Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers
Vol. 5, No. 1, pp. 1~9 (1993. 3)

〈研究論文(學術)〉

폴리메틸 히드로 실록산과 폴리디메틸 실록산으로 처리한 견섬유의 물성에 관한 연구

장병호 · 신광호* · 이병학**

성균관대학교 공과대학 섬유공학과
*한국기술교육대학 산업기술연구소
**단국대학교 공과대학 공업화학과
(1993. 2. 9 접수)

A Study on the Physical Properties of Silk Fabrics Treated with Polymethylhydrosiloxane and Polydimethylsiloxane

Byoung Ho Chang, Kwang Ho Shin* and Byoung Hak Lee**

Department of Textile Engineering, Sung Kyun Kwan University, Suwon 440-746, Korea
**Korea Institute of Technology and Education, Cheonan 333-860, Korea*
***Department of Chemical Technology, Dankook University, Cheonan 330-180, Korea*
(Received February 9, 1993)

Abstract—The polymethylhydrosiloxane(PMHS) was synthesized by the co-hydrolysis of methyldichlorophydrosilane and ethyl ether, also polydimethylsiloxane(PDMS) was synthesized by the hydrolysis of dimethyl dichlorosilane and ethyl ether. The silk fabrics were treated with PMHS and PDMS in order to improve the water repellency and the wrinkle recovery. Also the effect of PMHS concentration, PDMS concentration and cure temperature on the physical properties of silk fabrics were studied.

The maximum water repellency and maximum wrinkle recovery were obtained from the fabrics treated under the conditions 5%-PMHS and PDMS at 160℃, and 3%-PMHD and PDMS at 160℃, respectively. The tensile strength, the breaking elongation, the reflection and the bending properties of silk fabrics were not degraded severely by the treatment of PMHS or PDMS.

1. 서 론

견섬유는 대부분이 단백질인 피브로인과 세리신으로 이루어져 있으며, 그 밖에 소량의 왁스, 지방질, 색소 및 염류 등을 함유하고 있어서,[1] 보온성, 강신도 및 염색성이 우수하고 우아한 광택과 부드러운 촉감 등 견섬유의 특유한 성질을 갖고 있는 반면에 wash and wear성, 발수성, 방추성 및 세탁성 등이 불량하며, 황변되기 쉬운 결점을 갖고 있다. 섬유의 개질에는 각종 화학처리제를 이용하기도 하지만 대부분의 경우 수지류를 가공제로 이용하고 있다.[2]

張[3]은 견섬유의 에폭시화합처리가 물성에 미치는 영향에 대하여 보고한 바 있고, 張 등[4,5]은 염-촉매와 페닐 그리시딜 에테르에 의한 견섬유의 개질에 관한 연구와 디설파이드 가교 견섬유의 세트성에 관한 연구 등에 대하여 보고한 바 있다.

피브로인의 폴리펩티드구조는 수소결합을 하고 있기 때문에 견섬유를 화학적 처리제나 수지류로 처리하면 일종의 가교결합이 일어나 발수성 및 방추성이 개선되어진다고 알려져 있다.[6,7] 현재 각광을 받고 있는 실리콘계 수지의 이용에 관한 연구로는 주로 발수성을 부여하기 위한 시도로써 폴리아미드

계 섬유에 대한 실리콘 수지처리 결과에 따른 발수효과는 많이 향상되고 있는 것으로 알려지고 있다.[8,9] Akahori 등[10]은 견섬유에 대한 실리콘 수지처리 실험 결과로서 촉감은 약간 손상되는 경향이 있으나, 발수도와 염색성은 개선되어진다고 보고한 바 있으며, Omura[11]와 Skinkel 등[12]도 수지 부착률에 따라 통기성은 저하하지만 발수성과 방추성은 개선되어진다고 보고한 바 있다. 또한 Guise와 Jones[13]는 실리콘 수지로 처리한 견섬유는 내세탁성이 우수하여지고 발수성이 향상된다는 것을 보고하였다.[14-16]

일반적으로 발수제나 방추제 또는 유연제로 사용되는 수지류, 즉 요소수지나 불소수지 등은 자외선에 의한 견섬유의 황변 현상과 견섬유에 팽윤 현상 등을 일으키기 때문에, 통기성을 저해하는 등의 결점이 있는 것으로 알려져 있다.[17-19] 그러나 실리콘 화합물을 견섬유의 발수처리제로 사용할 경우에는, 이러한 결점이 비교적 적게 나타나기 때문에 이에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔으며,[8-12] 또한 메틸클로로실란이나 히드로실란류 등의 가수분해 생성물인 폴리실록산을 섬유의 발수제와 유연제로 사용한 연구 결과도 보고되어 있다.[20,21] 그러나 이들의 보문에서는 실리콘 수지의 합성방법이나 화학적구조 등의 구의 밝혀져 있지 않은 상태이며 실리콘 수지로 처리된 견직물에 대한 강신도나 강연도의 물성변화에 관해서도 거의 찾아보기 힘든 실정이다.

