Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers
Vol. 14, No. 5, pp.1~7(2002. 10)

〈研究論文(學術)〉

N-Methylmorpholine N-Oxide 수용액을 이용한 면직물의 의마 (擬麻)가공

손현식 · 김진호 · 윤경훈 · 강영아 · [1]이양헌

동아대학교 의상섬유학부 섬유공학전공
(2002. 7. 19. 접수/2002. 8. 22. 채택)

Linen-like Finishing of Cotton Fabric Using Aqueous Solutions of N-Methylmorpholine N-Oxide

Hyun Sik Son, Jin Ho Kim, Kyung Hoon Yoon, Young Ah Kang, and [1]Yang Hun Lee

Division of Fashion and Textiles, Dong-A University, Busan 604-714, Korea
(Received July 19, 2002/Accepted August 22, 2002)

Abstract—Cotton fabrics were immersed in aqueous solution of N-methylmorpholine N-oxide(NMMO) with various concentrations, padded by 300% of pick-up, concentrated at 90 ℃for 30min under constant-length condition, washed, and dried, to examine a possibility of linen-like finishing by the solvent bonding between fibers. With increasing the concentration of NMMO, cross-sections of fibers changed to oval or polygonal shapes and not only the fibers but also the warp and weft were bonded each other, which produced linen-like effect on the fabrics in the aspects of appearance and mechanical properties such as the increase of stiffness and shear properties. The thickness, moisture regain and dyeability were increased with the concentration of NMMO.

Keywords : *cotton fabric, linen-like finishing, N-methylmorphline N-oxide, stiffness*

1. 서 론

마 섬유는 천연 셀룰로오스 섬유로서 여러 가지 장점을 가지고 있음에도 세사 방적이 어렵고 강연도가 지나치게 커서 의복소재로서는 문제가 있는 것으로 인식되어 왔으나, 한편으로는 마 섬유의 큰 강연성을 이용한 여름용 의복소재로서 오히려 각광을 받고 있다.

따라서 같은 셀룰로오스를 주성분으로 하고 있는 면 섬유 제품에 강연성을 강화하여 마 섬유 제품과 유사한 효과를 낼 수 있는 의마(擬麻)가공법이 다양하게 개발되어 왔다.[1,2] 그런데 이들 대부분은 젤라틴, 곤약, 합성수지 등과 같은 적당한 가공제를 면 섬유들 사이에 함입·응고시킴으로써 사용자가 이물감(異物感)을 느끼며, 사용중이나 세탁 시에 가공제의 탈락에 따른 급속한 가공효과의 저하현상을 나타내는 단점이 있다. 다만 황산법은 구성 섬유들간의 용제접착 방식을 이용하고 있어서 주목되는데, 이 경우에도 가공과정에 황산에 의한 셀룰로오스 분자의 분해가 발생하여 섬유를 손상시켜 강도가 저하될 수 있으므로, 이를 최소화기 위한 가공 조건을 5℃의 낮은 온도로 유지하여야 하는 점과, 그에 따른 작은 접착력 때문에 큰 가공효과를 얻을 수 없다는 단점을 지니고 있다.

최근에 Lee 등[3]은 셀룰로오스에 대하여 용해력이 매우 우수하여 고중합도의 셀룰로오스에 대하여도 고농도의 용액을 형성할 수 있을 뿐만 아니라 용해과정에 분해를 거의 수반하지 않는 N-

[1]Corresponding author. Tel. : +82-51-200-7331; Fax. +82-51-200-7335; e-mail: leeyh@daunet.donga.ac.kr

methylmorpholine N-oxide(NMMO)[4~10]를 이용한 면 섬유들간의 용제접착에 의한 면사의 의마가공법을 개발하여 보고한 바 있다. 즉, NMMO 수용액을 면사에 흡수시킨 후 농축과정을 통해서 섬유간 용제접착이 발생하도록 함으로써, 구성 섬유의 자유도 감소에 따른 강연도 증가, 즉 의마가공 효과를 갖도록 하였다. 이 방법은 섬유의 손상 없이 매우 큰 가공효과를 얻을 수 있으며, NMMO 수용액의 농도를 조절함으로써 가공 정도를 넓은 범위로 자유롭게 조절할 수 있다는 장점을 가진다.

