

〈研究論文(學術)〉

## Air-Flow 가공기에 의한 직물의 특성 분석 연구

박영태 · 최호상 · 이수각 · 이광수\*

경북산업대학교 화학공학과

\*주식회사 삼일산업

(1996년 12월 4일 접수)

## The Study on Characteristic Analysis of Fabrics by Air Flow Finishing Machine

Young Tae Park, Ho Sang Choi, Soo Kag Lee and Gwang Soo Lee\*

*Dept. of Chem. Eng., Kyungpook Sanup Univ., Kyungbuk, Korea*

*\*Samill Ind. Co., Taegu, Korea*

(Received Decemner 4, 1996)

**Abstract**— In order to develop the air flow finishing machine with low tension drying and surface modification by high impact effect, the treatment characteristics and the moving speed of fabrics was analysed and investigated in the newly developed system. The change of handle before and after treatment of fabrics measured using Kawabata system. The moving speed in air nozzle was affected by an air pressure of blower, and the maximum value was 1,000 m/min. In accordance with the change of handle, the treatment effect was very different compared with untreated fabrics. And the drape properties of fabrics increased about 10~45% compared with untreated one.

### 1. 서 론

최근 섬유업계는 과거의 단순한 대량 소품종의 염색가공에서 벗어나서 직물을 고급화한 소량 다품종의 시대를 맞고 있다. 따라서 신합섬 직물에 알맞은 염색 가공기술의 개발이 필요하고, 전세계적으로 선진공업국에서는 이미 개발된 것도 있다. 우리나라도 신합섬 섬유에 대한 연구와 이들 신합섬 섬유 가공기의 개발에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

섬유의 가공기술은 대체적으로 정련, 감량, 염색, 건조 등으로 대별할 수 있다<sup>1)</sup>. 이 중에서 건조가공 기술은 타 기술분야에 비하여 매우 낙후되어 있으며, 대부분의 기업에서 소홀히 다루는 분야이다. 그러나 기존의 여러 건조기들은 직물이 가이드롤에 접촉되어 장력이 걸린 상태로 강제로 이송되고, 급속 가온으로 건조되기 때문에 직물의 축감이 좋지 않게 되는 단점이 발생하고 있다. 감량이나 염색 등의 공정에서 원만히 가공되더라도 역으로 건조공정에서

제품의 품질이 저하되어 품질향상을 기하지 못하는 경우도 있다<sup>23)</sup>. 고급 신타섬의 특징이 색상과 촉감에 있다고 한다면 저장력(低張力)공정이고, 여러 가지 방식 즉 충격이나 약품처리 등으로 표면개질을 통하여 촉감을 증대시킬 수 있는 다목적 가공기의 개발이 시급한 실정이다. 염색공정에서 섬유제품의 특수가공, 고부가가치가공은 타사와 차별화를 하여 독자성을 발휘하지 않으면 안되는 중요한 테마가 되고 있다. 현재 섬유의 차별화의 방법 중에 결정적인 팩터가 촉감향상가공이라고 할 수 있다. 이러한 직물의 고급화를 위하여 이태리, 일본 등 선진국에서는 Air flow 건조기를 개발하여 사용하고 있다. 이들 대부분의 경우 저장력건조는 대체적으로 잘되고 있으나 표면개질을 통한 촉감의 증대는 잘 이루어지지 않고 있다.

우리나라의 염색 가공 및 건조기술은 고품질 신타섬직물을 생산하기에는 아주 부족한 실정에 있다<sup>24)</sup>.

다목적 Air flow 가공기는 로우프릭 저장력 건조가공기로 노즐에서 고속으로 분사되는 공기가 직물에 충격을 주고, 또 화학약품처리에 의하여 표면개질을 시킴으로써 색상과 촉감이 좋은 제품을 만들 수 있다. Air flow 가공기는 공기가 분사되는 힘에 직물이 고속으로 후부의 충격관에 충돌되는 비팅(beatting)이 반복되어 일어나는 효과에 의하여 직물의 리랙스(relax), 실의 소프트한 불균감, 드레이프(drape)성 등의 표면변화를 얻을 수 있다. 가공대상은 絹, 레이온, 셀룰로오스계 친소재, PET, 綿, 毛, 그 외의 면섬유, 각종 화학섬유, 복합섬유직편물, 인공피혁, 부직포 등에도 이용이 가능하다<sup>25)</sup>.