따라서 본 연구에서는 $-CH_3$기와 -H 등이 견섬유에 있는 카르복시기(-COOH), 수산기(-OH) 및 아민기($-NH_2$) 등과 반응하여 발수성과 방추성 등을 부여할 것으로 예측되는 Polymethylhydrosiloxane 및 Polydimethylsiloxane을 합성하여 그 구조를 규명하고, 이러한 가공제로 견직물을 처리했을 때 발수성과 방추성의 변화를 중심으로 그외 통기성, 강신도, 굽힘강도, 표면반사율 등의 물성과 전자현미경 관찰을 통해 표면상태의 변화를 검토하였다.

2. 실 험

2.1 시 료

본 실험의 Table 1에 나타난 바와 같은 견직물(KSK 0905)를 사용하였다.

2.2 시 약

본 실험에 사용한 시약은 다음과 같다.

Trimethylmonochlorosilane(시판 특급시약, 日本純正化學(株)), Dimethyldichlorosilane(시판 특급시약, 日本純正化學(株)), Methyldichlorohydrosilane(시판 특급시약, 日本純正化學(株)), Ethylether(시판 1급시약, 日本純正化學(株)).

2.3 합성 실험 장치

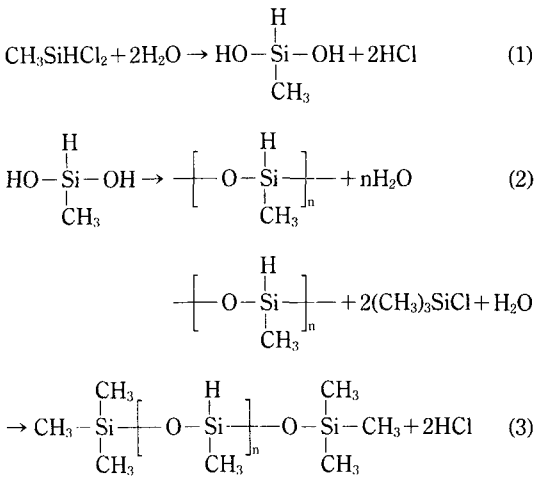
Polymethylhydrosiloxane(이하 PMHS라 칭한다)과 Polydimethylsiloxane(이하 PDMS라 칭한다)을 합성하기 위한 반응장치는 5구 플라스크에 교반기, 환류(딤로드)냉각기, 적하용 깔대기 및 온도계를 설치하였다. 또한 합성방법은 심한 발열반응이기 때문에 반응기 외부에 냉각장치를 설치하였으며, 반응온도는 온도조절기에 의하여 자동으로 조절되도록 하였다.

2.4 PMHS의 합성

먼저 반응기에 메틸클로로히드로실란 114 ml(1몰)을 에틸에테르 114 ml에 희석시켜 물 54 ml(3몰)에 서서히 적하시키면서 가수분해하여 실록산을 합성하고, 여기에 트리메틸모노클로로실란 108 ml(1몰)을 에틸에테르 108 ml에 희석한 용액을 만들어 적하용 깔대기에 넣어 소량씩 가하면서 교반시켜 공가수분해(共加水分解) 반응을 수행하였다. 이때 반응온도가 5℃를 넘지 않도록 온도를 유지하며 반응액을 적하하고, 적하가 끝난 후 50여분간 계속 교반한 다음, 30여분 동안 방치하고, 분액 깔대기로 분리하여 하

Table 1. Characteristics of fabric

Weave	Yarn number		Fabric count		Weight (g/m^2)
	Warp	Weft	Warp (ends/5 cm)	Weft (picks/5 cm)	
Plain	21d	21d/2	276	192	25.1



Scheme 1.

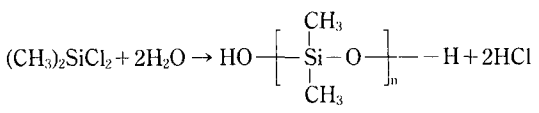
층액(HCl 수용액)을 제거하여 상징액(PMHS와 에틸에테르)를 얻어, 증류수로 7~8회 세척한 후 탈수제(염화칼슘)로 건조하여 폴리메틸히드로실록산을 얻었다.

메틸디클로로히드로실란의 가수분해 반응으로 실록산을 합성하는 반응 메카니즘 및 실록산과 트리메틸모노클로로실란의 공가수분해 반응식은 Scheme 1과 같이 나타낼 수 있다.

2.5 PDMS의 합성

먼저 반응기에 디메틸디클로로실란 131 ml(1몰)를 취하고, 여기에 에틸에테르 131 ml를 가하여 희석시킨 다음 물 36 ml(2몰)에 서서히 적하시키면서 교반하여 가수분해시켰다(반응온도, 시간, 후처리 방법은 PMHS와 동일).

