

# DP 가공조건이 면직물의 역학적 성질과 태에 미치는 영향

신 윤 숙

전남대학교 의류학과

## Effect of DP Finishing Conditions on the Mechanical Properties and Hand of Cotton Fabrics

Younsook Shin

Dept. of Clothing and Textiles, Chonnam National University  
(1999. 11. 22 접수)

### Abstract

The effects of DP finishing conditions including process technique and finishing agent on the mechanical properties and hand of cotton fabrics were investigated. 100% cotton fabrics were treated with NMA/DMDHEU and NMA/UF using wet-fixation and steam-fixation process. For comparison, conventional pad-dry-cure process was used with DMDHEU. After DP finishing, tensile and compressional resilience increased and bending hysteresis decreased, resulting in the improvement of dimensional stability of cotton fabric. WF and SF process rendered fabrics better shear properties, tensile energy, and compressional linearity and energy than PDC process. However, SF process produced fabrics with higher geometrical roughness than WF process. After DP finishing, primary hand values except Koshi increased, resulting in the increase of total hand value of cotton fabric.

*Key words:* DP finishing, wet-fixation, steam-fixation, primary hand value, total hand value;  
DP가공, 습식고착, 증기고착, 기본태값, 종합태값

### I. 서 론

면직물의 방추성과 형태안정성을 향상시키기 위해 dimethyloldihydroxyethyleneurea(DMDHEU)와 같은 가교제를 pad-dry-cure(PDC)법에 의해 처리하면 직물의 기계적인 물성이 상당히 저하된다. DP가공 면직물의 물성 저하 문제를 해결하기 위해 polymerization-crosslinking(PC)계에 대한 연구가 꾸준히 행해졌다<sup>1-4)</sup>. PC계에서는 DP가공제가 섬유

내에서 in-situ polymerization 할 수 있는 여건을 조성하기 위해 PDC법을 쓰지 않고 wet-fixation(WF)이나 steam-fixation(SF)법을 적용한다. PDC법에 의해 DMDHEU를 사용하면 단분자 형태의 짧은 가교(monomeric crosslink)가 형성되는 반면, PC계에서는 섬유 내부에 고분자 네트워크가 형성됨으로써 길고 유연한 가교(polymeric crosslink)와 함께 해연(deconvolution)이 일어나 DP성/물성의 균형을 향상시킨다<sup>2)</sup>. 이러한 가교형태의 차이를 포함한 섬유 내부구조의 변화는 직물의 물성과 태에 영향을 주게 된다.

본 연구에서는 PC계를 사용하여 WF와 SF법으로 처리한 면직물과 종래의 DMDHEU를 사용하여 PDC법으로 처리한 면직물의 역학적 성질과 태를 비교하여 DP가공 조건이 미치는 영향을 고찰하였다. 사용한 PC계는 N-methylolacrylamide(NMA)/DMDHEU와 NMA/alkylated urea-formaldehyde(UF)이며, PDC법으로 DMDHEU를 처리한 면직물의 DP등급과 비슷한 수준의 DP성을 가진 시료를 평가에 사용하였다.

## II. 실험

### 1. 시료 및 가공제

시료는 정련 표백한 면 100% 능직(120×55/cm<sup>2</sup> 또는 271g/m<sup>2</sup>)을 사용하였다. DP가공제는 DMDHEU(Permafresh LF-2, Sun Chemical Co.), NMA(Proctor Chemical Co.), UF(Aerotex 52, American Cyamide Co.) 등을 사용하였다. 촉매는 Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NMA의 중합 개시제로는 4,4-azobis(4-cynovaleric acid)를 사용하였으며, 모든 시약은 1급을 사용하였다.

