnability according to simulation(1000d).

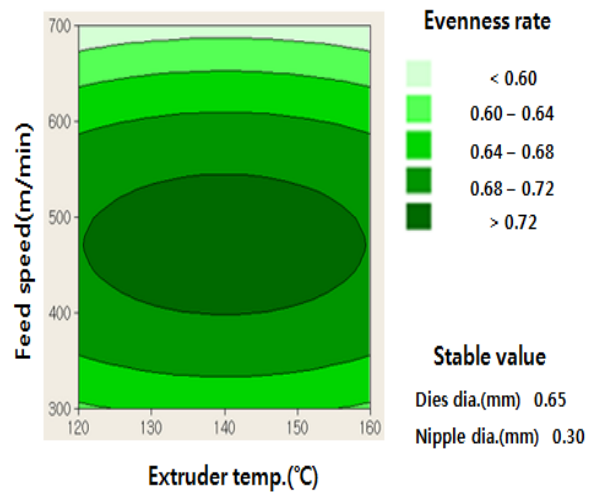


Figure 3. Contour curve of core evenness rate according to simulation(1000d).

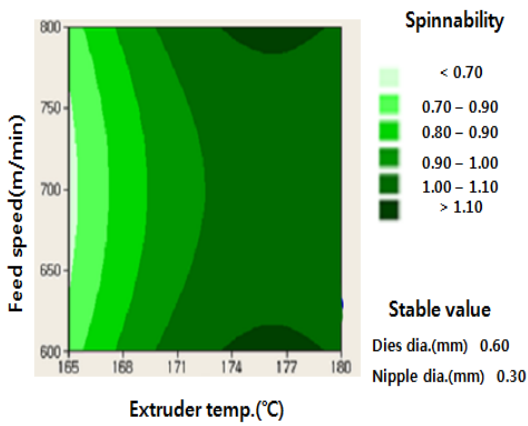


Figure 4. Contour curve of spinnability according to simulation(1200d).

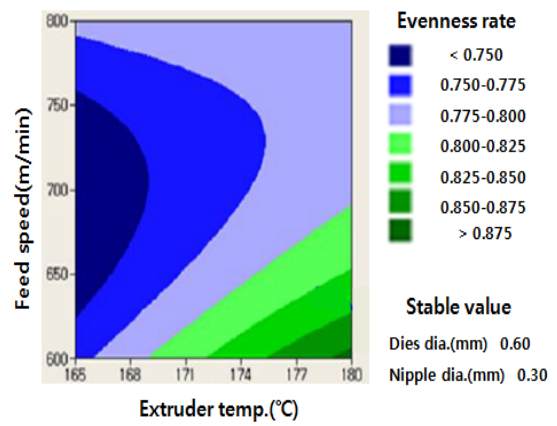


Figure 5. Contour curve of core evenness rate according to simulation(1200d).

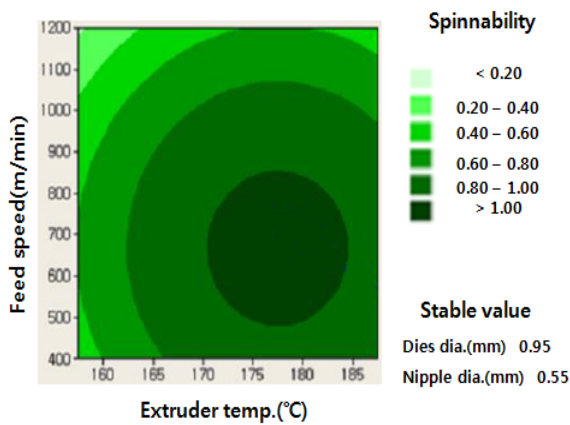


Figure 6. Contour curve of spinnability according to simulation(1500d).

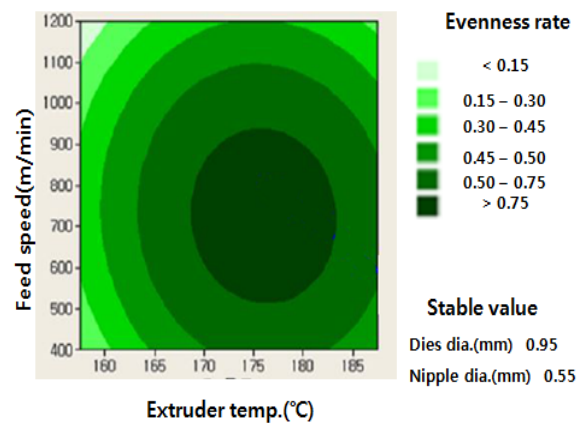


Figure 7. Contour curve of core evenness rate according to simulation(1500d).

Table 2. Work sheet of experimental simulation(1000d)

No.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	Std Order	Run Order	Pt Type	Block	Extruder Temp. (°C)	Feed Speed (m/min.)	Dies Dia. (mm)	Nipple Dia. (mm)	Spinnability	Core Evenness rate
1	1	1	1	1	130	400	0.6	0.3	1.0	0.7
2	2	2	1	1	150	400	0.6	0.3	1.0	0.7
3	3	3	1	1	130	600	0.6	0.3	1.0	0.6
4	4	4	1	1	150	600	0.6	0.3	1.0	0.6
5	5	5	1	1	130	400	0.7	0.3	1.0	0.7
6	6	6	1	1	150	400	0.7	0.3	1.0	0.7
7	7	7	1	1	130	600	0.7	0.3	1.0	0.7
8	8	8	1	1	150	600	0.7	0.3	1.0	0.7
9	9	9	1	1	130	400	0.6	0.4	0.5	0.5
10	10	10	1	1	150	400	0.6	0.4	0.5	0.5
11	11	11	1	1	130	600	0.6	0.4	0.5	0.6
12	12	12	1	1	150	600	0.6	0.4	0.5	0.6
13	13	13	1	1	130	400	0.7	0.4	1.0	0.7
14	14	14	1	1	150	400	0.7	0.4	1.0	0.7
15	15	15	1	1	130	600	0.7	0.4	1.0	0.7
16	16	16	1	1	150	600	0.7	0.4	1.0	0.7
17	17	17	0	1	140	500	0.7	0.3	1.0	0.7
18	18	18	0	2	140	500	0.7	0.3	1.0	0.7
19	19	19	0	2	140	500	0.7	0.3	1.0	0.7
20	20	20	0	2	140	500	0.7	0.3	1.0	0.7
21	21	21	-1	2	120	500	0.7	0.3	1.0	0.7
22	22	22	-1	2	160	500	0.7	0.3	1.0	0.7
23	23	23	-1	2	140	300	0.7	0.3	1.0	0.7
24	24	24	-1	2	140	700	0.7	0.3	0.5	0.5
25	25	25	-1	2	140	500	0.6	0.3	1.0	0.7
26	26	26	-1	2	140	500	0.8	0.3	1.0	0.7
27	27	27	-1	2	140	500	0.7	0.2	0.5	0.5
28	28	28	-1	2	140	500	0.7	0.4	0.5	0.5
29	29	29	0	2	140	500	0.7	0.3	1.0	0.8
30	30	30	0	2	140	500	0.7	0.3	1.0	0.8

