

직물의 구성인자가 보온성에 미치는 영향 The Effect of Structural Characteristics of Selected Wool Fabrics on Mechanical and Thermal Properties

전병익*
Byung-Ik Jun*

<Abstract>

This study was performed to determine the effect of structural characteristics of selected wool fabrics on mechanical and thermal properties. 52 wool fabrics, including 18 plain woven fabrics and 34 twill and satin woven fabrics were used as samples woven with various weft density for the study. Several physical characteristics such as mechanical properties, keeping warmth ratio of wool fabrics were measured. Data analyses including 1) analysis of tactile and thermal comfort sensation were performed. the following were obtained from the results: The main factors affecting keeping warmth ratio were thickness and bulk density. The keeping warmth ratio of samples increased with increasing thickness and decreasing bulk density of samples. In addition, coefficient of friction of the samples increased with keeping warmth ratio of samples. The above results show that wearing sensation and comfort properties of fabrics are changed depending on the end-use. and thus, above results can be used to manufacture of fabrics for specific end-use with high comfort properties.

Key Words : *Thermal comfort, Comfort Proprties, Keeping warmth ratio*

1. 서 론

의복은 의복자체의 절연성과 주위의 기류 및 복사열을 막는 역할을 하기 때문에 의복의 재질, 또는 디자인에 따라 열전달량은 달라질 수 있다. 직물은 공기와 섬유와의 혼합체라고 할 수 있다. 공기는 섬유제품의 부피를 부여하고 섬유는 무게와 가시성을 부여한다. 직물 내부

에 존재하고 있는 움직이지 않는 공기의 함량의 여부에 따라 그 직물의 보온성이 결정된다¹⁾.

따라서 보온에 핵심이 되는 것은 섬유가 아니라 공기이다. 그러므로 보온성이 좋은 의복을 만들려면 자연적으로 공기를 다량으로 함유할 수 있는 섬유를 이용하던지 또는 많은 공기를 끌어들이 수 있도록 섬유를 개질하는 방법을 강구해야 한다.

* 정회원, 동양대학교 패션스타일리스트학과 교수, 理博
750-711 경상북도 영주시 풍기읍 교촌동 1번지

* Prof. Dept.of Textile & Clothings, Dong Yang Univ.
E-mail : bijun@phenix.dyu.ac.kr

보온성에 영향을 미치는 섬유인자는 표면 특성, 단면형상, 크립프, 리질리언스 및 섬도 등이 있고, 絲인자로는 꼬임 및 굵기 등이 있으며 직물인자로는 직물밀도, 두께, density 등이 있다¹⁻⁹⁾. Buckley 등이 행한 선행연구¹⁰⁾에 따르면 직물의 두께가 보온성에 영향을 주는 주된 인자로서 직물의 두께가 증가함에 따라 보온성은 거의 직선적으로 증가함을 보였다. Backer⁴⁾는 직물의 기하학적구조가, Obendorf⁵⁾는 기공도, Backer⁶⁾는 직물내 공기함유량, Yoon¹⁰⁾은 기하학적구조와 기공도가 보온성에 영향을 미치는 인자라고 보고하였다. 그 외 연구로서 Black 등¹¹⁾은 위사밀도를 20~50 thread/in으로 변화시켰을 때의 평직물의 보온성을 측정하였는데 위사밀도가 증가하였을 때 보온성이 감소함을 밝혔다. 그러나 그 변화 폭은 크지 않았다. Morris⁷⁾는 직물의 보온성에 영향을 미치는 인자는 기공도나 직물밀도보다는 직물내 공기함유량, 즉 bulk density라고 하였다. 직물이 의복으로 제조되어 사람에게 입혀졌을 때 의복의 디자인이나 구성에 따라 열적 쾌적성은 달라지게 된다. 따라서 직물의 보온성은 의복의 보온성과는 다를 수 있다.

2. 시료 및 실험방법

2.1 시료

2.1.1 원사

2.1.1.1 위사(Weft)

Table.1은 위사에 사용되어진 원사의 특성을 나타낸 것이다.

