

HNBR compound와 RFL 처리된 Polyester 섬유의 접착 연구

이주희 · 강윤희 · 박득주 · 김옥수 · 손우정* · 변영후** · 김원호†

부산대학교 화공생명공학부
609-735 부산광역시 금정구 장전동 산 30
*(주)동일고무벨트 기술연구소
609-808 부산광역시 금정구 금사동 7
**(주)대영특수고무 기술연구팀
619-962 부산광역시 기장군 정관면 모전리 17
(2010년 4월 19일 접수, 2010년 5월 17일 채택)

Adhesion Between HNBR Compound and Polyester Fabric Treated with RFL

Juhui Yi, Yun-Hee Kang, Deuk-Joo Park, Wook-Soo Kim, Woo Jeong Son*, Young-Hoo Byun** and Wonho Kim†

Department of Chemical Engineering, Pusan National University, Jangjeon-dong, Geumjeong-gu, Busan 609-735, Korea

*DRB Co., Ltd, 7 Geumsa-dong, Geumjeong-gu, Busan 609-808, Korea

**Dae Young Special Rubber Co., Ltd, 17 Mojeon-Ri, Jeonggan-myeon, Gijang-gun, Busan 619-962, Korea

(Received 19 April 2010; accepted 17 May 2010)

요 약

본 연구에서는 polyester 섬유표면에 활성기를 부여하기 위한 전처리제로 isocyanate를 이용하여 농도에 따른 접착력을 평가하였다. 이 후 HNBR compound와 polyester fabric의 접착 시 접착력이 우수한 RFL 용액용 latex 선정 및 F/R mole ratio, F/R resin/latex 무게 비에 따른 실험을 진행하였다. 그 결과 전처리제의 농도가 7 wt%인 경우 가장 높은 접착력을 나타내었으며, RFL 용액용 latex로는 HNBR 컴파운드와 상용성이 높은 NBR latex가 우수한 결과를 나타내었고 F/R mole ratio, FR resin/latex 무게비가 각각 1/1, 20%일 때 가장 높은 접착력을 나타내었다. 또한, peel test와 FTIR 분석을 이용해 RF resin의 열처리 온도에 따른 접착강도와 spectra의 peak 변화를 평가해 본 결과 최적의 열처리 온도는 200 °C이었다.

Abstract – Adhesive strength was evaluated for the polyester fabric treated with various concentration of polymeric isocyanate to introduce functional group on the surface. Also experiments were performed to find out the type of latex, F/R mole ratio, and FR resin/latex weight ratio for the RFL solution to optimize adhesion between HNBR compound and the treated polyester fabric. Optimum adhesion strength was obtained when 7 wt% of the concentration of polymeric isocyanate, NBR latex because of the compatibility of HNBR compound, 1/1 of F/R mole ratio, and 20 wt% of FR resin/latex were applied. Optimum cure temperature for the RFL solution was 200 °C according to the results of peel test and the reason was determined by analyzing the ATR FTIR spectra of the RF resin according to the curing temperature.

Key words: HNBR, Polyester Fabric, RFL, Isocyanate

1. 서 론

현대사회에서 diaphragm, 차량용 belts(Rib, Timing) 등과 같이 특수고무가 사용되는 부품에 주로 chloroprene rubber(CR), chlorosulfonated rubber(CSM) 등이 사용되었으나 낮은 내유성으로 인해 내유성이 필요한 부분에는 nitrile butadiene rubber(NBR)이 사용되고 있으며, 최근의 고내구화에 따른 내열성 향상 요구로 NBR에 존재하는 이중결합의 일부를 수소화시킨 hydrogenated nitrile butadiene rubber(HNBR)

의 적용이 확대되고 있다[1]. HNBR의 $\text{CH}_2\text{-CH(CN)}$ -구조는 내유성, 내연료유성, 고강도의 특성을 부여하고 $\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$ 구조는 내열성, 내한성, 내오존성, 탄성의 특성을 부여하며 $\text{-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-}$ 의 구조는 가교 결합이 가능한 특성을 갖고 있다. 하지만 고무 자체가 이와 같은 훌륭한 물성을 나타낼지라도 추가적인 강도 및 동적 특성 등이 요구되는 복잡한 환경에는 HNBR이 가지고 있는 특성이 불충분하기 때문에 더 우수한 강도를 나타내는 섬유를 이용하여 복합체를 구성하게 된다. 따라서 고무 매트릭스와 보강섬유로 이루어진 고무 복합체의 바람직한 물성을 나타내기 위해서는 고무와 보강섬유 사이의 접착은 매우 중요하다[2]. 고무 복합체의 기계적 물성에 중요한 영향을 미치는 요소는 (1) 고무 매트릭스와 보강섬유 사

† To whom correspondence should be addressed.
E-mail: whkim@pusan.ac.kr

*이 논문은 부경대학교 천재기 교수님의 정년을 기념하여 투고되었습니다.