국내에서 현재 생산되고 있는 직물 건조기는 cylinder dryer, roller dryer, net dryer, hot flow 혹은 short flow dryer, long loop dryer 등이 있다. 이 건조기들은 net dryer를 제외하고는 대부분이 가이드 롤에 접촉되어 강제 이송되며 상력이 걸려진 상태에서 급속 건조되기 때문에 표면 촉감이 좋지 않은 단점이 있다. 한편 net dryer는 촉감은 비교적 좋으나 각 피건조물의 운전조건 설정의 어려움이 있어 원래의 목적으로 운전이 되지 않고 있는 실정이다. 국내에서의 신타섬 직물은 많이 개발되고 있으나

이들 직물에 맞는 염색, 가공 및 건조 기술이 시급히 개발되어야 한다.

다목적 air flow 가공기는 신타섬유의 건조공정에서 섬유의 질감을 향상시키기 위하여 건조 중에 가공특성을 줄 수 있을 뿐만 아니라 충격횟수나 직물의 회전속도 등을 조절할 수 있어서 어떤 건조가공기 보다 좋은 효과를 가지고 있는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 신타섬유의 저장력건조 및 바이브레이션(vibration)에 의한 공기충격으로 촉감향상, 기능성회복 및 약품처리 등에 의한 품질향상을 주목적으로 하는 다목적 air flow 가공기 개발의 기초자료를 얻기 위하여 풍압과 직물의 이동속도를 고찰하였고, 태(handle) 및 트레이프싱을 측정하여 직물의 가공상태를 측정하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

본 실험에 사용한 air flow 가공기의 개략도는 Fig. 1과 같다. 이 장치의 주요부분은 드로잉롤, 제어반, 원치롤, 배기팬, 젯노즐, 브로워, 충격관, 이송드럼, 약품탱크 및 펌프, 열교환기, 필터박스, 가이드링 등으로 구성되어 있다. 장치내에서 직물의 이동은 드로잉롤에 구동되어 젯노즐을 통과하여 충격관에 부딪힌 후 아래로 떨어져서 바닥에 쌓인 후 다시 순환되며, 이 과정에서 직물의 건조와 동시에 표면개질이 일어나게 된다. 이때 공기의 유속, 공기중의 수분함량 및 직물의 함수율은 제어반에서 자동 제어되도록 되어 있다. 또한 직물의 수분함량은 포수분 측정기로 측정하고, 공기의 유속은 인버터에서 조절할 수 있도록 되어 있으며, 에너지 절약을 위하여 공기는 미리 여과하여 열교환기를 통한 예열된 공기를 사용하였다.

본 실험에 시료로 사용한 직물의 특성을 Table 1에 나타내었다. 이들 시료는 주로 시판되는 여성복지이다. 실험은 먼저 시료직물을 500~1000m 정도를 상치에 삽입하고 직물 이동속도를 800m/min.로, 실내의 온도는 110C로 유지하면서 가공시간에 대한 영향을 조사하였다.

Table 1. The characteristics of fabrics used.

sample no	material	design	goods name	weight(g/yd)
1	polyester/cotton	plain weaves	georgette crepe	160
2	polyester	plain weaves		140
3	polyester	derivative weaves	georgette	130
4	polyester/rayon	dobby weaves	P/R mixture fabric	150
5	polyester	dobby weaves		120
6	polyester/rayon	plain weaves	P/R mixture fabric(modal)	180, 200, 220
7	polyester	derivative weaves	georgette	100
8	polyester/rayon	plain weaves	P/R mixture fabric	190
9	polyester/rayon	dobby weaves	P/R mixture fabric	100
10	polyester/rayon	plain weaves	georgette	150
11	polyester/rayon	plain weaves	P/R mixture fabric	130
12	cotton/rayon	plain weaves	C/R mixture fabric	130

