



## BR고무/결정성고무 블렌드의 물성에 미치는 온도 및 오존농도 등의 환경인자의 영향

박 찬 영<sup>†</sup>·이 원 기·민 성 기

부경대학교 공과대학 응용화학공학부

(2010년 1월 27일 접수, 2010년 2월 8일 1차 수정, 2010년 2월 18일 수정 및 채택)

### Effects of Environmental Factors such as Temperature and Ozone Concentration on the Properties of BR/Crystalline Rubber Blend

Chan Young Park<sup>†</sup>, Won Kee Lee, and Seong Kee Min

Division of Applied Chemical Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-739, Korea

(Received January 27, 2010, Revised February 8, 2010, Revised & Accepted February 18, 2010)

**요약** : 기계적 혼련법으로 butadiene rubber (BR)과 대표적인 결정성고무인 chloroprene rubber (CR) 블렌드 혼련물을 제조하여, 이들의 가교 거동, 기계적 성질, 내오존성 및 동적 기계적 성질 등을 검토하였다. 내오존시험에 있어서 50 wt% CR 고무의 첨가에 의하여 크게 개선됨을 확인할 수 있었다. Rheovibron에 의한 동적·기계적 특성 측정의 결과로부터 BR/CR 블렌드는 두 개의 전이를 보였으며  $\tan \delta$  피크의 위치는 CR 고무의 함량이 증가함에 따라 고온 쪽으로 이동함을 확인할 수 있었다. 한편 CR 고무량이 증가할수록 최적 가황시간이 증가하는 경향을 보였다.

**ABSTRACT** : The butadiene rubber (BR) blends with chloroprene rubber (CR) were prepared by mechanical mixing method. Cure characteristics, mechanical properties, ozone resistance properties and dynamic mechanical properties were subsequently examined. The properties of ozone resistance of pure BR was significantly improved through blending with 50 wt% CR. Dynamic characteristics determined from a Rheovibron generally showed two glass transition ( $T_g$ ) for the entire blends,  $\tan \delta$  peak monotonically shifted toward the higher temperature with the increasing content of CR. Optimum cure time of compound was significantly lengthened with loading of CR.

**Keywords** : Ozone resistance properties, dynamic mechanical properties, Rheovibron,  $\tan \delta$ , optimum cure time

## I. 서 론

통상 한 가지 종류의 고무는 요구되는 물리적, 화학적 및 기계적 특성을 모두 만족시키지 못하는 경우가 많으므로 두 가지 이상의 고무를 포함한 블렌딩에 의하여 각각의 장점을 살리고 단점을 상호 보완함으로써 물성이나 가공성을 높여주고 비용을 절감할 수 있다. 모든 고무는 나름대로 하나 또는 그 이상의 결점을 가지고 있으며 고무 블렌드는 혼련물의 물리적 성질, 가공성 및 비용에 있어서 최상의 타협을 얻기 위하여 고무 산업계에서 널리 이용되고 있는 한 방법이다.<sup>1-3</sup>

고무를 블렌드하거나 혼합하는 이유는 고무의 기계적 물성 향상, 가공성 향상 및 배합물의 가격을 낮추는 데 있으며 일반적으로 각 성분의 물성보다 더 우수한 혼련물을 얻기 위한 것이다.<sup>4-6</sup> 고무블렌드 방법으로는 polymer의 합성 단계에서의 혼합 라텍스, 용액 블렌드 및 기계적 혼합 등이 있으나 공업

적으로 기계적 혼합이 많이 이용되고 있다. 혼합방법으로서 블렌드의 혼합물을 균일하게 혼합하는 분배혼합, 배합성분을 미세한 domain에 분산시키는 분산혼합으로 크게 구분할 수 있으며 대개 분산혼합의 경우에는 압출기를, 분배혼합에는 Banbury mixer 등의 밀폐형 혼합기가 이용된다. 고무블렌드에서는 망상구조를 각각의 고무상에 균질하게 함으로써 양호한 가황물성을 얻을 수 있다. 즉 두 개의 고무에 가용성 배합제, 특히 가황제 및 가황촉진제를 일정량으로 분배하고 혼합하여 가황이 일어난다.