Table 3. Experimental design of simulation(1200d)

	Minimum value	Maximum value	Center value
Extruder temp.(°C)	165	180	172.5
Core yarn speed(m/min)	600	800	700
Dies diameter(mm)	0.55	0.65	0.6
Nipple diameter(mm)	0.25	0.35	0.3

Table 4. Work sheet of experimental simulation(1200d)

No.	C1 Std Order	C2 Run Order	C3 Pt Type	C4 Block	C5 Extruder Temp. (°C)	C6 Feed Speed (m/min.)	C7 Dies Dia. (mm)	C8 Nipple Dia. (mm)	C9 Spinnabi -lity	C10 Core Evennes -s rate
1	1	1	2	1	165.0	600	0.60	0.30	1.0	0.7
2	2	2	2	1	180.0	600	0.60	0.30	1.0	0.8
3	3	3	2	1	165.0	800	0.60	0.30	1.0	0.7
4	4	4	2	1	180.0	800	0.60	0.30	1.0	0.7
5	5	5	2	1	172.5	700	0.55	0.25	1.0	0.8
6	6	6	2	1	172.5	700	0.65	0.25	1.0	0.7
7	7	7	2	1	172.5	700	0.55	0.35	1.0	0.0
8	8	8	2	1	172.5	700	0.65	0.35	1.0	0.7
9	9	9	2	1	165.0	700	0.55	0.30	0.5	0.7
10	10	10	2	1	180.0	700	0.55	0.30	1.0	0.8
11	11	11	2	1	165.0	700	0.65	0.30	0.5	0.7
12	12	12	2	1	180.0	700	0.65	0.30	1.0	0.7
13	13	13	2	1	172.5	600	0.60	0.25	1.0	0.8
14	14	14	2	1	172.5	800	0.60	0.25	1.0	0.8
15	15	15	2	1	172.5	600	0.60	0.35	1.0	0.8
16	16	16	2	1	172.5	800	0.60	0.35	1.0	0.8
17	17	17	2	1	165.0	700	0.60	0.25	0.5	0.7
18	18	18	2	1	180.0	700	0.60	0.25	1.0	0.8
19	19	19	2	1	165.0	700	0.60	0.35	0.5	0.7
20	20	20	2	1	180.0	700	0.60	0.35	1.0	0.8
21	21	21	2	1	172.5	600	0.55	0.30	1.0	0.8
22	22	22	2	1	172.5	800	0.55	0.30	1.0	0.7
23	23	23	2	1	172.5	600	0.65	0.30	1.0	0.8
24	24	24	2	1	172.5	800	0.65	0.30	1.0	0.8
25	25	25	0	1	172.5	700	0.60	0.30	1.0	0.7
26	26	26	0	1	172.5	700	0.60	0.30	1.0	0.8
27	27	27	0	1	172.5	700	0.60	0.30	1.0	0.8

Table 5. Experimental design of simulation(1500d)

	Minimum value	Maximum value	Center value
Extruder temp.(°C)	165	187.5	172.5
Core yarn speed(m/min)	600	1200	900
Dies diameter(mm)	0.7	1.2	0.95
Nipple diameter(mm)	0.4	0.85	0.55

Table 6. Work sheet of experimental simulation(1500d)

No.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	Std Order	Run Order	Pt Type	Block	Extruder Temp. (°C)	Feed Speed (m/min.)	Dies Dia. (mm)	Nipple Dia. (mm)	Spinnability	Core Evenness rate
1	1	1	1	1	165.0	600	0.70	0.40	1	0.6
2	2	2	1	1	180.0	600	0.70	0.40	1	0.7
3	3	3	1	1	165.0	1000	0.70	0.40	1	0.6
4	4	4	1	1	180.0	1000	0.70	0.40	1	0.7
5	5	5	1	1	165.0	600	1.20	0.40	1	0.6
6	6	6	1	1	180.0	600	1.20	0.40	1	0.7
7	7	7	1	1	165.0	1000	1.20	0.40	1	0.7
8	8	8	1	1	180.0	1000	1.20	0.40	1	0.7
9	9	9	1	1	165.0	600	0.70	0.70	0	0.0
10	10	10	1	1	180.0	600	0.70	0.70	0	0.0
11	11	11	1	1	165.0	1000	0.70	0.70	0	0.0
12	12	12	1	1	180.0	1000	0.70	0.70	0	0.0
13	13	13	1	1	165.0	600	1.20	0.70	1	0.6
14	14	14	1	1	180.0	600	1.20	0.70	1	0.7
15	15	15	1	1	165.0	1000	1.20	0.70	1	0.7
16	16	16	1	1	180.0	1000	1.20	0.70	1	0.8
17	17	17	-1	1	157.5	800	0.95	0.55	0	0.0
18	18	18	-1	1	187.5	800	0.95	0.55	1	0.6
19	19	19	-1	1	172.5	400	0.95	0.55	1	0.7
20	20	20	-1	1	172.5	1200	0.95	0.55	0	0.0
21	21	21	-1	1	172.5	800	0.45	0.55	0	0.0
22	22	22	-1	1	172.5	800	1.45	0.55	0	0.0
23	23	23	-1	1	172.5	800	0.95	0.25	0	0.0
24	24	24	-1	1	172.5	800	0.95	0.85	1	0.5
25	25	25	0	1	172.5	800	0.95	0.55	1	0.8
26	26	26	0	1	172.5	800	0.95	0.55	1	0.8
27	27	27	0	1	172.5	800	0.95	0.55	1	0.8
28	28	28	0	1	172.5	800	0.95	0.55	1	0.8
29	29	29	0	1	172.5	800	0.95	0.55	1	0.8
30	30	30	0	1	172.5	800	0.95	0.55	1	0.8
31	31	31	0	1	172.5	800	0.95	0.55	1	0.8

원사속도 600m/min~800m/min 구간에서 진원율이 0.75이상의 값을 가짐을 확인하였다.