디메틸디클로로실란을 가수분해하여 폴리메틸실록산이 합성되는 반응식은 Scheme 2와 같이 나타낼 수 있다.



Scheme 2.

2.6 PMHS 및 PDMS의 분석

2.6.1 IR Spectrum

IR 분광분석을 위해 Infrared Spectrophotometer (JASCO-810형 Spectroscopic사)를 사용하였다.

2.6.2 NMR Spectrum

핵자기 공명 분광분석을 용매로써 $CDCl_3$를 사용하였고, NMR Spectrometer(Varian T-60A)를 사용하였다.

2.7 시험포의 처리

합성한 PMHS와 PDMS를 각각 1~5%로 만든 용액에 시험포 3매씩을 상온에서 5분간 침지시킨 후 Padder로 Pick-up 80%로 처리하여 각각 80, 100, 120, 140, 150, 160 및 180℃로 5~6분간 열처리 한 다음, 0.5%의 중성세제로 50℃에서 3분간 soaping한 후 세척하였다.

2.8 처리포의 물성실험

2.8.1 발수도시험

발수도 시험은 발수제로 처리한 시험포를 10회 세탁(KSK 0641)한 다음 발수도 시험기(Spraytester, 한성상사)를 사용하여 발수도 시험을(KSK 0590)의 방법에 따라 스파레이 시험법으로 수행하였으며, 발수도 판정은 시험포의 젖은 부분의 면적을 백분율로 환산하여 결정하였다.

2.8.2 방추도 시험

방추도 시험은 방추도 시험기(Monsanto형, 한원상사)를 사용하여 개각도법(KSK 0550)의 방법에 따라 회복각 α를 측정하였고, 다음 식을 이용하여 방추도를 구하였다.

$$\text{방추도(Crease recovery)(\%)} = \frac{\alpha}{180} \times 100$$

2.8.3 인장강도 시험

직물의 인장강도 시험은 인장강도 시험기(Instron 4204 C.R.E. type)를 사용하여 그래브법(KSK 0520)에 따라 수행하였다.

2.8.4 표면반사율 측정

표면반사율 측정은 Computer Color Matching System(Texicom, ICS사 제조)을 사용하여 표준색의 비교방법중 반사물체 측정방법(KSK 0066-4.3)에 준하여 3자극치의 Y값을 반사율로 하여 2회 평균치로 구하였다.

측정시 광원은 CIE 표준광원(Average Daylight)에

UV Filter를 사용하여 형광 표백제의 영향을 제거하였다.

2.8.5 굽힘강성 시험

굽힘강성 시험은 순굽힘 시험기(KES-FB2 KATO사)를 사용하여 폭 방향으로 곡률 K는 −2.5～+2.5 cm^{-1}의 범위로 취하였고, 변형속도는 0.5 mm/sec로 하였다.

2.8.6 통기성 시험

통기성 시험은 Automatic Air Permeability Tester(KES-F8-AP1, KATO사)를 사용하여 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 합성 처리제의 분석

3.1.1 PMHS의 분석

Scheme 1에 제시된 바와 같은 과정을 거쳐 합성된 폴리메틸히드로실록산의 구조를 적외선 분광분석기로 검토하였으며, 그 결과는 Fig. 1과 같다. 그림에서 보면 wave number 2150 cm^{-1}과 830 cm^{-1}에서의 실록산 결합 현상이 나타나고, 또한 wave number 1250 cm^{-1}과 760 cm^{-1}에서 ν_{Si-C}의 결합 흡수대가 나타나기 때문에 본 실험에서 합성한 화합물은 폴리메틸히드로실록산임을 확인할 수 있었다.

또한 핵자기 공명분광법에 의한 확인 결과, Fig. 2에서 δ 0.1 ppm에서 CH_3-Si, δ 1.2 ppm에서 H-Si, δ 4 ppm에서 -OH기의 화학이동이 각각 나타난 점으로 미루어 보아 폴리메틸히드로실록산임을 확인할 수 있었다.

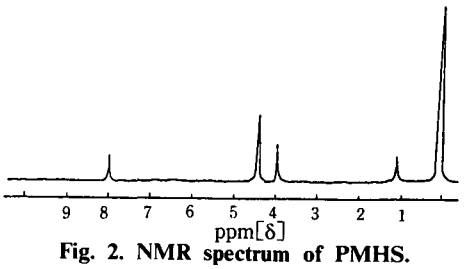


Fig. 2. NMR spectrum of PMHS.

