

카본블랙 혼합물을 포함한 NR의 물리적·기계적 물성

김 완 영 · 이 대 수 · 김 윤 섭 · 김 형 순 · 김 해 진* · 라 창 운*

전북대학교 공과대학 공업화학과 · *(주) 금호 기술연구소

(1990년 5월 1일 접수)

Physical and Mechanical Properties of Natural Rubber with Carbon Black Mixture

W. Y. Kim, D. S. Lee, Y. S. Kim, H. S. Kim, H. J. Kim, * and C. W. Nah*

Dept. of Chemical Technology, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea

*R & D Center, Kumho & Co., Inc., Kwangju 511-040, Korea

(Received May 1, 1990)

서 론

고무의 보강성 충전제로 널리 쓰이고 있는 카본블랙은 입자 크기 및 입자들이 형성한 구조에 따라 그 종류가 다양하다. 자동차의 타이어에 사용되는 고무의 경우 카본블랙의 첨가로 인장 강도 및 탄성율, 내마모성, 경도, 견인 특성 등의 물성은 향상되고, 회전저항 및 주기적인 변형하의 발열에 의한 온도 상승이 증가하는 것으로 알려져 있다.¹ 고무에 첨가된 카본블랙의 함량이 많아질수록 고무가 보이는 주기적인 변형하의 회전저항 및 발열량의 증가는, 상대적으로 양이 적어진 고무 분자의 변형량이 증가하고 카본블랙의 구조적 특성으로 인한 에너지 소모에 기인하는 것으로 설명되고 있다.² 최근에는 카본블랙의 보강효과를 유지하면서 발열 및 회전저항을 적게하는 방안으로서 카본블랙의 입자 크기의 분포가 큰 것이 유리한 것으로 보고되기도 하였다.³ 타이어에 쓰이는 각종 고무들의 특성에 대한 연구의 일환으로 본보에서는 두 종류의 카본블랙이 일정 비율로

혼합 첨가된 고무의 물리적·기계적 특성을 조사하였다.

실 험

실험재료 : 천연고무는 말레이시아산으로 *cis*-1,4-polyisoprene 함량이 98%이고 100°C에서 Mooney 점도가 60 lb · in인 것을 사용하였다. 카본블랙은 요오드 흡수가가 121이고, 디부틸프탈레이트 흡수가 (dibutylphthalate absorption value : DBPA)가 114인 N-220과 요오드 흡수가가 80이며, DBPA 값이 135인 시험제품 카본블랙, EX-1을 사용하였다. 입도 분석기(Brookhaven Instrument Corp., DCP-1000 AT)로 분석한 결과 N-220의 입자 크기는 수평균(Dn)이 0.081 μ m, 중량평균(Dw)이 0.161 μ m로 다분산성(Dw/Dn)은 1.988이고, EX-1은 수평균(Dn)이 0.096 μ m, 중량평균(Dw)이 0.300 μ m로 다분산성(Dw/Dn)은 3.125로서 EX-1 카본블랙이 입자 크기가 크고 입자 크기 분포가 넓은 것으로 나

Table 1. Formulation of the Rubber Compound Investigated

Component	Parts by Weight
천연고무	100
Carbon black (N-220/EX-1)	50
Zinc oxide	3
Stearic acid	2
Antidegradant ^a	2
Aromatic oil ^b	3
Accelerator ^c	1
Sulfur	1.5

^a N-(1,3-dimethylbutyl)N'-phenylenediamine

^b Aromatic type ASTM 102

^c 2-(morpholiniothio) benzothiazol

타났다. 실험에 사용한 배합 처방을 Table 1에 나타내었다. 고무와 카본블랙 및 첨가제들의 혼합 방법과 가황 및 물성 측정 방법은 전보와 같았다.⁴

결과 및 고찰

Fig. 1에 가황 반응이 일어나는 동안 Torque Rheometer를 이용하여 측정한 최대 토오크값과 최소 토오크값의 차이를 고무중의 카본블랙 조성별로 나타내었다. 가황에 의한 가교밀도 증가의 척도로 볼 수 있는 토오크 증가치는 본 연구에서 조사한 카본블랙들의 경우 거의 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. Fig. 2에 실험에 사용한 두 가지 카본블랙의 비율에 따라 300% 인장 탄성을 및 신율의 변화를 나타내었다. 카본블랙의 구조가 발달하여 DBPA 값이 높은 EX-1의 함량이 증가할수록 인장 탄성률은 증가하고 신율은 감소를 보였다. 발달된 구조를 가진 카본블랙의 표면에 연결되거나 카본블랙 구조내에 포함된 고무들은 카본블랙의 부피분율을 증대시키고 보강 효과를 높여 주는 것으로 알려져 있다.¹ 실험에서 관찰된 인장 탄성율의 증가와 신율의 감소는 EX-1 카본블랙이 N-220에 비하여 구조 발달이 잘 되어 카본블랙이 차지하는 부피분율이 높아졌기 때문에 보강효과가 증대되고 고무의 부피분율은 상대

