

## Oleamide 및 아라미드 칩을 첨가한 NBR 고무재료의 내소음성 및 물성 연구

김 현 목<sup>†</sup> · 이 창 섭

계명대학교 자연대 화학과

(2005년 8월 26일 접수, 2006년 2월 22일 수정 및 채택)

### A Study on Noise Resistance and Physical Properties of NBR Rubber Materials Containing Oleamide and Aramid Chip

Hyun Muk Kim<sup>†</sup> and Chang-Seop Lee

Department of Chemistry, Keimyung University

1000 Shindang-Dong, Dalseo-Gu, Deagu, 704-701 Korea

(Received August 26, 2005, Revised & Accepted February 22, 2006)

**요 약 :** 내소음성과 내균열성을 가진 고무재료의 개발을 목적으로 NBR에 oleamide와 아라미드를 첨가하여 함량에 따른 가황특성, 물리적 성질, 내열성, 내유성, 내마모성, 내균열성 및 내소음성을 조사하였다. 가황특성과 Mooney 점도를 측정된 결과, 미가황고무의 가황특성은 oleamide의 양이 증가할수록 torque가 감소하였다. oleamide의 함량이 3 phr까지 증가함에 따라 경도 및 모듈러스 값은 조금씩 감소하였고 신장률은 감소하는 경향을 나타내었으며 인장강도는 거의 변화가 없었다. 내열성 시험(70시간, 120℃) 및 내유성 시험(70시간, 40℃)을 수행한 결과, 인장강도와 신장률이 모두 감소하였으며, TGA/DSC 분석 결과 첨가제에 따른 배합고무재료의 열적 특성은 변화가 없었다. 기본물성, 내마모성, 내소음성 및 내균열성을 종합한 결과, NBR 227001 고무재료에서 내마모성과 내소음성에 대한 oleamide의 최적배합비는 3 phr였으며, 내균열성에 대한 아라미드의 최적배합비는 1 phr로 나타났다.

**ABSTRACT :** This study are conducted for the purpose of developing rubber material with noise and crack resistance. Cure characteristics, physical properties, thermal resistance, fuel resistance, abrasion resistance, crack resistance and noise resistance of NBR compounds with the various amounts of oleamide and aramid chip were investigated. From the measurements of cure characteristics and Mooney viscosities, cure characteristics of uncured rubber showed that a torque was decreased as the amount of oleamide increased. Hardness, modulus and elongation of rubber specimens tended to be reduced gradually, however, tensile strength remained unchanged as the amount of the oleamide increased. As a testing results of heat resistance for 70 hours at 120℃ and oil resistance for 70 hours at 40℃, tensile strength and elongation were all reduced. From the TGA/DSC analysis, there was no such a change observed in thermal characteristics of rubber materials. As a result of testing basic physical properties, abrasion resistance, noise resistance and crack resistance, the optimum ratio of oleamide to NBR was found to be 3 phr, while that of aramid to NBR 227001 was 1 phr.

**Keywords :** noise resistance, crack resistance, NBR, oleamide, aramid

<sup>†</sup> 대표저자(e-mail : wiseman1236@kmu.ac.kr)

## I. 서 론

오늘날 산업현장에서 사용되는 고무는 분류상 열가소성 고무를 제외하고도 20여 종 이상이 사용되고 있다. 이러한 고무재료는 기존에 사용되고 있는 고무의 물성에 비하여 첨가제나 가공에 의하여 물리적 특성, 또는 화학적 특성을 개선할 수 있으며, 최근까지 용도에 따라서 다양한 특성을 가진 고무재료들이 계속 개발되고 있다.<sup>1,2</sup> 또한 고무는 블렌드나 알로이 등의 기술개발로 내열이나 난연재료, 절연재료 또는 전기 및 전자장치에 응용되는 등 여러 산업분야에 널리 사용되고 있다.

고무재료는 낮은 생산원가와 고무재료가 가지는 특유의 유연성, 가공성 및 탄성 등의 장점으로 다른 금속재료나 무기 재료가 가지지 못하는 성질을 가지고 있다.<sup>3,8</sup> 따라서 고무재료는 대부분의 호스류나 방진, 오일 씰 등의 부품에 내연료성, 내후성, 내열성, 화학적 내식성 및 난연성 등의 기능성 재료로 사용되고 있다.

최근 생활용품에도 고무재료의 사용량이 급증하면서 기존의 구조용 재료 외에도 생활에 편리한 기능을 가진 재료의 개발이 이루어지고 있는데, 그 중 한 가지가 장치가 작동되는 상태에서 내소음성을 가지는 고무재료이며, 대표적인 예로 가정용 세탁기의 브레이크 패드에 사용되는 고무재료를 들 수 있다. 이러한 소음을 방지하는 기술로는 소음전파방지기술과 음원(音源) 대책기술이 있는데, 전자는 음원에서 발생한 음의 전파를 막는 것이고, 후자는 음원에서 나오는 음을 억제하는 것이다. 음원 대책기술로는 재료에 입사한 음을 반사시켜 반대측에는 음을 내지 않는 차음과, 흡음재료를 사용하여 음파 에너지를 열에너지로 흡수하는 흡음, 그리고 소음기의 설치 등의 방법을 들 수 있다. 이들 방법 중에서 세탁기의 브레이크 패드에서 사용할 수 있는 가장 좋은 방법은 사용하는 재료 자체를 흡음기능을 가진 물질로 구성하는 것이며, 이 방법의 장점은 다른 부차적인 공정을 줄일 수 있다는 것이다.