3.1.2 PDMS의 분석

Scheme 2에 제시된 바와 같은 반응 과정을 거쳐 합성된 폴리디메틸실록산의 생성물을 확인하기 위하여 적외선 분광분석기로 구조 분석을 하였으며, 그 결과는 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 그림에서 보면 wave number 1250 cm^{-1}과 660 cm^{-1}에서 ν_{Si-C} 결합 흡수대가, 1150 cm^{-1}에서 $\nu_{Si-O-Si}$의 실록산 결합 흡수대가, 그리고 3300 cm^{-1}에서 ν_{Si-OH}의 결합 흡수대가 각각 나타나고 있어 폴리디메틸실록산이 합성되었음을 분명히 알 수 있었다. 또한 핵자기 공명분광법으로 분석한 결과 Fig. 4에서 δ 0.1 ppm에서 CH_3-Si, δ 0.4 ppm에서 -O, δ 4 ppm에서 -OH, δ 4.5 ppm에서 CH_3-OH의 화학이동이 나타난 것으로 미루어 보아 폴리디메틸실록산임을 확인할 수 있었다.

3.2 PMHS 및 PDMS로 처리한 견직물의 특성

3.2.1 발수도 변화

Fig. 5와 6은 PMHS와 PDMS의 농도가 각각 1～5 %인 용액에 침지시킨 후 열처리 온도를 80℃부터

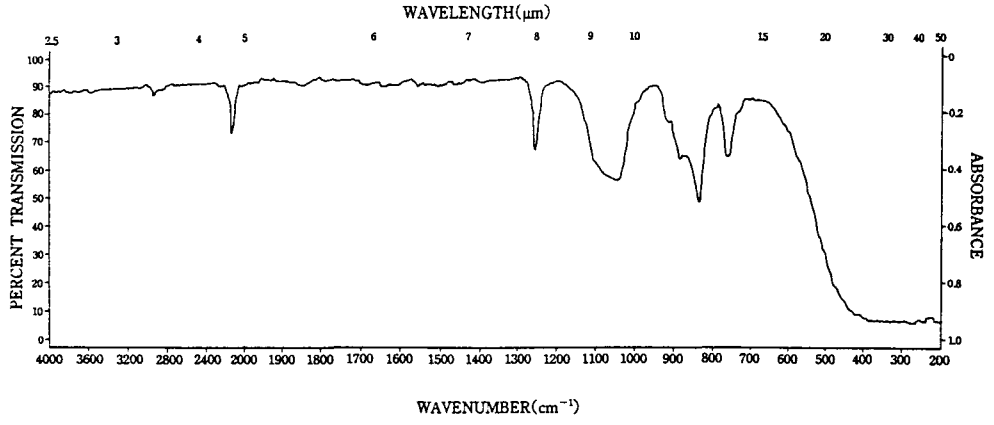


Fig. 1. IR spectrum of PMHS.

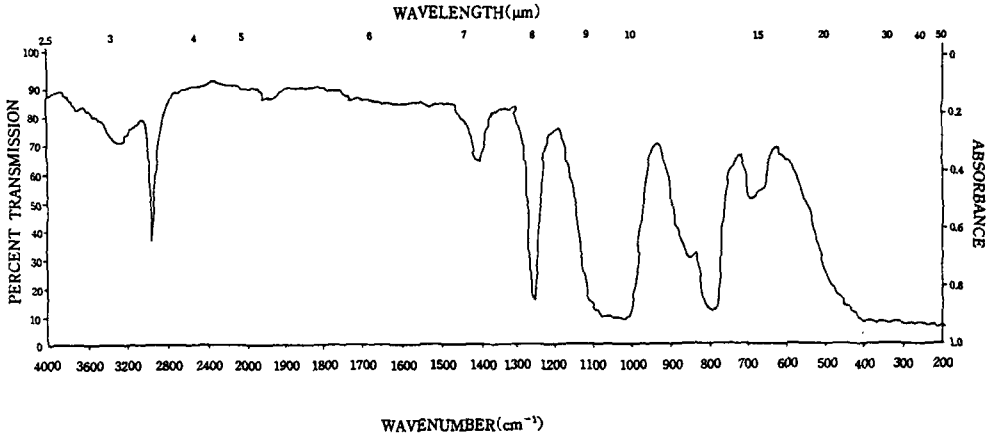


Fig. 3. IR spectrum of PDMS.

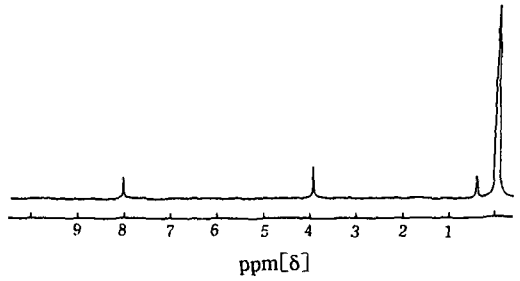


Fig. 4. NMR spectrum of PDMS.