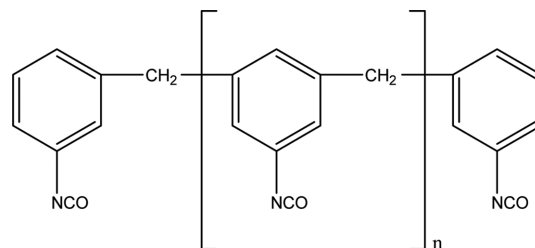
이의 접착, (2) 황과 카본블랙 등 첨가제의 종류와 함량 및 배합순서, 가황온도와 시간 등에 따른 고무 매트릭스 자체의 기계적 물성 (3) 보강섬유 자체의 물리화학적 요소가 있다. 이와 같은 요소들로 인해 접착제와 보강섬유뿐만 아니라 고무 자체의 물성 역시 접착 성능에 많은 영향을 끼치게 되는데 고무 컴파운드 내에 coupling agent 등을 적용시킴으로써 고무의 기계적 물성을 높여주는 동시에 adhesion promoter 역할을 하게하여 접착력을 증가시킬 수 있다[3]. 고무 복합체에 사용되는 보강섬유로는 cotton, nylon, rayon, polyester 등이 있는데 이들은 고무와의 접착을 위해 resorcinol-formaldehyde latex(RFL)을 널리 사용하고 있다[4]. RFL 접착제는 알칼리 조건에서 resorcinol과 formaldehyde를 반응시킨 후 고무 latex를 첨가하여 합성되는데 이 때 RF resin은 latex 입자를 둘러싸는 형태로 존재하게 된다[5]. RFL 접착제의 RF resin은 3차원적 망상구조를 형성하여 접착제 자체에 열 및 피로 저항성을 제공하고 보강섬유와의 강한 화학 결합을 이룬다. RFL-섬유 사이의 접착 메커니즘은 RFL의 수산기와 섬유의 작용기 사이의 수소 결합, RF 수지의 methylol group과 섬유의 활성 수소사이의 축합 반응, mechanical interlocking 등으로 제시되고 있다[6]. RFL-고무 사이의 접착 메커니즘은 황의 diffusion에 의한 matrix 고무분자와 RFL 고무분자의 가교 및 resorcinolic methylol 그룹과 고무분자에 존재하는 탄소-탄소 이중결합의 반응에 의한 공유결합 형성으로 이루어진다고 알려져 있다[7]. 이러한 RFL 접착제는 원래 rayon 섬유 접착에 최초로 이용되었고 그 후 nylon 섬유, 유리섬유, polyester 섬유에 사용되었는데 특히 polyester 섬유의 경우 다른 섬유에 비해 탄성율, 형태 안정성 등이 우수하여 고무보강섬유로 사용량이 크게 증가하고 있으나 섬유표면에 활성기가 부족하여 섬유 자체만으로는 고무 컴파운드와의 결합력이 약한 단점이 있다[8]. 이로 인해 polyester 섬유에 활성기를 부여하기 위해 C.J. Shoa는 epoxy 또는 isocyanate로 섬유표면을 전처리하여 실험한 결과 isocyanate로 전처리한 경우가 약 4배의 강한 접착력을 나타내었다[9].

따라서 본 연구에서는 polyester fabric 표면에 접착을 위한 reactive site인 -NCO기 도입하고자 전처리제로 isocyanate solution을 이용하여 HNBR compound와 polyester fabric 사이의 접착력 향상을 연구하였으며, 전처리제의 농도에 따른 접착력 변화를 알아보았다. 또한 HNBR compound와 우수한 접착력을 나타내는 고무 latex를 선정한 후 formaldehyde/resorcinol mole ratio, FR resin/latex weight%에 따른 RFL 용액을 제조하여 접착력을 평가하였다. RFL의 열처리 온도에 따른 접착력 평가 및 열처리 온도에 따른 RF resin의 특성을 분석하여 최적의 접착강도를 얻기 위한 연구도 진행하였다.