그러나, 실 상태로 가공을 하였을 경우에는 생산성에 문제가 있을 뿐 아니라, 가공된 실로 제직 등의 후속 공정을 거치는 동안에 가공효과가 저하할 가능성이 있다. 이에 본 연구에서는 그 후속 연구의 일환으로, 선행연구[3]와 유사한 조건으로 면 직물을 처리하여 그 가공 효과를 중심으로 실 상태 가공의 경우와 비교 검토함과 동시에 직물상태에서 별도로 검토가 필요한 요소들에 대해서도 함께 살펴보고자 하였다.

2. 실 험

2.1 시료 처리

여름 의복용 마직물을 염두에 두고, 비교적 밀도가 낮은 시판 면직물을 일반적인 방법으로 정련하여 원 시료로 사용하였다. 원 시료의 특성은 Table 1에 나타내었다.

시판되는 NMMO 수용액(50wt%, Aldrich)으로 0, 10, 20, 30, 40, 50 wt%의 농도를 갖는 NMMO 수용액을 제조하고, 적절한 크기의 원 시료를 각각 침지시켜서 NMMO 수용액을 충분히 흡수시킨 후 꺼내어 실험실용 유압식 Heavy Mangle (OHM-400, Daiei Kagaku Seiki, Japan)로 픽업율 약 300%로 패딩하였다. 이렇게 처리된 시료는 두 줄의 철침들이 장착되어 있는 18×28㎠ 크기의 목재 틀에 고정하여 정장상태(定長狀態)를 유지하면서 90℃의 건조기에서 30분간 농축·건조시킨 후, 충분히 수세한 다음 90℃ 건조기에서 30분간 건조시켰다.

2.2 구조 조사

2.2.1 주사전자현미경에 의한 시료형태 관찰

NMMO 처리에 의한 구성섬유 및 실의 형태 변화를 관찰하기 위하여, 시료들의 표면을 주사형 전자현미경(Scanning Electron Microscope : SEM ; JSM-35 CF, Jeol, Japan)으로 80배로 확대 촬영하였다.

2.2.2 광학현미경에 의한 구성섬유 단면 관찰

NMMO 처리에 의한 구성 섬유의 단면 형태의 변화를 관찰하기 위하여, NMMO 수용액 농도 0, 30, 50 wt%로 처리한 시료들의 경사에 대하여 단면 형태를 현미경(ECLIPSE ME 600, Nikon, Japan)으로 200배로 확대 촬영하였다.

2.2.3 두께 및 밀도 측정

KS K 0506 및 0511에 준하여 시료의 두께 및 밀도를 각각 측정하였다.

2.3 강연도 측정

KS K 0815 슬라이드법에 준하여 시료의 강연도를 측정하였다.

2.4 전단 특성 측정

KES-FB1 Tester를 이용하여 표준 조건하에서 전단 특성을 측정하였다.

2.5 인장 강신도 측정

KS K 0521 래블스트립법에 준하여, 인장시험기(DW-5, Kyungsung Testing Machine, Korea)를 이용하여 시료의 인장강도 및 신도를 구하였다. 이때, 측정조건은 풀스케일을 20㎏f, 인장속도를 20㎜/min으로 하였다.

2.6 수분율 측정

KS K 0220 오븐법에 준하여 수분율을 측정하였다.

2.7 염색성 측정

IR염색기(BFA-12, Mathis Lamomat, Swiss)를 이용하여 염색을 실시하였다. 즉, 직접염료 5%의 염욕에 시료를 침지시켜서(욕비 1:100) 상온에서

Table 1. Characteristics of fabric

Yarn Count('s)		Yarn twists(tpi)		Weave	Density (ends×picks/5㎝)	Thickness ($\times10^{-2}$㎜)
warp	weft	warp	weft			
20	20	11	6	Plain	103×85	19.5

20분간 가열하여 100℃까지 온도를 상승시킨 후, 100℃로 유지하면서 60 분간 염색한 후 충분히 세척하여 자연 건조시켰다. 염색성의 평가는, 분광광도계(UV 2401PC, Shimadzu, Japan)를 이용하여 염색된 직물의 최대 흡수파장에서의 표면반사율 R을 측정한 후 Kubelka-Munk 방정식에 의한 K/S 값을 산출하였다.