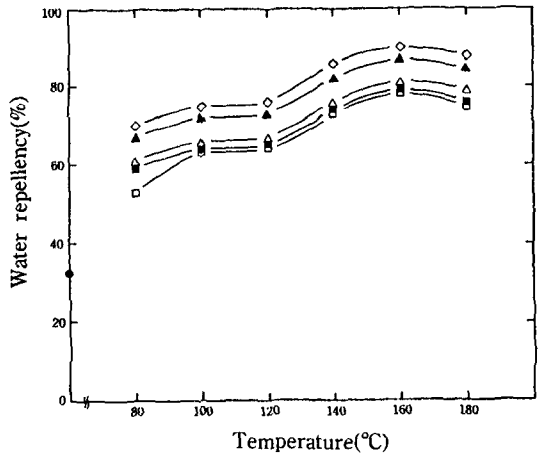


Fig. 5. Effect of heat treatment temperature on water repellency of the fabrics treated with PMHS. ● : Untreated, □ : 1%, ■ : 2%, △ : 3%, ▲ : 4 %, ◇ : 5%

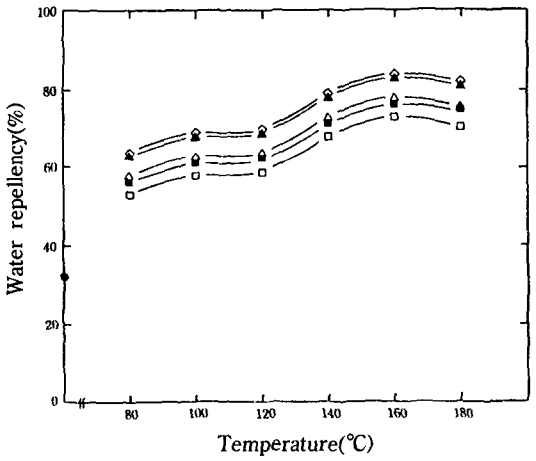


Fig. 6. Effect of heat treatment temperature on water repellency of the fabrics treated with PDMS. ● : Untreated, □ . 1%, ■ : 2%, △ : 3%, ▲ : 4 %, ◇ : 5%

180℃까지 달리하면서 열처리한 시험포의 발수도를 시험한 결과를 나타낸 것이다. 이 결과를 농도면에서 고찰해 보면, 두 경우 모두 농도가 큰 것일수록 발수도도 크게 나타났으며, 열처리에 대해 고찰해 보면 두 경우 모두 160℃까지는 온도의 상승에 따라 발수도가 높아지다가, 160℃ 이상에서는 발수도가 낮아지고 있음을 볼 수 있다. Fig. 5에서 PMHS의 농도를 1%로 하여 열처리 온도를 80℃로 한 처리포의 경우 발수도가 50% 정도 있으나, 농도를 5%로 하고 열처리 온도를 160℃로 하여 처리한 경우 발수도가

90% 정도로 약 40%가 향상되고 있음을 볼 수 있으며, Fig. 6의 PDMS 처리 결과도 Fig. 5와 거의 같은 모양으로 나타나고 있으나 발수도 향상정도는 다소 낮은 30% 정도로 나타나고 있다. 이와 같이 PMHS와 PDMS 용액이 견섬유에 발수성을 주는 것은 폴리실록산의 2차원 직쇄상의 구조가 3차원망상의 구조로 변화하기 때문이라고 생각되며, 발수제로서 PDMS보다는 PMHS가 우수한 이유는 Si-H 그룹이 $Si-CH_3$ 그룹보다 수소결합을 하고자 하는 경향이 크기 때문이라고 사료되었다.

3.2.2 방추도 변화

Fig. 7~10은 PMHS와 PDMS의 농도를 각각 1~

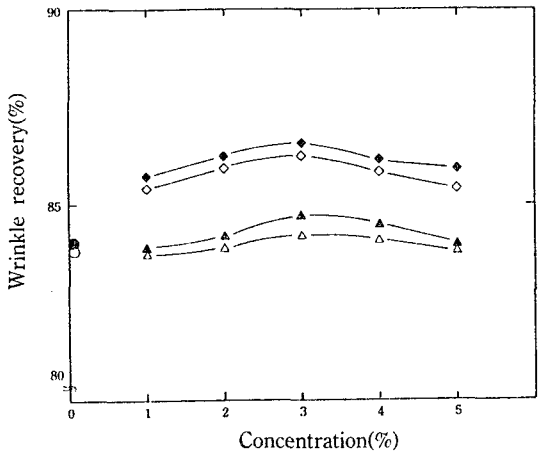


Fig. 7. Effect of PMHS and PDMS concentration on wrinkle recovery of the fabrics treated at 80°C.
○ : Untreated Warp, ● : Untreated Weft, ◇ : PMHS Warp, ◆ : PMHS Weft, △ : PDMS Warp, ▲ : PDMS Weft