2. 실험

2-1. 재 료

본 실험에서는 polyester fabric에 활성기를 부여하기 위해 전처리제로 Scheme 1과 같은 구조의 polymeric isocyanate(PAPI 135, Dow Chemical)를 toluene에 녹여 사용하였으며 RFL 용액 제조에는 resorcinol



Scheme 1. The structure of polymeric isocyanate.

(Sumitomo Chemical Co., 100%), formaldehyde(Junsei Co., 37%), NaOH (Shinyo Pure Chemical Co., 100%)와 증류수 그리고 Table 1에 나타난 latex들이 사용되었다. HNBR compound를 배합하기 위해서는 HNBR(Zetpol 2020, Zeon), stearic acid, zinc oxide, carbon black(SRF), mercaptobenzothiazol(MBTS), tetramethylthiuram disulfide(TMTD), sulfur를 100/1/5/40/2/0.5/0.5 phr 사용하였다.

2-2. 시편제조

2-2-1. Polyester fabric의 전처리

Polyester fabric에 isocyanate 전처리를 할 경우 농도가 너무 높으면 섬유의 stiffness를 유발시키게 되고 또한 너무 낮으면 충분한 가교점을 만들어주지 않기 때문에 적정 농도의 isocyanate 설정이 필요하다. 본 실험에서는 2, 5, 7, 10%의 isocyanate 용액을 제조하기 위하여 비이커에 비율에 따른 toluene과 isocyanate를 투입한 후 공기와 접촉을 차단하면서 실온에서 1시간 교반을 실시한 후 polyester fabric을 함침시켜 125 °C로 예열된 건조 오븐에서 1분간 건조시켰다. 이후 RFL 처리를 하여 접착력을 평가한 후 가장 높은 접착력을 나타낸 isocyanate 농도를 본 실험의 최적 농도로 선정하여 이후 실험에 적용하였다.

2-2-2. RFL 용액 제조 및 처리

Table 2에 나타난 바와 같이 resorcinol, formaldehyde, NaOH를 증류수와 혼합하여 6시간 동안 실온에서 교반시킨 후 latex를 첨가하고 12시간 실온에서 교반하였다. 전처리된 polyester fabric를 RFL 용액에 함침시킨 후 열에 의한 polyester fabric의 수축을 방지하기 위해 틀에 고정시키고 예열된 건조 오븐에서 열처리하였다.

2-2-3. HNBR compound 배합

HNBR과 stearic acid, zinc oxide, carbon black를 25 °C kneader에서 8분간 혼합 후 two-roll mill에서 발열에 의한 스코치 발생을 방

Table 2. RFL formulation(Unit: g)

Materials	R-1	R-2	R-3	R-4
Resorcinol			21.5	
Formaldehyde (37%)			25	
NaOH			2	
Latex (solid content)	NBR 100	VP 100	CSM 100	CR 100
F/R mole ratio			1.58	
RF/L (wt%)			30	

Table 1. Various latex used for resorcinol formaldehyde latex(RFL)

Latex	Product name	Total solids (%)	Viscosity (MPa*s)
Nitrile butadiene rubber latex (NBR)	Zeon, Nipol 1562	40.5	25
Chloroprene rubber latex (CR)	Denka, LV 60N	60	100
Chlorosulfonated polyethylene rubber latex (CSM)	Sumitomo Seika, CSM 450	40	15
Styrene-butadiene-vinyl pyridine rubber latex (VP)	Zeon, Nipol 2518	40.5	25

지하기 위해 가교제 및 가교촉진제를 첨가한 후 3분 내 혼합을 완료하였다.

2-2-4. 시험 시편 제작

RFL 처리된 polyester fabric과 peel test시 grip으로 잡을 부분을 위하여 약 3 cm × 12 cm film을 두 장의 미가황된 HNBR compound sheet 사이에 삽입한 후 12 cm × 12 cm × 1 cm의 시편 몰드와 155 °C hot press를 이용해 polyester fabric과 HNBR compound sheet를 접착하였다.

2-3. 시험 방법

2-3-1. 가황 특성 측정(Oscillating Die Rheometer; ODR)

Two-roll에서 제조된 고무 배합물을 curemeter(MYUNG-JI Tech, Model; ODR 2000)에서 진동 각도 $\pm 1^\circ$, 온도 155 °C에서 최적 가황 시간(t_{90})을 측정하였다.

2-3-2. 접착강도 평가

고무복합체 sheet를 25.4 mm의 폭으로 절단하고 UTM(Universal Testing Machine, KSU-05M-C, KOREA)을 이용하여 ASTM D 1876에 따라 test speed를 50 mm/min 속도로 하여 90° peel test를 실시하여 접착력을 평가하였다.