3. 실험

3.1 PP/TPO 코팅사 시료 준비

시물레이션 결과를 확인하기 위하여 polypropylene(PP) 210d를 core사로 하고 TPO(Thermo Plastic Olefine)를 코팅폴리머로 하여 1000d PP/TPO 코팅사를 제조하였다.

다이스 직경을 0.75mm 니플 직경을 0.31mm로 고정한 후 extruder 온도를 140℃, 150℃, 160℃로 3가지로 바꾸어 주고 코어원사 속도를 400, 500, 600m/min으로 바꾸어 주면서 9가지 시료를 제조하였다. Table 7에 이들 실험조건을 보였다.

Table 7. Experimental design of coating experiment

Extruder temp.(℃)	Core feed speed(m/min)		
	400	500	600
140	400	500	600
150	400	500	600
160	400	500	600

3.2 PET/PVC 코팅사 시료준비

시물레이션 결과를 확인해 보기위해 PET core사에 PVC(Polyvinyl chrolide)를 코팅폴리머로 하여 코팅사를 제조하였다. 250d PET core사에 PVC를 코팅제로 하여 코어 원사속도 700m/min, extruder 온도 175℃로 하여 1200d PET/PVC 코팅사를 제조하였다.

한편 420denier PET core사에 PVC를 코팅제로 하여 extruder 온도 178℃, 코어 원사속도 650m/min조건에서 1500d PET/PVC 코팅사를 제조하여 시물레이션에서의 최적조건을 생산조건으로 확인하는 시료를 준비하였다. 그리고 이들 코팅사와 물성비교를 위해 210d PET core사에 PVC를 코팅제로 하여 1000d 코팅사를 코팅하여 코팅사의 변수에 따른 물성분석을 통해 코팅조건 차이를 비교·분석 하였다.

3.3 코팅사의 물성실험

3.3.1 코팅사의 물리적 특성

코팅사의 변수는 KSK 0416에 의거하여 측정하였

으며 인장특성치는 Testometric Micro 350(U.K.)을 사용하여 100mm 시료길이로서 100mm/min의 인장속도로서 각 시료당 20회 실시하였다. CRE type S-S curve에서 절단강도, 절단신도, 인장모듈러스를 측정하였다.

3.3.2 코팅사의 열수축 특성

코팅사의 습·건열 열수축률을 측정하였다. 건열은 건열 건조기내에 130℃에서 30분 건열처리후 열처리 전·후의 행크 시료길이에서 건열수축률을 측정하였으며, 습열은 습열 bath내에서 100℃에서 30분 습열 처리후 습열처리 전·후의 행크사 길이에서 습열수축률을 측정하였다.

3.3.3 코팅사의 압축특성

진원률을 간접적으로 측정하기 위해 FAST-1 system(Fabric Assurance by Simple Testing, CSIRO, Australia)을 이용하여 코팅사의 측면방향의 압축성을 코팅사의 길이방향으로 100회 반복실험하여 코팅사의 내부 코팅의 균제성을 확인하였다.

2gf/cm²(T2)와 100gf/cm²(T100)에서의 코팅사의 압축성을 측정하므로써 코팅성의 균제성을 분석하였다.

3.3.4 광학현미경과 SEM측정

코팅사의 진원도를 확인하기 위해 코팅사 단면을 광학현미경(iCamscope-305A)을 사용하여 사진을 측정하였다. 그리고 코팅사의 절단될 때의 절단부위의 SEM(S-4100, Hitachi Co., Japan) 사진을 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 PP/TPO 코팅사 물성

Figure 8에 extruder 온도와 PP core사의 feed speed를 바꾸어 제조한 1000d PP/TPO 코팅사 9가지 시료의 인장특성치 실험 결과를 도시 하였다. Figure 8(a)에서 볼 수 있듯이 extruder 온도 150℃, PP core사 feed speed 400m/min, 500m/min에서 절단강도가 최대치를 보였다. 그리고 140℃, 400m/min 혹은 160℃, 400m/min에서 최소치를 보였다. 즉 TPO 용점보다 낮거나 높은 온도에서 낮은 사속인 400m/min 조건에서 절단강도가 낮은 값을 보였으며 150℃의 400~500m/min에서 절단강도가 가장 높은 값을 보인 것은 PP 용점인 165℃보다 낮은 TPO 용점근처에서 사속이 400~500m/min의 조건이 최대강도를 보이는 최적 조건임을 추

정할 수 있다.

반면 Figure 8(b)에서 보였듯이 절단신도는 일반적인 사의 특성치와 유사하게 절단강도와는 반대의 현상을 보였다. 그리고 초기탄성률은 절단강도와 유사하게 140°C, 400m/min과 160°C, 400m/min에서 최소치를 보였으며 150°C, 400~500m/min에서 최대치를 보였다. 이러한 결과는 Figure 2과 Figure 3에서 보인 시물레이션 결과와 유사한 결과를 확인 할 수 있었다.

Figure 9에 140°C, 150°C, 160°C의 extruder 온도에 서 사속 400m/min 일때의 절단된 코팅사의 SEM사진

을 보였다. 그림에서 볼 수 있듯이 절단강도가 최대치를 보인 150°C, 400m/min 조건의 코팅사가 core부에 PP필라멘트들이 남아있으나 140°C와 160°C 조건의 코팅사에는 PP필라멘트들이 없으며 진원률도 150°C조건의 코팅사가 가장 우수함을 볼 수 있다.

