

NBR 혼합물과 다른 고무혼합물간의 층간 접착 특성

손봉영[†] · 손정선 · 강용구* · 박찬영**

금호타이어 기술연구소, *전남대학교 공과대학 공업화학과, **전남대학교 공과대학 고분자·정밀화학공학과
(1998년 5월 12일 접수)

Adhesion Properties of Interfacial Layers between NBR Compound and Different Rubber Compound

Bong-Young Sohn[†], Jeong-Sun Sohn, Young-Gu Kang*, and Chan-Young Park**

Kumho Tire Co., LTD R&D Center, Kwangju 506-040, Korea

*Department of Chemical Industry, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

**Department of Polymer and Fine Chemicals Engineering,

Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

[†]e-mail : bysohn@swan.kumho.co.kr

(Received May 12, 1998)

요약: NBR은 다른 고무들과 상용성이 나쁘기 때문에 층간 접착력이 낮으며, 장기간 동안 응력과 진동에 노출되면 NBR과 보강고무 층 사이의 계면에서 파괴가 쉽게 발생하게 된다. 이런 현상을 알아보고자 본 논문에서는 NBR과 NR을 포함한 SBR, BR, EPDM 등과 같은 다른 고무층간의 접착특성을 조사하였으며, 더불어 NBR/NR 혼합고무와 NBR의 층간 접착력을 NBR/SBR 혼합고무와 비교하여 연구를 진행하였다. 본 연구의 목적으로는 가혹한 조건하에서 NBR과 다른 고무층이 접착할 때, 계면파괴 저항이 우수한 보강 고무층을 찾는 것이다. T-Peel Test 결과에 따르면, NBR과 층간 접착에 있어서 비록 낮은 접착력을 갖지만 SBR이 NR보다 강한 접착력을 보인다. NBR 혼합고무의 경우는 NBR/SBR 혼합고무가 NBR과의 층간 접착에 있어서 NBR/NR 혼합고무보다 높은 접착력을 나타낸다. 특히, NBR을 40% 함유한 NBR/SBR 혼합고무가 NBR 고무와의 층간 접착에 가장 우수한 보강 고무층임을 알 수 있었다.

ABSTRACT: Interfacial failure between NBR and other reinforced rubber strip easily occurred under stress and vibration for long time, as the poor compatibility of NBR with other different rubber results in a low peel adhesion force. In this paper, adhesion properties of NBR and other different rubber strip such as NR, SBR, BR and EPDM were studied. Also, peel adhesion force of NBR/NR blend with NBR compound was investigated to compare with that of NBR/SBR blend. The objectives of this study were to find a proper reinforced rubber strip having a good resistance of interlayer failure with NBR under harsh condition. T-Peel Test results showed that peel adhesion force between NBR and SBR was stronger than that of NR bonding with NBR, even if they had poor peel force. In the case of NBR blends, peel force of NBR/SBR blend was higher than that of NBR/NR blend with NBR strip. Especially, 40% NBR content in NBR/SBR blend exhibited very good suit for a reinforcing rubber strip bonding with NBR.

Keywords: NBR blend, rubber compound, adhesion properties, interfacial adhesive layer.

서 론

석유화학 및 정밀화학 장치 분야에 대한 첨단기술의 발전과 자동화 기술의 도입에 따른 고도의 산업화가 진행되면서 고온, 고압의 오일이나 액상 화학물질의 수송과 고온 수증기나 유압을 이용한 정밀 자동화가 필수적으로 대두되었다. 이런 장치 분야에 요구되는 자동화는 고도의 정밀성과 유연성 및 내열, 내압, 내 부식성을 갖는 파이프 라인의 설계와 설치가 요구된다. 고도의 정밀성을 갖는 파이프 라인 설계에 부합하는 설치 방법은 이음 부위에서 허용오차를 인정해야 하기 때문에 동일 재료로 시공이 불가능하나, 고분자 복합체를 사용함으로써 해결할 수 있었다. 또한 자유로이 움직이는 자동화 호스 라인과 필요할 때마다 손쉽게 꺼내어 사용하는 오일이나 액상 화학물질의 이송 호스는 섬유코드나 철심코드로 보강된 고분자 복합체를 사용함으로써 이용이 편리하게 하였다. 이런 고분자 복합체의 모체 (matrix)는 오일과 화학물질에 저항성이 우수한 NBR (acrylonitrile butadiene rubber, 이하 NBR로 표기)을 사용하는 것이 일반적이다.¹

NBR은 acrylonitrile (이하 AN으로 표기) 함량이 높을수록 오일 저항성, 내열성, 극성 플라스틱과의 상용성 (compatibility) 및 인장강도가 향상된다.² 통상적으로 유용하게 이용되는 AN 함량은 15~50%이며 NBR의 대부분의 성질은 AN비와 직접적인 관계가 있다.³ 지금까지 NBR 자체의 내열성 및 오일 저항성, 내오존성 등 물성에 대한 연구가 지배적이었고,³⁻⁵ NBR 자체의 특성은 손상하지 않으면서 내산화 및 내오존, 가공특성 (성형 및 혼합)을 증대하고자 PVC, EPDM, NR 블렌드를 이용한 연구가⁶⁻⁹ 진행되었으며, 혼화성이 나쁜 두 상간의 접착 특성을 개선하기 위해 가교 방법을 달리하는 연구로 발전되었다.¹⁰ 특히 가교제와 가교 촉진제, 활성제 종류에 따른 계면 접착이론에 많은 연구자들의 관심이 집중되기도 하였다.¹¹⁻¹³ 최근에는 NBR의 내산화 특성을 개선한 XNBR (carboxylic acrylonitrile butadiene rubber)에 대한 물성 및 내열성, 내산화성의 연구가 진행되기도 하였으나 가격과 제조공정의 불안정으로 상용화되지는 못하여 실제 산업계에 도움이 되지 못하였다. 이와 같이 연구분야의 확대에도 불구하고