### 2. 가공 처리

가공제(또는 두 가공제 혼합), 유연제, 촉매, 중합 개시제 등으로 구성된 가공액으로 각각 PDC법, WF법, SF법에 의해 처리했다. 자세한 가공액 조성

은 Table 1에 나타내었다. Table 1의 tetrakis(hydroxymethyl)-phosphonium sulfate(THPS)는 NMA의 중합을 돕는 보조제로 사용하였으며, 소량의 에탄올을 사용하여 개시제의 용해를 증진시켰다. PDC법에 의한 처리는 먼저 시료를 2-dips, 2-nips 방법으로 패딩하고 110°C에서 5분간 건조 후 스팀 다리미로 형태를 고정하였다. 이어서 160°C에서 3분간 열처리하였다. WF법에 의한 처리는 혼합 가공제(NMA/DMDHEU 또는 NMA/UF)를 포함하는 가공액으로 패딩한 후 폴리에틸렌 봉지에 넣어 봉한 후 65°C에서 30분간 wet-fix 하였다. 이후 건조 및 열처리 조건은 PDC법과 동일하다. SF법에 의한 처리는 WF법과 동일한 가공액으로 패딩 후 스팀실에서 107°C의 포화 수증기로 2분간 처리하였다. 건조 및 열처리 조건은 PDC법과 동일하다.

### 3. 가공 처리

가공 처리된 직물의 표면을 주사현미경(Cambridge Mark II)으로 520배의 배율에서 관찰하였다.

### 4. 역학적 특성 평가

역학적 성질은 KES-FB System(Kato Tech Co., Ltd.)을 사용하여 인장특성, 굽힘특성, 전단특성, 압축특성, 표면특성 등을 측정하였다. 측정 항목과 특성치의 내용은 Table 2와 같다.

Table 1. Composition of treatment baths

	PDC process		WF process		SF process	
	DMDHEU	NMA/DMDHEU	NMA/UF	NMA/DMDHEU	NMA/UF	
DMDHEU	30.0	15.0	—	15.0	—	
UF	—	—	15.0	—	15.0	
NMA	—	23.0	10.0	10.0	10.0	
Initiator	—	0.83	0.83	0.83	0.83	
Catalyst	1.80	1.38	1.16	0.80	0.80	
Wetting agent	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Softener	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
THPS	—	1.94	1.94	1.94	1.94	
Ethanol	—	12.0	12.0	12.0	12.0	

% o.w.b. except catalyst(o.w.r.)

Table 2. The characteristic values of KES mechanical properties

Property	Symbol	Characteristic value	Unit
Tensile	LT	Linearity	-
	WT	Tensile Energy	gf · cm/cm <sup>2</sup>
	RT	Resilience	%
Bending	B	Bending rigidity	gf · cm <sup>2</sup> /cm
	2HB	Hysteresis	gf · cm <sup>2</sup> /cm
	G	Shear rigidity	gf/cm · deg.
Shear	2HG	Hysteresis at $\phi = 0.5^\circ$	gf/cm
	2HG5	Hysteresis at $\phi = 5^\circ$	gf/cm
Compression	LC	Linearity	-
	WC	Compressional energy	gf · cm/cm <sup>2</sup>
	RC	Resilience	%
Surface	MIU	Coefficient of friction	-
	MMD	Mean deviation of MIU	-
	SMD	Geometrical Roughness	micron
Weight	W	Weight per unit area	mg/cm <sup>2</sup>
Thickness	T	Thickness at 0.5 g/cm <sup>2</sup>	mm

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 인장특성

PDC, WF, SF법으로 각각의 최적 조건에서 처리한 DP등급 4.5 이상의 시료들을 평가에 사용하였다. 가공방법 및 가공제에 따른 면직물의 선형성(LT), 인장 에너지(WT), 그리고 인장 레질리언스(RT)를 Fig. 1에 나타내었다. 가공한 시료의 선형성은 미처리포에 비해 가공방법 및 가공제의 종류에 관계없이 감소하였다. DP가공에 의한 선형성의 감소는 초기의 작은 힘에 인장이 더 용이해졌다는 것을 의미한다. 선형성은 NMA/DMDHEU(SF) > NMA/DMDHEU(WF) > NMA/UF(SF) > DMDHEU(PDC) > NMA/UF(WF) 순으로 값이 적어지며, 동일 가공제를 사용할 경우 SF법으로 처리한 시료의 경우에 선형성이 높게 나타났다.