Figure 10은 9가지 시료의 습·건열 수축률을 도시한 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 모든 조건에서 습열 수축률보다 건열수축률이 2배이상 높은 값을 보였다. 그리고 extruder 온도 150°C, 사속 400~500m/min에서 습·건열 수축률이 최소치를 보였다. 즉 이 조건에서

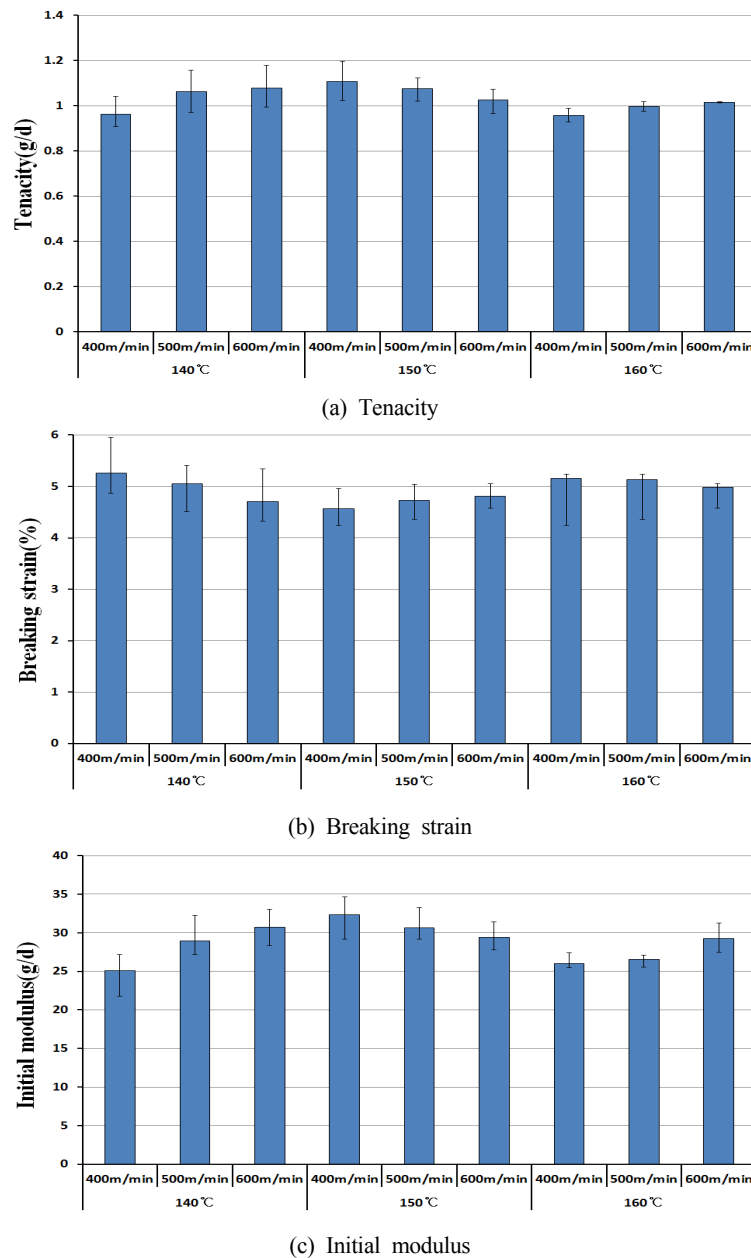


Figure 8. Tensile property of coating yarn specimens.

직물상태에서의 열적 형태안정성이 가장 우수하다는 것을 예측 할 수 있으며 인장특성치도 이 조건에서 최적조건을 보임으로써 제직성과 후가공에서의 열적 안전성을 고려 할 때 이 조건이 최적 조건임을 확인 하였다. 그리고 이러한 현상이 코팅사 내부의 진원구조와는 어떠한 관계가 있는지를 코팅사의 압축특성과 광학현미경 사진으로 다음에 확인 하였다.

4.2 PP/TPO 코팅사 압축특성

인장특성과 열수축특성의 결과에서 예측 된 코팅사 물성결과를 간접적으로 확인해 보기 위해 사의 압축특성실험을 실시하였다.

Figure 11은 9가지 코팅사 시료의 측면방향으로 100회 정도의 압축실험을 실시한 결과이다. 그림에서 T2와 T100의 압축하에서의 실의 두께를 실의 길이 방향으로 100회 실험한 data를 도시하였고 이들 점들

의 편차가 작을 때 core부의 실 내에서의 진원률이 우수한 것으로 예측하였다.

100gf/cm²(T100) 하중에서의 사의 두께를 측정 한 결과에서 140℃((a)(b)(c))와 160℃((g)(h)(i))에서 사의 길이방향으로 압축두께 편차가 가장 높고 150℃((d)(e)(f))에서 상대적으로 100회 측정치들의 편차가 낮음을 알 수 있고, 특히 150℃ 400m/min(d)과 500m/min(e)의 조건에서 편차가 가장 낮음을 확인하였다.

이러한 결과에서 150℃, 500m/min의 코팅조건에서 코팅사의 진원율, 즉 PP 코아사를 코팅한 TPO가 사의 길이 방향으로 균일하게 코팅됨으로서 PP코아사가 코팅사내의 중심에 위치함으로서 코팅사의 절단 강도와 모듈러스가 최대치를 보이는 것으로 예측된다. 이러한 예측은 Figure 12에 보이는 광학현미경사진에서도 볼 수 있듯이 150℃, 500m/min 조건(e)에서 PP코아사의 진원도가 우수함을 확인 할 수 있다.

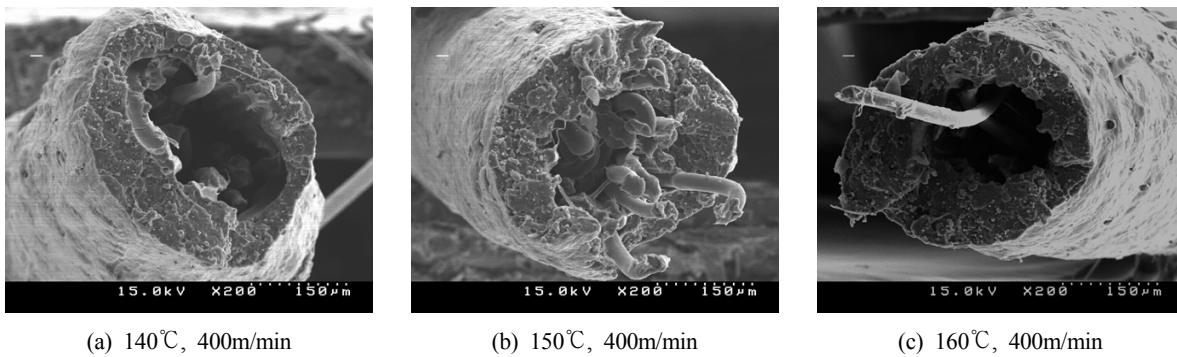


Figure 9. Section profile of broken coating yarns(PP/TPO 1000d).