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

단, K는 염색물의 흡수계수이고 S 는 염색물의 산란계수이다.

3. 결과 및 고찰

3.1 구조의 변화

직물을 구성하고 있는 섬유 및 실들의 상태 변화를 살펴보기 위해 촬영한 SEM사진을 Fig. 1에 나타내었다. NMMO 농도 30wt%에서부터 구성 섬유들간의 접착과 그에 따른 보풀의 감소와 실의 겉보기 굵기 감소현상이 눈에 띄게 나타나며, NMMO 농도의 증가에 따라 그 정도가 점차 커졌다.

NMMO 수용액 처리에 의해서 섬유들간의 접착이 이루어지기 위해서는 최소한 섬유표면의 용해와 섬유들간의 압력이라는 두 가지 조건이 요구된다. 우선, NMMO 수용액이 셀룰로오스를 용해시키기 위해서는 90℃에서 80% 이상의 농도가 필요한 것으로 알려져 있는데[10], 본 실험에서 그보다 훨씬 낮은 농도임에도 접착이 발생한 것은 농축·건조 과정을 통해서 수용액의 농도가 상승되었기 때문이라 여겨진다. 그리고 섬유간의 압력은 구성사들이 꼬임을 가지고 있는 상태에서 정장처리 조건에 의해서 발생할 수 있었다고 생각된다. 이러한 꼬임의 영향은 경사와 위사 사이의 접착정도 차이에서도 확인하였다. 즉, 꼬임수가 많은 경사(11 tpi)가 위사(6 tpi)보다 섬유간 접착이 현저하게 많이 발생한 것을 보아 실의 꼬임이 접착에 상당한 영향을 미친 것을 알 수 있다. 덧붙여, NMMO 50wt% 의 경우 섬유들간의 접착뿐만 아니라 경사와 위사가 교차하는 지점에서 서로 접착되어 있음을 확인하였다.