인장 에너지(WT)는 DMDHEU(PDC) 처리시료의 경우만 미처리포 보다 낮았으며 WF법과 SF법으로 처리한 시료는 모두 증가하였다. 동일 가공제의 경우에는 SF법으로 처리한 시료가, 동일 가공법

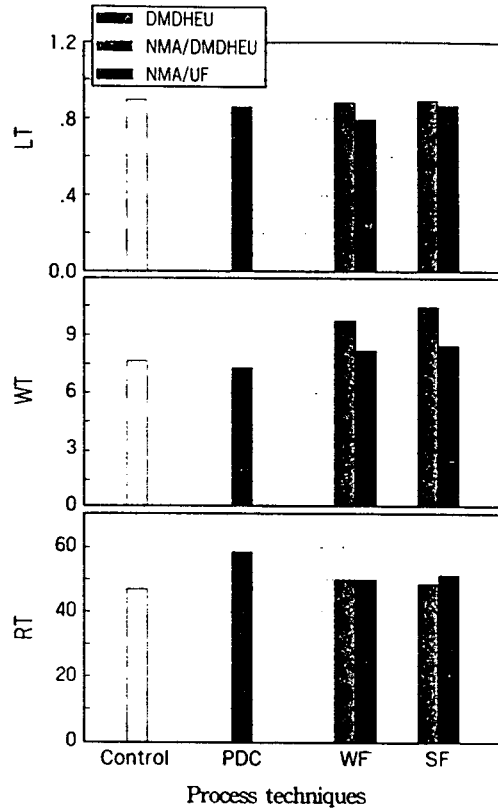


Fig. 1. Effect of finishing process on the tensile properties.

내에서는 NMA/DMDHEU를 사용한 시료가 인장 에너지가 높았다. 인장 에너지의 증가는 변형이 용이하여 직물이 쉽게 늘어남을 의미한다. DMDHEU 처리시료에 형성된 가교는 짧은 단분자 형태인 반면, NMA/DMDHEU와 NMA/UF 처리시료는 내부에 긴 고분자 형태이므로 보다 변형이 용이한 것으로 사료된다.

인장 레질리언스(RT)는 DP가공 후 가공제 종류 및 가공 방법에 관계없이 증가하였다. 그 중 DMDHEU(PDC) 처리시료의 경우에 가장 높은 증가를 보여 DMDHEU에 의한 가교 결합이 레질리언스 증진에 있어서 가장 효율적임을 알 수 있다. 인장 레질리언스의 증가는 회복성이 증가하여 형태 안정성이 좋아졌다는 것을 의미하며, DP가공함으로써 섬유내에 가교가 형성되어 레질리언스가 증가되

있음을 반영한다. DMDHEU에 의한 짧은 단분자 가교가 긴 고분자 가교보다 레질리언스가 좋아 구김회복성 증진에 효과적임을 알 수 있다.

**2. 굽힘특성**

가공방법 및 가공제 종류에 따른 굽힘강성(B), 굽힘이력(2HB)을 Fig. 2에 비교하였다. 미처리포와 비교할 때 NMA/UF(SF) 처리시료를 제외한 모든 DP가공 시료의 굽힘강성과 굽힘이력은 감소하였다.

굽힘강성(B)의 값이 감소했다는 것은 처리포의 유연성과 탄력성이 증가했음을 의미한다. 이는 DP 가공함으로써 셀룰로오스 분자쇄간에 가교결합이 형성되어 레질리언스가 증가하고 DP가공시 첨가한 유연제에 의해 유연성이 증가했기 때문으로 사료된다. 그러나 NMA/UF(SF) 처리시료는 미처리포보다 굽힘강성이 높게 나타났다. Fig. 3의 SEM 사진(D)을 보면 작은 덩어리의 수지가 섬유표면에 흡어

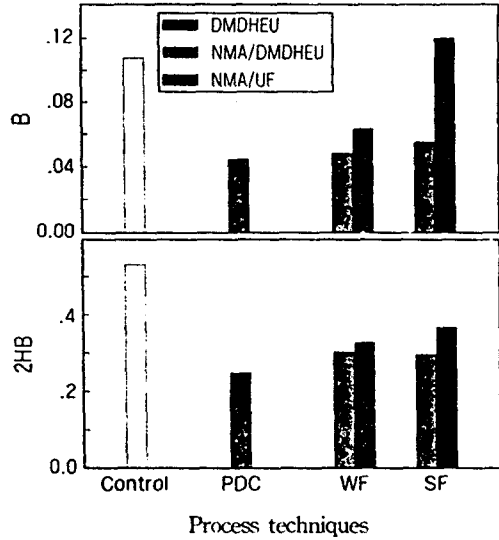


Fig. 2. Effect of finishing process on the bending properties.