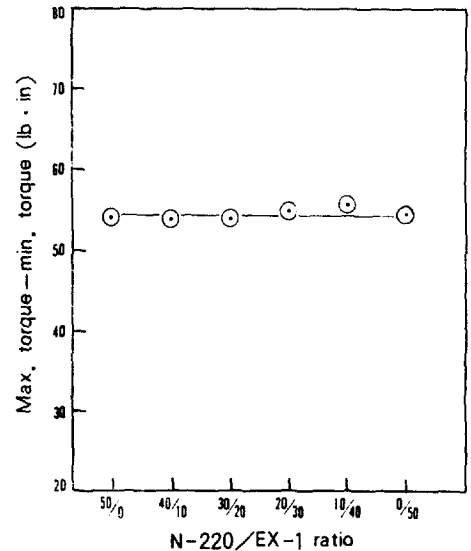


Fig. 1. Max Torque-Min Torque vs. carbon black composition in the rubber compound investigated.

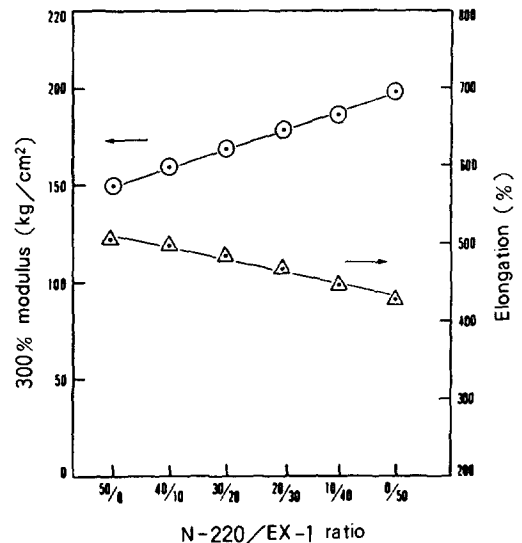


Fig. 2. 300% tensile modulus and elongation vs. composition of carbon black in the rubber compound : (●) 300% tensile modulus ; (△) elongation.

적으로 감소한 것으로 판단된다. Fig. 3에는 두 가지 카본블랙의 비율에 따른 반발탄성 및 발열에 의한 온도상승을 나타내었다. EX-1의 함량이 증가할수록

반발탄성은 증가하고 온도상승은 감소를 보였다. 일반적으로 구조발달이 잘된 카본블랙일수록 발열은 증가하는 것으로 보고되어 있다.¹

실험에서 관찰된 반대 현상은 EX-1의 넓은 입도 분포에 기인하는 것으로 추측된다. 즉, Stacy 등⁵이 보고한 바와 같이, 넓은 입도분포를 가지는 카본블랙은 고무에 분산되었을 때 입자 크기가 큰 카본블랙 사이에 입자 크기가 작은 카본블랙들이 위치함으로서 카본블랙이 형성하는 그물 구조에 의한 hysteresis가 작아져서 반발탄성은 증가하고 발열은 적어진 것으로 볼 수 있다. Fig. 4에는 두 가지 카본블랙의 비율에 따른 0°C 및 60°C에서의 $\tan \delta$ 의 변화를 나타내었다. 타이어에 쓰이는 고무의 경우 건인특성과 관련된 것으로 알려져 있는 0°C에서의 $\tan \delta$ 는 거의 차이를 보이지 않았으나, 60°C에서의 $\tan \delta$ 는 EX-1의 함량이 증가할수록 감소를 보였다. 이것은 카본블랙의 구조에 기인하는 hysteresis가 온도 의존성을 가지기 때문인 것으로 보인다. 즉 카본블랙이 형성하는 그물구조가 0°C에서는 주기적인 변형하에서 단단한 충전제로서만 작용을 하지만 60°C에서는 변형시 에너지 소모 메카니즘이 존재하여 EX-1의 함량이

증가할수록 카본블랙 그물구조의 형성이 적어지고 hysteresis가 감소하여 $\tan \delta$ 값은 감소한 것으로 판단된다. Fig. 5에 카본블랙 조성에 따른 내마모성의 변화를 나타내었다. 본 실험에서는 카본블랙의 조성에 따른 내마모성의 차이는 관찰되지 않았다.