현재 시판되는 세탁기의 브레이크 패드에 사용되는 고무재료는 NBR 단일재료로서, 브레이크 드

럼과 마찰시 발생하는 소음이 심각하며, 장기간 사용 시 크랙이 발생하여 그로 인한 내구성이 매우 낮은 실정이다. 국내 제조회사의 경우, 브레이크 패드와 드럼을 금속 또는 무기재료로 개발하려는 시도가 있었으며, 또한 브레이크 드럼의 표면을 구성하는 합금재료의 조성을 변화하여 소음을 감소시키려는 연구가 진행되고 있다. 그러나 패드와 드럼을 모두 금속으로 구성하는 방법은 소음의 감소 정도가 크지 않으며, 고무재료만큼의 마찰력이 없어서 제동시간이 길어진다는 단점이 있다. 따라서 현재 브레이크 패드에 사용하고 있는 고무 제품인 NBR에 내소음성이 뛰어난 oleamide와 내균열성이 뛰어난 아라미드를 첨가한 고무재료를 사용하면, 현재 사용하고 있는 브레이크 패드의 성능을 한층 향상시킬 수 있으리라 생각된다. Oleamide는 슬립성과 영김 방식을 목적으로 합성수지 또는 고무의 첨가제로 사용되는 재료이며, 아라미드는 *p*-phenylene diamine과 1,4-benzenedicarboxylic acid의 축합중합물로서 오존에 대한 내균열성이 뛰어난 섬유재료이다.

본 연구에서는 NBR 고무의 단점인 내소음성을 강화하기 위하여 NBR에 oleamide를 첨가하고, 균열을 방지하며 노화방지 효과가 뛰어난 아라미드 칩을 첨가하여 내구성, 내소음성 및 내균열성이 향상된 기능성 고무재료를 제조하였다. 또한 고무가 가지는 기본적인 마찰 특성을 유지하면서 브레이크 드럼의 작동 시 소음을 줄이고, 장시간 세탁용수(세제, 섬유유연제, 표백제 등)에 노출되어도 물성을 유지하면서, 크랙이 일어나지 않는 고무재료를 제조하여 그 특성을 조사하였다.

## II. 실험

### 1. 시약 및 재료

본 실험에서 고무시편의 제조에 사용한 재료는 NBR (현대석유화학: B6240), 카본블랙(동양제철화학: N330), Kumanox RD(TMDQ: 2,4,6-trimethyl-1,2-dihydroquinoline : 플렉시스), Kumanox 3C(IPPD: *N*-isopropyl-*N'*-phenyl-*p*-phenylenediamine : 유니로알케미칼), TMTD(tetramethylthiuram disulfide : 플렉시스),

MBTS(dibenzothiazole disulfide: 동양화학) 등의 제품을 사용하였고, NBR에 첨가하는 내소음 재료는 Armoslip Cp(oleamide, 악소노벨아미드)를, 또한 노화 방지 및 내균열성 향상을 위한 재료는 Kevlar (aramid, 한국화이버(주))를 사용하였다.

## 2. 시편 제조

### 2.1 배합표

본 실험에서 적용한 고무재료 및 각종 첨가제의 배합비는 Table 1과 같다. 본 실험에서 기본배합으로 사용된 NBR 227001은 여러 가지 NBR 제품 중에서 내마모성이 상대적으로 좋은 제품을 사용하였다.

### 2.2 소련, 혼련 및 가황

소련작업은 NBR 폴리머 만을 뱀버리 혼합기(KOBE, 일본)에 넣고 50초 동안 수행하였으며, 이때 온도는 100~110 °C를 유지하였다.

혼련작업은 위의 소련작업 후 배합재료를 뱀버리 혼합기에 투입한 후 140초 동안 수행하였으며, 이때 뱀버리 혼합기의 충전율은 70%로 하였다.

혼련작업 후 내립작업은 지름 8", 길이 20", 회전

비 1:1.25의 고무용 롤 밀(DAEJUNG, 대한민국)을 사용하였으며, 회전속도 18 rpm, 온도 60~70 °C를 유지하였다. 이 때 롤러의 간격은 2.5~3 mm로 조정하였으며 배합물을 시트 상으로 뽑아서 24시간 숙성시켰다. 1회 배합 소요시간은 20분으로 통일하였고 oscillating disk rheometer (ODR, 명지산업)에서 측정된 적정가황 시간에 따라 1차 가황을 160 °C에서 수행한 후 물성실험을 위한 시험편을 140×120×2 mm 크기로 제조하였다.