2-3-3. Fourier Transform Infrared(FTIR) spectroscopy

Thermo scientific사의 Nicolet 6900 FT-IR spectrometer를 이용하였으며, IR spectra는 Attenuated Total Reflectance(ATR)법을 이용하여 4000~650 cm^{-1} 영역에서 4 cm^{-1} 의 resolution으로 하여 32번 scan하여 측정하였다. RFL 용액을 제조하여 열처리 온도에 따른 RF resin의 peak 변화를 관찰하고자 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 전처리제 농도 및 RFL용 latex 선정

Polyester fabric은 nylon, rayon 등과 같은 섬유들과는 달리 표면의 소수성과 더불어 접착에 기여할 수 있는 활성화기가 없기 때문에 RFL 용액을 적용하여도 낮은 접착력을 나타낸다. 따라서 polyester fabric의 경우 접착력을 향상시키기 위해 polyester fabric 표면에 활성화기를 부여할 수 있는 전처리가 필수적이다. Fig. 1에 isocyanate 용액의 농도에 따른 접착력 차이를 나타내었다. Isocyanate 용액의 농도가 7 wt%일 때 가장 높은 접착력을 나타내었는데 이보다 낮은

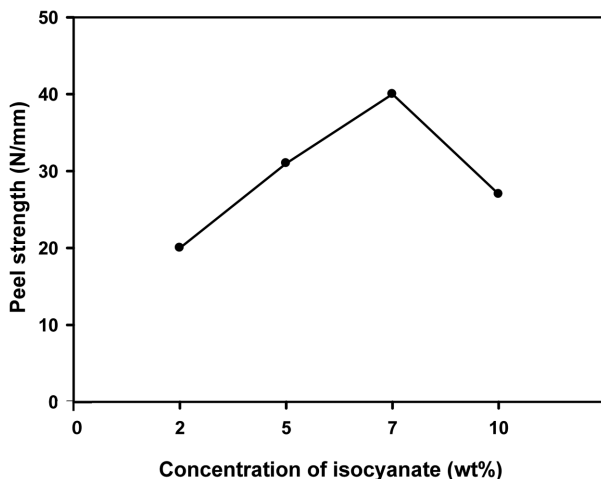


Fig. 1. Peel strength according to the concentration of isocyanate.

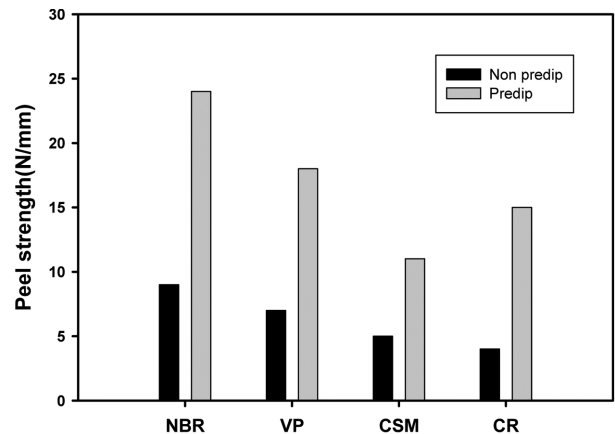


Fig. 2. Peel strength between HNBR compound and polyester fabric according to the type of latex.

농도일 경우 polyester fabric에 충분한 반응기를 형성하지 못하고 이보다 높은 농도에서는 isocyanate가 고체화되는 양이 증가하여 polyester 섬유 자체의 stiffness를 유발시킴으로 인해 고무 compound와의 접착력을 향상시키지 못하는 것으로 사료된다. 따라서 이후 실험에서는 7 wt%의 isocyanate 용액을 사용하였다.

또한 HNBR compound와 polyester fabric의 접착 시 접착력이 우수한 RFL 용액용 latex를 선정하기 위해 VP, CR, CSM, NBR latex를 이용하여 Table 2와 같이 RFL을 제조한 후 HNBR compound와의 접착력을 평가하였다. 이때 polyester fabric에 isocyanate의 전 처리를 수행하지 않은 것에 대한 접착력도 비교 평가하였다. 그 결과 접착 파괴는 RFL 처리된 polyester fabric과 HNBR compound interface에서 일어났으며 Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 NBR latex를 이용하여 제조된 RFL 용액이 가장 높은 접착력을 나타내었는데 이는 NBR latex에 존재하는 nitrile group으로 인해 HNBR compound와의 높은 상용성에 기인한 결과로 판단된다.

