

페타이어 재활용에 있어서 Binder양이 미치는 영향

김진국 · 조하나 · 이수구*

국립 경상대학교 고분자공학과, *서울산업대학교 환경공학과

Effect of the Binder Content on the Recycling of Scrap Waste Tires

Jin-Kuk Kim, Ha-Na Cho, and Soo-Koo Lee*

Dept. of Polymer Sci. & Eng., Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

*Dept. of Environmental Eng., Seoul National Polytechnic University, Seoul 139-743, Korea

ABSTRACT

For recycling of the waste tires, polyurethane binder mixed with the scrapped rubber powders which obtained from tread part of waste tire. This study covered the effect of the binder contents on the mechanical properties of the blend. We also studied the change of the properties after aging on properties compared with those of before aging.

The curing reaction of the binder was also investigated in this study. We obtained conclusions the suitable binder content was 15phr in this system.

I. 서 론

1992년 리우 환경회의를 계기로 환경문제는 본격적으로 세계적인 관심사로 등장하게 되었다. 앞으로의 생산활동은 단순히 제품을 “만든다, 사용한다” 문제에서 “처리한다, 재활용한다”라는 점까지 확대하여 제품 개발을 하여야 한다. 이러한 맥락에서 GR (Green Round)라는 태두리안에서 폐기물처리에 대한 대책은 시급히 마련되어야 하는 실정이다.

특히 최근 자동차 산업의 발달로 인하여 페타이어 발생량이 급격하게 늘어나 사회적 문제로 대두되었다. 이에 따라 페타이어 처리문제는 매우 시급한 실정이다. 페타이어 처리방법에는 매립, 소각과 재활용으로 구분되는데 매립에 의한 처리방법은 매립지 부족, 환경오염 및 지역주민의 기피 등으로 문제점이

있을 뿐만 아니라 토양의 균열과 침해의 원인이 된다.¹⁾

이에 따라 소각처리를 함으로서 에너지 활용법이 유망시되고 있으나 시설비의 부담문제 등의 여러가지 문제를 안고 있다.^{2,3)}

이러한 이유로 본 연구에서 분말가공에 의한 재활용을 연구하고자 한다. 분말 가공방법은 페타이어를 수집하여 분쇄공정을 가져야 한다. 분쇄공정에는 상온분쇄법과 저온분쇄법이 알려져 있다.³⁾ 분쇄공정에서 제조된 페타이어 분말을 이용한 고무 sheet바닥재,⁴⁾ 고무아스팔트⁵⁾ 등이 있는데 현재 분말가공에 대한 재활용에 있어서 가장 큰 문제점은 경제성 문제이다. 이 문제점을 해결하기 위해서는 제조원가에서 비중이 큰 binder의 영향에 대하여 연구하였다. 실험결과 binder가 150°C, 10분간의 작업조건하에서

Table 1. Rubber chip used in this study

Sample	Size (mm)	Heat loss (%)	Volatile (%)	Ash (%)
F	0.7~2.5	0.51	67.17	2.89

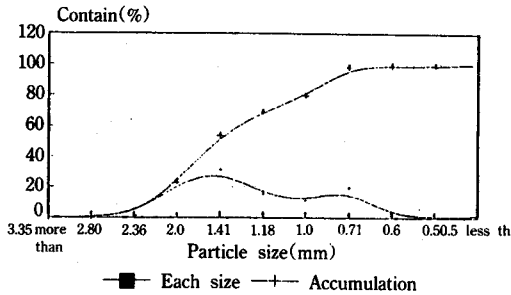


Fig. 1. Particle size distribution curve for waste tire used in this study.

압축성형을 할 때 15phr이 가장 물성에 좋은 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

II. 실험

1. 실험재료

페타이어 고무분말은 타이어 트레드부분에서 상온 분쇄하여 제조된 고무분말을 사용하였다. 고무분말의 특성은 Table 1에 정리하였으며 Fig. 1에 사용한 고무분말의 입도분산도를 나타내었다.

Binder로는 polyurethane(PANDEX TP-2332)을 사용하였는데 조성은 diphenylmethane-4,4'-diisocyanate 25~28wt%, polybutadiene계 polyol 45~55 wt%로 구성되어 있다.

2. 시편제조

고무분말 100g을 기준으로 binder를 기계적으로 충분히 혼합한 뒤 혼합물을 mold에 채운 뒤 유압식 프레스기를 사용하여 150°C로 가열, 20ton의 압력하에서 10분간 경화시켜 시이트형태로 제조하였고 시편은 KSM 6518 가황 고무 물리시험방법에 따라 절단하였다. (아령형 3호)⁶⁾

3. 시험방법

KSM 6518 가황 고무 물리시험방법에 의해 경도는 스프링식(shore A) 경도시험으로 JIS-A 경도기를 사용하여 측정하였고, 인장시험기를 사용하여 300 mm/min의 인장속도로 인장강도, 100% 인장응력, 신장율을 측정하였다.