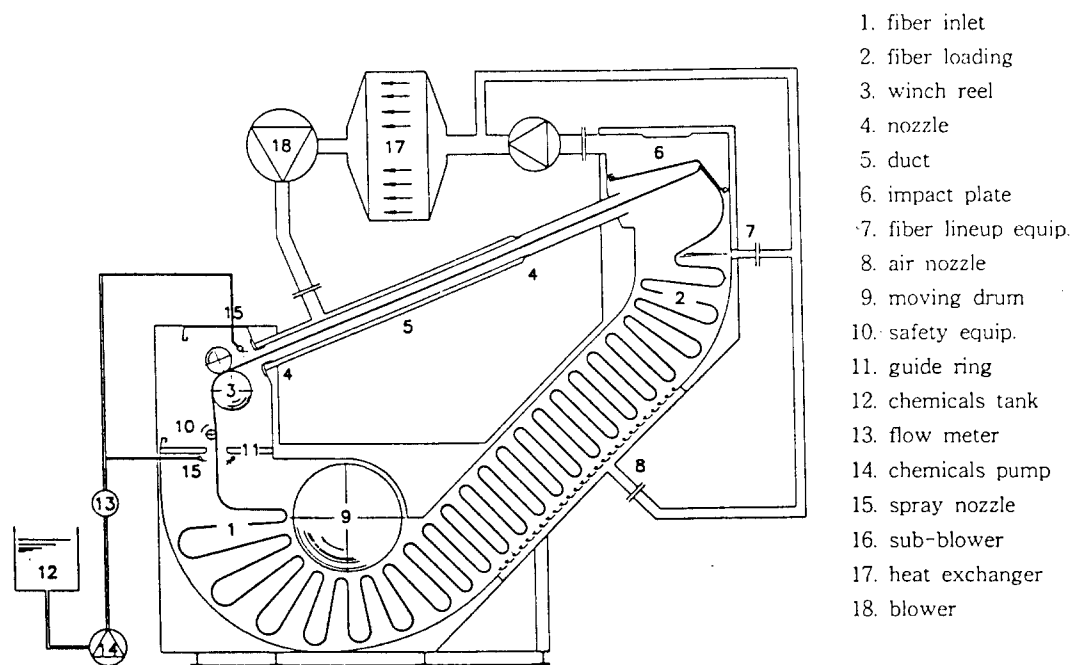


Fig. 1 Schematic diagram of air flow finishing machine.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 풍압과 직물의 이동속도

직물의 이동속도와 충격판에서 충격정도는 노즐의 풍압에 영향을 받으며, 노즐풍압은 인버터의 주파수 변화로서 조절하였다.

공기의 제트노즐의 설계는 본 연구의 중요한 과제이다. 대부분은 원통형의 파이프나 원추형의 파이프로 조립되어 있으며, 노즐 각도는 정밀하게 setting되어 있다. 일반적으로는 15° 각도로 된 것이 보통이다. 노즐 설계에 있어서 중요한 것은 가공해야 할 직물의 종류 즉 직물의 무게 두께 등에 따라 노즐의 간격과 각도를 어떻게 적절하게 맞추느냐에 달려있다<sup>7-9)</sup>. 본 연구에서는 원통형 제트노즐을 제작하여 사용하였다. 인버터에 의한 속도제어는 모터의 회전속도를 다음 식에 의하여 결정하였다<sup>10)</sup>.

$$N = 120f/p (1-S) \dots\dots\dots (1)$$

여기서, N은 전동기의 회전수, f는 전원의 주파수, p는 전동기의 극수, S는 전동기의 slip이다.

전류량과 블로워의 주파수 및 블로워 주파수와 공기노즐의 풍압과의 관계를 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 주파수가 증가할수록 노즐의 풍압이 증가하고, 따라서 전류량도 증가함을 알 수 있다<sup>15,16)</sup>. 블로워의 주파수가 약 30Hz까지는 노즐풍압이 500 mmH<sub>2</sub>O 정도로 일정하였으며 그 이상의 주파수에서는 본 실험범위에서 노즐풍압과 블로워 주파수와의 관계는 다음 식으로 표시할 수 있었다. 그림에서 E는 전류량(A)이다.

$$P_o = 500 + 40(f-30) \dots\dots\dots (2)$$

여기서 P<sub>o</sub>는 블로워의 풍압[mmH<sub>2</sub>O]/이고, f는 주파수[Hz]이다.