Table 1. Weft yarn specification used for the study.

Yarn count (Metric Count)	Yarn Twist (meter)	Fiber average Diameter	Fiber Length (inch)	Strength (g)	Elongation (%)
1/30	z 570	22.0 μ	3.25	150	10
1/40	z 780	19.6μ	2.75	130	5.5
2/60	z 670/ s 730	20.5 μ	3	180	10
2/80	z 820/ s 880	18.6 μ	2.75	100	9

2.1.1.1 경사(Warp)

Table.2는 경사에 사용되어진 원사의 특성을 나타낸 것이다.

Table 2. Warp yarn specification used for the study.

Yarn count (Metric Count)	Yarn Twist (meter)	Fiber average Diameter	Fiber Length (inch)	Strength (g)	Elongation (%)
Plain 2/72	z 770/ s 830	19.0 μ	2.75	150	10
Twill (2/2,↘)	z 770/ s 830	19.0 μ	2.75	150	10
Satin (5H,2C)	z 820/ s 880	18.6 μ	2.75	100	9

2.1.2 제직(Weaving)

시료는 Table 3에 나타난 것과 같이 굵기 4종류, 조직 3종, 밀도상이 등의 제 조건을 변경하여 제직하였다.

Table 3. Specification of the sample. (weft density : picks/inch)

Design	Plain				Twill (2/2 right handed)				Satin (5H warp faced,2count)			
	No	weft density	T	W	No	weft density	T	W	No	weft density	T	W
1/30	1	49	0.55	16.29	19	67	0.64	21.60	37	71	0.64	24.95
	2	50	0.54	15.31	20	68	0.60	21.27	38	72	0.65	25.61
	3	52	0.53	16.17	21	72	0.60	19.70	39	74	0.63	25.65
	4	54	0.52	16.11	22	76	0.62	21.72	40	76	0.66	25.84
1/40	5	60	0.38	14.35	23	80	0.67	19.95	41	74	0.64	22.96
	6	61	0.39	14.89	24	82	0.64	20.57	42	76	0.62	22.09
	7	63	0.40	14.59	25	84	0.63	22.88	43	84	0.58	23.40
	8	65	0.40	14.86	26	86	0.63	19.64	44	86	0.62	23.07
	9	67	0.39	14.82								
2/60	10	49	0.50	15.56	27	67	0.77	21.75	45	71	0.62	24.58
	11	50	0.50	15.40	28	68	0.75	22.43	46	72	0.63	25.14
	12	52	0.50	16.14	29	72	0.70	22.11	47	74	0.61	24.91
	13	54	0.50	16.24	30	74	0.75	22.82	47	74	0.61	24.91
					31	76	0.77	21.84	48	76	0.63	22.29
2/80	14	60	0.43	15.12	32	80	0.60	19.36	49	75	0.61	23.11
	15	61	0.40	15.45	33	82	0.58	20.51	50	79	0.60	23.31
	16	63	0.41	15.45	34	83	0.57	20.44	51	95	0.60	24.64
	17	65	0.39	15.87	35	84	0.58	20.44	52	87	0.59	23.76
	18	67	0.39	15.94	36	86	0.57	19.72				
Total	18				18				16			

* T : Thickness(mm), W : Weight(mg/cm²)

2.1.3 염색가공(Dyeing & Finishing)

후가공 조건은 Table 4에 나타난 바와 같이 탕신, 봉합, 세움을 거쳐 수정, 완성의 13단계 공정으로 진행하였으며, 평직은 직물특성상 Flannel Finishing공정을 생략하였고 조직별로 표에 나타난바와 같이 세움, 세척시간을 달리 하여 공정을 진행하였다.

Table 4. Finishing condition of 52 wool fabrics.