3-2. RFL 용액에 함침된 polyester fabric의 열처리 온도 선정

알칼리조건에서 resorcinol과 formaldehyde를 반응시킨 후 라텍스를 첨가하여 합성된 RFL 용액은 보강섬유에 코팅된 후 적절한 열에 의해 경화되면 고무와 강한 접착력을 발휘할 수 있게 된다. 따라서 적절한 조건에서 열처리하여 HNBR 컴파운드와 강한 접착강도를 갖기 위해서 열처리조건의 선정이 중요하다. RFL 용액의 열처리 온도 변화에 따른 접착력 차이를 알아보고자 RFL 용액에 polyester fabric을 함침시킨 후 180, 200, 220, 240 °C에서 각각 3분간 열처리하였다. 이후 HNBR compound와 접착시켜서 접착력을 평가한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 200 °C에 3분간 열처리하였을 때 가장 높은 접착력을 나타내었고 220 °C의 열처리 온도에서는 접착력이 감소하는 것을 알 수 있었다. 열처리 온도가 변함에 따른 resorcinol과 formaldehyde의 반응생성물인 RF resin의 분자구조의 변화를 관찰하고자 상온에서 6 시간 동안 반응시킨 RF resin을 180, 200 °C에서 각각 3분간 열처리시킨 후 FTIR을 측정하여 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. Resorcinol은 반응성이 아주 큰 물질로써 formaldehyde가 첨가되면 쉽게 반응하여 resorcinol에 존재하는 hydroxyl기의 ortho와 para 자리에 methylol derivative를 형성한다고 알려져 있다[10]. Fig. 4(a)는 4,000~650 cm^{-1} 의 영역에서 측정된 FTIR spectra를 나타낸 것이며, FTIR peak의 변화를 자세히 관찰하기 위하여 1,750~780 cm^{-1} 영역으로 Fig. 4(b)와

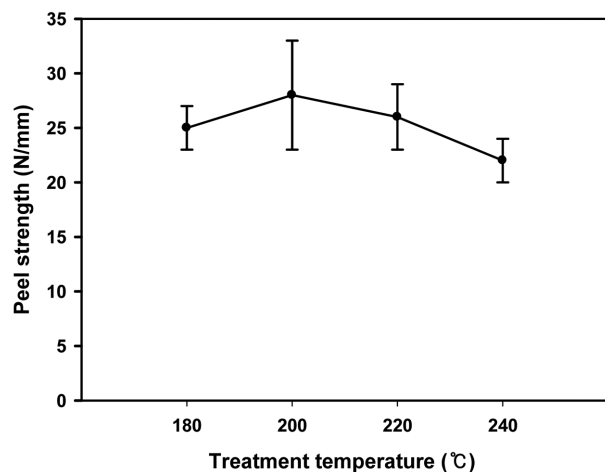
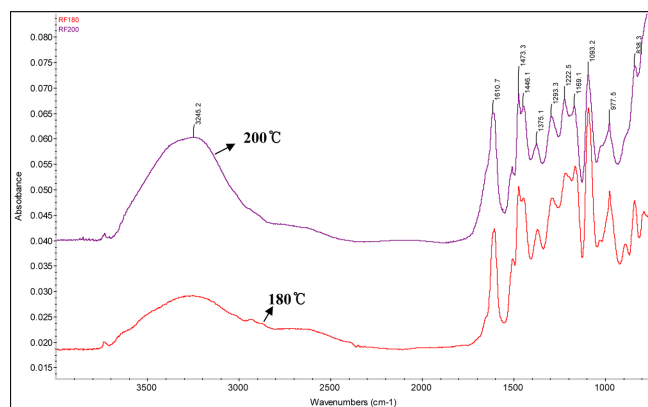
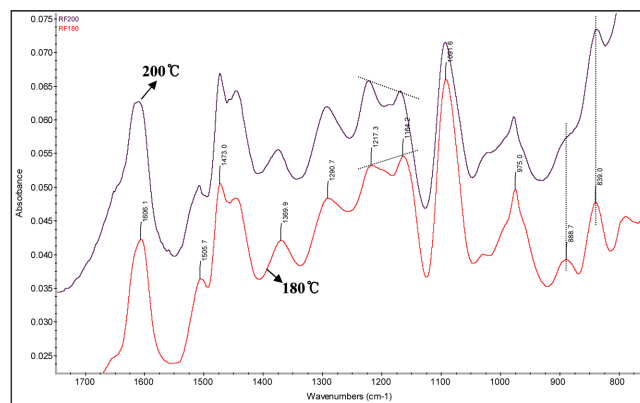


Fig. 3. Peel strength according to the heat treatment temperature of RFL.