## 3. 물성 측정

### 3.1 가황 특성

배합된 고무재료의 가황특성을 조사하기 위하여 레오미터를 사용하여 ASTM D 2084의 시험방법에 따라 시험하였다. 이 때 가황온도는 180 °C로 설정하여 최고 토크( $\text{lb} \cdot \text{in}$ ), 최저 토크( $\text{lb} \cdot \text{in}$ ),  $t_{s2}$  (sec),  $t_{c90}$ (sec) 값들을 측정하였다. 무니 점도값은 무니 점도계(MYUNGJI 2000, 대한민국)를 이용하여 Initial Mooney,  $ML_{1+4}$  Minimum, Scorch ( $T_3$ ) 값들을 측정하였다.

### 3.2 물리적 성질

가황된 시험편의 인장강도, 신장률, 모듈러스 값은 인장시험기(TENSOMETER, 일본)를 사용하여 ASTM D 412의 방법에 따라 시험하였으며, 경도 시험은 스프링식 경도계(Kobunshi Keiki Co., LTD, 일본)로 측정하였다. 인장시험은 KSM 6518(가황고무의 물리시험 방법)의 4항의 방법으로 측정하였다.<sup>9</sup> 측정용 시편의 제조는 프레스에서 압출·성형하여 만든 시트 상의 고무판을 절단하여 아령형 3호로 제작하였다. 시험조건은 25 °C에서 500 mm/min 인장속도로 하였으며, 표선거리는 20 mm로 하여 인장강도, 신장률 및 모듈러스 등을 측정하였다.

### 3.3 내열성 시험

가황고무를 고무노화 시험기(Chunsoo Machinery & Electronic Co., LTD, 대한민국)에 넣고 내열온도를 120 °C로 설정하여 70시간 동안 방치한 후, 경도, 인장강도, 신장률을 측정하여 기본물성과 비교함으로써 내열성을 평가하였다.

**Table 1. Formulations for Armoslip Cp and Kevlar Filled NBR Compounds**

| Comp. No          | 227001 | KMS L-B | KMS L-C | KMS L-D | KMS L-E | KMS L-F   | KMS L-G  | KMS L-H  |
|-------------------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|----------|----------|
| NBR B6240         | 100    | 100     | 100     | 100     | 100     | 100       | 100      | 100      |
| N330 carbon black | 60     | 60      | 60      | 60      | 60      | 60        | 60       | 60       |
| zinc oxide        | 5      | 5       | 5       | 5       | 5       | 5         | 5        | 5        |
| stearic acid      | 1      | 1       | 1       | 1       | 1       | 1         | 1        | 1        |
| dioctyl phthalate | 10     | 10      | 10      | 10      | 10      | 10        | 10       | 10       |
| TMDQ              | 2      | 2       | 2       | 2       | 2       | 2         | 2        | 2        |
| IPPD              | 1      | 1       | 1       | 1       | 1       | 1         | 1        | 1        |
| TMTD              | 0.5    | 0.5     | 0.5     | 0.5     | 0.5     | 0.5       | 0.5      | 0.5      |
| MBTS              | 1      | 1       | 1       | 1       | 1       | 1         | 1        | 1        |
| sulfur            | 1.5    | 1.5     | 1.5     | 1.5     | 1.5     | 1.5       | 1.5      | 1.5      |
| Armoslip Cp       | 0      | 1       | 2       | 3       | 5       | 0         | 0        | 0        |
| Kevlar            | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 1 (fiber) | 1 (chip) | 3 (chip) |

### 3.4 열분석 시험

고무시편의 열분석은 TGA 1000(Rheometric Scientific사)으로 N<sub>2</sub> 기류하에서 600 ℃까지, O<sub>2</sub> 분위기에서 900 ℃까지 측정하였으며, 이 때 승온속도를 10 ℃/min으로 하였다. 시차주사열량분석은 DSC Q 10(TA Instruments사)으로 N<sub>2</sub> 기류하에서 수행하였으며, 승온속도는 10 ℃/min으로 하여 -50 ℃에서 200 ℃까지 측정하였다.

### 3.5 내구성 시험

내구성 시험기(DOB-200, Chunsoo Machinery & Electronic Co., LTD, 대한민국)를 사용하여 가황고무를 ASTM Fuel A에 대하여 40 ℃에서 70시간 동안 방치한 후 경도, 인장강도, 신장률을 측정하여 기본물성과 비교함으로써 시험결과를 평가하였다.