NBR과 각 고무들간의 층간 접착에 대한 관심은 미미하여 단순히 고무혼합물의 층간 파괴이론에 입각한 연구만으로 일관되어 왔고 혼화성이나 가교특성에 의한 연구도 블렌드 특성으로 입증하고자 하는 노력만이 계속되어 왔다.^{14,15}

본 연구는 산업체에서 실제 직면하고 있는 층간 (호스내 튜브층과 섬유코드 보강 고무층) 분리 문제를 저가로 손쉽게 해결하기 위하여, NBR 혼합물과 일반 천연고무나 합성고무 혼합물의 층간 접착 특성의 변화와, NBR/NR과 NBR/SBR 블렌드 특성의 차이에서 그 실마리를 찾고자 하였다. 더불어 상호 블렌드 특성을 규명함으로써 보강 고무층과의 접착을 원만히 하면서 오일 저항특성을 갖는 개선된 NBR 혼합 복합체를 찾는 데 목적이 있고, 개선 복합체를 모체로 사용하여 오일이나 화학약품 이송 파이프, 파이프 연결구, 고온 유압용 파이프 등의 수명을 향상시키는데 활용하고자 하였다.

실 험

원재료 준비. 실험에 사용된 NBR은 AN 함량이 34%인 KNB-35L (금호석유화학 사)이, NR은 SMRCV (Mardec Co.), SBR은 SBR1500 (금호석유화학 사), EPDM은 KEP-350 (금호이피 사), 그리고 BR은 BR01 (금호석유화학 사)이 사용되었다. 보강제로는 카본블랙 종류 중에서 N330 (럭키카본 사)을 고무무게 100에 대하여 50, 활성제로 산화아연 (한일화학 사)을 5, 스테아린산 (평화유지 사)은 1, 유화제로 DBP (dibutylphthalate, Junsei Chemical Co.)는 8, 접착제와 노화방지제로는 금호몬산토사의 octyl-phenol formaldehyde resin과 2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline을 각기 10, 1.2를, 가교제와 촉진제로는 유황 (미원 사)과 TBBS (N-*t*-butyl benzothiazolesulfenamide, 금호몬산토 사)를 2.0과 1.0을 조성물로 사용하였다.

NBR과 다른 고무층과의 접착시험 제조. 일반적으로 고무산업에서 많이 사용하는 고무 (NR, SBR, BR, 그리고 EPDM)중에서 NBR과 접착 특성이 우수한 고무를 찾고자 고무 종류별로 T-Peel Test (ASTM D1876)를 하였으며, 이때 시험의 폭은 25.4 mm이고 두께는 1.2 mm였다. 접착력은 만능시험기

(Instron Co.제, Model : 6021)를 이용하여 상온에서 50 mm/min 속도로 인장하면서 시험하였다.

NBR 블렌드. 다른 고무에 대한 NBR의 미흡한 상용성을 보완하고자 천연고무와 합성고무 (SBR)를 NBR과 0/100, 20/80, 40/60, 60/40, 80/20, 100/0 무게비로 혼합하여 물리적 성질의 변화와, 천연고무와의 층간 접착 특성을 조사하였다. 고무 배합물의 혼합 방법으로는 2단계 과정을 거치는데, 먼저 1.5 L 내부 혼합기에 모체 고무를 넣고 40 rpm으로 40초간 혼합하고 나서 카본블랙을 넣은 다음 1분 후에 촉진제와 가교제를 제외한 나머지 약품을 넣고 전체 혼합 시간을 4분으로 1단계 혼합을 마감한다. 이때 온도는 160 °C를 유지하도록 한다. 2단계 혼합은 1단계를 마친 고무 배합물을 100 °C로 유지된 동일 내부 혼합기에 촉진제, 가교제와 동시에 넣고 2분30초간 혼합하여 마감하는데, 이때 마무리 혼합물을 100 °C 20 rpm two roll mill에서 2분동안 재가공하여 2.0 mm 두께의 판상으로 가공함으로써 시험편 준비를 마친다.

Pull Out Test (H-Test)용 시험편준비. 시험에 사용된 고무를 1.27 mm 폭과 2.0 mm 두께로 두 층을 준비하여, 이 두 고무층 사이에 섬유코드 15개가 일정 간격으로 삽입될 수 있도록 준비된 가압 몰드에 넣고, 145 °C로 각 고무의 90% 가류시간보다 5분 더 가교하여 시험편을 준비하였다. 이때 사용된 섬유코드는 1890d/2p Nylon-6 코드 (코오롱 사)였고, 시험 방법은 ASTM D2138에 따랐다.