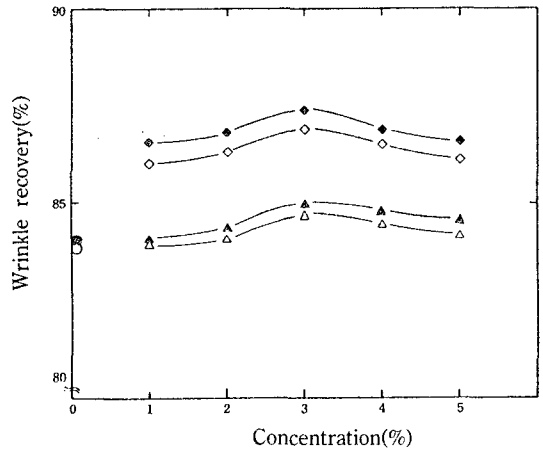


Fig. 8. Effect of PMHS and PDMS concentration on wrinkle recovery of the fabrics treated at 120°C.
○ : Untreated Warp, ● : Untreated Weft, ◇ : PMHS Warp, ◆ : PMHS Weft, △ : PDMS Warp, ▲ : PDMS Weft

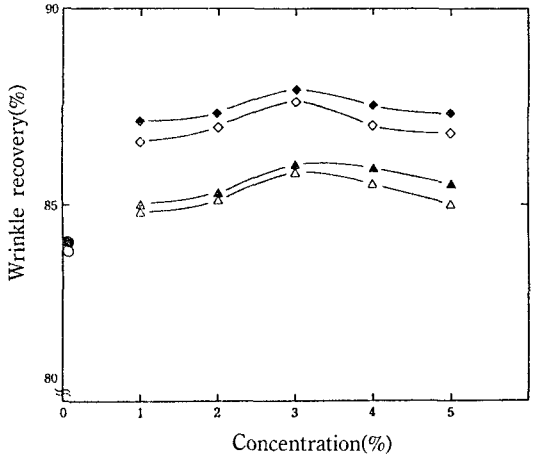


Fig. 9. Effect of PMHS and PDMS concentration on wrinkle recovery of the fabrics treated at 160°C.
○ : Untreated Warp, ● : Untreated Weft, ◇ : PMHS Warp, ◆ : PMHS Weft, △ : PDMS Warp, ▲ : PDMS Weft

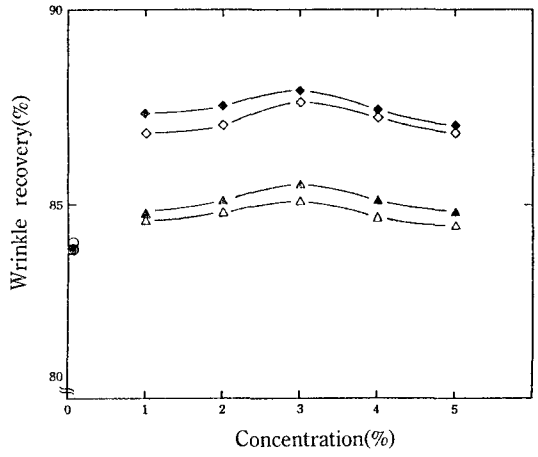


Fig. 10. Effect of PMHS and PDMS concentration on wrinkle recovery of the fabrics treated at 180°C.
○ : Untreated Warp, ● : Untreated Weft, ◇ : PMHS Warp, ◆ : PMHS Weft, △ : PDMS Warp, ▲ : PDMS Weft

5%로 한 용액으로 시험포를 처리한 후, 열처리 온도를 80℃로부터 180℃까지 달리하면서 열처리한 시험포의 방추도를 시험한 결과를 보인 것이다. 이들 그림을 고찰하여 보면 PMHS로 처리한 결과 용액의 농도와 열처리온도에 따라 다소 방추도가 높아져서 미처리포에 비해 농도 3% 수준에서 방추도가 향상되고 있음을 볼 수 있으나, PDMS로 처리한 결과에서는 용액의 농도와 열처리 온도에 따라 현저하게 개선되었다고 볼 수가 없다. 그러나 PMHS나 PDMS 용액의 농도가 3% 수준에서 방추도가 가장 좋게 나타나고 있으며, 열처리 온도가 160℃까지 높아질수록 방추도가 크게 나타나고 있는데, 이는 160℃ 정도의 온도가 PMHS나 PDMS의 -H기와 견섬유의 CO-NH 구조간에 수소결합이 원활하게 이루어질 수 있는 상태라는 데서 오는 결과라 생각되었다.

3.2.3 인장강도 변화

Fig. 11은 PMHS의 농도가 1~5%인 처리액에 견직물을 침지시킨 후, 열처리 온도를 80℃부터 180℃까지 달리하면서 열처리한 시험포의 인장강도를 시험한 결과를 보인 것이다. 이 결과를 농도면에서 볼 때, 두 경우 모두 농도가 낮을수록 인장강도가 크게 나타나고 있으며, 열처리 온도면에서도 두 경우 모두 온도가 낮을수록 인장강도가 크게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 이 때 처리 농도와 온도가 상승함에 따라 미처리포에 비해 인장강도가 낮아지는 것은, PMHS가 섬유간에 마찰력을 감소시켜 주고, 열처리시 견섬유의 피브로인의 상해나 건조 및 표면수지 생성에 기인하는 것으로 생각되며, 또한 처리농도와 온도의 변화에 따른 인장강도의 변화가 적은 것은, PMHS의 내열성이 우수함을 나타내는 것으로 생각되었다.