열노화 시험은 100°C에서 24시간동안 열노화시킨 후 열노화 전과 동일한 방법으로 물성을 측정하였다.

형태학적 조사를 위하여 50배율의 광학현미경을 사용하여 고무와 binder간의 계면을 관찰하였으며 polyurethane의 경화반응을 관찰하기 위하여 1000배율의 광학현미경으로 관찰하였다.

III. 결과 및 토의

페타이어로부터 상온분쇄한 고무분말을 사용하여 binder가 블렌드의 물성에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 연구하기 위하여 Table 1에서 표기한 바와 같이 고무분말의 특성을 조사하였으며 polyurethane의 특성을 조사하기 위하여 40°C의 oven에서 72시간동안 경화시킨 뒤 polyurethane의 물성을 조사하여 Table 2에 나타내었다. 또한 시간에 따른 경화상태를 형태학적으로 규명하기 위하여 polyurethane을 유리 slide 상에서 170°C의 oven에 5, 10, 30, 120분동안 시간별로 경화상태를 조사하였다. 각각의 시료를 광학현미경($\times 1,000$)으로 관찰하여 Fig. 2에 나타내었다.

관찰 결과 경화시간 5분인 시료에서는 미경화상태로서 나타났고 10분이후에서는 경화반응이 일어나는

Table 2. Properties of polyurethane binder used in this study

	Hardness	Tensile strength (kg/cm ²)	100% modulus (kg/cm ²)	Elongation (%)	Specific gravity
Before aging	78	41	38	110	1.020
After aging (100°C×24hr)	80	54	49	120	1.020

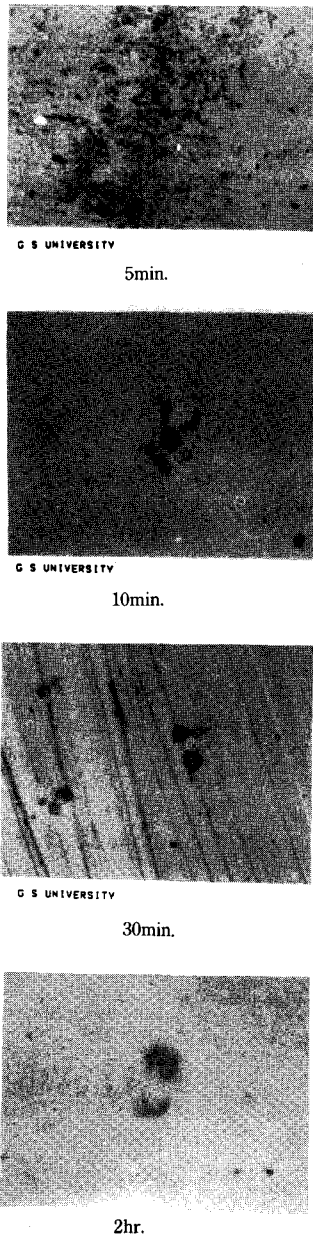


Fig. 2. Optical micrographs of polyurethane(170°C, ×1,000).

현상이 나타났으며 30분인 시료는 색이 약간 황색으로 변한 것으로 보아 약간의 과경화 반응이 나타난 듯 하며 120분인 시료에서는 과경화되어 진한 황색으로

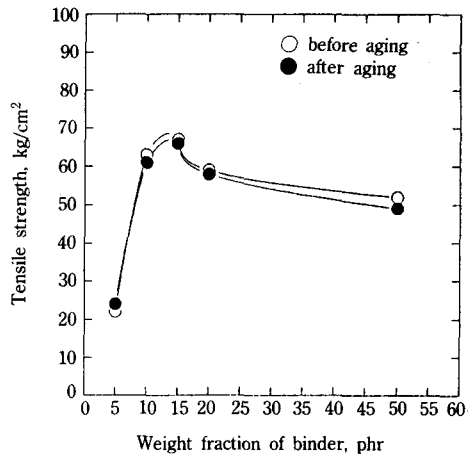


Fig. 3. Effect of binder contents on tensile strength.

변화하였음을 나타내었다.

이러한 특성을 참고로 하여 binder양이 물성에 미치는 영향을 연구하였다.

Fig. 3에 binder양에 따른 인장강도 변화를 나타내었는데 실험 결과 binder양이 15phr이 될 때까지는 증가하다가 15phr이상이 되면 감소됨을 보인다.