(a) The whole range

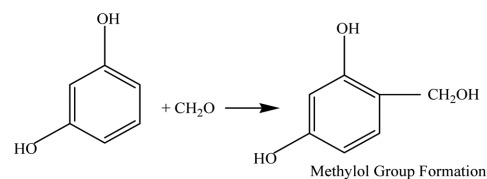


(b) Magnified between 1750~780 cm⁻¹

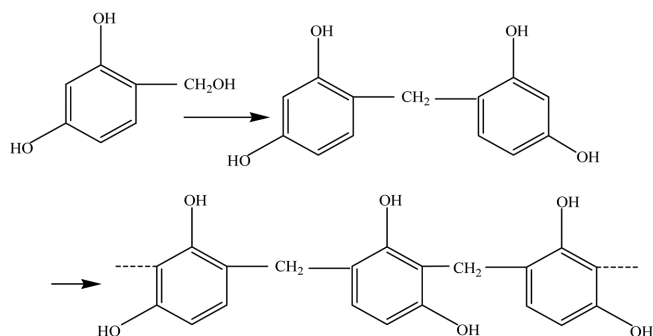
Fig. 4. ATR FT-IR spectra of the RF resin; heat treated at 180 °C and 200 °C.

같이 확대하여 peak의 변화를 비교 평가하였다. 열처리 온도가 180에서 200 °C로 높아질 경우 resorcinol의 특성 peak인 1,164 cm⁻¹과 methylol -CH₂OH의 특성 peak인 1,092 cm⁻¹가 줄어들며 또한 4, and 6-hydroxymethyl resorcinol을 나타내는 975 cm⁻¹ peak와 889 cm⁻¹ peak가 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 Scheme 2[7]에서 나타난 바와 같이 RF resin의 addition과 condensation 두 반응이 존재하지만, 200 °C에서는 RF resin의 addition 반응보다 condensation 반응이 증가하여 hydroxymethyl group이 줄어들면서 methylene bridge

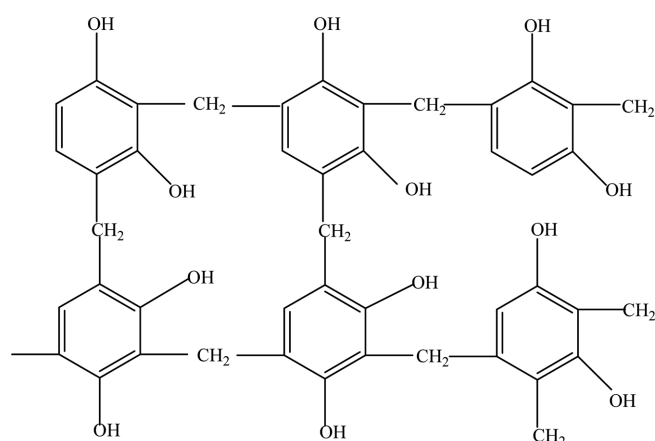
step 1 : Addition Reaction



step 2: Condensation Reaction



Scheme 2. The mechanism of base catalyzed resorcinol formaldehyde reaction.



Scheme 3. The structure of huge cross linked network in resorcinol formaldehyde resin.

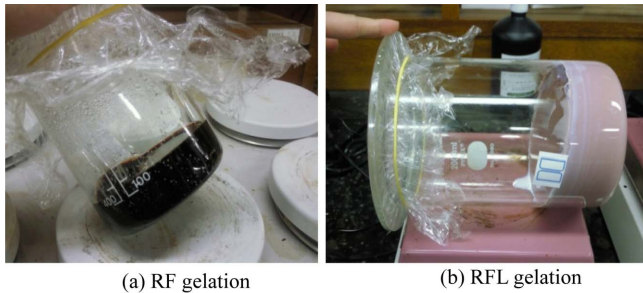
가 만들어져 RF resin 내에 crosslinked network가 형성되어 높은 접착력을 나타낸 것으로 판단되어진다. 반면, 200 °C 보다 높은 온도에서는 큰 반응성을 가진 resorcinol이 Scheme 3[10]처럼 거대한 crosslinked network를 형성하여 분자내에 섬유 및 고무와 더 이상 반응할 수 있는 site가 존재하지 않아서 접착력이 낮아지는 것으로 판단되어진다. 접착력 평가와 ATR FT-IR 해석결과, 최적의 열처리 조건은 RFL용액 처리된 polyester 섬유를 200 °C에서 3분간 처리하는 조건임을 알 수 있었다.