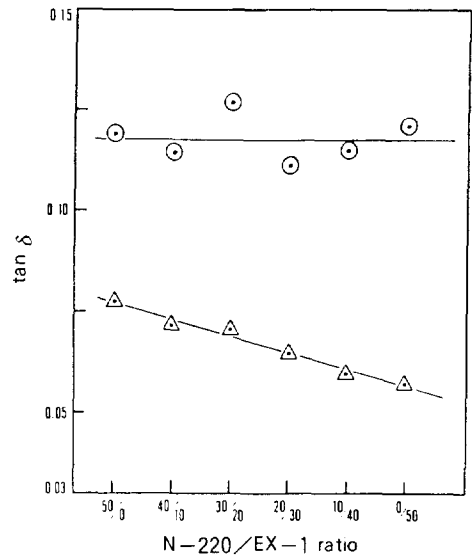


Fig. 4. $\tan \delta$ at 0°C and 60°C vs. composition of carbon black in the rubber compound : (●) 0°C ; (△) 60°C.

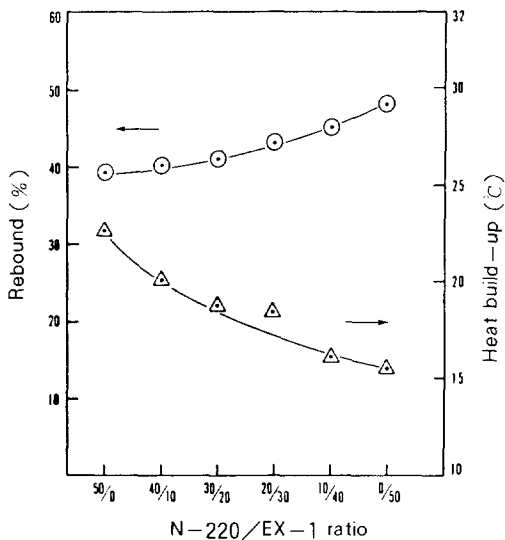


Fig. 3. Rebound and heat build-up vs. composition of carbon black in the rubber compound : (●) rebound ; (△) heat build-up.

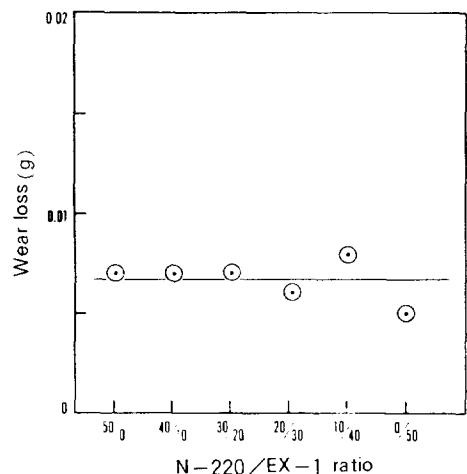


Fig. 5. Wear loss vs. carbon black composition in the rubber compound.

결 론

두 가지의 카본블랙 N-220과 EX-1을 혼합 첨가한 고무는 가교 밀도는 차이를 보이지 않으나, EX-1이 증가할수록 인장탄성율은 증가하고 신율 및 발열량은 직선적으로 감소하였다. 구조 발달이 잘된 카본블랙 EX-1의 함량이 증가할수록 발열량 및 60°C에서의 $\tan \delta$ 가 감소를 보임은 입도분포의 특성상 그 물구조의 형성에 의한 에너지 소모가 적게 일어나는 특성을 가지기 때문인 것으로 판단되었다.

감사의 글: 본 연구는 (주) 금호의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. C. M. Blow, "Rubber Technology and Manufacture", Chapter 6, Butterworth Scientific, London, 1982.
2. A. R. Payne and R. E. Whittaker, *Rubber Chem. and Tech.*, **44**, 440 (1971).
3. W. M. Hess and W. K. Klamp, *Rubber Chem. and Tech.*, **56**, 390 (1983).
4. W. Y. Kim, D. S. Lee, Y. S. Kim, B. C. Lee, and C. Nah, *Polymer(Korea)*, **14**, 346 (1990).
5. C. J. Stacy, P. H. Johnson, and G. Kraus, *Rubber Chem. and Tech.*, **48**, 538 (1975).