결과 및 고찰

NBR과 타 고무의 가교 및 흐름 특성. Mooney viscometer (Monsanto Co., Model 1500)를 이용하여 125 °C에서 ASTM D1646 방법으로 측정한 고무의 점도는 흐름성을 대표하는 값으로 Table 1에 표현하였으며, 이때 단위는 MU (1MU=0.735 lbf·in)로 나타냈다. 이 결과에 의하면 NBR 고무의 점도가 가장 낮아 가공성이 가장 우수한 것으로 밝혀졌으며, SMRCV와 SBR (SBR1500), EPDM (KEP350)은 차이가 미미한 것으로 나타났다. 따라서 NBR에 NR이나 SBR을 혼합하게 되면, 일정 비율로 점도가 낮아지게 되며 NBR 함량에 좌우됨을

Table 1. Mooney Viscosity of Various Rubber Compounds at 125 °C

item	NR	NBR	BR	SBR	EPDM
viscosity (MU)	38.4	23.4	30.9	43.2	41.2

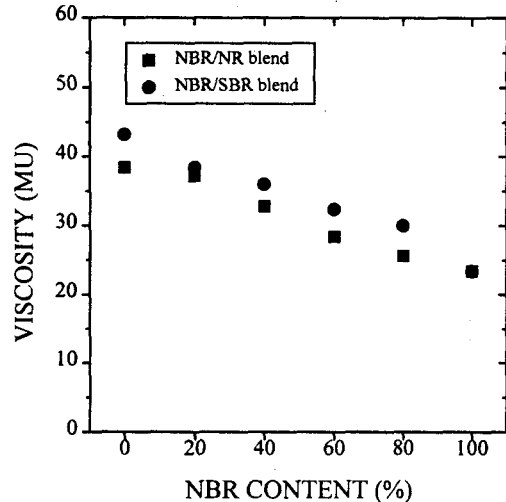


Figure 1. Mooney viscosity of the NBR blend compounds at 125 °C.

알 수 있었다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 NBR 함량의 증가에 따른 양 혼합고무의 점도 기울기는 동일 차로 하락하며, 점도가 약간 낮은 NR과 혼합한 NBR 혼합물이 SBR과 혼합한 것보다 약간 낮은 값을 나타내고 있어 이를 증명한다. 각 고무들의 가교 특성은 Table 2에 정리하여 표현하였으며, 이때 가교도는 ODR (Oscillation Disk Rheometer, Monsanto Co., Model R-100)을 사용하여 ASTM D2084 방법으로 160 °C에서 측정하였고 Fig. 2에 상세히 나타냈다.

Table 2. Cure Time of Various Rubber Compounds by Oscillation Disk Rheometer at 160 °C

item	NR	NBR	BR	SBR	EPDM
T_{max}^a	34.4	39.9	33.5	37.1	44.7
T_2^b (min)	2.7	3.4	5.6	4.5	3.1
T_{40}^c (min)	3.4	4.4	9.3	7.1	8.4
T_{90}^d (min)	5.5	15.8	15.1	18.2	23.9
E.C. ^e (min)	6.1	17.4	22.5	20.1	51.7

^a Maximum torque on ODR rheograph. ^b Cure time of 2% vulcanized. ^c Cure time of 40% vulcanized. ^d Cure time of 90% vulcanized. ^e Cure time of equilibrium.

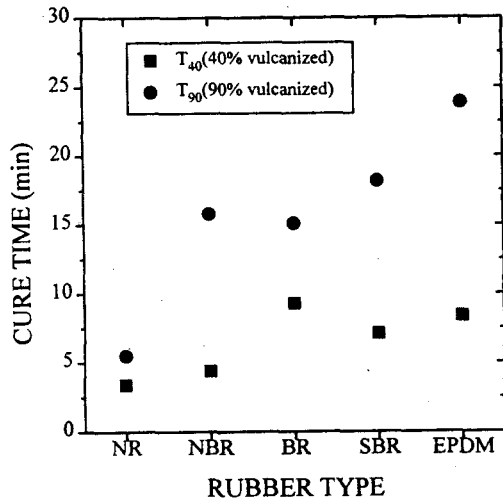


Figure 2. Cure time of various rubber compounds by ODR at 160 °C.

NBR/NR (SBR) 블렌드 고무의 가교 특성. NBR 블렌드 고무의 가교시간 변화는 NBR 양의 증가에 따라 Fig. 3에 표현하였다. NR과 혼합된 경우에 NBR 양이 증가하면 40% 가교 정도를 의미하는 T_{40} 의 기울기가 첨가량에 대해 완만한 2차 함수로 증가되고 90% 가교 정도를 의미하는 T_{90} 에 가까울수록 기울기는 점차 커진다. 그리고 SBR과 혼합된 고무의 경우, T_{40} 은 NBR 양의 증가에 따라 선형으로 감

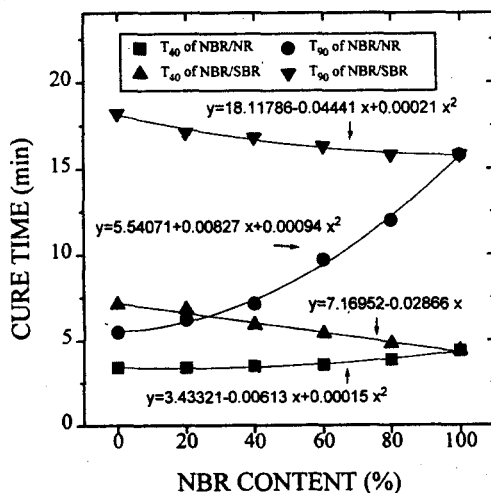


Figure 3. Cure time of the NBR blend compounds by ODR at 160 °C.