Step	Item	Process conditions
1	Crabbing	20m/min, Temperature 60°C
2	Linking	20m/min, Stitch length 1.25cm
3	Scouring	Scouring* 15min/100yds, (*Twill:25min, Satin:10min) Wash* 10min/100yds (*Twill:10min, Satin:30min)
4		Dehydration 3min/100yds
5	Milling*	20min/250yds(*Plain: omission)
6	Scouring	Scouring 10min/100yds Wash 30min/100yds Dehydration 3min/100yds
7		20m/min, Temperature 60°C
8	Crabbing	Softner 1.5%
9	Add-on	Overfeed 5%, reed width 62"
10	Drying	face 2 times, back 1times
11	Shearing	Add-on
12	Add-on	15m/min
13	Conti-decatizing	Steam 6min
	Full-decatizing	Cooling 6min
	Modification Completion	

* Scouring Condition

- Agent: Anionic Surface Active Agents 3.5%
- Temperature: Normal Temperature
- Machine : Rope Type

* Milling Condition

- Soap Milling,
- Temperature : 37°C , - Time : 30min
- Machine : Rotary Milling Type,
- Pressure : 3bar

2.2 실험방법

2.2.3 보온성 실험

KES-F7 Thermo Labo II를 이용하여 모직물의 보온성을 측정하였다. 보온성은 시료를 덮은 열판의 일정온도(35°C)를 유지하기 위하여 소비된 열량과 시료를 덮지 않은 열판의 일정온도를 유지하는데 소비된 열량을 비교하여 보온율(%)을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

한편 본 실험에서 사용된 52종의 시료는 직물의 조직, 실의 굵기 및 직물의 밀도별로 Table 5와 같이 구분하였다.

Table 5. Weaving Scheme

structure	group	weft count	weft denit y	structure	group	weft count	weft density	structure	group	weft count	weft density
Plain(2/2)	11	1/30	49	21	1/30		67	Satin(2/80)	31	1/30	71
			50				68				73
			52				72				74
			54				76				76
	12	1/40	60	22	1/40		80	32	1/40	75	
			61				82			79	
			63				84			85	
			65				86			87	
	13	1/60	49	23	2/60	80 ends/inch	67	105 ends/inch	33	2/60	71
			50				68				73
			52				72				74
			55				74				76
14	2/80	60	24	2/80		80	34	2/60	75		
		61				82			79		
		63				83			85		
		65				84			87		
						67					

3.2.1 모직물의 보온성

Table 6. Keeping warmth ratio of wool fabrics(%).

Structure Yarn count	Plain	Twill	Satin	Mean
1/30	(1) 15.8	(19) 12.3	(37) 8.9	11.8
	(2) 15.7	(20) 10.2	(38) 8.9	
	(3) 15.3	(21) 13.2	(39) 7.5	
	(4) 14.9	(22) 10.0	(40) 9.1	
1/40	(5) 8.9	(23) 15.2	(41) 9.2	10.4
	(6) 8.7	(24) 14.4	(42) 9.5	
	(7) 9.1	(25) 10.2	(43) 7.1	
	(8) 9.0	(26) 14.6	(44) 8.7	
	(9) 8.9			
2/60	(10) 15.3	(27) 15.7	(45) 9.0	13.0
	(11) 15.2	(28) 15.8	(46) 9.3	
	(12) 14.2	(29) 15.3	(47) 7.5	
	(13) 14.0	(30) 15.5	(48) 9.1	
		(31) 16.2		
2/80	(14) 9.5	(32) 13.5	(49) 8.7	8.9
	(15) 8.3	(33) 10.0	(50) 8.6	
	(16) 8.9	(34) 9.2	(51) 7.2	
	(17) 7.5	(35) 9.5	(52) 7.1	
	(18) 7.8	(36) 9.8		
Mean	11.9	12.8	8.5	

조직, 번수 및 밀도가 상이한 52종 시료의 보온율을 각 5회씩 측정하여 각 시료의 평균 보온율을 Table 6에 나타내었다. 다음은 조직별, 번수별 및 Group별(동일조직과 번수의 시료로서 밀도만 변화시킨 것)의 보온율의 결과 고찰이다.