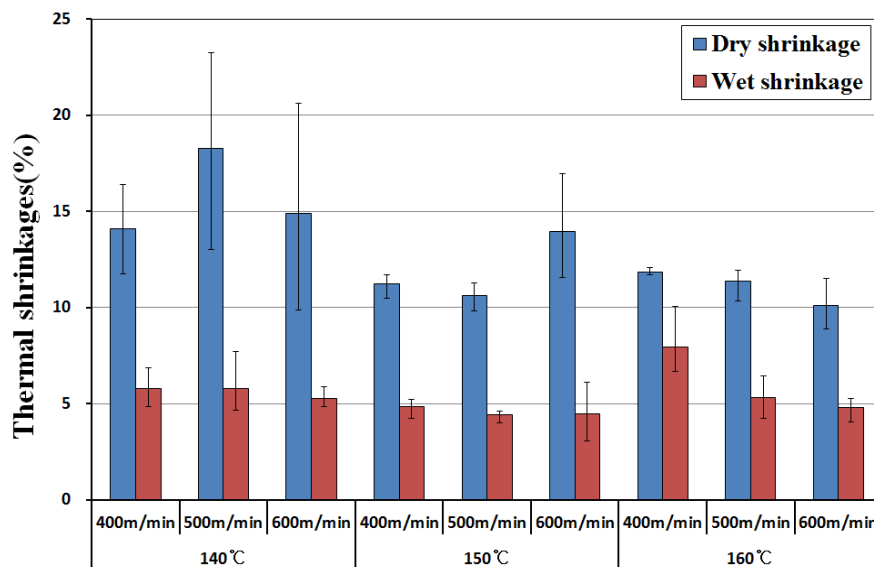


Figure 10. Dry and wet thermal shrinkages of coating yarn specimens.

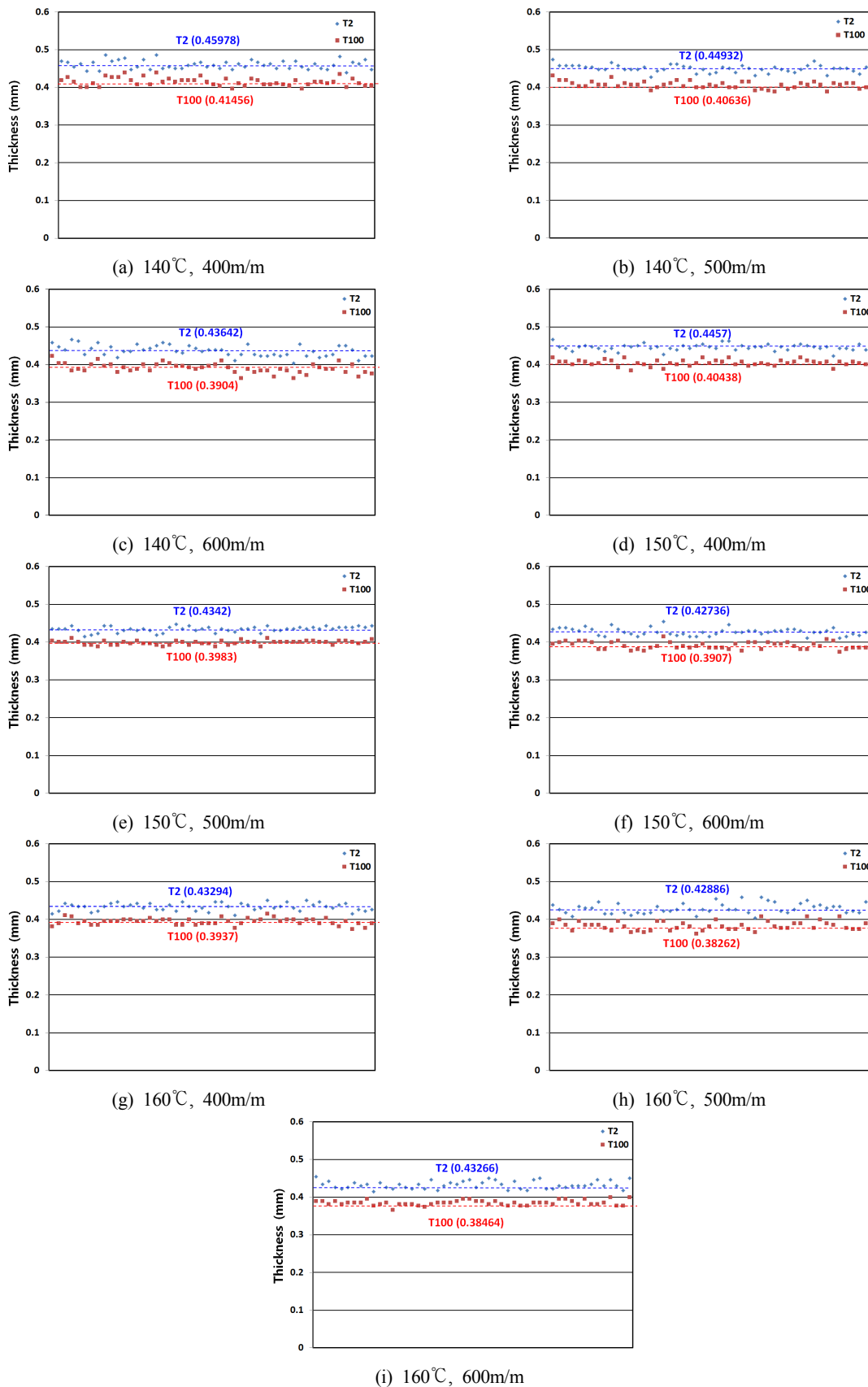


Figure 11. Profile of yarn compression according to coating conditions.