노즐의 풍압과 직물의 이동속도 및 주파수와 직물의 이동속도와의 관계를 폴리에스터 직물을 사용하여 실험한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 이 그림에서 보는 바와 같이 블로워의 주파수가 증가함에 따라 풍압이 증가하고, 풍압이 증가할수록 직물의 이동속도가 증가함을 볼 수 있다. 그림에서 주파수

45 Hz에서 직물의 이동속도가 1000m/min 임을 알 수 있었다. 직물의 이동속도는 주파수 변화에 대하여 거의 직선적으로 변하고 있으며, 그림에서 기울기는 약 25정도가 되었다.

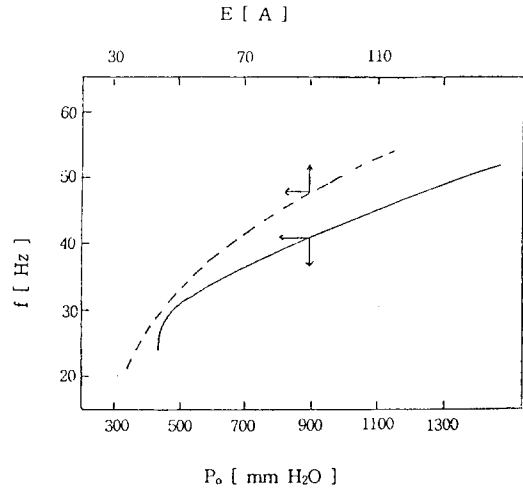


Fig. 2 The relationships between the frequency, pressure of nozzle and electric current in blower.

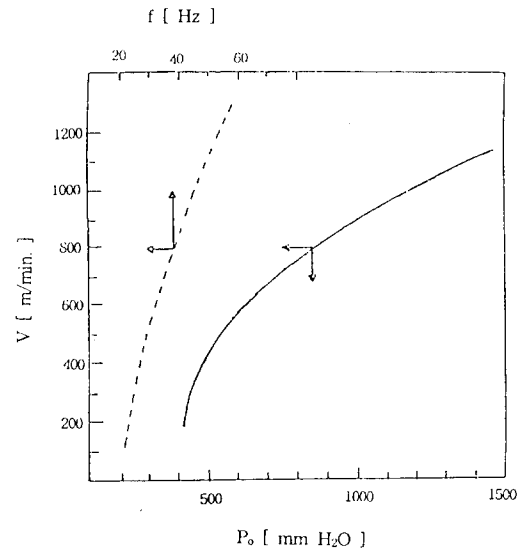


Fig. 3 The relationships between the moving velocity of fiber, frequency and pressure of nozzle.

### 3.2. 태(Handle) 및 드레이프성

섬유제품의 촉감을 종전의 주관적이며 불합리한 관능적 평가대신 섬유역학적 물성인 인장, 전단, 압축, 굽힘, 표면의 특성을 종합적으로 측정하여 섬유의 촉감평가를 객관적이며 수치적으로 측정하기 위하여 1972년 일본에서 개발된 Kawabata system (일명, KES-F system)<sup>11,12)</sup>을 사용하여 다목적 air flow 가공기에서 가공한 직물의 촉감향상 정도를 측정하였다. 사용기는 일본 Kato Tech. Ltd.(1992년 제작)의 제품으로, 기기 구성은 인장 및 전단측정, 굽힘 압축 표면측정으로 되어있고, 기기제원은 인장성능 10~16kg, 최대전단력 25kg, 최대 굽힘력 50 kg, 최대압축량 25kg, 표면거칠기 2m이다. 측정방법은 시편을 20cm×20cm 크기로 하고, 약 20여분동안 특성항목별 0점조정을 하고난후 압축-표면-굽힘-전단-인장의 순으로 측정하였다<sup>13,14)</sup>. 태의 측정에 있어서 남성용 복지에 대해서는 주로 Koshi, Numeri, Fukurami, Shari, Hari 등을 측정하여 종합 태평가치를 평가하고 있다. 여성복지는 Koshi, Hari, Shari, Fukurami, Kishimi, Shinayakasa, Sofutosa 등을 측정하여 판단하며 남성복지와는 달리 종합적인 태값을 결정하기가 매우 곤란하였으나, 본 연구에서는 폴리에스터 직물의 용도가 여성용으로 많이 사용되는 점을 감안하여 여성용에 적용시킬 수 있는 태평가식에 의하여 여성용직물을 위주로 태를 평가하였다.