3.2.1.1 보온성과 Bulk density

시료 52종의 보온성과 Bulk density와의 관계를 Fig. 1~4에 나타내었다.

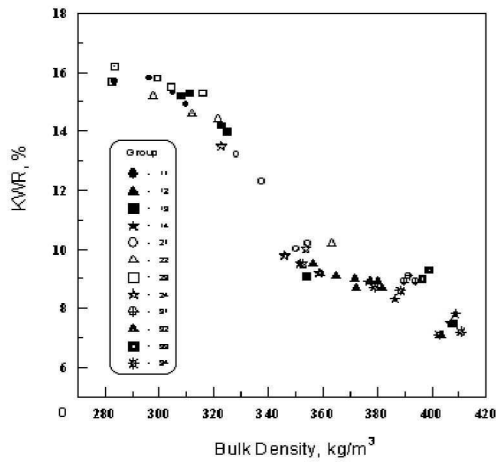


Fig. 1. Relationship between keeping warmth ratio and bulk density for wool fabrics.

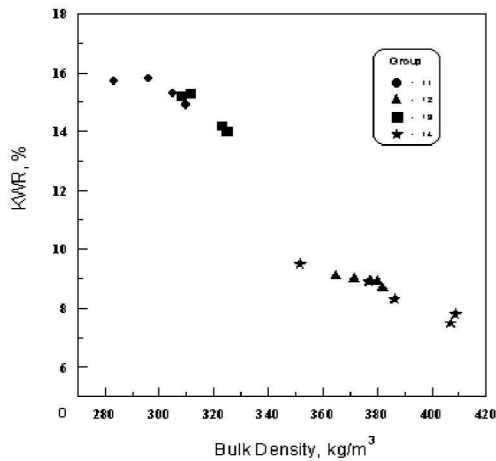


Fig. 2. Relationship between keeping warmth ratio and bulk density for plain woven fabrics.

그림을 보면 Bulk density가 감소할수록 보온율이 증가함을 보이고 있다.

선행연구^{1~10)}에 의하면 보온율에 영향을 미

치는 인자는 직물내부의 공기함유량으로 함유 공기량이 많을수록 열전달을 차단하여 직물의 보온성이 증가하게 된다고 밝힌 바 있는데 본 연구에서도 동일한 결과를 얻었다. Fig.1은 bulk density변화에 대한 보온율의 관계를 나타낸 것이다.

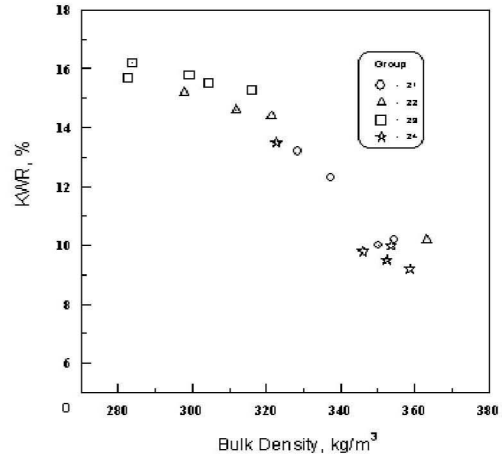


Fig.3. Relationship between keeping warmth ratio and bulk density for twill woven fabrics.

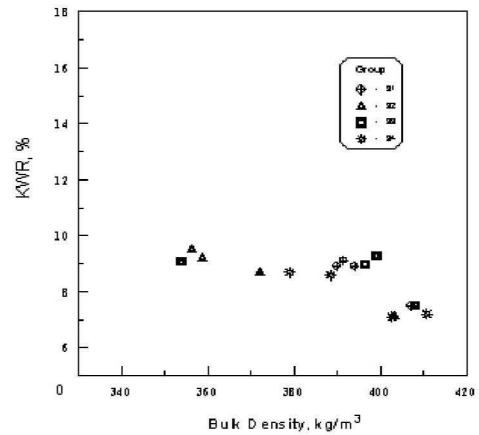


Fig.4. Relationship between keeping warmth ratio and bulk density for satin woven fabrics.