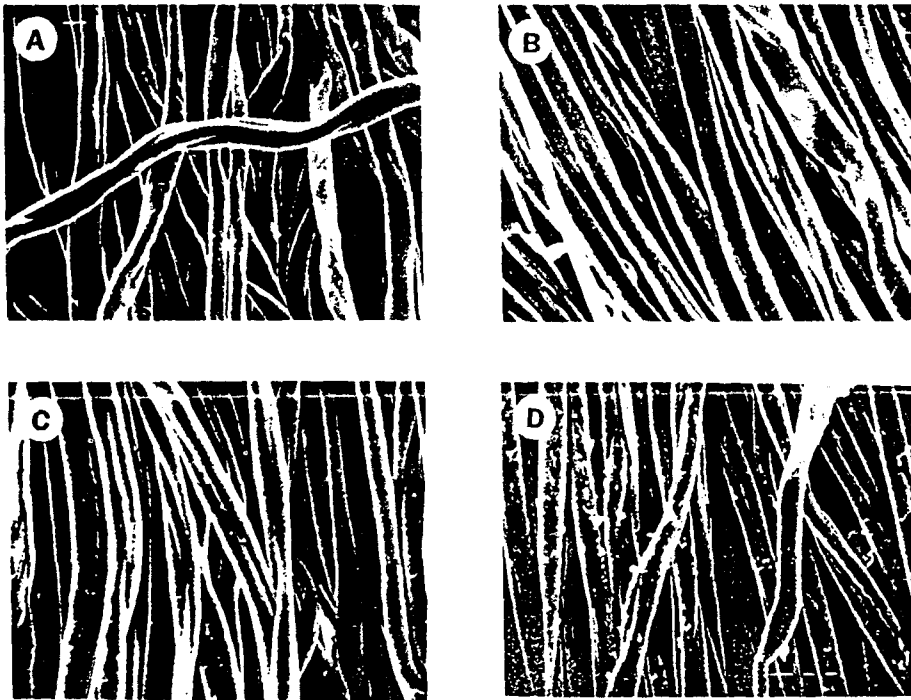


Fig. 3. SEM pictures(×520) of the treated samples:  
 A: control, B: NMA/DMDHEU(WF),  
 C: NMA/DMDHEU(SF), D: NMA/UF(SF).

저 있는 것을 관찰할 수 있는데 이러한 수지의 표면 침착이 섬유-섬유간의 굽힘특성에 영향을 미친 것으로 사료된다. 동일 가공제일 때 WF법으로 처리한 시료가 SF법으로 처리한 시료보다 굽힘강성이 높게 나타났으며, 동일한 가공방법일 때 NMA/DMDHEU를 처리한 시료가 NMA/UF를 처리한 시료보다 굽힘강성이 낮게 나타났다. PDC>WF>SF 법의 순으로 굽힘강성이 낮아졌으며, 동일 수지의 경우 WF법이 SF법 보다 수지의 균일한 침투를 도모하고 섬유표면에 수지 침착도 적으며 결과적으로 WF법에 의해서 보다 유연하고 탄력성 있는 시료를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

굽힘이력(2HB) 값은 가공처리 방법에 관계없이 모든 시료가 미처리포에 비해 적은 값을 보이고 있다. 이는 굽힘변형을 회복시킬 때 변형량이 적은 것을 의미하며, 따라서 굽힘 회복성이 가공 처리에 의해 증가했다는 것을 의미한다. DP가공시 첨가한 유연제에 의해 굽힘변형에 의한 섬유간 마찰의 감소로 굽힘이력이 감소한 것으로 보인다.

3. 전단특성

가공방법 및 가공제에 따른 면직물의 전단강성(G), 0.5°에서의 전단이력(2HG), 5°에서의 전단이력(2HG5)을 Fig. 4에 제시하였다. 미처리포에 비해 가공시료의 전단강성은 가공방법, 가공제의 종류와 관계없이 모두 감소하였다. 이는 사전으로 외력을 받았을 때 경·위사 교차각의 변형이 용이함을 의미한다. 전단특성은 굽힘특성과 함께 직물의 드레이프와 의복형성능에 중요한 영향을 준다.