두 가지 고무는 구조적 거동의 관점에서는 실제로 상용성을 보이지 않으나 기계적 혼련공정을 거쳐 거시적으로 균일한 것을 얻을 수 있으며 강력한 기계적 혼련 및 혼련 후의 점도가 충분히 높아 전체적으로 상 분리를 일으키지 않는 경우 균일상을 갖는 고무 블렌드를 얻을 수 있게 된다.<sup>7-9</sup> 인상물성에 영향을 미치는 요소는 가교제의 분배, 블렌드의 가교구조 및 각 고무의 유리전이 온도( $T_g$ ) 등이다. 유사한 극성 및 가황속도를 갖는 고무는 공가교를 일으킬 수 있으며 그것의 블렌드

<sup>†</sup> 대표저자 E-mail: parkcy@pknu.ac.kr

는 가성성을 보이지만 극성이 다른 고무 블렌드는 기대되는 물성보다 훨씬 떨어진다.<sup>10,11</sup>

BR고무는 NR이나 SBR에 비해 내한성, 내노화성, 내마모성이 뛰어나며 고탄성으로 동적발열도 적고, 블렌드성, 고충전성, 성형성, 성형흐름성 등 가공성도 뛰어나다.<sup>2</sup> 타이어용으로는 눈 위나 얼음 위에서 견인력이 크다는 특징을 지니고 있고, 승용차 타이어(주로 스노우 타이어)용 고무로는 SBR 다음으로 많이 사용되고 있다. 단점은 원료 고무에 있어서 약간의 cold flow성, 그리고 극한 타이어용으로는 치명적이라 할 수 있는 칩핑(chipping)이나 컷팅(cutting)을 일으키기 쉬운 점, 롤 가공성이 떨어지는 점이 있고 BR 단독으로 사용되기보다는 다른 고무와의 블렌드로 사용되는 경우가 많다.

한편 CR고무의 특징은 내후성, 접착성, 내오존성, 내열노화성, 내유성, 내약품성이 뛰어나고 난연성이며 가스 투과율이 낮다.<sup>12,13</sup> 분자구조는 비교적 규칙성에 풍부한 전형적인 결정성의 폴리머이기 때문에 보강제를 배합하지 않은 순고무 배합이라도 상당한 정도의 기계적 물성을 나타내며 응집력도 커서 접착력이 높다. 이 외에도 CR은 결정성과 극성을 가지므로 접착제에 이용된다.

일반적으로 디엔계 고무는 외부에 노출될 경우 오존의 농도가 낮은 경우에도 침해를 받아 분해된다. 오존은 대기 중에 언제나 존재하는데 일반적인 조건에서는 농도가 1~10 ppm이나 도시의 대기에는 그 수치가 더욱 높아 오존은 불포화 결합들과 반응하여 사슬의 절단을 일으켜 aldehyde와 ketone 그룹들을 발생시킨다. 불포화 그룹을 가진 고무는 환경 응력을 받지 않은 상태에서는 표면층에 의해 내부가 보호된다. 그러나 응력(stress)을 받기 시작하거나 또는 주기적인 반복응력에 의해 피로의 원인이 발생한 경우 표면층에 균열이 생기게 되고 그 결과 생성된 새로운 표면이 오존에 침해를 받게 된다. 따라서 균열은 성장하게 되며 시간의 경과에 따라 비례적으로 고무는 파괴되게 된다.<sup>14,15</sup>

본 실험에서는 BR고무에 대하여 대표적인 결정성고무인 CR고무를 블렌딩하여 CR고무의 첨가량이 블렌드 가황체의 물성에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

## II. 실험

### 1. 실험재료

BR 고무는 금호석유화학(주) 제품의 KOSYN 01 grade를 사용하였으며, CR 고무는 일본의 DENKA Co.에서 판매하는 M-40 grade를 사용하였다. 가교제는 황을 사용하였고, 활성제는 MgO 및 ZnO를 사용하였다. 가교촉진제는 dibenzothiazyl disulfide(DM)과 2-mercapto-imidazoline(상품명 Na-22F)를 병용하였다. 윤활제로서는 스테아린산이 사용되었으며, 충전제로는 semi reinforcing furnace(SRF)를 사용하였다.

Table 1. Basic Formulation of BR/CR Blends

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
KOSYN KBR01	100	75	50	25	0
M-40	0	25	50	75	100
Stearic acid	1	1	1	1	1
ZnO	5	5	5	5	5
MgO	4	4	4	4	4
SRF	40	40	40	40	40
sulfur	1	1	1	1	1
DM	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Na-22	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
TOTAL	152.8	152.8	152.8	152.8	152.8