시료직물의 가공시간에 대한 촉감향상의 영향을 시료 1번을 Fig. 4에, 시료 7번을 Fig. 5에 나타내었다. 다른 여타의 시료에 대해서는 비슷한 결과를 주기 때문에 그림을 도시하지 않고 생략하였다. 이들 그림으로부터 보는 바와 같이 Koshi, Hari, shari 등의 뻣뻣함이나 파삭파삭한 느낌을 주는 값들은 그 값이 점차로 적어짐을 볼 수 있다. 이것은 본 air flow 가공에 의하여 직물이 부드러워짐을 보여주며, Shinayakasa, Fukurami, Kishimi 등의 특성은 시간에

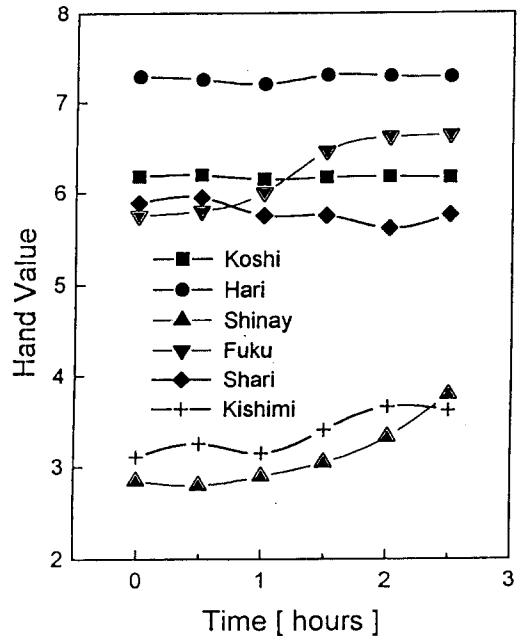


Fig. 4 The changes of hand value for a finishing time(sample No.1)

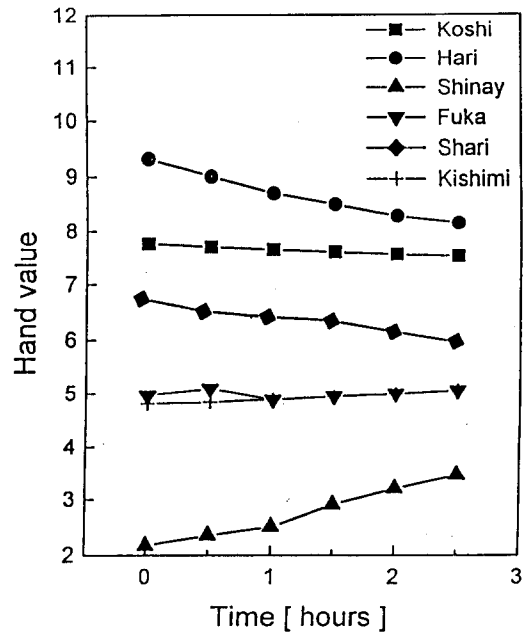


Fig. 5 The changes of hand value for a finishing time(sample No.7)

Table 2. The handle value of fabrics before and after finishing.

sample no	finishing	Koshi	Hari	Shina-yakasa	Fuku-rami	Shari	Kishimi	note
1	before	6.18	7.82	2.85	5.75	5.89	3.11	
	after	6.17	7.28	3.78	6.64	5.76	3.61	
2	before	5.95	7.27	2.99	4.85	5.06	3.03	
	after	5.96	6.82	3.83	5.32	6.35	3.57	
3	before	5.55	5.93	5.27	5.27	5.72	3.48	
	after	6.21	6.91	4.12	5.50	6.59	3.80	
4	before	7.24	9.19	1.65	5.69	4.01	4.00	
	after	7.23	7.92	3.46	6.09	5.03	4.88	
5	before	7.82	10.55	0.41	5.36	2.10	3.76	
	after	7.59	9.05	2.38	5.98	4.16	4.93	
6	before	7.46	8.54	2.78	5.29	4.46	4.51	
	after	7.08	7.67	3.84	5.86	4.49	4.83	
7	before	7.76	9.23	2.17	4.97	6.77	4.82	
	after	7.52	8.15	3.45	5.06	5.88	5.07	

Table 3. The comparison of properties about deformation behavior before and after finishing fabrics.