### 3.6 마모 시험

마모시험에는 윌리암식(KSM 6623), 아크론식(KSM 6624), 그리고 NBS식(KSM 6625)의 3가지 방법이 있다. 윌리암식은 일정시간 후 시험편의 무게를 표준시험편과 비교하는 방식이며, 아크론식은 일정 회전수 후 마모손실 질량을 표준시험편과 비교하는 방식이고, NBS 식은 2.54 mm 마모되는데 필요한 회전수를 표준시험편과 비교하는 것이다. 본 실험에서는 윌리암식을 채택해 2×2×0.5 cm의 시편을 만들어 무게를 정확히 측정한 후, 마모시험기에 장착해 무게감량으로 시편의 마모율을 측정하였다.

### 3.7 마찰계수 측정

고무시편을 마찰계수 측정기(Phoenix Tribology 사, TE75P)에 장착해 유리판의 왕복에 따른 마찰계수를 측정하였다. 이 방법은 고무의 소음을 간접적으로 측정하는 방법이다.

### 3.8 오존균열 시험

오존균열 시험은 대기 중 오존에 의한 가황고무의 노화를 측정하는 것이다. 본 실험에서는 오존의 농도를 50±5 ppm, 시험온도를 40±2 ℃로 하고, 시편을 20% 신장시킨 다음, 72시간 후 균열상태를 관찰하였다.

Table 2. Cure Characteristics at 160 ℃

| Comp. No<br>Ingredients  | 227<br>001 | KMS<br>L-B | KMS<br>L-C | KMS<br>L-D | KMS<br>L-E | KMS<br>L-F | KMS<br>L-G | KMS<br>L-H |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| T <sub>min</sub> (N · m) | 0.42       | 0.41       | 0.37       | 0.33       | 0.35       | 0.55       | 0.43       | 0.46       |
| T <sub>max</sub> (N · m) | 2.70       | 2.64       | 2.51       | 2.38       | 1.70       | 2.96       | 2.12       | 2.17       |
| ts <sub>2</sub> (sec)    | 49         | 45         | 43         | 44         | 62         | 37         | 56         | 62         |
| tc <sub>90</sub> (sec)   | 83         | 71         | 72         | 66         | 92         | 60         | 65         | 70         |

Table 3. Mooney Test at 160 ℃

| Comp. No<br>Ingredients               | 227<br>001 | KMS<br>L-B | KMS<br>L-C | KMS<br>L-D | KMS<br>L-E | KMS<br>L-F | KMS<br>L-G | KMS<br>L-H |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Initial Mooney                        | 54.5       | 48.9       | 46.5       | 43.3       | 60.4       | 63.3       | 62.4       | 51.9       |
| Mooney viscosity<br>ML <sub>1+4</sub> | 37.5       | 36.6       | 36.6       | 38.1       | 40.5       | 68.8       | 42.4       | 36.6       |
| Scorch Time<br>(t <sub>s</sub> , sec) | 291        | 273        | 254        | 236        | 275        | 190        | 267        | 294        |

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 1. 가황특성

NBR 폴리머에 oleamide를 첨가하였을 때 나타나는 배합고무의 가황특성을 조사하였으며, 측정된 자료를 Table 2 및 3에 나타내었다. Table 2와 3에서 볼 수 있듯이, 최저 토오크와 최고 토오크는 oleamide 함량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. ts<sub>2</sub>는 스크치 시간으로서 oleamide의 첨가량이 3 phr까지는 감소하다가 그 이상에서는 증가하는 경향을 보였다.

### 2. 기본 물성

NBR 기본배합 고무에 oleamide와 아라미드를 첨가하였을 때 고무재료 시편의 인장강도, 신장률, 모듈러스, 경도를 측정하였으며, 그 결과를 Table 4에 나타내었다.

인장강도는 oleamide가 3 phr 까지 첨가될 때는 변화가 거의 없었으나, 5 phr이 첨가되었을 때 급격하게 감소하였으며, 이는 과량의 oleamide가 들

**Table 4. Tensile Strength, Elongation, Modulus and Hardness of NBR Compounds**

|  | 227001           | KMS L-B | KMS L-C | KMS L-D | KMS L-E | KMS L-F | KMS L-G | KMS L-H |
|--|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Tensile strength <sup>a</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 210              | 215     | 212     | 210     | 180     | 188     | 202     | 198     |
| Elongation <sup>a</sup> (%)                          | 419              | 456     | 476     | 508     | 470     | 400     | 429     | 421     |
| modulus (kgf/cm <sup>2</sup> )                       | M <sub>100</sub> | 26      | 24      | 22      | 20      | 25      | 30      | 32      |
|  | M <sub>200</sub> | 80      | 71      | 67      | 59      | 64      | 79      | 80      |
|  | M <sub>300</sub> | 143     | 132     | 129     | 116     | 112     | 140     | 139     |
| Hardness   | 70               | 70      | 68      | 66      | 74      | 74      | 77      | 79      |

a. Tensile strength(T<sub>B</sub>) 또는 Elongation(E<sub>B</sub>) = 0.5S<sub>1</sub> + 0.3S<sub>2</sub> + 0.1(S<sub>3</sub>+S<sub>4</sub>), S<sub>1</sub> ≥ S<sub>2</sub> ≥ S<sub>3</sub> ≥ S<sub>4</sub>