### 2. 시편제조

본 연구에서는 1차, 2차 혼련(mixing)으로 분리 배합하여 시편을 제조하였다. 1차 혼련 공정은 1.6 L 용량의 Banbury 혼련기로써 속도는 30 rpm으로 하고 초기온도 및 최종온도는 각각 50 °C, 80 °C로 유지하였다. 그리고 1분간 전단력에 의해 고무에 대한 소련을 수행하고 이어서 충전제와 고무 배합약품을 함께 투입하여 4분간 더 혼련한 후 1차 혼련물(compound)을 상온에서 24시간 방치하여 숙성시켰다. 2차 혼련은 6 in × 12 in 인 개방롤(open roll)에서 1차 혼련물과 가황 약품을 가하여 40 °C에서 5분간 균일하게 혼련하여 고온 프레스에서 압축성형함으로써 고무 가황물을 제조하였다. BR/CR 혼련물의 조성비를 Table 1에 나타내었다. BR/CR 혼련물의 조성을 무게비로 하여 T-1, T-2, T-3, T-4 및 T-5 등으로 나타내었다. 여기서 T-1, T-2, T-3, T-4 및 T-5는 BR/CR의 무게비를 각각 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 및 0/100 wt%로 하여 혼련시킨 BR/CR 블렌드계이다. 최종배합시편은 Rheometer(Monsanto ODR 2000)를 이용하여 ASTM D 2084<sup>16</sup> 규격에 준하여 160 °C에서 가교도를 검토한 결과 최종 배합표를 작성하였다. 또한 가공용이성과 공정 안정성은 Mooney 점도계(Monsanto R100)를 이용하여 100 °C에서 점도를 측정함으로써 얻을 수 있었다. 160 °C에서 최적 가황 시간을 선정하여 이를 기준으로 프레스에서 시험용 시편을 제조하여 인장강도, 경도 등의 기계적 물성을 측정하였다.

### 3. 기계적 물성 시험

경도는 KSM 6518의 가황고무 경도 시험 방법에 따라 스프링식 경도계(Shore-A)를 사용하여 경도 값은 4회 측정하여 평균값을 취하였다. 시험편의 모형은 두께 12 mm이상, 지름 29 mm의 원판형이다. 경도를 측정할 때는 시험기와 시험편이 수직

으로 되게 하고 가압면을 가볍게 접촉시켜 5초 후 눈금을 읽고 그 시편의 경도를 구했다. 인장물성은 인장시험기(DUT 500C)를 사용하여 측정하였다. 고온 프레스에서 가압·가열 성형하여 만든 판상의 가황물을 KSM 6518에 따라 아령형 3호로 절단하여 물성 측정용 시료를 제작하였다. 시험편을 인장 시험기에 장착하여  $500 \pm 25$  mm/min의 인장속도로 시험편이 절단될 때까지 인장시험을 하여, 응력과 변형곡선을 구하였다.

#### 4. 내열성 시험

내열성 시험은 공기가열 노화시험기(DAT-300)을 사용하여 ASTM D 573<sup>17</sup>에 의거하여 수행하였으며 기어식 열 노화시험기를 사용하여 열 공기 항온조 내에 시험편을 걸고 회전시키면서 가열공기와 접촉노화시켰다. 이 경우 내부 공기가 1시간에 1회 순환되고, 내부 온도차이는 항온조 내의 중앙부에 대하여  $\pm 2$  °C 이내, 내부용적 10 ml 당 시료 1 g을 초과하지 않도록 하였다. 또한 노화시험을 행하기 전에 먼저 시험편의 두께 측정 및 표선 긋기를 행하였으며, 인장시험은 시험편을 노화시킨 후 꺼내어 실온에서 8~96시간 이내에 행하였다.

#### 5. 내오존성 시험

본 연구에서의 내오존성 시험은  $65.6 \sim 81.9$  cm<sup>3</sup>의 용적을 가진 시험조 내에 석영 수은램프에서 발생된 오존을 보내어 수행하였다. 그리고 회전날개의 직경 152.4 mm, 날개의 경사가 20~30°인 팬을 1700 rpm의 회전속도로 작동시켜 내부의 풍속을 30.5 cm/sec로 하여 1분 동안 용적의 3/4을 교체함으로써 내부의 공기를 교반·혼합시켰다. 한편 오존농도는 50 pphm, 온도는 40 °C로 하였다. 직사각형(1 in × 6 in)의 시험편을 20% 신장시켜 24시간 동안 방치 한 후 오존 탱크 내에 넣어 두고 균열 발생시간 및 균열 상태를 관찰하여 기록하였다.<sup>14</sup>

#### 6. 동적·기계적 성질

동적·기계적 성질은 Rheovibron(Orientec DDV-25 FP)을 사용하여 결정하였다. 측정은 액체질소를 충전하여 -150 °C부터 50 °C까지의 온도범위로 하여 11 Hz에서 행하였으며 승온속도는 3 °C/min으로 하였다.

### III. 결과 및 고찰

Figure 1에는 ASTM D 2084<sup>16</sup>에 의거하여 Rheometer로부터 얻어진 실험결과를 나타내었다. 본 연구에서 실험결과는 Table 2에 보여진다. BR/CR 블렌드는 무게비로 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 및 0/100의 비율이다. 배합약품을 혼합한 고무를 가열함으로써 유연한 상태에서 탄성상태로 가황이 일어난다.