Table 3. Cure Time of Various NBR/NR Blend Compounds by Oscillation Disk Rheometer at 160 °C

item	NBR/NR					
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80	0/100
T_{max}	39.9	38.4	37.5	37.1	35.5	34.4
T_2 (min)	3.4	3.4	3.3	3.2	3.1	2.7
T_{40} (min)	4.4	3.9	3.6	3.5	3.4	3.4
T_{90} (min)	15.8	12.0	9.7	7.1	6.22	5.5
E.C. (min)	17.4	16.9	15.8	9.3	7.8	6.1

Table 4. Cure Time of Various NBR/SBR Blend Compounds by Oscillation Disk Rheometer at 160 °C

item	NBR/SBR					
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80	0/100
T_{max}	39.9	39.6	38.6	38.1	37.5	37.1
T_2 (min)	3.4	3.4	3.8	4.0	4.3	4.5
T_{40} (min)	4.4	4.8	5.4	5.9	6.8	7.1
T_{90} (min)	15.8	15.8	16.3	16.8	17.1	18.2
E.C. (min)	17.4	17.1	17.4	17.9	18.7	20.1

소하는 반면에, T_{90} 은 NBR 첨가량에 따라 2차 함수로 감소함을 보여준다. 이로써 혼합고무의 가교특성은 혼합된 각각 고무의 가교특성이 상호 조화되어 나타남을 알 수 있었다. 이에 대한 상세한 정보는 Table 3과 Table 4에 정리하여 표현하였다.

NBR과 타 고무 및 NBR/NR (SBR) 블렌드 고무의 물리적 성질. 다양한 종류의 가교고무에 대한 모듈러스 (modulus, 100% 인장하여 측정된 응력, 이하 모듈러스로 표현) 값을 Fig. 4에서 비교하였으며, 여기에서 EPDM이 가장 높은 값을 나타내고, NBR, BR, SBR, NR 순으로 낮게 나타났다. 105 °C 공기 오븐에서 24시간동안 열화한 후에는 모든 고무에서 모듈러스가 증가하나 천연고무의 경우가 가장 적게 증가하였고, 나머지 합성고무들은 거의 동일 수준으로 증가하는 것을 보여준다. Fig. 5에서는 NBR 블렌드 고무의 모듈러스가 NBR 첨가량에 따라 변화되는 정도를 보여주는데, NBR 양이 증가하면 NR과 혼합되는 고무의 모듈러스는 2차 계수가 음의 값을 나타내는 포물선으로 증가하고, SBR과 혼합되는 고무에서는 2차 계수가 양의 값을 갖는 2차 함수로 증가함을 보여준다. 물성이 낮은 NR과 혼합되는 경우에는 낮은 모듈러스를 나타내며 미미하지만 NR에 의해 지배가 되는 반면에 SBR과 혼합되는 경우에서

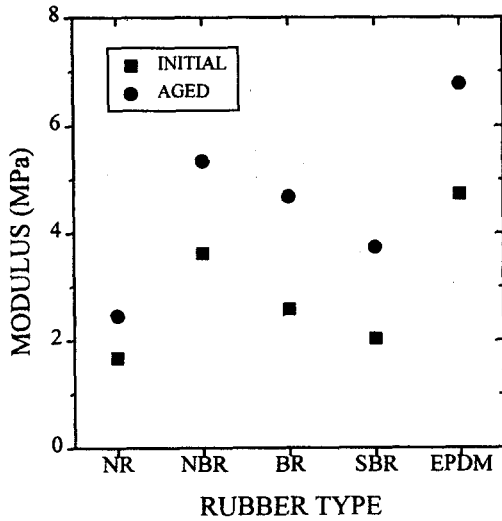


Figure 4. Modulus of various rubber compounds at 100% extension (aging condition : 105 °C air oven, for 24 hrs).

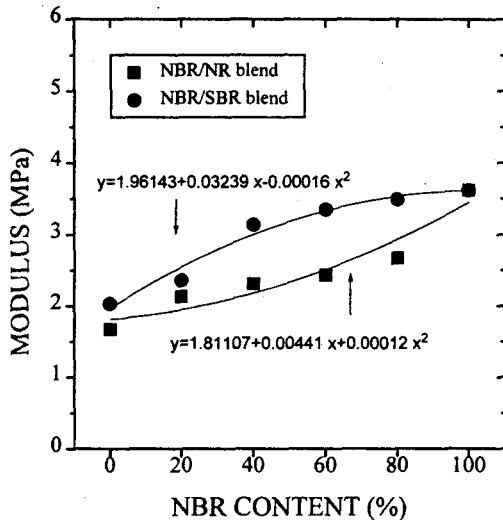


Figure 5. Modulus of the NBR blend compounds at 100% extension.

는 높은 모듈러스를 나타내면서 NBR이 지배하는 것을 알 수 있다. Table 5에는 각 고무간 파괴강도에 대한 차이를 나타냈으며, 초기 파괴강도는 NR이 가장 높으며 SBR, NBR, BR, EPDM 순으로 낮아지고 열화 후에는 NBR, EPDM, SBR, BR, NR 순으로 낮아진다. 노화에 의한 강도 하락율 크기 순서는

Table 5. Physical Properties of Various Rubber Compounds Cured with Optimum Cure Time at 160 °C (initial/aged^f)

item	NR	NBR	BR	SBR	EPDM
hardness	53/60	70/76	63/73	62/69	71/77
modulus (MPa) ^g	1.67/2.46	3.62/5.34	2.58/4.68	2.03/3.74	4.73/6.78
tensile strength (MPa)	23.2/19.6	21.9/23.0	20.9/20.6	22.7/21.8	19.9/22.1
elongation (%) ^h	631/494	495/414	514/377	627/540	285/253

^f Aged in 105 °C air oven. ^g Modulus at 100% extension. ^h Elongation at break.