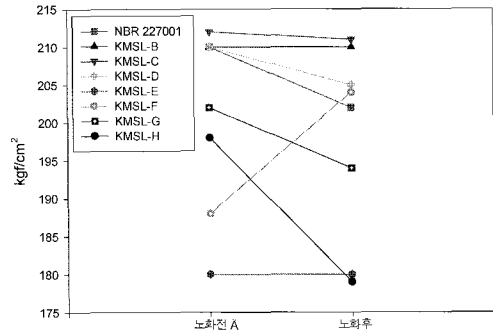
어가면 보강력이 떨어짐을 의미한다. 아라미드의 경우는 인장강도가 조금 감소하였으며, 신장률은 oleamide가 첨가됨에 따라 증가하다가 5 phr에서는 감소하였고, 이로 인해 모듈러스(M<sub>100</sub>, M<sub>200</sub>, M<sub>300</sub>)는 감소한 것으로 나타났다. 일반적으로 신장률과 경도는 반비례하는데, 본 실험에서도 그와 같은 경향성을 나타내었다. 아라미드의 첨가에서 신장률과 모듈러스는 거의 변화가 없었으나 경도는 증가한 것으로 나타났다. 이와 같은 실험결과로 볼 때, 실험에 사용한 시편들은 oleamide가 5 phr 들어간 경우를 제외하고는 기본물성의 저하를 가져오지는 않았으며, 오히려 oleamide가 3 phr 들어간 경우는 배합고무의 기본물성이 향상되었다.

**3. 내열 특성**

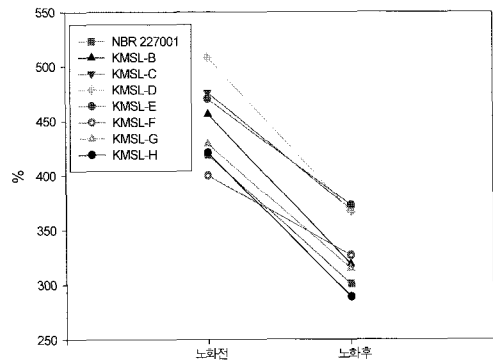
첨가제를 가한 NBR 고무시편의 내열특성을 시험하기 위하여 120 °C에서 70 시간동안 노화시킨 후, 고무재료의 인장강도, 신장률 및 경도의 변화를 측정하여 그 결과를 Figures 1~3에 나타내었다. 경도 변화는 0~9도 정도였으며, 인장강도는 -10~1%의 변화율을 나타내었고, 신장률은 -32~-18%의 변화율을 나타내었다.

**4. 내유 특성**

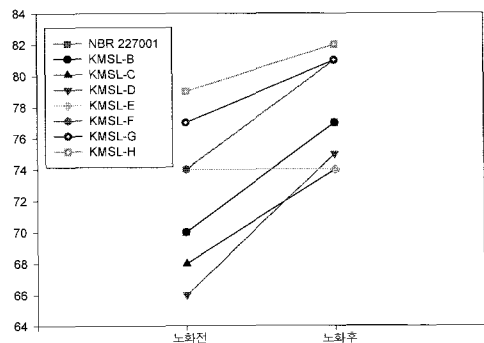
내유성 시험에 의해 측정된 기본물성의 변화를 Figures 4~6에 나타내었다. 인장강도의 경우 -8~



**Figure 1. Tensile strength of NBR filled with oleamide and aramid at 120 °C for 70hr.**



**Figure 2. Elongation of NBR filled with oleamide and aramid at 120 °C for 70hr.**



**Figure 3. Hardness of NBR filled with oleamide and aramid at 120 °C for 70hr.**

0% 정도의 변화율로 나타났고, 신장률은 -27~-10%의 변화율을 나타내었다. 노화시험과는 달리 경도는 낮게 나타났는데, 이는 시험유에 의한 고무

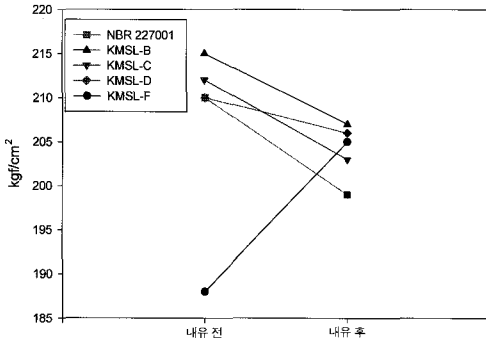


Figure 4. Tensile strength of NBR filled with oleamide and aramid to ASTM fuel A at 40 °C for 70hr.