전반적으로 시간이 지남에 따라 torque값이 증가하는 경향을 보였는데 이것은 시간의 경과에 따라 명백히 가황이 일어났다는 것을 의미한다. 가황상태는 일반적으로 인장강도를 나타내는 T곡선으로 표시되는 곡선을 가지고 판정하며 이 곡선을 가황곡선이라 칭한다. 가황곡선은 Rheometer를 사용하여 얻으며, 일정한 온도조건에서 가황시간이 증가함에 따라 고무시편의 중심에 놓인 판을 일정한 각도로 주기적으로 회전시키는데 필요한 힘을 시간에 대한 토크 함수로써 나타낸다.

Figure 1에 보여지는 것처럼 CR 고무의 양이 증가함에 따라 torque 값이 커지게 되는데 이것은 시간이 경과함에 따라 가황이 더욱 진행되어 가교밀도가 증가하는데 기인한 것으로 짐작된다.

Figure 2는 BR/CR 블렌드계에 있어서 공기 중에서 노화시험을 거치지 않은 시편 및 100 °C의 오븐에서 노화시간을 달리하여 노화시험을 거친 시편의 경도 변화를 나타내었다. 경도는 고무가황체의 움푹 들어감(indentation)에 대한 저항의 정도를 의미하며 크게 Shore A 및 Shore D의 두 종류로 나누어진다. BR/CR 고무 블렌드 가황체로부터 얻은 시편에 대해 노화시키지 않은 것과 노화 시험을 행한 것들의 물성치를 Table 2 및

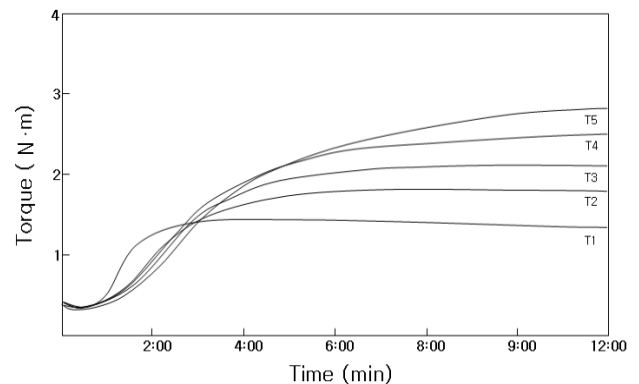


Figure 1. Cure curve of BR/CR rubber blends at 160 °C.

Table 2. Cure Characteristics and Experimental Results of Unaged BR/CR Blends

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Tmin <sup>a)</sup>	0.31	0.33	0.35	0.34	0.31
Tmax <sup>b)</sup>	1.43	1.80	2.11	2.47	2.90
ts1 <sup>c)</sup>	0:54	1:05	1:07	1:07	1:08
t90 <sup>d)</sup>	2:18	4:17	5:11	6:34	9:02
Hardness (Shore A)	51	57	63	67	72
Tensile Strength (MPa)	10.6	12.8	14.9	18.5	24.8

a) : Minimum torque value(N · m)

b) : Maximum torque value(N · m)

c) : Scorch time(mim : sec)

d) : Optimum cure time(min : sec)

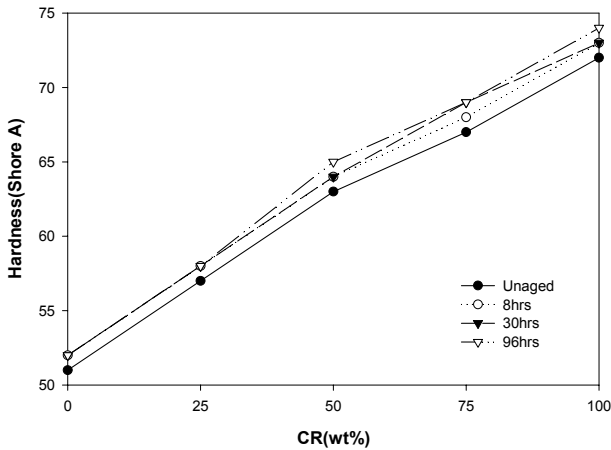


Figure 2. Hardness of without aging and air aged BR/CR blends for different measuring time at 100°C.