4.3 PET/PVC 코팅사 변수에 따른 물성변화

코팅사의 변수에 따른 코팅조건과 코팅사의 물성을 확인하기 위해 시뮬레이션에서 보인 PET/PVC 1200d와 1500d 코팅사의 extruder 온도와 core사 feed speed에 대한 사코팅 조건을 포함하여 이들과 비교하기 위해 준비한 1000d 등 3가지 core사의 물성실험을 실시하였다.

Figure 13에 이들 세 가지 코팅사의 인장 특성치를

보인다. 그림에서 볼 수 있듯이 사의 절단강도, 절단신도, 모듈러스의 변수에 따른 경향성을 볼 수 없었으며 시뮬레이션에서 보인 1200d(extruder 온도 175℃, core사 원사속도 700m/min)의 인장특성치의 편차보다 1500d(extruder 온도 178℃와 core사 feed speed인 650m/min)의 인장특성치 편차가 더 큰 값을 보임을 알 수 있다. 이는 Figure 14에 보이는 SEM사진에서 확인할 수 있다.

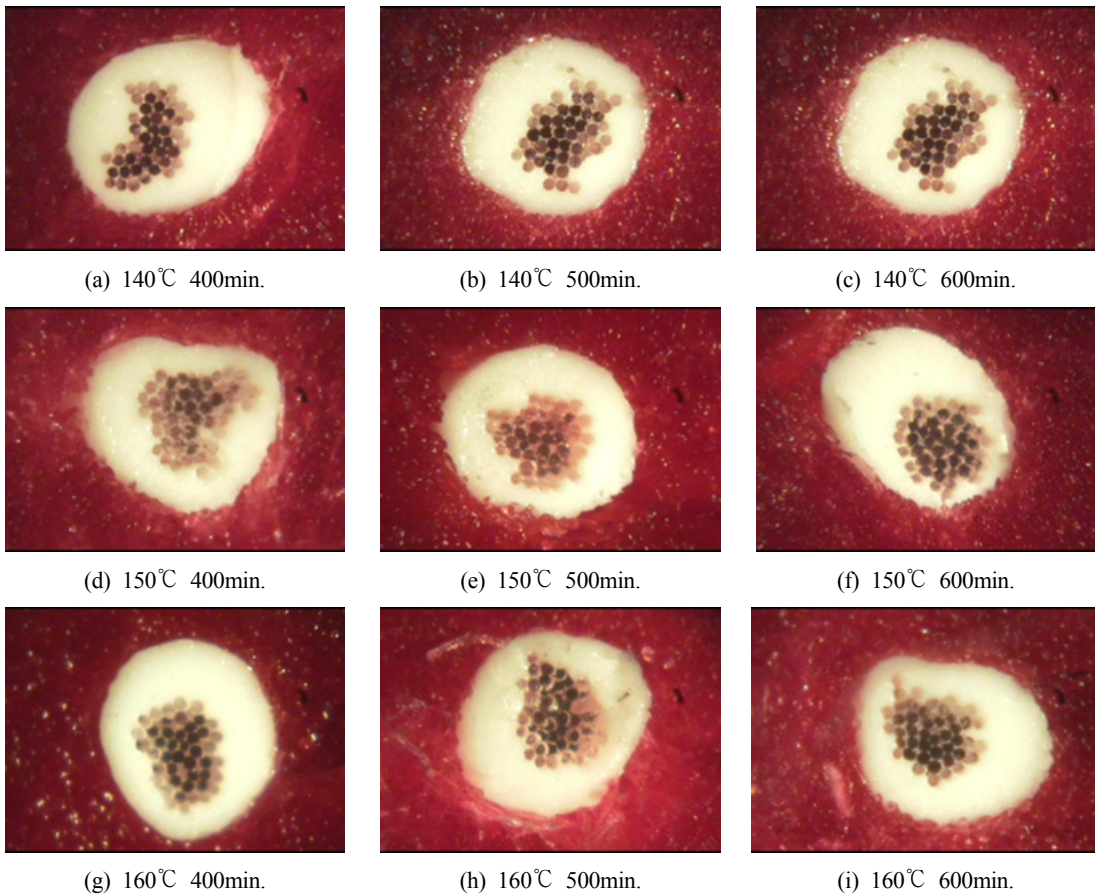


Figure 12. Photograph of yarn cross section according to coating conditions.

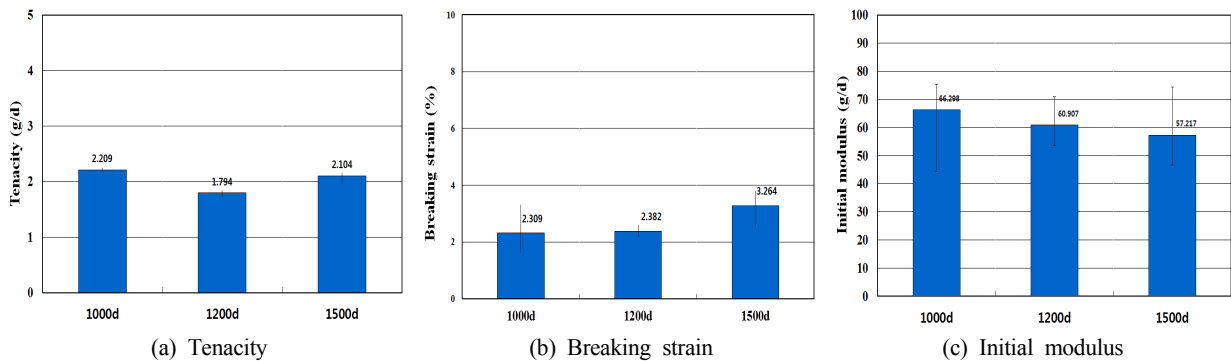
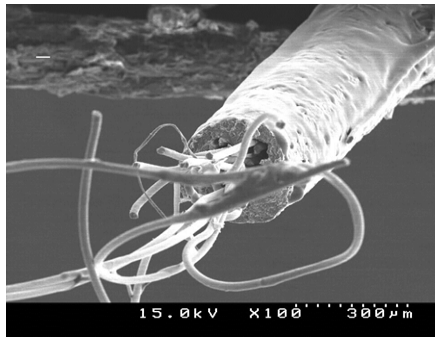
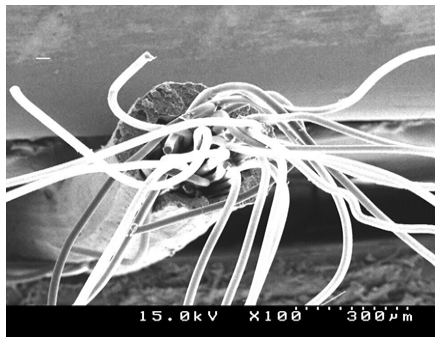


Figure 13. Tensile property of PET/PVC coating yarns according to yarn count.