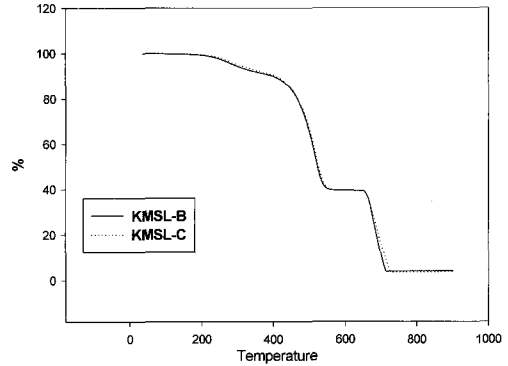


Figure 7. TGA thermogram data taken for the samples of KMSL-B and C.

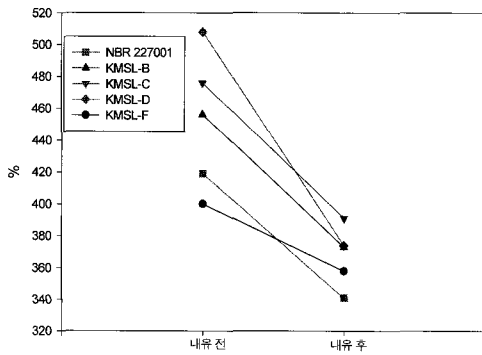


Figure 5. Elongation of NBR filled with oleamide and aramid to ASTM fuel A at 40 °C for 70hr.

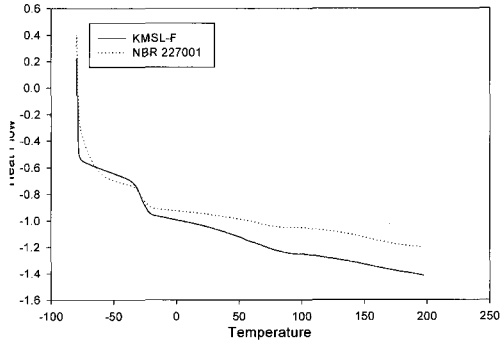


Figure 8. DSC thermogram for the samples of NBR 227001 and KMSL-F.

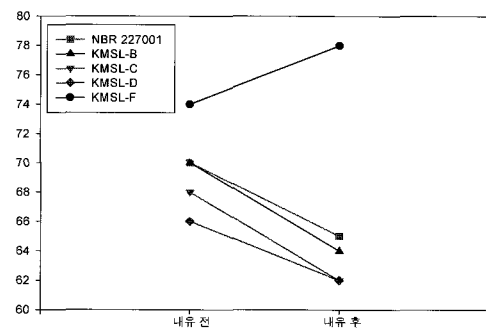


Figure 6. Hardness of NBR filled with oleamide and aramid to ASTM fuel A at 40 °C for 70hr.

의 연화 때문으로 판단된다.

5. 열분석 결과

Figure 7에는 KMSL-B와 C의 TGA 결과를 비교

하여 나타내었다. Figure 7에서 볼 수 있듯이, 230 °C 근처에서 열분해가 시작되어 420 °C까지 10%의 무게감소가 일어났으며, 420 °C에서 급격한 열분해가 나타났고, 2개의 시료 모두 열분해 개시온도에는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 640 °C 부근에서는 충전제로 사용한 카본블랙의 산화에 의한 무게 감소가 나타났다. 따라서 실험 범위 내에서 열에 의한 NBR 기본재료의 열적 특성의 변화는 없는 것으로 보인다.

Figure 8에는 NBR과 KMSL-F의 유리전이온도 (T<sub>g</sub>)를 조사하기 위해 10 °C/min의 속도로 측정된 DSC curve을 나타내었다. 유리전이온도는 모두 -30 °C 부근에서 나타났으며, 첨가제에 따른 유리전이온도의 변화는 없었다. 따라서 첨가제의 배합량은 NBR의 유리전이온도에 영향을 주지 않는다는 것

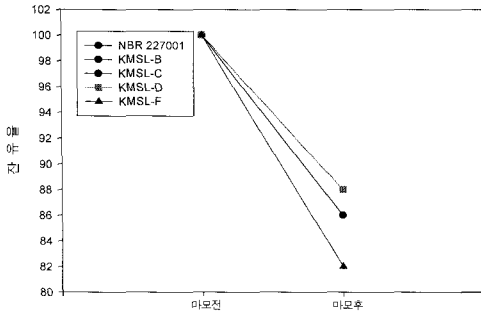


Figure 9. Testing result of abrasion resistance for NBR 227001 and KMSLs.

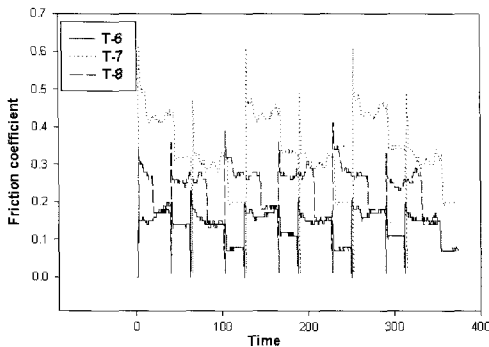


Figure 10. Friction coefficient data for KMSL-B(T-8), KMSL-E(T-6) and KMSL-G(T-7).