일반적으로 블렌드의 인장강도에 영향을 미치는 인자로서 고무의 인장강도, PU의 인장강도, 고무 입자와 PU의 계면 간의 접착력과 블렌드의 밀도가 주요인자로서 작용한다.

이러한 점을 고려하여 볼 때 binder양이 15phr이 될 때까지는 PU와 고무의 밀도가 높아짐으로서 고무분말표면에 PU가 wetting이 충분히 되어 상호의 접착력강화로 인장강도가 높아졌고 15phr이상이 되면 블렌드의 packing 밀도는 높아지지만 고무분말간에 과함량의 PU binder로 인해 고무분말사이의 PU binder가 stress concentration점으로 작용하여 인장강도가 낮아지는 것으로 생각된다.(Fig. 4) 노화 전과 노화 후의 결과를 비교하여 보면 거의 변화를 없음을 알 수 있었다.

이를 형태학적으로 설명하기 위하여 Fig. 5에 binder양에 따른 광학현미경 사진을 나타내었다. 현미경으로 관찰된 사진에서 보듯이 binder양이 15phr에

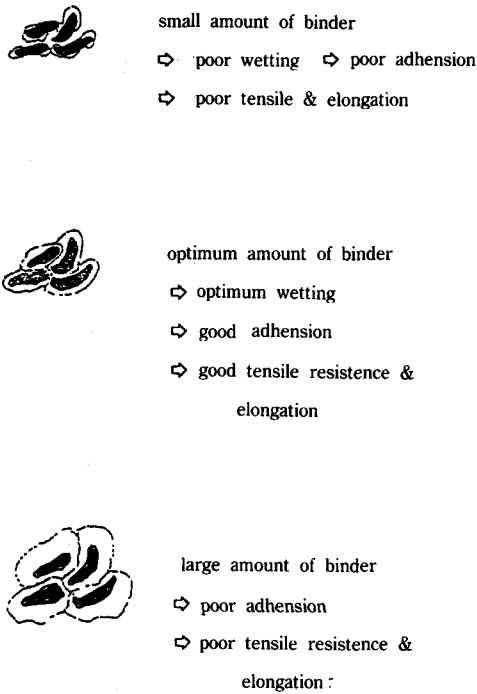


Fig. 4. Effect of binder contents on the properties.

서 가장 좋은 접착을 보이고 있다.

Fig. 6에 binder의 양에 따른 인장응력(tensile modulus)의 변화를 나타내었는데 binder양이 20phr이 될 때까지는 서서히 증가하다가 20phr이상이 함유되었을 때는 약간 감소 현상을 나타내고 있다.

그리고 노화 후의 인장응력이 노화 전보다 약간 높아짐을 알 수 있었는데 이는 열노화로 인하여 binder의 경화 반응이 약간씩 진행되고 고무분말속에 잔류되어 있던 황이 반응을 진행시킨 결과라고 설명된다.

Binder양에 따른 신장율변화를 Fig. 7에 나타내었다. Binder양이 신장율에 미치는 영향을 살펴보면 binder양이 15phr이 될 때까지는 증가하나 15phr이상이 함유되면 신장율이 급격히 감소된다. 이는 파단 현상이 고무분말을 접착하고 있는 binder에서 이루어지므로 binder가 과함량이 된 경우에는 오히려 파단이 일찍 일어나 신장율을 저하시킴을 알 수 있었

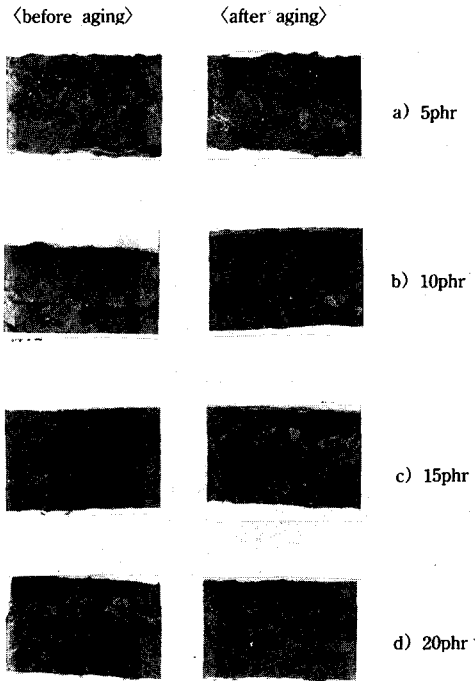


Fig. 5. Effect of binder contents(OM, $\times 50$).