3-3. RF resin 제조시 pH조건 선정

RFL 용액의 적절한 pH를 찾기 위해 RFL 용액 제조시 NaOH를 이용하여 pH를 조절하고 그에 따른 RFL 용액의 변화를 관찰하고 접착력을 평가하였다. NaOH를 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9g씩 첨가하고 pH를 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. Resorcinol, formaldehyde에 NaOH를 첨가하여 6시간 교반시킨 후 RF solution을 관찰한 결과 0.9g의 NaOH를 넣은 RF solution은 Fig. 5(a)와 같이 gel이 되었다.

Table 3. pH data of RF solutions(Unit: g)

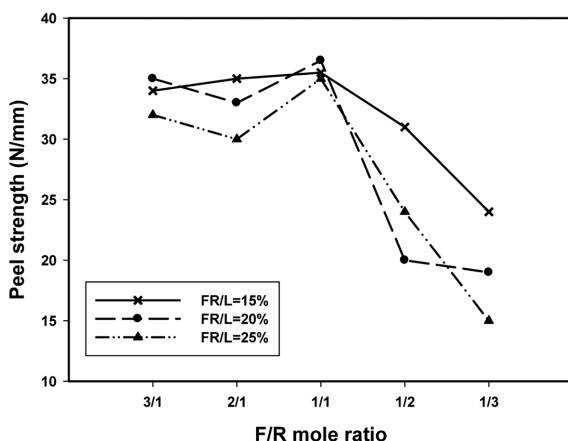
Materials	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5
Distilled water			157.8		
Formaldehyde (37%)			13.8		
Resorcinol			9.8		
NaOH	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
pH	7.6	7.8	8.2	8.3	8.4
F/R mole ratio			1.91		
FR resin content (wt%)			8.2		

**Fig. 5. Photographs of RF resin and RFL after gelation.**

Gel이 되지 않은 RF 용액에 NBR latex를 첨가시킨 후 RFL 용액을 관찰한 결과 pH가 8.3 이상일 경우 12시간 후 Fig. 5(b)와 같이 gel이 되었음을 관찰할 수 있었다. 이는 염기성 촉매 사용시 pH가 증가할수록 resorcinol과 formaldehyde의 반응 생성물인 RF resin 및 reactive site인 quinone methide 등의 형성속도가 빨라지면서 gelation되는 속도가 증가한 것으로 판단된다[7-11]. 이와 같이 염기성 촉매에서 pH값이 높아질 경우에는 solution의 점도가 높아져 polyester 섬유에 RFL 용액 처리시 polyester 섬유의 젖음성이 나빠져 접착력이 감소된다. 따라서 본 실험에서는 RF 용액의 pH가 8.3 이상이 되지 않도록 조절하여 RFL을 제조하였다.

3-4. RFL 용액의 F/R mole ratio 및 FR/L 무게 비에 따른 접착력 평가

F/R mole 비율 및 FR/L 무게 비율에 따른 접착력 변화를 평가하여 Fig. 6에 나타내었다. F/R mole ratio가 1/1에서 3/1로 증가할수록 접착력은 소폭 감소하는 경향을 나타내었고 F/R mole ratio가 1/