을 알 수 있었다.

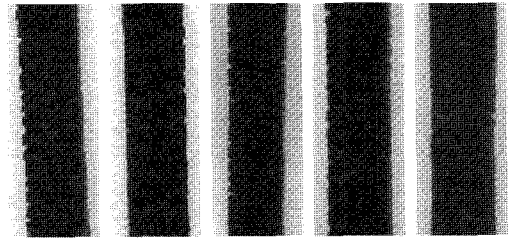
### 6. 마모 시험

기본 배합된 NBR 고무와 첨가제를 첨가한 고무 재료의 내마모성을 시험하기 위해 마모시험기를 이용하여 마모성을 시험하였으며, 그 결과를 Figure 9에 나타내었다.

KMSL-F의 경우는 기본 배합된 고무보다 마모가 상대적으로 더 컸는데, 이는 아라미드의 형태가 섬유이기 때문에 고무를 잡아주는 능력이 떨어지기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 oleamide가 3 phr 첨가된 경우는 내마모성이 뛰어난 것으로 나타났다.

### 7. 마찰계수 측정

본 실험에서는 마찰계수를 측정하였는데, 직접적



227001 KMSL-B KMSL-C KMSL-D KMSL-F

Figure 11. Photographs of cracked rubber specimens by ozone test.

으로 시편의 내소음성을 측정할 수 없었기 때문에 마찰계수를 측정함으로써 간접적인 방법으로 내소음성을 비교해 보았다. 시편 위에 유리판을 놓고 왕복시키면서 얻은 결과를 Figure 10에 나타내었다.

KMSL-E의 경우 상대적으로 마찰계수가 낮게 나타났다. 이것은 oleamide가 블루밍 현상에 의해 고무의 표면으로 올라와서 고무표면의 마찰계수를 낮추기 때문인 것으로 판단된다.

### 8. 오존균열 시험

시험 시편들에 대하여 오존균열 시험을 수행하였으며 그 결과를 Figure 11에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이, NBR과 oleamide가 첨가된 시편은 많은 균열을 볼 수 있으나, 아라미드가 첨가된 KMSL-F의 경우는 균열이 거의 없음을 알 수 있다. 이 결과는 아라미드는 고무에 첨가되어 오존에 의한 균열을 막을 수 있는 내오존제로 효과가 좋은 재료라는 것을 말해준다.

### 9. FT-IR 스펙트럼

NBR과 KMSL-F 시편들에 대한 IR 스펙트럼을 Figures 12와 13에 나타내었다. 3000  $\text{cm}^{-1}$  부근에서 C-H의 진동을 나타내는 피크가 나타났고, NBR 고무의 특성 피크인 2400  $\text{cm}^{-1}$  부근에서 nitrile( $\text{C}\equiv\text{N}$ ) 피크, 1470  $\text{cm}^{-1}$ 에서 alkene(trans)에 의한 피크가 나타났으며, 두 물질 모두 동일한 스펙트럼을 나타내었다.

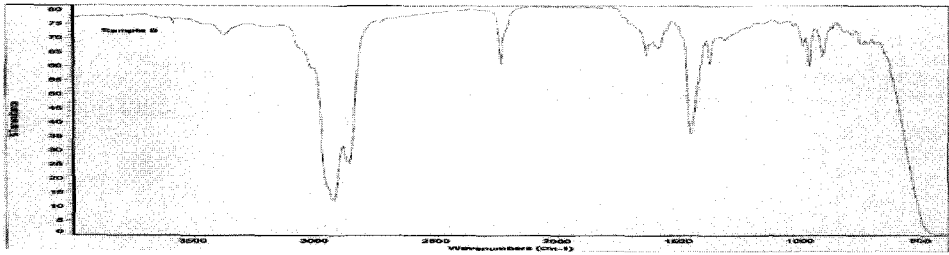


Figure 12. FT-IR spectrum of NBR 227001.

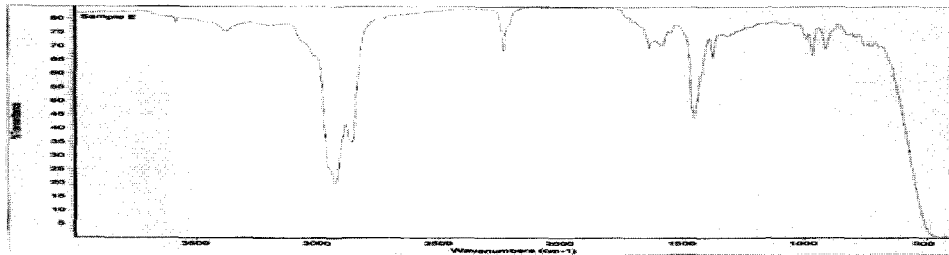


Figure 13. FT-IR spectrum of KMSL-F.