Fig.2~4를 보면, 평직물에서는 세번수일수록 보온율의 상승효과가 크게 나타나는데 비해 능직, 주자직물에서는 실의 굵기에 따른 보온율의 증감효과가 나타나지 않았다. 이는 가공공정중 능직, 주자직물에 행하여진 축융가공 효과에 의해 양모섬유가 서로 얽혀 길이나 폭방향으로 수축하여 치밀한 조직으로 되는 과정에서 실의 굵기효과가 상쇄된 것으로 고

찰된다. 또 평직이나 능직물에서는 bulk density의 증가에 따른 보온률의 감소효과가 직선적인데 비해 주자직물에서는 그 차가 적게 나타남을 보였다. 이는 주자직물의 교차압 효과가 평직, 능직물에 비해 적어 공기를 함유할 수 있는 기공용적이 증가하였기 때문으로 생각된다.

3.2.1.2 보온성과 피복도

Fig. 5~8에 피복도와 보온성의 관계를 나타냈다.

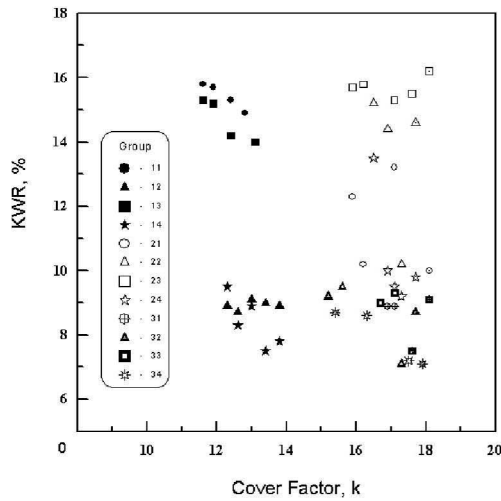


Fig. 5. Relationship between keeping warmth ratio and cover factor for wool fabrics.

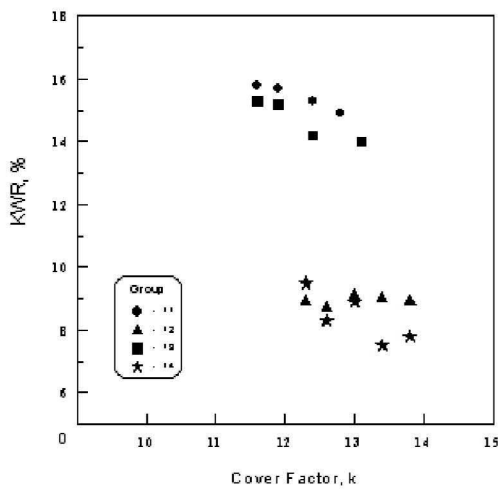


Fig. 6. Relationship between keeping warmth ratio and cover factor for plain woven fabrics.

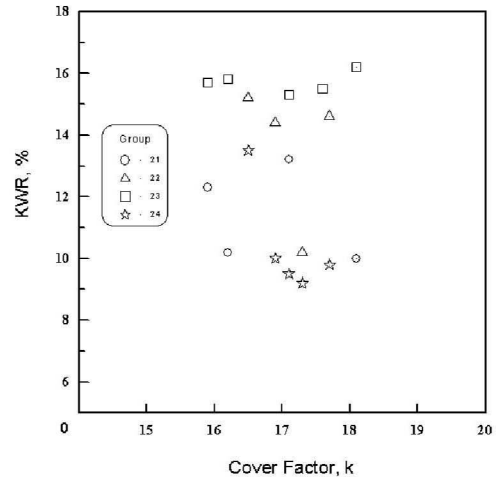


Fig. 7. Relationship between keeping warmth ratio and cover factor for twill woven fabrics.