Table 6. Physical Properties of Various NBR/NR Blend Compounds Cured with Optimum Cure Time at 160 °C

item	NBR/NR					
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80	0/100
hardness	70	66	63	61	57	53
modulus (MPa)	3.62	2.67	2.43	2.31	2.13	1.67
tensile strength (MPa)	21.9	20.4	19.7	21.4	22.8	23.2
elongation (%)	495	520	575	616	627	631

Table 7. Physical Properties of Various NBR/SBR Blend Compounds Cured with Optimum Cure Time at 160 °C

item	NBR/SBR					
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80	0/100
hardness	70	70	69	68	66	62
modulus (MPa)	3.62	3.49	3.35	3.14	2.36	2.03
tensile strength (MPa)	21.9	20.0	20.1	20.4	21.7	22.7
elongation (%)	495	512	521	555	617	627

NR, SBR, BR 순이나 EPDM과 NBR에서는 강도 하락이 없이 오히려 증가하는 모습을 나타낸다. 이것은 내열, 내산화 특성에서 EPDM과 NBR이 우수하다는 것을 여실히 증명하는 것이라고 할 수 있다. Table 6과 Table 7은 NBR 블렌드 고무의 NBR 양에 따른 물리적 성질들의 결과를 정리한 것이다. 이 결과에 의하면 NR과 혼합된 고무는 NBR이 60%일 때, SBR과 혼합된 경우에는 NBR이 80%일 때 최하의 강도 값을 나타낸다. 즉, NR과 혼합된 NBR 블렌드 고무는 NBR의 양이 60%일 때 가장 블렌드성이 나빠지며, SBR과 혼합된 경우는 NBR 양이 80%일 때 블렌드성이 좋지 않음을 의미한다고 할 수 있다. 그리고 파괴될 때의 신율은 NR, SBR이 우수하고,

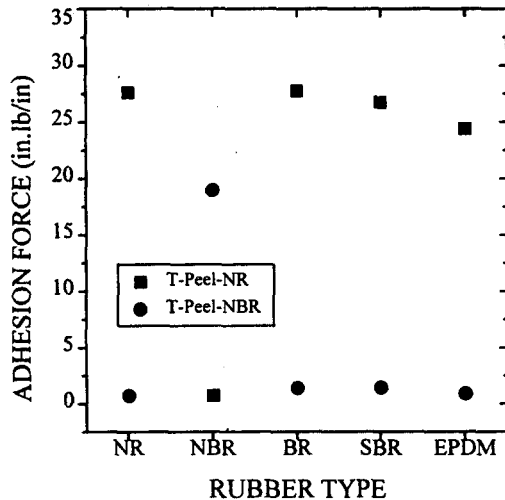


Figure 6. Adhesion force between NR (or NBR) and different rubber strip from T-Peel Test (T-Peel-NR: Peel adhesion force between NR and different rubber strip, T-Peel-NBR: Peel adhesion force between NBR and different rubber strip).

BR과 NBR은 중간 수준, EPDM은 매우 나쁜 수준이나, 열화 후에는 SBR, NR, NBR, BR, EPDM 순으로 신율이 짧아짐을 보여준다. NBR이 NR과 혼합된 경우는 NBR 양이 증가함에 따라 신율이 하락하는데 NR이 지배하며, SBR과 혼합한 경우는 NBR에 지배를 받는다. 이런 특성은 모듈러스에서도 같은 모습으로 분석되었으며, NR보다 SBR이 NBR과 혼화성이 좋을 것을 나타내주는 좋은 예라 할 수 있다.

NBR과 타 고무 층간 접착 (T-Peel Test). Fig. 6은 NR 고무판과 각기 다른 고무 (NR, NBR, BR, SBR, EPDM)판을 서로 붙여서 가교를 시킨 다음에 분리하는 T-Peel Test 시험으로 얻은 분리 강도와 NBR 고무판과 각기 다른 고무판간의 분리 강도를 보여주고 있다. NR 고무판과의 분리 강도 (T-Peel-NR)는 NBR을 제외한 다른 고무에서는 매우 높은 값을 보이며, 파괴된 표면의 형상도 knotty (고무사슬 매듭)가 크고 계면에서의 분리보다는 고무분자 중에서 결합력이 약한 부위의 파괴로 나타난다. 그러나 NBR과 접착된 경우 (T-Peel-NBR)에는 매우 낮은 분리 강도를 보이며 표면도 매우 매끈하게 계면을 따라 분리됨을 알 수 있다. 이들 낮은 분리 강도에서 SBR의 분리 강도는 NR의 분리 강도보다 2배로 높