Table 3. Experimental Results of Air aged BR/CR Blends Determined at 100°C

[Measurement Condition : 100°C × 8hr]					
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Hardness(Shore A)	52	58	64	68	73
Tensile Strength(MPa)	9.9	12.3	14.6	18.1	22.4
[Measurement Condition : 100°C × 30hr]					
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Hardness(Shore A)	52	58	64	69	73
Tensile Strength(MPa)	8.3	10.9	13.7	16.9	21.5
[Measurement Condition : 100°C × 96hr]					
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Hardness(Shore A)	52	58	65	69	74
Tensile Strength(MPa)	7.3	9.1	11.3	14.5	20.3

Table 3에 나타내었다. 그림으로부터 알 수 있는 것처럼 CR 고무의 첨가량이 증가함에 따라 전반적으로 고무가황체의 경도가 증가하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 한편 공기 중의 가열 노화시험에 있어서 고무시편에 열을 가하는 경우에는 산화를 가속화시킴으로써 열은 주요한 열화 인자가 된다. 공기 중의 노화시험에 있어서는 후경화(post cure)에 기인하여 노화처리 시간이 길어짐에 따라 시료의 경도가 증가함을 알 수 있었다.

Figure 3은 노화시키지 않은 BR/CR고무 혼련물 및 100 °C의 건조기에서 8~96시간 동안 가열노화시킨 BR/CR 고무 혼련물의 인장강도 변화를 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 CR의 함유량이 증가할수록 인장강도는 증가하고, 노화 시간을 달리 하여 노화시킨 경우에는 노화시간이 길어짐에 따라 인장강도 값이 감소함을 알 수 있다. 또한, CR의 후경화 영향으로 CR

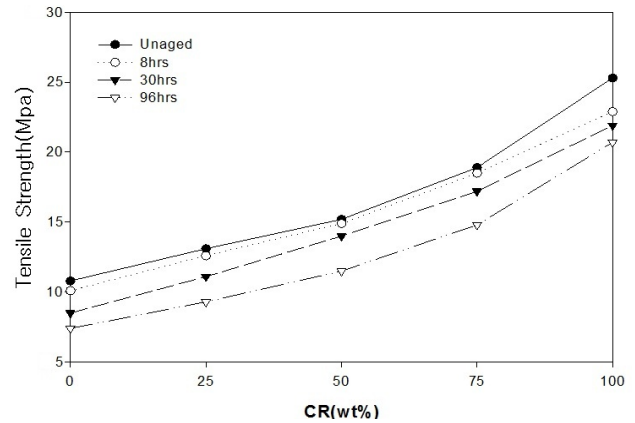


Figure 3. Tensile strength of without aging and air aged BR/CR blends for different measuring time at 100°C.

함량이 증가할수록 노화시간에 따라서 인장강도 차이가 감소함을 알 수 있었다.

Table 4 및 Figure 4에는 일정농도 오존에 대한 노출 시간이 시편의 환경 저항성에 끼치는 영향을 나타내었다. 본 실험에서는 오존농도 50 pphm, 실험온도 40 °C의 조건하에서 20% 신장도의 시편을 사용하였다. CR고무량이 증가함에 따라 내오존성이 개선되는 반면에 BR의 함량이 늘어날수록 crack의 수가 늘어나고 crack의 크기도 커졌다. 30시간 이상의 오존시험에 주어진 T-1 및 T-2의 경우에는 Figure 4에 보여지지 않는 데 이것은 시편이 심하게 훼손되었음을 의미한다. CR의 오존에 대한 안정성은 염소원자로 인하여 이중결합이 잘 활성화되지 못하기 때문인 것으로 여겨진다.

Rheovibron에 의한 블렌드의 점탄성의 변화를 Figures 5~7에 나타내었다. 즉 BR/CR 블렌드에 있어서 온도의 변화에 따른 저장탄성률 E', 손실탄성률 E'' 및 tan δ 등의 변화는 동적·기계적 특성을 측정함으로써 구할 수 있으며, 다음과 같은 매개변수로써 점탄성을 나타내는 척도로 사용되고 있다. 즉 E' = E°cos δ, E'' = E°sin δ, tan δ = E''/E'로 정의되며 tan δ는 점성과 탄성의 비를 나타낸다. 고분자 유체에 있어서 tan δ 값이 작을수록 탄성은 크다. 고무를 포함하는 고분자재료는 일반적으로 온도와 주파수에 따라 탄성률이 변한다. 대표적인

Table 4. Ozone Resistance Test of BR/CR for Various Measuring Time

test time(hrs)	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
5	X	X	O	O	O
10	X	X	O	O	O
20	X	X	O	O	O
30	X	X	O	O	O
40	X	X	X	X	X