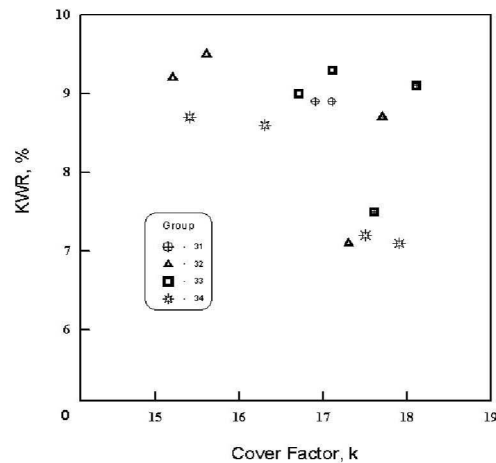


Fig. 8. Relationship between keeping warmth ratio and cover factor for satin woven fabrics.

전체적으로 피복도가 증가할수록 보온률이 감소함을 보이고 있다. 이것은 특이할만한 결과인데 이론적 배경에서도 언급하였듯이 Black¹¹⁾의 연구결과와 일치하는 것이다. 이것은 시료간의 두께차이가 크지 않은 상태에서는 피복도가 증가할수록 직물내부의 공기함유량이 적어지므로 Bulk density가 감소하기 때문이라고 이해된다. Fig. 6~8에 이를 세부적으로 나타냈다. 특이한 점은 평직물에서 공기함유량 직물에 비해 단사직물의 보온률이 상대적으로 높게 나타난 것이다. 이는 직물구조상 합

사과정 중 실에 가해진 횡압력이 조직에서의 교차압 효과를 상승시켜 공기가 부착할 수 있는 표면적을 감소시킨 결과로 고찰된다. 또 세 번수에 비해 태번수직물 즉, 1/30수의 직물이 1/40수의 직물보다 보온성이 크게 나타났다. 이는 원료섬유의 직경이 큰 30수가 사 구성시 충전도가 적음으로 인해 기공용적이 확대되어 나타난 현상으로 이해된다. 그림에서 특히 주자직물의 보온률이 가장 낮게 나타났는데, 이는 본 연구에 사용되어진 시료의 피복도에 있는 것으로 고찰된다. 이론상 최대 피복도, 즉 평직은 14, 능직은 18, 주자직은 20인데, 평·능직은 거의 포화 피복도를 구성하고 있는데 비해 주자직물은 훨씬 낮기 때문에 실제 주자직물의 피복도는 낮기 때문에 보온률이 낮게 나타난 것으로 생각된다.

3.2.1.3 보온성과 두께

Fig. 9~10에 두께에 따른 보온률의 관계를 나타냈다.

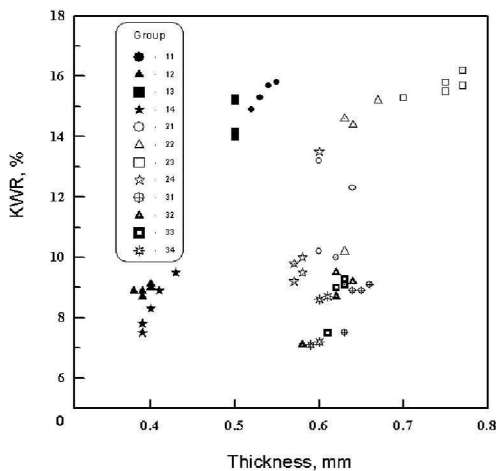


Fig.9. Relationship between keeping warmth ratio and thickness for wool fabrics.

전체적으로 두께가 증가할수록 보온률이 증가함을 보이는데, 두께의 증가는 열확산의 통과길이를 더 길게하여 열저항을 증가시킨 결과로 생각된다. 특히 평직의 경우 두께 증가에 따른 보온률의 상승이 다른 직물에 비해 크게 나타나고 있다.

그룹별 모직물의 보온율을 비교하여 보면 대체적으로 30수가 40수보다 다소 높은 보온율을 보인다. 즉 태번수를 사용하는 직물의 보

온율이 높게 나타나는데, 이는 태번수에 사용되어진 섬유 직경이 큰 관계로 사 구성시 충전도가 작게 되어 공기를 함유할 수 있는 기공용적이 확대되어 나타난 현상으로 고찰된다.