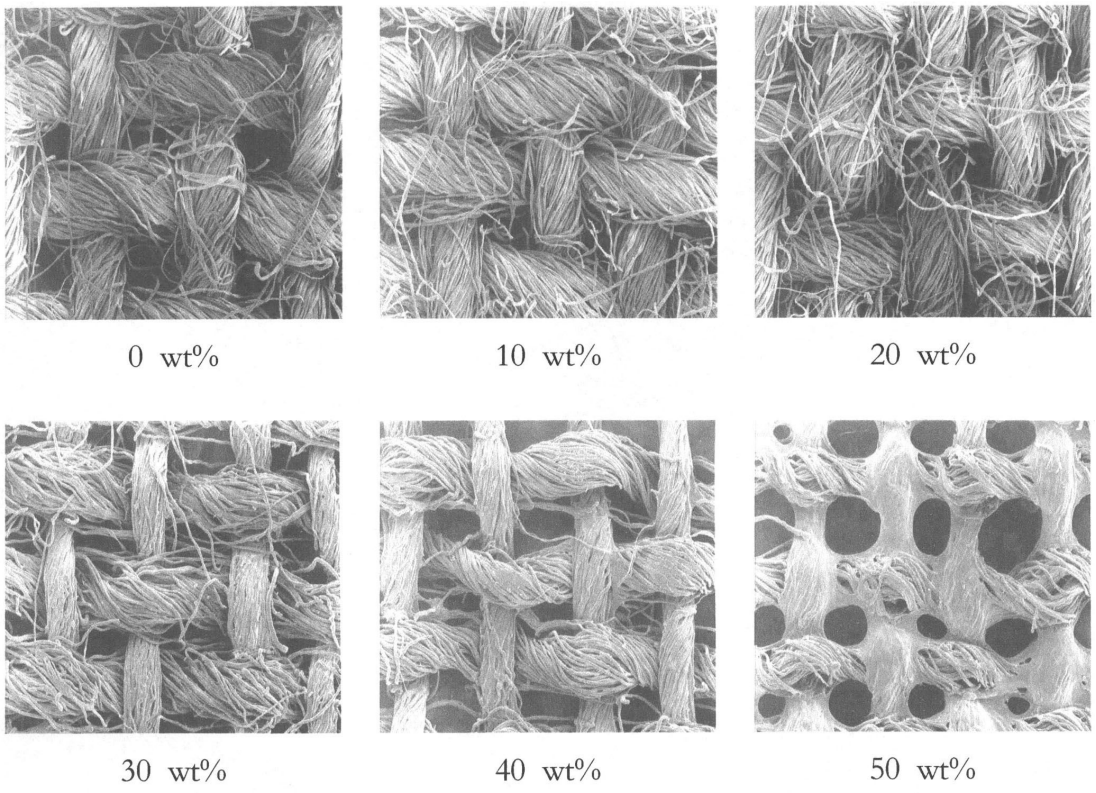

Fig. 1. SEM photographs(×80) of samples treated with aqueous solutions of NMNO.

Fig. 2는 접착이 전혀 이루어지지 않은 0wt%, 접착이 발생하기 시작하는 30wt%, 그리고 접착이 가장 심하게 발생한 50wt% 수용액으로 각각 처리한 시료의 경사에 대한 측면 SEM 사진(×600) 및 단면 현미경 사진(×200)을 나타낸 것이다. 전반적으로 보면, 0wt%에서는 리본 형태의 측면과 납작한 형태의 단면을 가진 섬유들이 많지만 NMMO 농도 30wt% 이상에서는 막대 모양의 측면과 타원 내지는 다각형에 가까운 형태로 확장된 단면을 가진 섬유들이 많아졌으며, 한편으로는 NMMO 농도가 클수록 섬유들간의 밀착 정도가 심해져서 실의 겉보기 굵기는 오히려 감소하였으며, 특히 50wt%의 경우에는 보풀로 보이는 실 본체와 격리된 주변 섬유들이 거의 없어지고 대신 실표면 부위에 섬유들이 녹아서 형성된 것으로 추정되는 피막이 형성되어 있음을 단면 사진에서 볼 수 있다.

여기에서, 섬유들간의 밀착 현상은 상술된 바와 같이 섬유들간의 접착 때문에 나타나는 당연한 결과로 여겨진다. 단면 형태의 변화는 처리과정에서 섬유가 NMMO 수용액에 의하여 팽윤되었다가 수세한 이후에도 회복되지 않고 영구변형으로 남아있는 비가역적 팽윤현상[11] 때문으로 보여지는데, 이는 머서화가공 효과가 있음을 보여주는 현상이면서 동시에 타원형 또는 다각형인 마 섬유의 단면형태와 유사해진다는 점이 주목된다.

Table 2에 NMMO 수용액 농도별 시료의 두께와 밀도를 나타내었다. 전반적으로 NMMO 농도의 증가에 따라 두께는 점차 증가하고 밀도는 50wt%의 경우를 제외하고는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 앞서 SEM 사진 검토에서 구성사

Table 2. Thickness and density of samples treated with aqueous solutions of NMMO

Conc. of NMMO (wt%)	Thickness ($\times 10^{-2}$ mm)	Density (ends×picks/5 cm)
0	19.9	105×88
10	20.7	103×86
20	21.7	107×89
30	26.8	115×93
40	28.9	108×90
50	34.2	120×113