X : crack, O : no crack

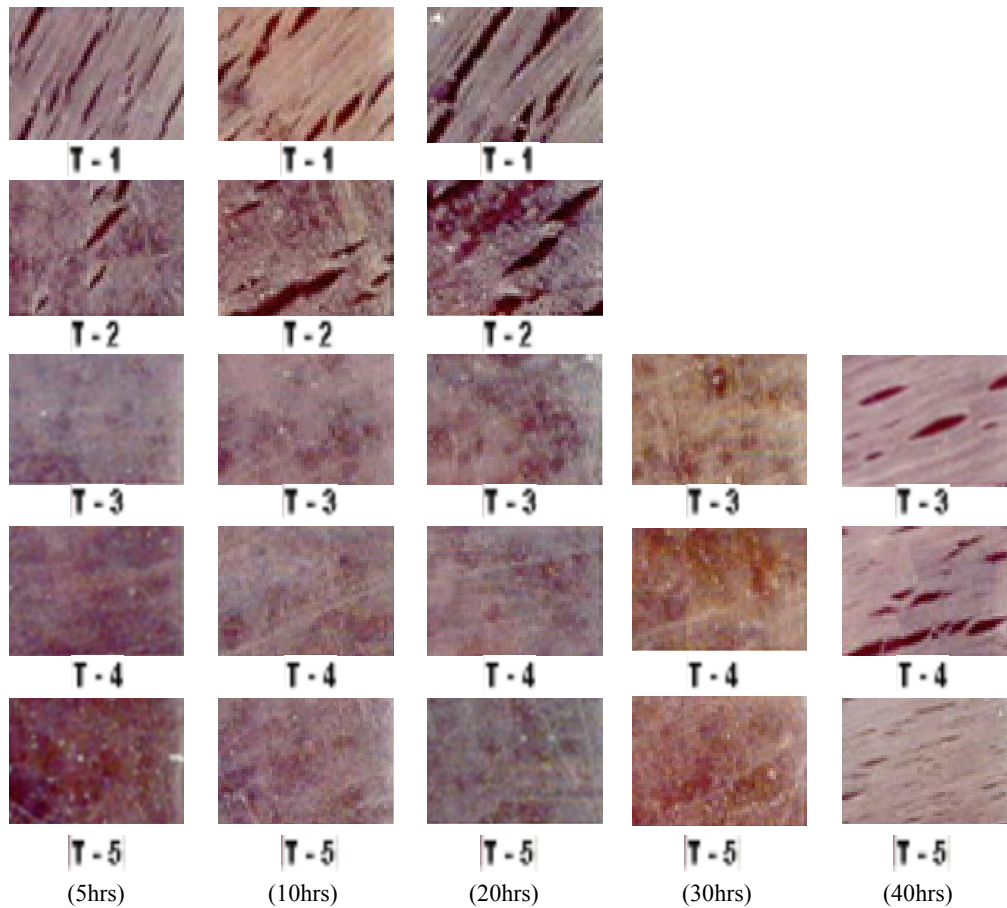


Figure 4. Photographs of ozone resistance test at 100°C for various reaction time.

T-1 : BR/CR(=100/0), T-2 : BR/CR(=75/25), T-3 : BR/CR(=50/50), T-4 : BR/CR(=25/75), T-5 : BR/CR(=0/100)

선형, 무정형 고분자를 예로 들어 온도에 대한 탄성률의 변화를 관찰하는 경우 저온에서는 유리상태의 단단한 고체의 성질을 보이지만 고온에서는 고무상태의 성질을 나타낸다. 즉 유리상태에서 고무상태로 전이하는, 두 가지 상태가 공존하는 온도영역이 유리전이온도( $T_g$ )로서 고분자재료의 화학적, 물리적 구조에 영향을 받으며 고무의 저온특성에 관한 척도로 이용된다.  $E'$ 은 온도가 증가함에 따라 감소하다가 유리전이온도 전후에서 급격히 감소하여 재료의 기계적 특성이 크게 변하며 동시에  $E''$ 도 동반하여 변하게 된다.  $E''$  및 손실계수( $\tan \delta$ ) 값은 유리전이온도 부근에서 최대값을 나타내며 항상  $E''$ 의 피크보다  $\tan \delta$ 의 피크가 높은 온도에서 나타난다. 일반적인 선형, 무정형 고분자재료의  $E''$ -T 곡선에서 최대점에 해당하는 온도는 체적변화로 측정된 유리전이온도 값과 유사한 값을 가지며, 이 온도에서는 외부 힘의 주기와 고분자 사슬의 운동에 의한 이완이 거의 동일한 시간에 나타나는 것으로 알려져 있다.