NMA/DMDHEU와 NMA/UF 처리시료가 DMDHEU 처리시료보다 전단강성이 높게 나타났는데, 이는 NMA/DMDHEU와 NMA/UF를 처리한 시료에 형성된 고분자형태의 가교가 DMDHEU를 처리한 시료에 형성된 단분자형태의 짧은 가교보다 전단강성을 더 높게 하는 것으로 사료된다. PC계에서 처리한 시료는 수지의 섬유표면 침착이 많을수록 전단강성이 높았으며, 이는 수지가 경·위사를 바인딩함으로써 전단 변형을 어렵게 하는 것으로 사료된다. DMDHEU 처리시료가 바이어스 방향의 변형이 적어 의복제작시 보다 나은 실루엣을 부여

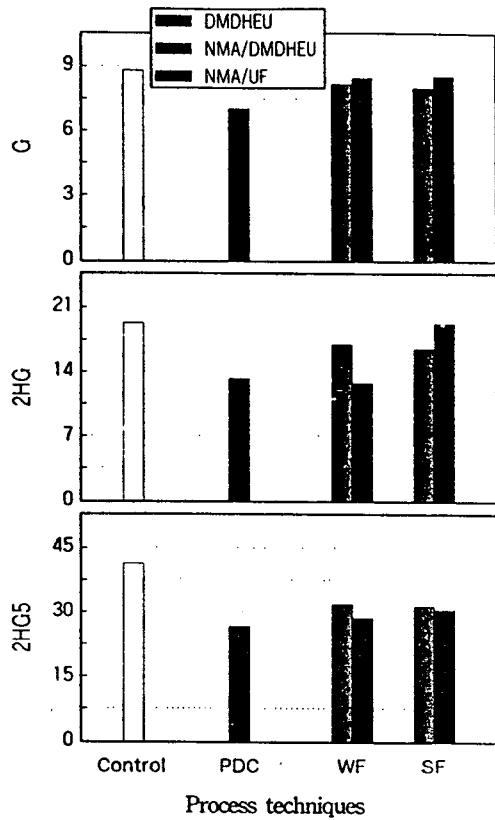


Fig. 4. Effect of finishing process on the shear properties.

할 수 있다.

전단이력은 NMA/UF(SF) 처리시료를 제외한 모든 가공 처리시료가 미처리포보다 낮게 나타났다. DMDHEU(PDC) 처리시료는 0.5°, 5°에서의 전단이력이 가장 낮아 전단변형에 대한 회복이 가장 좋은 것으로 나타났다. 한편 0.5°에서의 전단이력은 WF법에서는 NMA/UF 처리시료가, SF법에서는 NMA/DMDHEU 처리시료가 낮게 나타났으며 5°에서의 전단 이력은 비슷한 값을 나타내었다. 이는 작은 각도의 변형에 대한 회복성은 시료간 차이가 크지만 큰 각도의 변형에 대한 회복성은 차이가 없음을 의미한다.

4. 압축특성

가공방법 및 가공제 별로 압축선형도(LC), 압축

에너지(WC), 압축회복도(RC)를 Fig. 5에 제시하였다. 압축선형성과 압축에너지는 PDC법으로 처리한 시료를 제외하고 모든 처리시료가 미처리포에 비해 증가되었다. 이는 압축 변형에 대한 에너지가 증가함으로써 압축력에 대한 변형을 더 어렵게 함을 의미한다. WF법으로 처리한 시료가 SF법으로 처리한 시료보다 압축일(WC) 값이 높게 나타났는데, 이로부터 WF법이 SF법 보다 가공포의 볼륨감을 더 높게 해 주는 것을 알 수 있다. WF법에서는 가공액을 패딩한 시료를 일정한 온도에서 일정 기간동안 보관하여 충분히 팽윤한 상태에서 고분자 가교가 형성되도록 유도하므로 다른 방법보다 직물에 더 많은 볼륨감이 부여된다고 할 수 있다. 압축탄성의 증가는 DP가공을 함으로써 압축변형에 대한 회복성이 향상되었다는 것을 의미한다. 시료 중 가공 처리 방