게 나타났다. 따라서 각기 다른 고무층간 접착은 고무분자간의 분자이동에 의한 접착이 지배한다는 이론이 가장 설득력이 있는 것으로 여겨진다.¹⁶ 이 현상을 확인하고자 NBR과 여러 고무간의 분리강도 시험을 마친 후에 분리된 NBR 고무 표면을 SEM (scanning electron micorscopy, JEOL사, model JXA-840)으로 확대하여 파괴 단면에 대한 그림을 Fig. 7에 표시하였다. 접착력이 큰 NBR/NBR간의 분리 표면은 Fig. 7(b)에 나타냈는데 파괴 단면이 매우 불규칙하고 사슬간 분리모형을 나타내고 있으나, Fig. 7(a)에서 보여주는 NR/NBR간의 분리 표면은 경계면에서의 분리모형을 잘 나타내 주고 있다. 반면에 Fig. 7(d)에 나타난 SBR/NBR 분리 표면은 중간 형태의 분리모형을 나타내고 있어 SBR이 NBR과의 혼화성에서 NR보다 우수함을 여실히 보여주고 있다. 그리고 표면사진에 의하면 BR (Fig. 7(c))이나 EPDM (Fig. 7(e))은 SBR에 비해서 NBR과 혼화성이 나쁜 편이나 NR보다는 좋다는 것을 알 수 있었다.

NBR/NR (SBR) 블렌드 고무의 층간 접착. Fig. 8은 NR 고무와 NBR 블렌드 (NR/NBR, SBR/NBR) 고무의 층간 접착에 대해 T-Peel Test 방법으로 얻은 접착력을 나타낸 그림으로, NBR 양이 60% 이상이면 접착력이 매우 낮은 편이며 NBR/NR 블렌드 (B-Peel-NR)보다 NBR/SBR 블렌드 (B-Peel-SBR)가 약간 높은 값을 나타내고, NBR 양이 40% 이하가 되면 NBR 양에 반비례하여 접착력이 증가하고, NBR/SBR 블렌드의 경우가 높은 접착력을 보인다. 여기에서 SBR이 NR보다 NBR과 혼화성이 우수하다는 것을 재차 확인할 수 있었다.

섬유코드와 고무의 접착성 비교. 여러 고무들과 섬유코드간의 접착성질을 조사하고자 Pull Out Test (H-Test)를 이용하여 접착력을 측정하였다. 이때 사용된 섬유코드는 1890d/2p (코요롱 사, N-6)였고, 열화조건이 85 °C 상대습도 85%인 오븐에 72시간 동안 미리 가교하여 준비된 시편을 넣어 열화를 시킨 후에 측정한 접착력과 가교 직후 측정한 접착력을 Fig. 9에 나타냈다. 섬유코드와 고무간의 접착은 NBR, NR, SBR이 우수하였고, BR과 EPDM은 낮은 접착력을 보인다. 이에 대한 이유를 밝혀 보면, 코드표면에 도포된 RFL (resorcinol formaldehyde