3.2.4 견직물의 신도변화

Fig. 12는 PMHS의 농도가 1~5%인 처리액에 견

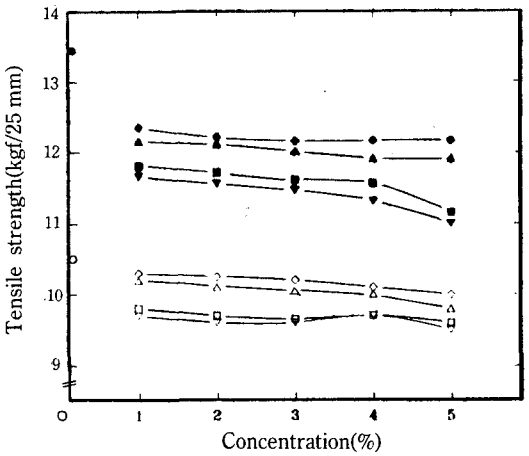


Fig. 11. Effect of PMHS concentration on tensile strength of the fabrics treated for the change of temp.
White : warp, black : weft, (○, ●) : untreated, (◇, ◆) : 80℃, (△, ▲) : 120℃, (□, ■) : 160℃, (▽, ▼) : 180℃.

직물을 침지시킨 후 열처리 온도를 80℃부터 180℃까지 달리하면서 열처리한 시험포의 신도를 시험한 결과를 보인 것이다. 이 결과를 농도면에서 볼 때, 두 경우 모두 농도가 낮을수록 신도가 크게 나타나고 있으며, 열처리 온도면에서도 두 경우 모두 온도가 낮을수록 신도가 크게 나타나고 있다.

3.2.5 표면반사율 변화

Table 2는 견직물에 대한 실리콘계 수지 처리결과가 표면 반사율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 PMHS의 농도를 1, 3, 5 및 10%로 하고, 온도를 120℃로 하여 처리한 시험포의 표면반사율을 조사한 결과이다. 여기에서 1%로 처리한 시험포의 경우, 미처리포에 비하여 14% 정도 표면반사율이 낮게 나타났다. 이러한 현상은 수지와 견섬유가 화학적 결합을 할 때 황변의 주 원인으로 알려져 있는 티

Table 2. Reflectance of fabrics treated with PMHS

Item		Reflectance(%)	
Class of Samples		Treated fabric	Untreated fabric
PMHS Sol.(%)	1	73.10	85
	3	73.07	
	5	73.05	
	10	72.62	

*Treated temperature : 120℃.

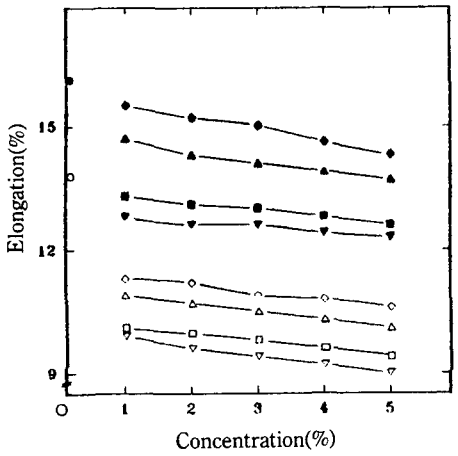


Fig. 12. Effect of PMHS concentration on elongation of the fabrics treated for the change of temp. White : warp, black : weft, (○, ●) : untreated, (◇, ◆) : 80℃, (△, ▲) : 120℃, (□, ■) : 160℃, (▽, ▼) : 180℃.

록신의 Indol 핵의 영향을 받기 때문이라고 생각된다.

3.2.6 굽힘강성 변화

Table 3은 견직물에 대한 실리콘계 수지처리 결과가 굽힘강성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 PMHS의 농도를 1, 3, 및 5%로 하고, 온도를 120 ℃로 하여 처리한 시험포의 굽힘강성을 조사한 결과이다. 굽힘강성의 값은 미처리포가 더 크며, 또한 처리 농도의 증가에 따라 굽힘 특성이 커지는 것은, 굽힘저항이 커지기 때문이라고 생각된다.

여기에서 B는 단위 길이당 굽힘강성이고, 2HB는 굽힘 히스테리시스이다.

3.2.7 통기성 변화

Table 4는 견직물에 대한 실리콘계 수지처리 결과가 통기성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 PMHS의 농도를 1, 3, 5 및 10%로 하고, 온도를 120℃로 하여 처리한 시험포의 통기성을 조사한 결과이다.