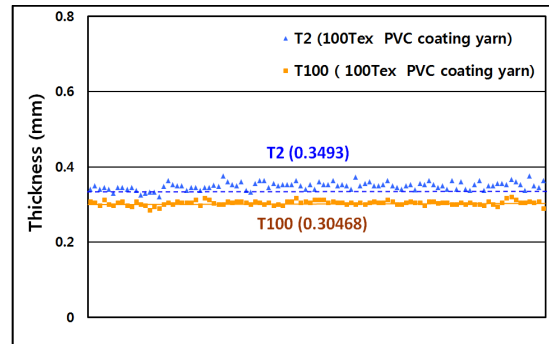
(a) 1000d



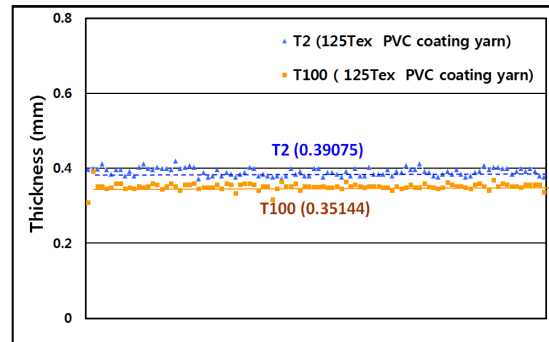
(b) 1200d



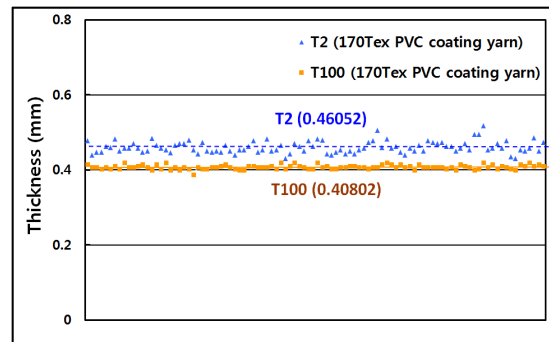
(c) 1500d



(a) 1000d



(b) 1200d



(c) 1500d

Figure 14. Section and surface profiles of broken coating yarns(PET/PVC).

Figure 16. Profile of yarn compression according to coating conditions.

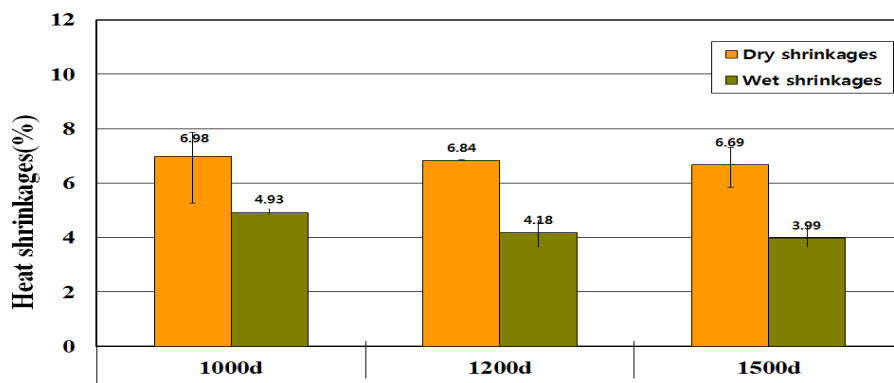


Figure 15. Dry and wet thermal shrinkages of coating yarn specimens.

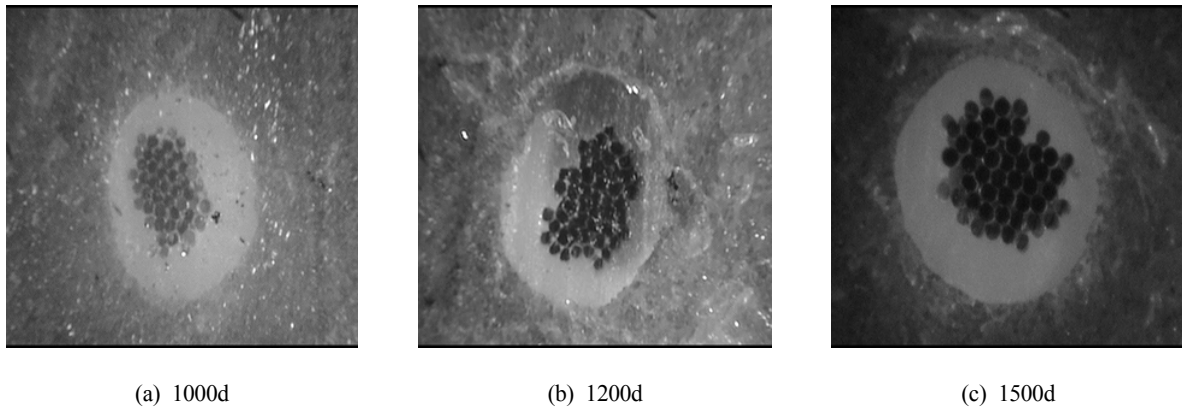


Figure 17. Photograph of yarn cross section according to coating conditions.

Figure 14(c)의 1500d 코팅사의 코팅표면이 1000d와 1200d보다 더 거친 것을 볼 수 있다.

Figure 15는 3가지 코팅사의 열 수축특성을 보였다. 그림에서 볼 수 있듯이 3가지 원사의 습·건열 수축률에 큰 차이가 없음을 확인하였다. 즉 최적 실험조건인 1000d 코팅사의 열 수축특성이 1200d와 1500d 코팅사와 큰 차이를 보이지 않음으로서 코팅사의 변수에 따른 열 특성차이가 없음을 확인하였다.