Figures 5~7에는 BR고무 단독의 경우에 있어서 유리전이 온도에 해당하는  $E'$  값의 급격한 감소,  $E''$  및  $\tan \delta$ 의 피크를

보여주고 있다. Figure 6에서 보여지는 것처럼 순수한 BR 및 CR의 경우 각각 약  $-98^\circ\text{C}$ 와  $-4^\circ\text{C}$  부근에서 damping이 크게 나타나며 이것이 각 고무의  $T_g$ 에 해당된다. BR/CR블렌드의 경우에는 두 개의 damping을 나타내므로 비상용성임을 알 수 있다. 하지만 순수한 BR고무 단독보다 블렌드의 경우 rubbery plateau 영역의  $E'$ 가 더 높게 나타나는 것으로 미루어 BR과 CR 간에 미약한 상호작용이 있음을 알 수 있다. BR/CR고무블렌드의  $\tan \delta$  값은 Figure 7에 보여지는 데 순수한 CR고무에 BR고무를 첨가함에 따라 CR고무의 유리전이온도는 고온 쪽으로 이동하는 데 비하여 순수한 BR고무에 CR고무를 첨가할수록 BR의 유리전이온도는 저온 쪽으로 이동하였다. BR/CR 블렌드의 경우에 BR고무와 CR고무의 서로 다른 가교동역학에 기인하여 이러한 거동을 보이는 것으로 판단된다. 또한 BR/CR 블렌드에 있어서 전반적으로 두 개의 유리전이온도를 보이는 것으로 미루어 비상용계임을 알 수 있다.

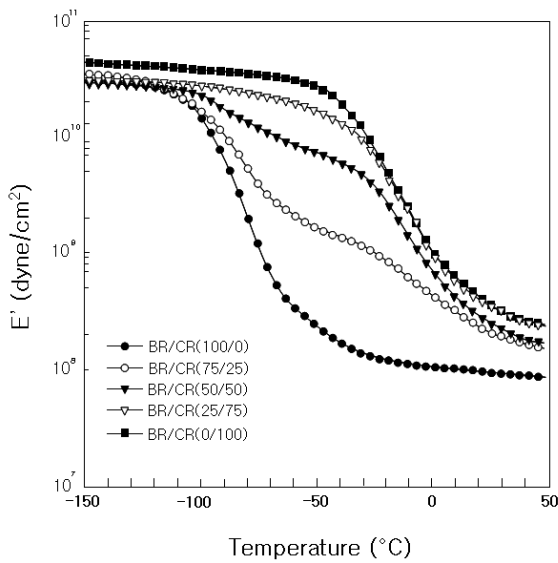


Figure 5. Storage modulus ( $E'$ ) of BR/CR blends.

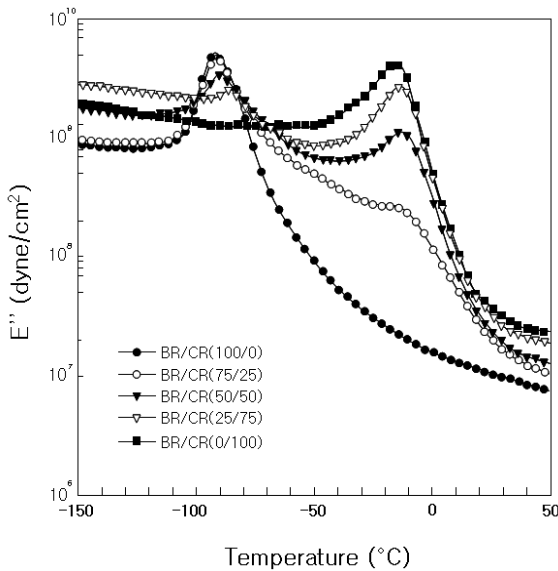


Figure 6. Loss modulus ( $E''$ ) of BR/CR blends.

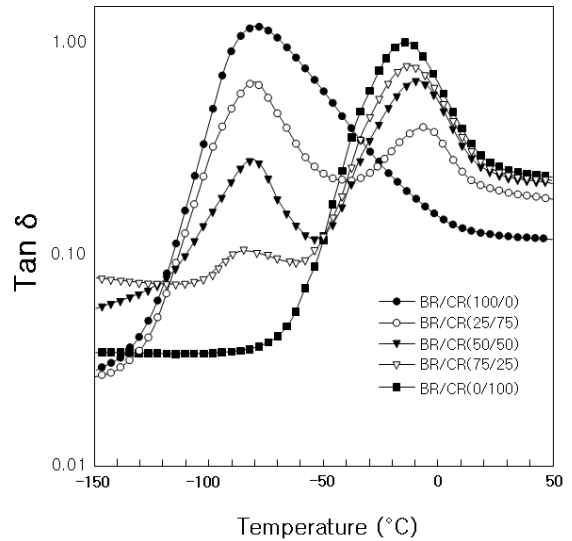


Figure 7.  $\text{Tan } \delta$  of BR/CR blends.

2) 인장강도는 CR의 함량이 증가할수록 증가하였고, 순수한 CR이 가장 높았으며, 노화 시간이 길어질수록 인장강도는 감소하였다.