sample no	finishing	B/W	2HB/W	2HB/B	2HG/G	MMD/SMD	WC/W	WC/T	W/T	$\sqrt{\delta_{b,w-x}}$	$\sqrt{2hb, W-X}$
1	before	0.0040	0.0018	0.4484	1.9278	0.0029	0.0118	0.2504	21.1968	0.1587	0.0423
	after	0.0036	0.0015	0.4252	1.4667	0.0028	0.0168	0.3411	20.2925	0.1536	0.0392
2	before	0.0049	0.0034	0.6912	0.8850	0.0033	0.0267	0.3839	14.3583	0.1695	0.0580
	after	0.0037	0.0024	0.6622	1.1077	0.0033	0.0385	0.5879	15.2780	0.1543	0.0493
3	before	0.0018	0.0009	0.5071	1.5754	0.0102	0.0102	0.2375	23.3217	0.1212	0.0301
	after	0.0031	0.0015	0.4998	1.3805	0.0021	0.0112	0.2445	21.9167	0.1455	0.0392
4	before	0.0075	0.0032	0.4356	1.6031	0.0045	0.0109	0.2777	25.4745	0.1953	0.0570
	after	0.0056	0.0011	0.2015	0.7189	0.0044	0.0134	0.3226	24.0226	0.1777	0.0336
5	before	0.0083	0.0038	0.4641	0.2755	0.0043	0.0127	0.3788	29.7802	0.2024	0.0620
	after	0.0060	0.0019	0.3171	0.2550	0.0044	0.0094	0.2911	30.8768	0.1816	0.0436
6	before	0.0062	0.0016	0.2546	0.5500	0.0050	0.0193	0.4908	25.4932	0.1841	0.0399
	after	0.0056	0.0011	0.1928	0.4863	0.0037	0.0163	0.4200	25.7161	0.1777	0.0329
7	before	0.0045	0.0015	0.3431	0.5100	0.0048	0.0068	0.2288	33.6907	0.1648	0.0392
	after	0.0033	0.0008	0.2343	0.4038	0.0049	0.0067	0.2286	34.3647	0.1491	0.0279

따라 점차 증가함을 보여 주었다. 이것은 가공에 의하여 천이 더 부드러워지고 유연하며, 매끄러운 느낌을 갖는 것을 의미한다. 이와 같은 현상은 여러 가지

종류의 직물에 대하여 적용됨을 알 수 있었다. 각 시료의 주요 데이터를 Table 2에, 의복 착용시의 형태와 변형 거동에 관여하는 기본 특성치의 관계를

Table 3에 나타내었다.

태의 측정과 동일한 시료에 대한 drape성을 일본 Daiei Trading Co.의 model YD-100 Drape Tester를 이용하여 JIS L 1096 분석법으로 측정하였다. Drape성은 직물의 강성, 탄성, 중량 등의 요인에 의한 형상변화의 중요한 변수가 된다. YD-100 Drape Tester는 시료의 직경 254mm, 시료대의 직경 127 mm, 시료회전속도 1/2rpm, 면적 측정방법 광전추적에 의한 적분법 자동측정으로 측정하였다. 시료 직물을 원형으로 만들어서 원통형의 시료대위에 놓았을 때 아래로 처지는 직물의 투영면적을 산출하고, 그 투영도형을 기록지상에 묘사하여 drape coefficient를 계산하여 drape성을 평가하였다.

$$\text{Drapefactor} = \frac{A_d - S_1}{S_2 - S_1} \dots\dots\dots (3)$$

여기서,  $A_d$ 는 시료의 수직으로 투영된 면적( $\text{mm}^2$ ),

$S_1$ 은 시료 홀더의 면적( $\text{mm}^2$ ),  $S_2$ 는 시료의 면적( $\text{mm}^2$ )이다. 모두 3회씩 측정하여 평균치를 계산하였다.

Node index(NI)는 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$NI = 2 \times 3.14 \left[ \frac{H_{2i}}{n(H_{1i} - H_{2i})} \right] \dots\dots\dots (4)$$

여기서,  $n$ 은 node 수를 나타내며,  $H_1$  및  $H_2$ 는 각각 node의 마루와 골의 길이이고,  $H_{1i}$ 와  $H_{2i}$ 는 각각  $H_1$ 와  $H_2$ 의 평균값을 나타낸다.