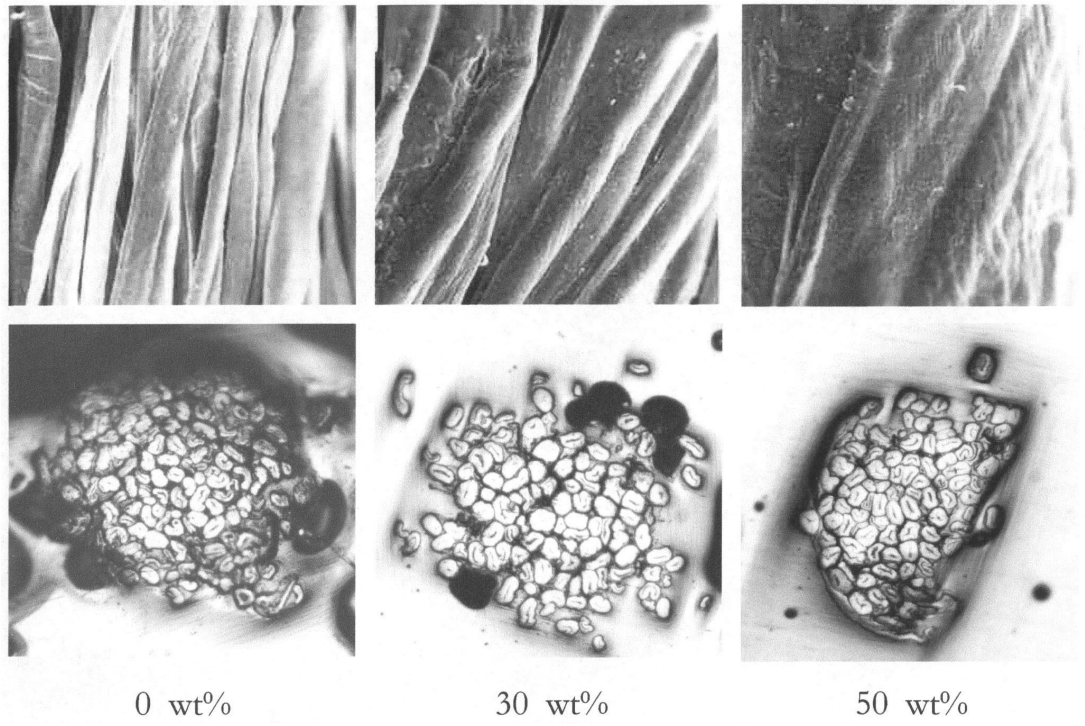

Fig. 2. Longitudinal SEM photographs(×600) and cross-sectional microphotographs(200) of warps composing samples treated with aqueous solutions of NMNO.

의 겉보기 굵기가 감소하였음에도 불구하고 직물의 두께가 증가하는 것은, 직물 두께 측정시에는 일정한 압력을 가하기 때문에 실의 겉보기 굵기 영향보다는 구성 섬유들의 팽윤에 의한 영향이 주로 작용하였기 때문이라 여겨진다. 밀도는 정장상태로 처리하였으므로 변화하지 않는 것이 당연하지만, 50wt%의 경우에 밀도가 약간 증가한 것으로 나타난 것은 농축·건조 과정에서 수축하려는 경향이 강력하여 실질적으로는 약간의 수축이 발생하였기 때문이라 생각된다.

3.2 강연도 변화

Fig. 3에는 의마가공 효과와 가장 밀접한 관계가 있는 성질인 강연도의 변화를 NMMO 수용액의 농도 증가에 따라 나타내었다. 전반적으로 NMMO 농도가 증가함에 따라 강연도가 증가하고 있는데, 그 경향은 높은 농도로 갈수록 더욱 커지고 경사 방향이 위사 방향 보다 크게 나타남을 알 수 있다.

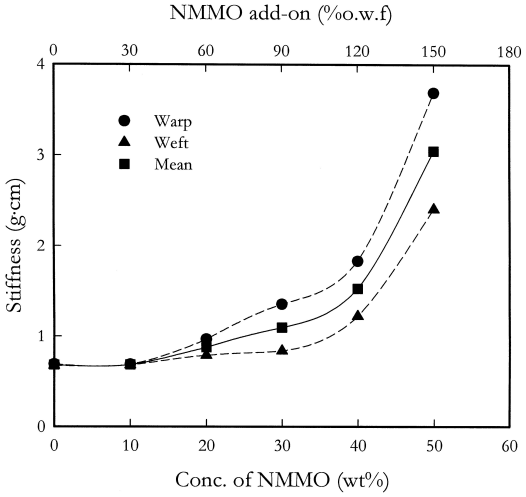

Fig. 3. Relationship between stiffness of samples and concentration of NMMO.

강연도 증가는 직물의 두께 변화보다 Fig. 1 및 2에서 확인된 것과 같은 섬유간 간격의 축소, 특히 섬유간 접착에 의한 섬유의 자유도 저하 때문이라 생각된다. 이는 강연도의 경위사 방향 사이의 차이 및 그 증가 경향이 Fig. 1에서 나타났던 섬유간 접착 정도와 대체로 일치되고 있다는 점에서 확인된다. NMMO 농도 증가에 따른 강연도 증가가 50wt%에서 특별히 크게 나타난 것은 경·위사 간의 접착이 큰 영향을 미쳤다고 생각된다.