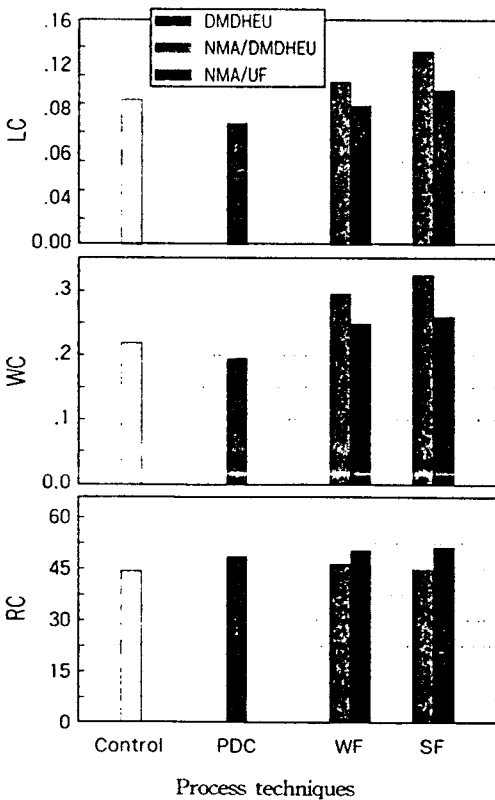


Fig. 5. Effect of finishing process on the compressional properties.

법에 관계없이 NMA/UF>DMDHEU>NMA/DMDHEU 순으로 압축탄성이 낮다.

5. 표면특성

가공방법 및 가공제 별로 면직물의 마찰계수(MIU), 표면거칠기(SMD)를 Fig. 6에 제시하였다. 마찰계수와 기하학적인 요철을 나타내는 SMD 값이 작을수록 일반적으로 매끄러운 직물이라고 할 수 있다. 미처리포의 마찰계수 0.15에 비해 DMDHEU(PDC) 시료를 제외하고 다른 시료는 마찰계수 0.16으로 약간 증가하였으나 시료간 큰 차이는 없었다. 가공방법에 따라 기하학적 거칠기(SMD)가 상당히 달라졌는데, SF법이 WF법보다 기하학적 거칠기가 높게 나타났으며, WF법으로 처리한 시료의 기하학적 거칠기는 미처리포 보다 낮게 나타났으나 SF법으로 처리한 시료는 미처리포보다 상당히 높은 기하학적 거칠기를 보였다. 이는 SF법으로 처리한 시료에서 볼 수 있는 수지의 표면침착에 의한 것으로 사료된다.

6. 기본태 및 증합태

KN-201-KDY에 의해 계산한 Koshi, Numeri,

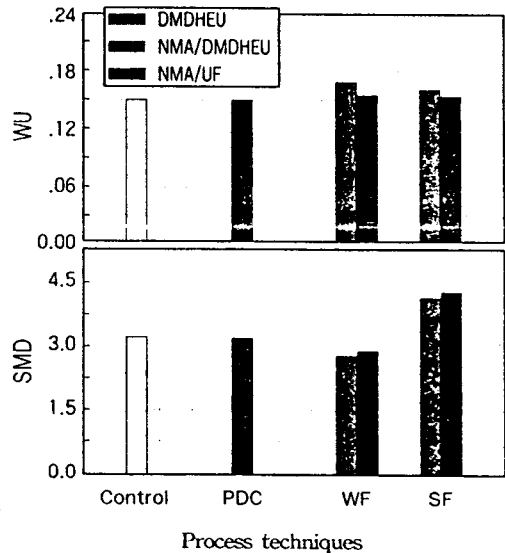


Fig. 6. Effect of finishing process on the friction coefficient and geometrical roughness.

Table 3. Primary Hand Values and Total Hand Values of DP finished cotton fabrics

	Control	PDC	WF process		SF process	
			NMA/DMDHEU	NMA/UF	NMA/DMDHEU	NMA/UF
Koshi	8.0	5.2	5.0	6.1	5.3	7.9
Numeri	-3.8	4.3	4.8	5.4	4.1	3.2
Fukurami	0.6	5.2	6.5	6.7	6.2	5.3
Sofutosa	-4.2	1.3	1.5	2.2	1.4	0.7
(T.H.V)	2.2	3.0	3.2	3.6	3.0	2.7