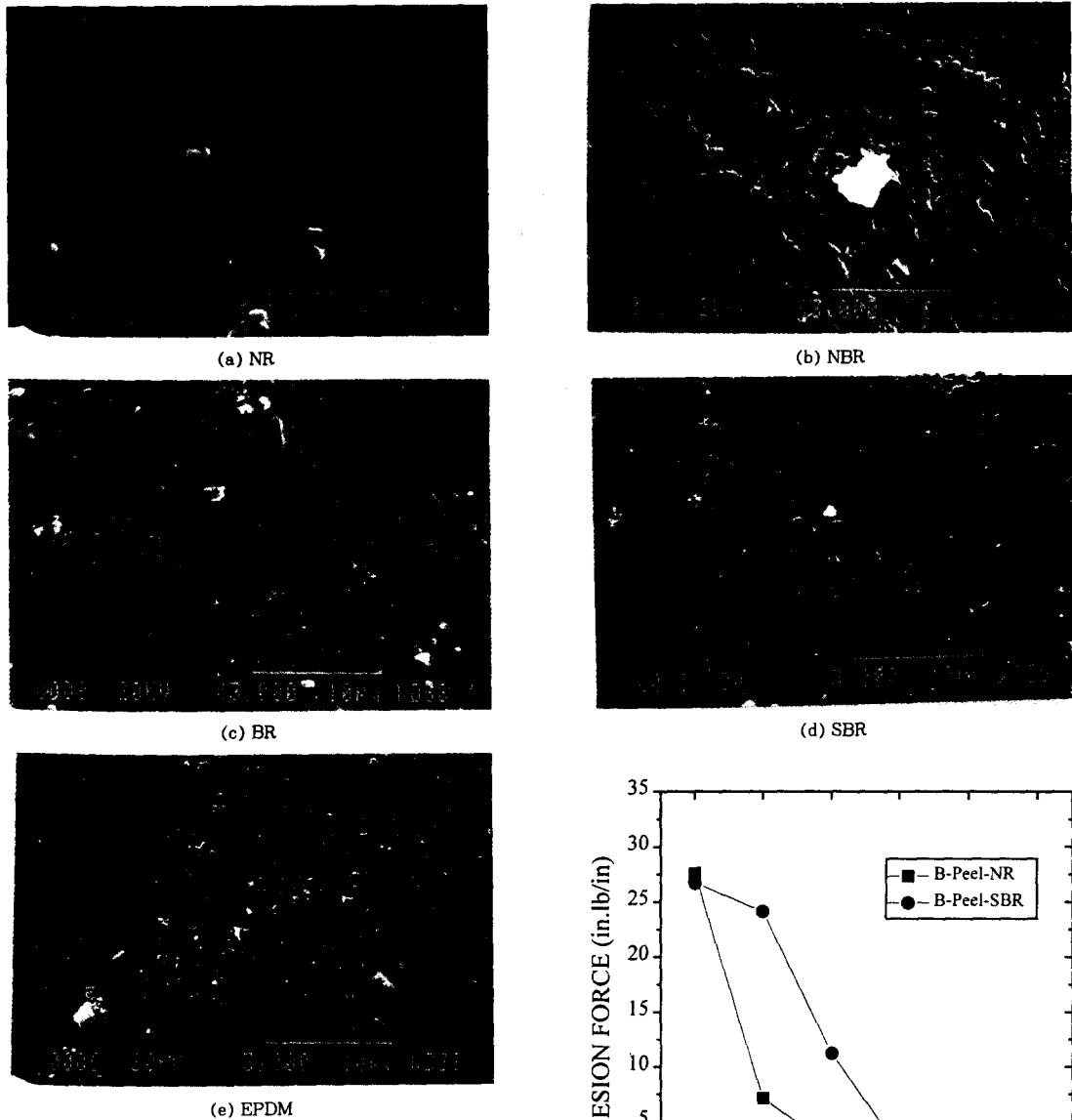


Figure 7. SEM photographs of various interfacial rubber surfaces after T-Peel Test between NBR and different rubber ($\times 3000$).

latex)과 고무가 잘 접착하면 접착력이 고무의 강도에 비례하여 증가하나 접착이 좋지 않으면 코드와 고무의 경계면에서 분리되어 접착력은 낮아지기 때문에 여겨지며, 이 현상을 명확히 증명하고자 Compact Micro Vision System (Hirox Co., Model KH-2200 (MD3))을 이용하여 얻은 사진을 Fig. 10에 표

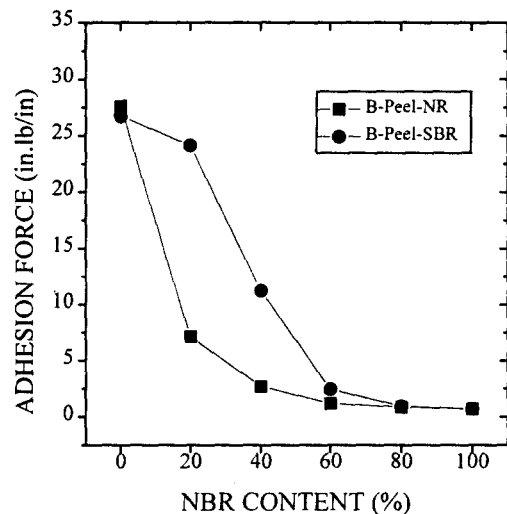


Figure 8. Adhesion force between NR and NBR blend rubber strip with respect to the NBR content (B-Peel-NR: Peel adhesion force between NR and NBR/NR blend rubber strip, B-Peel-SBR: Peel adhesion force between NR and NBR/SBR blend rubber strip).

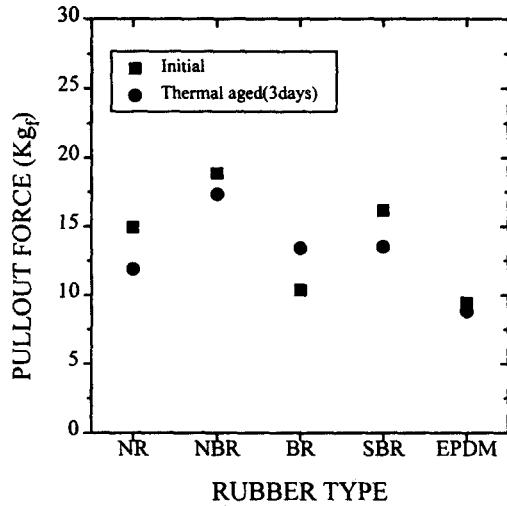


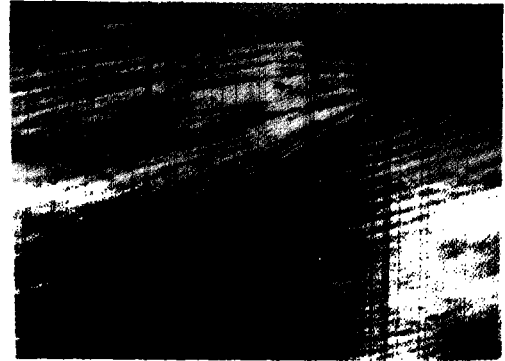
Figure 9. Pull out force between N-6 cord (1890d/2p) and different rubber compound from Pull Out Test (aging condition : 85 °C R.H. 85%).



(a) NR



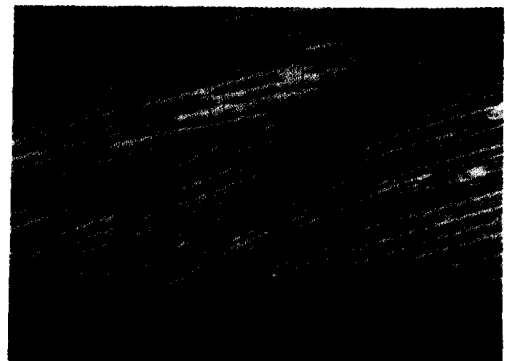
(b) NBR



(c) BR



(d) SBR



(e) EPDM

Figure 10. Photographs of cord surfaces after Pull Out Test between N-6 cord (1890d/2p) and different rubber by Compact Micro Vision System ($\times 40$).