여기에서 1%로 처리한 시험포의 경우 34% 정도 통기성이 향상되었다.

이와 같이 처리포의 통기성이 향상된 이유는 PMHS에 의하여 필라멘트의 포합이 잘 되어 기공이 커진 때문인 것으로 생각되었다.

4. 결 론

견섬유는 보온성, 강신도 및 염색성이 우량하고 우아한 광택과 부드러운 촉감 등 견섬유의 특유한 성질을 갖고 있으나, 발수성, 방추성 등이 불량하며, 황변되기 쉬운 결점을 갖고 있다. 그래서 발수성, 방추성 등의 물성을 개선하고, 본 연구에서는 실리

Table 3. Bending properties of fabrics treated with PMHS

Bending Properties		B(gf·cm²/cm)						2HB(gf·cm/cm)					
Testing direction		Warp		Weft		Mean		Warp		Weft		Mean	
Class of Samples		Untreated	treated	Untreated	treated	Untreated	treated	Untreated	treated	Untreated	treated	Untreated	treated
PMHS Sol.(%)	1	0.020	0.0215	0.0655	0.0078	0.0265	0.0293	0.025	0.0038	0.0050	0.0023	0.03	0.0061
	3	0.020	0.0227	0.0065	0.0082	0.0265	0.0309	0.025	0.0045	0.0050	0.0024	0.03	0.0069
	5	0.020	0.0232	0.0065	0.0088	0.0265	0.0322	0.025	0.0057	0.0050	0.0028	0.03	0.0085

*Treated temperature : 120℃.

Table 4. Air permeability of fabrics treated with PMHS

Item		Air permeability (Kpa·s/m)	
Class of Samples		Treated fabric	Untreated fabric
PMHS Sol.(%)	1	0.047	0.072
	3	0.051	
	5	0.052	
	10	0.059	

*Treated temperature : 120℃.

콘계 수지인 PMHS와 PDMS를 합성하여 견직물에 처리하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 합성된 PMHS와 PDMS는, IR Spectrum과 NMR Spectrum에 의하여 확인할 수 있었다.

2. 발수성은 PMHS와 PDMS의 농도가 5%, 열처리 온도가 160℃일 때 가장 우수하였다.

3. 방추성은 PMHS와 PDMS의 농도가 3%이고, 열처리 온도가 160℃일 때 가장 우수하였다.

4. 처리포의 인장강신도, 표면반사율 및 굽힘강성은 미처리포에 비하여 별로 저하되지 않았다.

5. PMHS로 처리하면 필라멘트 포합이 잘되어 통기성이 향상되었다.

참고문헌

1. 장병호 외 3인, 섬유재료과학, 형설출판사, 203-208 (1977).
2. A. Kitahara *et al.*, Surface activity agent, 298-348 (1986).
3. 장병호, 견섬유의 Epoxy 화합물 처리가 물성에 미치는 영향, 성대논문집 **35**(2), 429-433 (1985).
4. 장병호, 이상낙, 염-촉매와 phenyl gylcidyl ether에 의한 견섬유의 개질에 관한 연구, 성대논문집, **39**(2) 455-463 (1988).
5. 남성우, 장병호, 坂本宗仙, Disulfide 가교 섬유의 set 성, 한국염색가공학회지, **1**(1), 1-6 (1989).
6. L. H. Chance, E. K. Leonard and W. A. Reeves, *Textile Research J,* **32**, 481 (1962).
7. Byoung Ho Kim *et al.*, 견직물의 실용적 품질 개선에 대한 연구, 잠사학회지 (1986).
8. Walter Noll, Chem. and Tech. of Silicons, Academic press, N.Y., (1986).
9. P. A. Florio, E. P. Mersereau, *Text. Res. J.*, **25**, 641 (1955).
10. Akahori, 製絲絹研究發表會 抄錄 2號, 100-109 (1953).
11. Omura *et al.*, 纖維化學誌, **149**, 55-60 (1960).
12. T. H. Skinkel, Textile, Hopkins press, Baltimore, p. 93 (1960).
13. G. B. Guise, F. W. Jones, *J. of Text. Inst.*, **68**, 5, 163 (1977).
14. J. Watt, Textile, Sauders Co., Toronto (1960).
15. A. J. Hall, Textile Finishing, p. 317-324 (1966).
16. Sugiyama, 日本工業技術院纖維工業試驗所研究報, **70**, 37 (1964).
17. H. Zahn and H. Wihelm, *Text. Res. J.*, **23**, 604 (1953).
18. Ikuine Takenari, Kitoensajo, Kenkyu Hokoku, **26**, 65 (1972).
19. Yama Ta, *Textile finishing,* **30**, 7, 38 (1978).
20. Hong Jae Kim, Silicone Resins (1981)
21. F. L. Dennett, Dow Corming, German Pat (West German) 886591 「Brit, Prior 14. 5, 1948」.