Fukurami, Sofutosa의 네 가지 기본태와 KN-301S에 의해 제산한 종합태값을 Table 3에 가공조건에 따라 비교하였다. Koshi는 접촉시 반발력과 가소성, 탄성을 나타내는 감각으로서 굽힘 및 전단특성과 상관도가 높다. Koshi값은 SF법으로 NMA/UF를 처리한 시료를 제외하고 일반적으로 감소하였는데, 이는 DP가공 후 굽힘강성과 전단강성이 미처리포에 비해 크게 감소하여 면직물의 뻣뻣한 느낌이 감소한 것으로 사료된다. 그러나 SF법으로 NMA/UF를 처리한 시료는 Koshi값이 미처리포와 거의 차이가 없었는데 이는 가공제의 표면침착 때문으로 사료된다. Numeri는 직물이 매끄럽고 부드러운 느낌을 나타내는 감각으로서 DP가공 후 모든 시료에서 증가하였다. WF법에 의해 처리한 시료의 Numeri값이 PDC법, SF법에 의해 처리한 시료보다 상대적으로 높았다. Fukurami는 볼륨감과 압축에 대한 탄력성을 나타내며 압축특성과 관계가 높다. 일반적으로 WF법과 SF법이 PDC법보다 가공포에 볼륨감과 탄성을 더 많이 부여하였다. Sofutosa는 유연하고 부드러운 느낌과 매끄럽고 부피감있는 느낌이 혼합된 감각으로서 표면특성과 관계가 높는데, DP가공 후 Sofutosa값이 유연제 효과에 의해 크게 증가한 것으로 사료된다. 종합적으로 DP가공 후 Koshi값은 감소하고, Numeri, Fukurami, Sofutosa값이 증가하여 종합태값은 증가하였다. NMA/DMDHEU 처리시료의 경우에는 처리방법에 따른 기본태 및 종합태값의 차이는 없었으나, NMA/UF 처리시료는 SF법보다는 WF법을 사용할 때 더 높은 태값을 보였다. 전체적으로 WF법이 가장 나은 태를 부여하였으며, SF법과 PDC법 간에는 큰 차이가 없었다.

#### IV. 결 론

1. DP가공 후 인장 선형성은 감소하였으나 인장 에너지는 DMDHEU(PDC) 처리시료를 제외한 모든 시료에서 증가하였고, 인장 레질리언스는 미처리포에 비해 모든 가공시료에서 증가하여 형태안정성이 향상되었다.

2. 굽힘강성은 섬유표면에 수지 침착을 보인 NMA/UF(SF) 처리시료를 제외한 모든 가공시료에서 감소하였으며, 굽힘이력은 가공방법에 관계없이 모두 감소하여 굽힘변형에 대한 회복성이 증가하였다.

3. 전단강성과 전단이력은 WF, SF법으로 처리한 시료가 PDC법으로 처리한 시료 보다 높게 나타났다.

4. 압축선형성과 압축에너지는 DMDHEU(PDC) 처리시료를 제외한 모든 시료에서 증가하였으며, 압축탄성은 가공방법과 관계없이 NMA/UF > DMDHEU > NMA/DMDHEU 순으로 나타났다.

5. 가공에 의한 마찰계수의 변화는 크지 않았으며, 기하학적 거칠기는 가공제와 관계없이 SF > PDC > 미처리 > WF법 순으로 나타났다.

6. DP가공 후 Koshi 값은 감소하고 Numeri, Fukurami, Sofutosa의 값이 증가하여 종합태 값이 증가하였다. 전체적으로 WF법이 가장 나은 태를 부여하였으며, SF법과 PDC법 간에는 큰 차이가 없었다.

#### 참 고 문 헌

1. S. P. Rowland, S. M. Stark, Jr., V. O. Cirino, and

- J. S. Maron, "Structural Features of Cotton Treated by Pad-Dry-Cure, Mild-Cure, Poly-Set, Wet-Fix Processes", *Text. Res. J.*, **41**, 57-64(1971).
2. Y. Shin, N. R. S. Hollies, and K. Yeh, "Polymerization-Crosslinking of Cotton Fabrics for Superior Properties", *Text. Res. J.*, **59**, 635-642(1989).
3. H. Choi, "Nonformaldehyde Polymerization-Crosslinking Treatment of Cotton Fabrics for Improved Strength Retention", *Text. Res. J.*, **62**, 614-618(1992).
4. H. Choi and K. Yeh, "In-situ Copolymerization and Crosslinking of Cotton Fibers for Improved Performance", *Text. Res. J.*, **63**, 302-308(1993).