특히 Fig.9에서 두께증가에 따른 보온률의 증가가 주자직물에서 가장 적게 나타난 점이다. 이는 주자직물의 경사에 사용된 2/80수의 섬도가 가장 가늘고 조직점이 길게 부출하여 축융가공시 펠트화가 가장 용이하게 된 결과, 조직이 치밀하게 되어 나타난 결과로 이해된다.

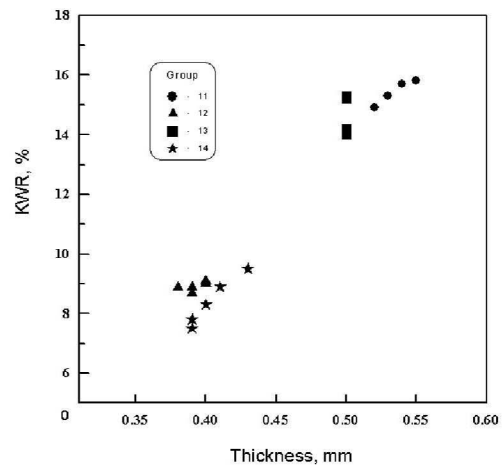


Fig.10. Relationship between keeping warmth ratio and thickness for plain woven fabrics.

4. 결론

직물의 구조조건이 직물의 역학적성질 및 열, 공기, 수분의 전달성에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 52종의 직물을 夏衣用 18종(평직), 冬服用 34종(능직, 주자직)으로 제작한 후 이 직물을 대상으로 보온성 시험을 행한 후 직물의 제 구조인자가 직물의 보온성에 미치는 영향을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 직물의 보온성에 영향을 미치는 인자는 두께와 Bulk density로 두께가 증가할수록, bulk density가 감소할수록 보온율은 증가하며 원료섬유가 가늘수록 보온율이 보다 현저하게 증가함을 알 수 있었다.

2) 동일 cover factor에서 태번수가 세번수보다 보온성이 증가하였고, 평직, 능직에서 더

욱 현저함을 나타냈다.

3) 직물의 구조인자중 Bulk density와 위사 밀도가 증가할수록 보온성이 증가하였다.

4) 동일조건에서 두께증가에 따른 보온률의 증가는 주자직물에서 가장 적게 나타났다.

참고문헌

- 1) Black, C. P. and Matthew, J. A., The physical properties of fabrics in relation to clothing, Part III: Heat insulation by fabrics used as body clothing, *J. Text. Inst.*, **25**(1934).
- 2) R. S. Hollies and H. Bogaty, *Text. Res. J.*, **35**, 187(1965).
- 3) S. Baxter, *Proc. Phys. Soc.*, **19**, 105(1946).
- 4) Backer, S., The relationship between the structural geometry of a textile fabric and its physical properties, Part IV: Interstice geometry and air permeability, *Text. Res. J.*, **21** (10), 703, 1951.
- 5) Obendorf, S. K. and Smith, J. P., Heat transfer characteristics of nonwoven insulating materials, *Text. Res. J.*, **25**, 773, 1955.
- 6) Backer, S., The relationship between the structural geometry of a textile fabric and its physical properties(thermal resistance), *Text. Res. J.*, **18**(1948).
- 7) Morris, G. J., Thermal properties of textile material, *J. Text. Inst.*, **44**, 449, 1953.
- 8) Morris, M. A., Thermal insulation of single and multiful layers of fabrics, *Text. Res. J.*, **25** (9), 766, 1955.
- 9) Bogaty, H. Hollis, N. R. S., and Harris, M., Some thermal properties of fabric, Part I: The effect of fiber arrangement, *Text. Res. J.*, **27**, 445, 1957.
- 10) Yoon, H. N. and Buckley, A., Improved comfort polyester, *Text. Res. J.*, **54** (5) 289, 1984.

(2005년 6월 20일 접수, 2005년 12월 10일 채택)