한편 본 실험의 결과는 실 상태로 유사한 조건에서 가공한 선행연구[3] 결과와 비교하면, 강연도 증가효과가 작게 나타났음을 알 수 있다. 즉, NMMO 부가량 150wt%를 기준으로 보면 면사의 경우 약 8배 정도 증가한 반면 본 실험의 결과는 경사 방향 약 5.5배, 위사 방향 약 3.5배 증가하였다. 이것은 꼬임수 차이(면사 13.2 tpi; 경사 11 tpi, 위사 6 tpi)의 영향과 함께, 동일한 정장처리 조건이라 하더라도 직물을 구성하고 있는 실들이 권축을 가지고 있으므로 실 상태 처리에 비하여 장력이 훨씬 적게 주어져서 섬유간 압착력이 적게 작용하였기 때문이라 생각된다. 따라서 직물상태 가공에서는 적극적으로 장력을 주어서 가공효과를 더욱 증가시키는 방법을 고려해볼 필요가 있으며, 이러한 관점에서 직물 뿐 아니라 실 상태를 포함하여 장력 정도에 따른 가공효과에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

3.3 전단특성 변화

강연도 이외에도 의마가공 효과와 밀접한 관계가 있을 것으로 생각되는 전단특성을 KES-F 시스템으로 측정하고, 각 특성치들의 경·위사 방향 평균치를 NMMO 수용액 농도 증가에 따라 Fig. 4에 나타내었다. 전반적으로, NMMO 농도 10wt%에서는 별 변화가 없지만 30wt%까지는 감소하였다가 그 이상에서는 증가하는 것으로 나타났다. 20 및 30wt%에서 특성치들이 감소하는 것은 섬유들간의 부분적 접착에 따른 보풀 감소와 겉보기 굵기의 감소 등에 의한 경·위사간의 접촉압 및 마찰력 감소 때문이며, 더 높은 농도에서 특성치들의 급격한 증가는 경·위사간의 접착이 이 주된 이유라 생각된다.

3.4 인장 강신도 변화

직물의 강도 및 신도는 NMMO 수용액 처리에 의하여 일부 낮은 농도의 경우를 제외하고는 대체로 증가하였으나, NMMO 농도 증가에 따른 일관성은 부족하다(Table 3). 직물의 인장특성은 인장력을 직접 받는 구성사 자체의 인장특성과 함께, 수직방향 실과의 마찰 및 권축의 제거과정 등 여러 가지 요소들이 복합적으로 작용하지만, 섬유들간의 간격 축소와 섬유들간 또는 경·위사간의 접착이 구성사들, 나아가 직물의 강신도를 증가시키는 주 요인으로 작용하였을 것으로 생각된다.

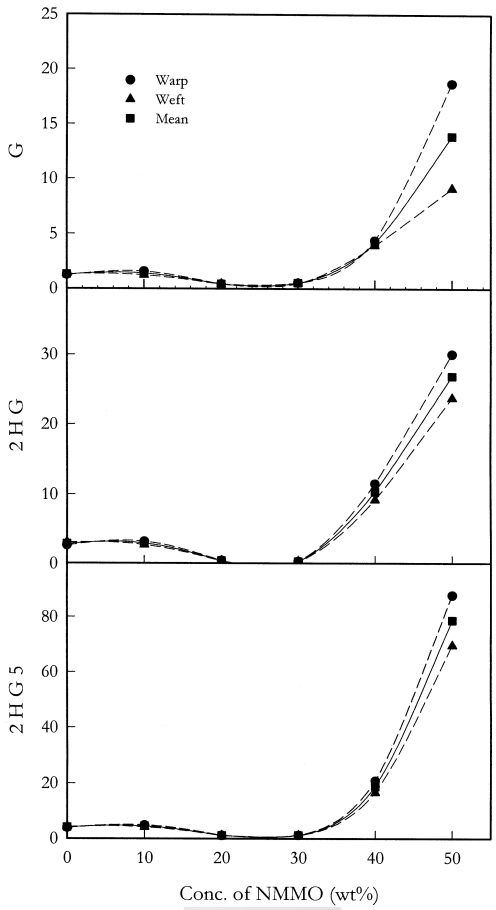

Fig. 4. Relationship between shear properties of samples and concentration of NMMO.