드레이프성의 실험결과인 drape coefficient와 node index를 Table 4에 표시하였다. 대부분의 직물이 드레이프계수가 현격히 줄어들음을 알 수 있었으며, node index의 값(NI)도 큰 차이로 줄어들음을 알 수 있었다.

Table 4에서 보는 바와 같이 다목적 air flow 가공기를 사용하여 직물을 가공하였을 경우 드레이프성이 약 10~45%의 가공효과가 있는 것으로 판단된다.

Table 4. Drape coefficient and node index before and after finishing fabrics.

sample on	finishing	drape coefficient	$H_{1i}$	$H_{2i}$	n	NI
1	before	0.3236	116.7	68.7	4	2.2470
	after	0.2738	111.0	67.0	5	1.9125
4	before	0.5431	118.0	92.3	6	3.7590
	after	0.3672	117.8	71.7	5	1.9534
6-1*	before	0.5055	124.0	85.6	4	3.4997
	after	0.3248	115.5	71.0	5	1.9994
6-2*	before	0.4170	121.1	74.2	4	2.4838
	after	0.3138	113.9	67.5	5	1.8271
6-3*	before	0.5425	123.3	87.5	4	3.8372
	after	0.3631	116.1	74.1	5	2.2159
9	before	0.4022	116.1	78.1	5	2.5814
	after	0.2918	107.1	71.7	6	2.1199
10	before	0.3629	115.1	3.0	5	2.1778
	after	0.3647	115.5	72.6	5	2.1255
11	before	0.4617	107.7	84.1	5	4.4758
	after	0.3662	115.1	75.0	5	2.3491
12	before	0.2924	107.0	67.8	5	2.1724
	after	0.2664	104.7	68.2	5	2.3468

\*6-1, 2, 3은 직물의 무게가 각각 180, 200, 220g/yd 이다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 직물의 저장력 건조와 강한 충격으로 표면개질을 할 수 있는 air flow 가공기를 개발하기 위하여 試作한 air flow 가공기에서 직물의 이동속도 및 가공한 직물의 특성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 공기 노즐에서의 직물의 이동속도는 블로워의 풍압에 영향을 받으며, 풍압과 주파수와의 관계는 식(2)와 같이 나타낼 수 있었다. 본 실험에서 직물이동속도는 최대 1,000m/min 정도를 얻을 수 있었다.
- 2) 가공 전후의 태(handle)의 변화가 우수함을 알 수 있었다.
- 3) 직물의 드레이프성은 본 air flow 가공기에서 처리한 것이 처리전의 직물에 비하여 약 10~45% 정도의 효과가 있음을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. 澤和男, “染色臨床加工技術”, 地人書館, 日本(1991)
2. A. S. Mujumdar, “Handbook of Industrial Drying”, Marcel Dekker, Inc., New York, (1987).
3. A. Endo, et al., *AIChE Symp. Ser.*, No163, 73, (1977).
4. 韓國纖維工學會, “저공해 염색/가공기술”, 産學協同講座, 11, (1993).
5. 日本纖維機械學會, “纖維新素材. 新製品 data 集”, 纖維 data 集編纂委員會編, (1985).
6. A. D. Broadbent et al., “Pre-Drying Textile Fabrics with Infrared Radiation”, *Text. Res. J.*, 64 (8) (1994).
7. Frank, M. White, “Fluid Mechanics” 2nd. ed., McGraw-hill, New York(1986).
8. D. F. Othmer, “Encyclopedia of Chemical Technology”, 3rd. ed. John Wiley & Sons, New York (1984).
9. R. H. Perry, C. H. Chilton, “Chemical Engineers’ Handbook” th. ed., McGraw-Hill, (1973).
10. G. Stephanopoulos, “Chemical Process Control” Prentice-Hall, (1984).
11. S. Kawabata, “The Standardization and Analysis of Hand valuation” Dept. of Polymer Chem. Kyoto Univ. Japan(1980)
12. M. Kondo, et al., “Report of the Evaluated Results” *The Text. Tach. Soc. Japan*(1972)
13. 小林, 纖維學會誌, 25, 223(1969)
14. 中里, 野山, 纖維學會誌, 14, 18(1961)
15. R. W. Fox, “Int. to fluid mechanics”, John Wiley & Sons (1992)
16. Noel de Nevers, “Fluid Mechanics for Chem. Eng., McGraw-Hill Book Co., (1991)