**Fig. 6. Peel strength according to the formaldehyde/resorcinol (F/R) mole ratio.**

1에서 1/3으로 감소할수록 접착력은 대폭 감소하는 경향을 나타내었다. F/R mole ratio가 1/1 이상에서는 formaldehyde의 mole 비율이 증가함으로 인해 solution 내 점도가 상승하여 RFL 용액의 polyester에 대한 젖음성이 나빠져 접착력이 감소되는 것으로 판단된다. 또한 F/R mole ratio가 1/2 및 1/3인 경우 접착력이 급격하게 감소되는 것으로 보아 RF resin 형성 시 resorcinol 1 mole에 결합하는 formaldehyde의 mole 수가 작아 rubber compound와 결합할 수 있는 methylol group이 충분히 형성하지 않아 접착력이 감소되는 것으로 판단된다. 또한 FR/latex의 질량 비율이 15% 및 20%인 경우가 25%인 경우보다 다소 높은 접착력을 나타내었다. 25 wt%의 경우 RFL 용액 내 RF resin이 증가함으로 인해 섬유 표면의 resin solid 형성으로 인한 stiffness를 유발하여 접착력이 감소되는 것으로 판단된다. 20%의 경우 섬유와 반응할 수 있는 reactive RF resin group이 15%보다 많음으로 인해 접착력이 다소 높게 나타나는 것으로 판단된다. RFL 용액의 경우 F/R mole ratio가 1/1일 때, FR/L 무게 비율이 20 wt%일 때 가장 접착력이 우수함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 전처리제인 isocyanate 용액의 농도에 따른 접착력을 평가한 결과 7 wt%인 경우 가장 높은 접착력을 나타내었다. HNBR compound와 polyester fabric의 접착을 위해 RFL 용액의 제조 및 처리 조건에 따른 접착력을 평가한 결과 RFL 용액의 latex로는 nitrile group 존재로 인하여 HNBR compound와 상용성이 높은 NBR latex가 우수한 결과를 나타내었다. RFL 용액의 점도 상승으로 인한 polyester fabric의 wetting의 저하를 막기 위해 pH를 8.3 아래로 맞추어 RFL 용액의 F/R mole ratio에 따른 접착강도 평가를 한 결과 F/R mole ratio가 증가하면 RFL solution 내 OH 농도의 증가로 인해 점도가 높아져 접착력이 소폭 감소되고 반대로 F/R mole ratio가 감소하게 되면 rubber compound와 결합할 수 있는 methylol group이 충분히 형성하지 않아 접착력이 대폭 감소되는 것으로 판단된다. FR/latex의 질량 비율에 따른 실험 결과 RF resin이 20 wt%보다 적은 경우 HNBR compound 또는 섬유와 반응할 수 있는 reactive RF resin group의 감소, RF resin이 과량일 경우엔 RFL 용액 내 RF resin이 증가함으로 인해 섬유 표면의 resin solid 형성으로 stiffness를 유발하여 접착력이 감소되는 것을 알 수 있었다. 또한 RFL의 열처리 온도는 200 °C일 때 가장 좋은 접착력을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 이는 높은 열처리 온도에 노출되었던 RFL의 경우 HNBR compound와 화학적 결합을 할 수 있는 RF resin의 methylol group 또는 반응 site가 줄어들어 RFL 용액에 처리된 polyester fabric과 HNBR의 접착력이 감소된 것으로 판단되어진다.

감 사

본 연구는 BK21 사업비 및 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

1. Weir, R. J. and Blackshaw, G. C., "The Emergency of HNBR as an Important High Performance Elastomer," International Rub-

- ber Conference, Sydney, Australia(1988).
2. Takeyama, T. and Matsui, J., "Recent Developments with Tire Cords and Cord to Rubber Bonding," *Rubber Chem. Technol.*, **42**, 159-251(1969).
 3. Brinke, J. W., Debnath, S. C., Reuvekamp, L. A. E. M. and Noordermeer, J. W. M., "Mechanistic Aspects of the Role of Coupling Agents in Silica-rubber Composites," *Composites Sci. Technol.*, **63**, 1165-1174(2003).
 4. Wennekes, W. B., Datta, R. N. and Noordermeer, J. W. M., "Investigation on the Adhesion Between Treated Reinforcing Cords and Rubber," *Kautschuk Gummi Kunststoffe*, **60**, 20-23(2007).
 5. Wennekes, W. B., Datta, R. N. and Noordermeer, J. W. M., "Mechanistic Investigations into the Adhesion Between RFL-treated Cords and Rubber. Part II: The Influence of the Vinyl-pyridine Content of the RFL-latex," *Rubber Chem. Technol.*, **80**, 565-579 (2007).
 6. Wennekes, W. B., Datta, R. N. and Noordermeer, J. W. M., "Fiber Adhesion to Rubber Compounds," *Rubber Chem. Technol.*, **81**, 523-540(2008).
 7. Durairaj, R. B., *Resorcinol: Chemistry, Technology and Application*, Springer, 189-276(2005).
 8. Wootton, D. B., *The application of textiles in rubber*, Rapra Technology Limited, 30-40(2001).
 9. Shoaf, C. J., "Shaped Structures Treated with Polyepoxide and Polyisocyanate for Improving Adherence to Rubbers," Patent No. 3307966(1963).
 10. Moul, R. H., *Handbook of adhesive*, Van Nostrand Reinhold Company, 418-419(1985).
 11. Angier, D. J. and Watson, W. F., "Mastication of Rubber II. Inter-Polymerization of Natural Rubber and Neoprene on Cold Milling," *J. Polym. Sci.*, **18**, 129-140(1955).