현하였다. 이 Fig. 10의 사진 중에서 접착력이 우수한 NR (a)과 NBR (b), SBR (d)는 접착 시험을 마친 코드 표면에 고무가 잘 부착되어 있고, BR (c)와 EPDM (e)는 코드 표면에 고무가 거의 없는 것을 보

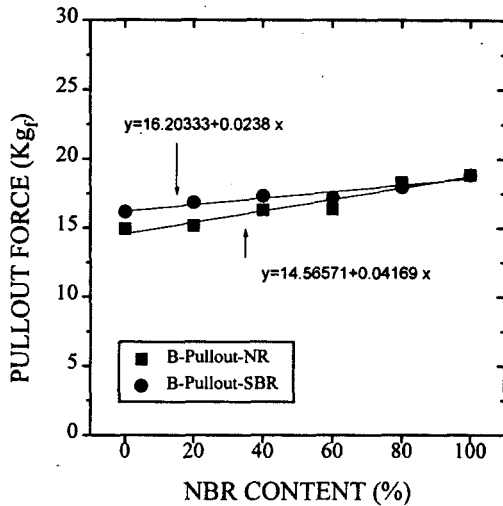


Figure 11. Pull out force between N-6 cord(1890d/2p) and NBR blend rubber compound with respect to the NBR content from Pull Out Test (B-Pullout-NR: Pull out force between N-6 cord and NBR/NR blend rubber, B-Pullout-SBR: Pull out force between N-6 cord and NBR/SBR blend rubber).

여름에 따라 이런 설명을 설득력 있게 해준다.

섬유코드와 NBR 블렌드 고무의 접착성 비교. Fig. 11은 NBR/NR과 NBR/SBR 블렌드 고무와 섬유코드의 접착력을 표시한 그림으로, NBR의 함량이 증가함에 따라 접착력은 선형으로 증가하며 강도가 낮은 NR과 혼합된 NBR 블렌드 고무의 접착력 (B-Pullout-NR) 증가 기울기가 SBR을 혼합한 것 (B-Pullout-SBR)보다 크며, 모든 시편에서 접착력이 우수함을 알 수 있다. 따라서 NBR 블렌드 고무와 섬유코드의 접착력은 고무의 강도에 의존함을 알 수 있다.

결 론

NBR과 여러 종류의 고무간의 접착특성을 조사한 결과, 특별하게 높은 접착력을 갖는 고무는 발견하지 못하였으나, 일반적으로 사용하는 고무 중에서 SBR이 가장 우수하였으며, 특히 NR의 2배에 해당됨이 조사되었다. 그리고 NBR 블렌드 고무와 천연고무의 접착 특성 결과는 NBR과 혼화성이 우수한 SBR이 바람직한 접착특성을 보이면서 내노화, 내산화 특성

을 갖는다는 것을 알게 되었으며, NBR 양이 40% 이하 때 가장 적절한 비임을 확인하였다. 섬유코드와의 접착은 NR, SBR뿐 아니라 NBR도 우수한 접착 특성을 갖고 있어 NBR 블렌드 고무에서는 pull out force가 고무의 강도에 의존함을 알 수 있었다. 따라서 화학 장치용 호스나 연결 기구로 사용되는 고무 복합체는 NBR/SBR비가 40/60일 때 가장 바람직하며, 계면 보강제로는 나일론 섬유코드를 사용하면 NBR고무와 다른 고무간의 층간 접착을 보강하는데 매우 우수함이 확인되었다.

참 고 문 헌

1. J. R. Dunn and R. G. Vara, *Rubber Chem. Technol.*, **56**, 557 (1983).
2. I. Franta, "Elastomer and Rubber Compounding Materials", 3rd Ed., chapter 4, Elsevier Amsterdam Oxford, New York, 1989.
3. Maurice Morton, "Rubber Technology", chapter 11, Van Nostrand Reinhold, New York, 1987.
4. H. E. Trexler, *Rubber Chem. Technol.*, **54**, 155 (1981).
5. H. Tanahashi, S. Osanai, M. Shigekuni, K. Murakami, Y. Ikeda, and S. Kohjiya, The 151st ACS Meeting, No 72, Anaheim, California, May 6-9 (1997).
6. N. Nakajima and J. L. Liu, *Rubber Chem. Technol.*, **65**, 453 (1992).
7. J. W. Horvath, The 144th ACS Meeting, No 154, Orlando, Florida, October 26-29 (1993).
8. R. P. Mastromatteo, J. M. Mitchell, and T. J. Brett, *Rubber Chem. Technol.*, **45**, 1065 (1972).
9. M. S. Nordin, The 134th ACS Meeting, No 80, Cincinnati, Ohio, October 18-21 (1988).
10. R. L. Zapp, *Rubber Chem. Technol.*, **46**, 251 (1973).
11. A. S. Farid, The 151th ACS Meeting, No 71, Anaheim, California, May 6-9 (1997).
12. A. Y. Coran and R. Patel, *Rubber Chem. Technol.*, **56**, 1045 (1983).
13. J. R. Dunn, H. A. Pfisterer, and J. J. Ridland, *Rubber Chem. Technol.*, **52**, 331 (1979).
14. M. Gozdoff and J. C. Laurich, The 151th ACS Meeting, No 59, Anaheim, California, May 6-9 (1997).
15. K. Mori, *Rubber Chem. Technol.*, **60**, 823 (1987).
16. S. S. Voyutskii, *Rubber Chem. Technol.*, **33**, 748 (1960).