Figure 16과 Figure 17에 3가지 코팅사의 압축특성과 코팅사 단면의 광학현미경 사진을 보였다. 그림에서 볼 수 있듯이 1200d, 1500d 사의 압축특성이 1000d 사의 압축특성과 유사한 편차를 보였다. 코팅사의 단면사진에서도 1000d 코팅사와 1200d, 1500d 코팅사들의 진원도가 유사함을 확인하였다.

따라서 1200d 사의 코팅조건인 extruder 온도 175℃, core사 원사속도 700m/min과 1500d사의 코팅 조건인 온도 178℃과 사속 650m/min의 시뮬레이션 결과의 실제 코팅공정에서의 적용이 가능함을 확인하였다.

5. 결 론

건축용 차양막 직물에 사용되는 PP/TPO 및 PET/PVC 코팅사의 코팅공정 조건인 extruder 온도와 core사 사속에 따른 물성의 변화에 관한 시뮬레이션과 실험연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PP/TPO 1000d 코팅사는 extruder 온도 150℃, core사속 400~500m/min에서 최적의 인장특성치와 열적형태안정성을 보였으며 이는 PP core사의 압축특성실험과 광학현미경사진 결과에서 진원도가 이 조건에서 가장 우수함에 기인됨을 확인하였으

- 며 이는 시뮬레이션 결과와 잘 일치함을 확인하였다.
2. PET/PVC 코팅사의 경우 시뮬레이션에서 도출된 조건, 즉 1500d의 경우 extruder 온도 178℃, core사속도 650m/min, 1200d의 경우 extruder 온도 175℃, core사속도 700m/min에서 제조한 코팅사의 물성분석결과 변수에 따른 물성차이는 보이지 않으나 물성의 편차는 1500d가 1200d와 1000d보다 더 큰 값을 보였다.
3. PET/PVC 코팅사의 경우 1000d, 1200d, 1500d등 코팅사의 변수에 따른 열 수축특성, 인장 특성 등의 물성에는 큰 차이가 없음을 확인 하였으며 코팅사의 압축특성과 광학현미경에 의한 단면사진 분석결과 시뮬레이션 최적조건에서 제조한 코팅사의 진원도가 우수한 것을 확인 하였으며, 시뮬레이션 결과를 현장 field에서의 생산에 적용 가능함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 대경광역경제권 선도사업 “친환경 energy saving 기술을 적용한 건축용 인테리어 소재 및 제품 기술 개발”의 연구결과의 일부로서 관계기관에 감사드립니다.

References

1. R. Zhang, H. Deng, K. Valenca, J. Jin, Q. Fu, E. Bilotti, and T. Peijs, Carbon Nanotube Polymer Coatings for Textile Yarns with Good Strain Sensing Capability, *Sensors and Actuators A: Physical*, **179**, 83(2012).
2. H. E. Misak, R. Asmatulu, and S. Mall, Tensile

- Behavior of Carbon Nanotube Multi-yarn Coated with Polyester, *J. of Comp. Mat.*, **0**(0), 1(2014).
3. E. Bilotti, R. Zhang, H. Deng, M. Baxendale, and T. Peijs, Fabrication and Property Prediction of Conductive and Strain Sensing TPU/CNT Nanocomposite Fibres, *J. of Materials Chemistry*, **20**(42), 9449(2010).
 4. B. S. Shim, W. Chen, C. Doty, C. L. Xu, and N. A. Kotov, Smart Electronic Yarns and Wearable Fabrics for Human Biomonitoring Made by Carbon Nanotube Coating with Polyelectrolytes, *Nano Letters*, **8**(12), 4151(2008).
 5. J. Rausch and E. Mader, Health Monitoring in Continuous Glass Fibre Reinforced Thermoplastics: Tailored Sensitivity and Cyclic Loading of CNT-based Interphase Sensors, *Composites Science and Technology*, **70**(13), 2023(2010).
 6. J. Rausch and E. Mader, Health Monitoring in Continuous Glass Fibre Reinforced Thermoplastics: Manufacturing and Application of Interphase Sensors Based on Carbon Nanotubes, *Composites Science and Technology*, **70**(11), 1589(2010).
 7. A. P. S. Immich, P. H. H. Araujo, L. H. Catalani, A. A. U. Souza, S. M. A. Guelli, and U. Souza, Crosslinking of Poly(N-vinyl-2-pyrrolidone) in the Coating of Cotton Yarn, *Polymer Engi and Science, Science*, **51**(3), 445(2011).
 8. O. L. Shanmugasundaram, Chitosan Coated Cotton Yarn and it's Effect on Antimicrobial Activity, *J. of Text and Apparel Technology and Management*, **5**(3), 1(2006).
 9. S. A. Odhiambo, G. D. Mey, C. Hertleer, A. Schwarz, and L. V. Langenhove, Discharge Characteristics of Poly(3, 4-ethylene dioxythiophene) : Poly(styren-sulfonate)(PEDOT:PSS) Textile Batteries; Comparison of Silver Coated Yarn Electrode Devices and Pure Stainless Steel Filament Yarn Electorde Devices, *Text. Res. J.*, **84**(4), 347(2014).
 10. T. Bashir, M. Skrifvars, and N. K. Persson, Synthesis of High Performance, Conductive PEDOT-coated Polyester Yarns by OCVD Technique, *Polymers Advanced Technologies*, **23**(3), 611(2012).
 11. M. A. Shayed, C. Cherif, R. D. Hund, and T. Cheng, Carbon and Glass Fibers Modified by Polysilazance Based Thermal Resistant Coating, *Text. Res. J.*, **80**(11), 1118(2010).
 12. A. Schwarz, J. Hakuzimana, A. Kaczynska, J. Banaszczyk, P. Westbroek, E. McAdams, G. Moody, Y. Chronis, G. Priniotakis, G. DeMey, D. Tseles, and V. Langenhove, Gold Coated Para-aramid Yarns Through Electroless Deposition, *Surface and Coatings Technology*, **204**(9/10), 1412(2010).
 13. E. Devaux, V. Koncar, B. Kim, C. Campagne, C. Roux, M. Mochery, and D. Saihi, Processing and Characterization of Conductive Yarns by Coating or Bulk Treatment for Smart Textile Applications, *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, **29**(3/4), 355(2007).
 14. U. H. Seo, "IBM SPSS Statistics", Jayu Academy, Seoul, 2013.