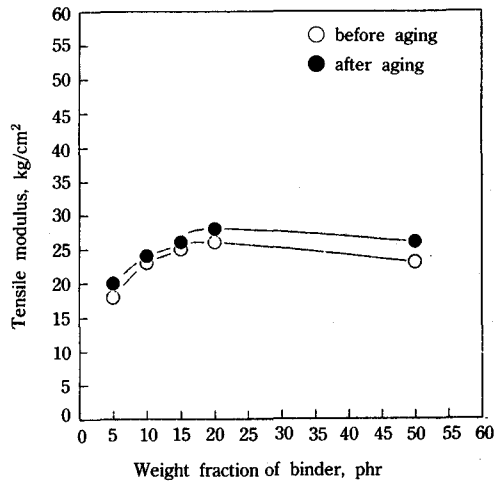


Fig. 6. Effect of binder contents on tensile modulus.

다.

블렌드의 정도 변화를 살펴보면 binder양이 20 phr까지는 binder양이 많아질수록 높아졌으며 20

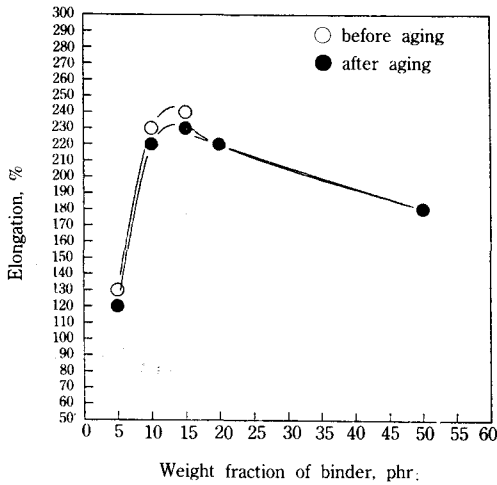


Fig. 7. Effect of binder contents on elongation.

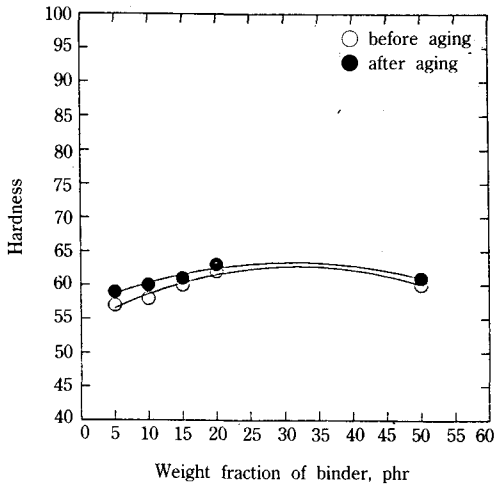


Fig. 8. Effect of binder contents on hardness.

phr이상이 되면 경도의 변화가 없었다. (Fig. 8) 이는 binder자체의 경도가 고무분말경도보다 높은 75정도를 나타내었기 때문이고 20phr이상이 되면 고무분말에 PU가 충분히 wetting되어 있으므로 시료의 고무분말속으로 침투하여 표면 경도의 증가가 없는 것으로 생각된다. 노화 후에 노화 전보다 경도가 약간 증가

하였는데 binder의 경화가 노화중에 계속 진행되므로서 일어나는 현상이라고 설명된다.

IV. 결 론

본 연구는 페타이어 분말과 polyurethane binder 간의 계면고찰을 중심으로 물성에 미치는 영향을 연구하였는데 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 15phr의 binder를 혼합한 경우 물성이 좋았으며 15phr이상 binder를 혼합하였을 때에는 PU의 과함량에 따라 오히려 물성이 저하함을 나타내었다.
2. 열노화에 대한 시험결과, 열노화에 대한 영향은 별로 없었으나 전반적으로 인장응력과 경도는 다소 증가하였고 신장율과 인장강도는 다소 감소하였다. 이는 binder가 150°C에서 10분의 조건에서는 미경화상태로 경화반응이 진행되기 때문이다.

감사의 글: 본 연구는 1993년도 한국과학재단 특정 기초연구비 지원에 의한 결과의 일부임을 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김민, "일본, 미국의 고타이어 처리실태(II)", 타이어고무, 9, 10, 21 (1990).
2. 김진국, "페타이어 재활용기술", 고무학회지, 125 (1994).
3. K. Nishimura, Paper of Korean-Japanese Rubber Technology Symposium, "Recycling of used Tires in Japan", 24, 1992.
4. 신영삼, "페타이어를 이용한 바닥블럭", 실용신안출원중 (1993).
5. 김진광, "페타이어를 이용한 고무아스팔트포장", 타이어고무, 10, 10 (1990).
6. KSM 6518, "가황고무의 물리적 시험방법".