#### IV. 결 론

Oleamide와 아라미드를 첨가제로 NBR 고무재료에 혼련하여 가황하고 시편을 제작하여 기본물성을 측정하였다. NBR 고무재료의 내마모성, 내소음성 및 내균열성을 향상시키는데 적합한 조건을 조사하였으며, 이를 바탕으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Oleamide의 첨가에 따른 NBR 고무의 가황특성은 oleamide의 함량이 증가할수록 토오크( $T_{min}$ 과  $T_{max}$ )는 감소하였고 스코치 시간( $ts_2$ )은 조금 감소하였다. 반면에 아라미드를 첨가하였을 때는 스코치 시간이 증가하였다.

2. NBR 기본배합고무와 첨가제가 첨가된 배합고무(KMSLs)와의 기본물성 비교에서 oleamide가 5 phr(KMSL-E) 첨가된 경우를 제외하고는 기본물성의 변화가 거의 없었으며, oleamide가 3 phr(KMSL-D) 들어간 경우는 신장률이 더욱 향상되었다.

3. NBR 기본배합고무와 KMSLs의 내열성을 측정한 결과, 인장강도는 모두 소폭 감소(3% 정도)하였으며, oleamide가 1~3 phr이 첨가된 고무재료

(KMSL-B, C, D)는 NBR 기본배합고무보다 내열성이 우수하게 나타났다.

4. NBR 기본배합고무와 KMSLs의 내유성을 측정한 결과, 인장강도(-8~0%), 신장률(-27~-17%), 정도 모두 감소하였다.

5. 열분석 결과, KMSLs 모든 시료에서 첨가제의 변량에 따른 고무재료의 열분해 개시 온도의 변화는 나타나지 않았으며 유리전이온도 또한  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 변화가 나타나지 않았다.

6. 마모성 시험 결과, KMSL-D가 가장 우수한 내마모성을 보였으며, 마찰계수 측정에서는 oleamide가 첨가될수록 마찰계수가 작게 나타났으며, KMSL-E의 내소음성이 가장 우수하였다.

7. 오존균열 시험에서 NBR 기본배합고무와 oleamide만을 첨가한 KMSL-B, C, D, E 시편에서 많은 균열이 발생하였으나, 아라미드를 첨가한 KMSL-F의 경우 크랙의 수가 현저하게 감소하였다.

8. 연구결과를 종합하면 기본 배합된 NBR의 기본물성에 영향을 주지 않고 내소음성을 향상시키기 위한 oleamide의 최적첨가비는 3 phr이며, 내균열성을 향상시키기 위한 아라미드의 최적비는 1



phr인 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 신양장학금의 지원에 의해 수행된 것으로서 이에 감사를 드립니다.

### 참고 문헌

1. D. K. Kim, S. D. Seul, and J. E. Sohn, "내열 및 난연성 Polymethyl Methacrylate의 최적반응속도 모델에 관한 연구", *J. Kor. Ins. of Rubb. Ind.*, **22**, 324 (1987).
2. D. J. Moon, D. K. Kim, and S. D. Seul, "Poly (methyl methacrylate)와 Poly(acrylonitrile butadiens styrene)와의 혼합에 의한 열분해속도에 관한 연구", *J. Kor. Ins. of Rubb. Ind.*, **24**, 11 (1989).
3. B. Ameduri, B. Boutevin, and G. Kostov, "Fluoroelastomer", *Prog. Polym. Sci.*, **26**, 105 (2001).
4. J. U. Lee, W. K. Kim, and B. H. Kim, "A study on the electrical property of polypropylene thin film", *J. Kor. Ins. of Rubb. Ind.*, **21**, 121 (1986).
5. J. B. Thomas, "Permeation tube approach to long-term use of automatic sample retention index standards", *J. Chromatography A.*, **704**, 157 (1995).
6. G. Peter, L. Goran, and S. Goran, "In-situ measurements of gas permeability in fuel cell membranes using a cylindrical microelectrode", *J. Electroanalytical Chemistry*, **158**, 115 (2002).
7. L. A. Wood, "Standard ozone resistance testing of wax protected rubbers" *Rubber Chemistry and Technology*, **53**, 116 (1980).
8. A. I. Medalia, "Evaluation of result of tension fatigue resistance tests on vulcanized rubber", *Rubber Chemistry and Technology*, **53**, 988 (1980).
9. KS M 6518, 가황고무 물리시험방법.
10. J. Y. Jin, H. S. Kim, and S. Y. Choi, "Thermal aging, degradation and swelling of fluororubber", *J. Kor. Ins. of Rubb. Ind.*, **30**, 27 (1995).
11. P. B. Jana and S. K. De, "Thermal aging, degradation and swelling of fluororubber", *Polym. Comm.*, **32**, 376 (1991).
12. K. H. Lee, S. J. Kim, B. K. Kim, I. S. Park, and C. Y. Park, "가황도의 예측", *J. Kor. Ins. of Rubb. Ind.*, **29**, 5 (1994).