Table 3. Tensile strength and elongation of samples treated with aqueous solutions of NMMO

Conc. of NMMO (wt%)	Strength(kgf)		Elongation(%)	
	warp	weft	warp	weft
0	14.9	7.7	19.4	16.2
10	12.5	6.5	24.6	15.5
20	17.2	7.2	26.0	17.6
30	18.5	8.6	28.1	20.4
40	18.3	8.3	24.9	24.8
50	22.1	11.0	24.9	27.1

3.5 수분율 및 염색성 변화

면직물에 대한 NMMO 처리는 용제 접착에 의한 의마가공 효과 외에도, 면 섬유의 팽윤에 따른 구조 이완이 발생하여 결과적으로 흡습성 및 염색성 등의 개선이 기대된다. 이를 확인하기 위하여 시료의 수분율과 K/S값을 측정하여 Table 4에 나타내었다. 기대했던 것처럼 NMMO 농도가 클수록 수분율 및 K/S값이 증가하는 것으로 나타났다

Table 4. Moisture regain and K/S of samples treated with aqueous solutions of NMMO

Conc. of NMMO (wt%)	Moisture regain (%)	K/S
0	6.6	10.9
10	6.9	12.5
20	7.5	15.9
30	7.9	15.1
40	8.1	17.1
50	8.3	21.0

4. 결 론

NMMO를 이용한 면섬유들의 용제접착에 의한 직물상태에서 의마가공 가능성과 그 효과를 검토하기 위하여, 여러 단계의 농도를 갖는 NMMO 수용액으로 면직물을 처리하여 90℃에서 30분간 정장상태로 농축·건조시킨 후, 수세·건조한 시료에 대하여 구조, 강연도, 인장특성, 수분율, 염색성 등을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. NMMO 수용액 농도가 증가할수록, 섬유 단면이 타원형 및 다각형에 가까운 형태로 변하였고 섬유들간 및 경·위사간 용제접착이 발생하였으며, 그에 따라 강연도 및 전단특성 등이 증가하여 마직물과 유사한 외관 및 물성을 나타내어서 의마가공 효과가 발생하는 것으로 나타났다.
2. 밀도는 전반적으로 큰 변화가 없었고, 두께는 NMMO 농도가 높을수록 증가하였다.
3. NMMO 농도가 증가할수록 수분율과 염색성은 증가하였다.

참고문헌

1. 土正美, "*染色加功學*", 三共出版, 東京, pp. 218~219(1975).
2. 增田俊郎, 鹽澤和男, "*新版 纖維加工學技術*", 地人書館, 東京, pp.148~149(1976).

3. Y. H. Lee, C. H. Park, and E. J. Shin, Solvent Bonding of Cotton Fiber Assembly with N-Methylmorpholine N-Oxide-Linenlik e Finishing of Cotton Yarn-, *J. Korean Fiber Soc.*, **33**, 499~504(1996).
4. N. E. Franks and J. K. Varfa, *U. S. Pat.*, 4,196,282(1980).
5. D. L. Johnson, *U. S. Pat.*, 3,508,941(1970).
6. H. Chanzy, Solutions of Polysacchrides in N-Methylmorpholine N-Oxide, *Carnohydrate Polym.*, **2**, 35~42(1982)
7. P. Navard, J. M. Haundin, Rheology of Mesomorphic Solutions of Cellulose, *Br. Polym. J.*, 174~170(Dec. 1980)
8. H. Chanzy, S. Nwort, A. Paillet, and P. Smith, Phase Behavior of the Quasiternary System *N*-Methylmorpholine-*N*-Oxide, Water, and Cellulose, *J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed.*, **20**, 1909~1924(1982)
9. M. Dube, Spherulitic Precipitation of Cellu - lose from Amine-Oxide Solutions, *J. Polym. Sci., Polym. Letter*, **22**, 163~170(1984)
10. S. W. Chun, S. M. Jo, W. S. Lee, and J. D. Kim, The Effect of Water Contents on the Properties of Cellulose Fiber Spun from the Solutions of Cellulose/4-Methylmorpholine N-oxide/Water, *J. Korean Fiber Soc.*, **29**, 420~428(1992).
11. Y. S. Oh, S. S. Han, D. K. Jung,, New Opportunity for Lyocell Fiber, *Fiber Technology and Industry*, **6**, 1~16(2002).

KCI