3) CR의 함량이 증가할수록 경도는 증가하였고, 순수한 CR이 가장 높았으며, 노화 시간이 길어질수록 경도가 감소하였다.

4) BR고무에 대하여 50 wt%의 CR을 첨가하는 경우 crack이 발생하지 않으므로 내오존성이 크게 개선됨을 확인할 수 있었다.

5) 순수한 CR고무에 BR고무를 첨가함에 따라 CR고무의 유리전이온도는 고온 쪽으로 이동하는 데 비하여 순수한 BR고무에 CR고무를 첨가할수록 BR의 유리전이온도는 저온 쪽으로 이동하였다

### 감사의 글

이 논문은 2007학년도 부경대학교 기성회 학술연구비에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다(PK-2007-036)

### 참고 문헌

1. J. K. Kallitsis and N. K. Kalfoglou, "Compatibility of epoxidized natural rubber with thermoplastic and thermosetting resins", *J. Appl. Polym. Sci.*, **37**, 453 (1989).
2. T. Marinovic, M. Sustar, A. Pertot, and Z. Susteric, "Properties and morphology of crosslinked butadiene-acrylonitrile rubber and polysulphide rubber (NBR/TM) blends", *Polymer International*, **45**, 77 (1998).
3. S. H. Botros and Abdel-Nour, "Preparation and characterization of butyl/NBR vulcanizates", *Polymer Degradation and Stability*, **62**, 479 (1998).
4. R. F. Bauer and E. A. Dudley, "Compatibilization of Rubber Blends through Phase Interaction", *Rubber Chem. Technol.*, **50**,

## IV. 결 론

개방롤에서 BR과 CR을 소련한 후 다른 배합 약품들을 첨가하여 고분자 블렌드법에 따라 혼련하였다. 그리고 나서 가열 프레스에 의한 압축성형법으로 고무 가황체를 제조하여 가황 특성, 기계적 성질, 내오존성 및 동적·기계적 성질 등의 물성을 측정함으로써 아래와 같은 결과를 알 수 있었다. 즉 BR과 CR의 블렌드에 있어서

1) CR의 함량이 증가할수록 최적가황 시간이 증가하는 경향을 보였다.

- 35 (1977).
5. S. C. George, K. N. Ninan, G. Greonincks, and S. Thomas, "Styrene-butadiene rubber/natural rubber blends: morphology, transport behaviour, and dynamic mechanical properties", *J. Appl. Polym. Sci.*, **78**, 1280 (2007).
  6. C. Sirisinha, S. Limcharoen, and J. Thunyarittikorn, "Oil resistance controlled by phase morphology in natural rubber/nitrile rubber blends", *J. Appl. Poly. Sci.*, **87**, 83 (2003).
  7. S. Chakrit, S. B. Limcharoen, and J. Thunyarittikorn, "Relationships among blending conditions, size of dispersed phase, and oil resistance in natural rubber and nitrile rubber blends", *J. Appl. Poly. Sci.*, **82**, 1232 (2001).
  8. A. Y. Coran, "Handbook of Elastomer-New Developments and Technology", *Dekker, New York*, 249 (1988).
  9. M. T. Ramesan, George Mathew, Baby Kuriakose, and Rosamma Alex, "Role of dichlorocarbene modified styrene butadiene rubber in compatibilisation of styrene butadiene rubber and chloroprene rubber blends", *European Polymer Journal*, **37**, 719 (2001).
  10. H. Ismail and H. M. Hairunezam, "The effect of a compatibilizer on curing characteristics, mechanical properties and oil resistance of styrene butadiene rubber/epoxidized natural rubber blends", *European Polymer Journal*, **37**, 39 (2001).
  11. P. Sae-oui, C. Sirisinha, U. Thepsuwan, and P. Thapthong, "Influence of accelerator type on properties of NR/EPDM blends", *Polymer Testing*, **26**, 1062 (2007).
  12. H. Ismail and H. C. Leong, "Curing characteristics and mechanical properties of natural rubber/chloroprene rubber and epoxidized natural rubber/chloroprene rubber blends", *Polymer Testing*, **20**, 509 (2001).
  13. B. K. Kim and I. H. Kim, "Blends of Epoxidized Natural Rubber with Chloroprene Rubber", *Polym.-Plast. Technol. Eng.*, **32**, 167 (1993).
  14. R. P. Brown, "Physical Testing of Rubber", 2nd ed. *Elsevier Appl. Sci., London & New York*, p. 291, 1986.
  15. D. J. Buckley and S. B. Robinson, "Ozone attack on rubber vulcanizates", *J. Polym. Sci.*, **19**, 145 (1956).
  16. ASTM Designation, D 2084 76T, 1972.
  17. ASTM Designation, D-573, 1975.