

# NR, SBR, NBR 및 EPDM 발포고무의 製造研究

慶熙大學校 工科大學 化學工學科

崔世永·白南哲

(1981年 2月 3日受理)

---

## A Study on the Manufacturing of Cellular Rubber Products with NR, SBR, NBR and EPDM

by

**Sei-Young Choi, Nam-Chul Paik**

*Chem. Engineering Dept., Kyung Hee University*

(Received Feb. 3, 1981)

### Abstract

The purpose of this dissertation is to study the physical properties of cellular rubber products for industrial use.

Vulcanization characteristics were investigated by using cure curve that had obtained by means of Rheometer.

The results of physical properties, vulcanization characteristics and foaming states are as follows.

1. The test results for vulcanization characteristics of NR compounds indicated that in the recipe R-1. When accelerator D is used, the optimum conditions of vulcanizate are obtained, while formula R-2 and R-3 have shown higher torque at curing time, 1~2 minutes. Cellular rubber product test in terms of compression set and compression deflection has also met the requirements of SAE.
2. For SBR compounds, S-1 formula was the best in terms of vulcanization characteristics, and for the blowing structure of cellular rubber products, formula S-3 in which accelerator M is added was fair. All other test results, such as compression set and compression deflection properties met SAE requirements.
3. NBR compound (N-1) including accelerator TT was the best in terms of vulcanization characteristic and also blowing structure. All other properties listed above met requirements, particularly for oil resistance test.
4. In the test of EPDM compounds, when mixed accelerator, M and TT, is used (formula E-1) the best results were obtained. Since EPDM is hydrocarbon elastomer, oil resistance test failed. All other properties met the requirement specified in SAE.

## I. 緒 論

고무工業에 있어서 有機發泡體의 先驅者라고 할 수 있는 고무스폰지는 19世紀중엽에 實驗室의으로 만들어진 以來, 氣泡體가 가지는 輕量性, 保溫性, 浮遊性, 觸感<sup>1)</sup> 등과 같은 特性을 살려 우리들 日常生活에 많이 活用되어 왔다.

오늘날 工業의 發達에 따라 耐老化性, 不燃性, 耐油性, 耐化學藥品性 등의 特性이 要求되고 있으므로 SBR, NR, NBR, EPDM, CR, 실리콘고무, 부틸고무 등의 發泡體가 用途에 따라 各各 다른 形態로 工業的으로 應用되고 있다.

用途面에서는 EPDM 發泡體는 耐오존성, 耐熱性, 低溫特性 등의 장점이 있어서 自動車部品과 그의 耐老化性 스폰지 고무로 利用되며<sup>2,3)</sup> CR發泡體는 難燃性 스폰지로서의 耐油, 耐老化性 등의 장점이 있어 家庭用製品인 冷藏庫, 工業用 packing, 잠수복 등에 利用되며<sup>4-7)</sup> NBR發泡體는 耐油性, 耐熱性, 耐藥品性이 좋아서 工業用製品, 自動車部品에 使用되며, SBR發泡體는 耐老化性, 耐候性, 耐摩耗성은 NR發泡體보다 좋으나 彈力성이 약간 떨어지므로 工業用 packing 등에 利用되며 NR 發泡體는 物理的 特性이 좋아서 工業용으로 많이 利用되고 있으며 부틸고무發泡體<sup>8-11)</sup>는 耐老化性, 耐오존성 등의 特性이 있어 自動車の packing에 쓰이고, 실리콘 고무 發泡體는<sup>12-17)</sup> 耐熱 및 耐溶劑성이 좋아 실린더용으로 많이 쓰이고 있다.

또 加工方法面에 있어서는<sup>18)</sup> 스폰지 고무板을 엮게 해서 따낸 것, 型物, 押出製品으로 連續加黃한 것, 押出成形한 것을 다시 金型을 써서 發泡加黃한 것, 2重 押出成形한 것을 한데 붙여서 押出加黃한 것, 加黃스폰지를 서로 합하여 붙인 것 등이 있다.

工業用 고무스폰지에는 氣泡가 相互連絡되어 通氣性, 通水性이 있는 連絡氣泡 스폰지 고무 또는 氣泡가 相互連絡없이 獨立되어 있는 獨立氣泡 스폰지<sup>19)</sup>가 있으며 두께는 20mm에서 30mm 정도의 것이 보통이나 40~50mm의 두꺼운 것이 되면 配合이나 加黃에 制限이 있어 두꺼운 것은 얇은 것을 합쳐서 만들며, 反對로 5mm 이하의 比重이 작은 것은 獨立氣泡 스폰지 고무의 경우 表面에 주름이 생기기 쉽기 때문에 두꺼운 스폰지 고무를 얇게 썬어 만드는 것이 보통이다.

前述한 바와 같이 工業用 스폰지 고무의 用途는 多樣하며 그들의 形狀, 性能도 各各 다르다. 예를 들면 스폰지테이프, 씨일, 도어패킹, 웨더스트립, 로울러, 풀

로팅호오스, 플로팅케이בל, 플로팅로우프, 多孔性印材, 多孔性고무 研削材 등의 獨立氣泡 스폰지 고무도 있고 連續氣泡 스폰지 고무도 있으며 軟質에서 에보나이트狀까지 各種의 고무스폰지가 있다.

本 研究에서는 國內에서 그 需要가 急激히 增加하고 있는 스폰지 고무의 品質을 向上시킬 目的으로 于先, NR, SBR, NBR 및 EPDM의 스폰지用 標準配合을 定하여 이들의 加黃物을 Rheometer에 依하여 適正加黃時間 및 架橋密度 등을 究明하였으며 壓縮永久줄음率 試驗, 耐油試驗, 壓縮變形試驗 등의 物理 試驗을 行하였다.

## II. 實 驗

### 1. 實驗材料

- NR(Ratural Rubber) : Malaysia製品, RSS<sup>#1</sup>
- SBR(Styrene-Butadiene Rubber) : 韓國合成고무製品, SBR 1502  
Mooney viscosity : 52, ML<sub>1+4</sub>, 100°C  
Styrene含量 : 23.5wt%
- NBR(Acrylonitrile-Butadiene Rubber) : 日本 Geon製品, Nippol DN-206  
Mooney viscosity : 63, ML<sub>1+4</sub>  
Nitrile含量 : 33wt%
- EPDM(Ethylene-Propylene-Diene-Terpolymer) : 日本三井製品, EPT 3045  
Mooney viscosity : 40, ML<sub>1+4</sub>, 100°C
- CaCO<sub>3</sub>(Calcium Carbonate) : 日本 神島化學工業製品, 表面積 : 25m<sup>2</sup>/g,  
強熱減量 : 2.5~2.6%, PH : 8.1
- ZnO(Zinc Oxide) : 日本 正同化學工業製品, 平均分子量 : 0.5~1.0μ, 比重 : 5.5, PH : 8.8, 吸油量 : 35cc/g
- SRF(Semi-Reinforcing Furnace Black) : 렉키콘티넨탈카본製品, 比重 : 1.80, 平均分子徑 : 56~80μ, PH : 7~10, 吸油量 : 0.72~0.92cc/gr, 表面積 : 20~30m<sup>2</sup>/gr
- HAF(High Abrasion Furnace Black) : 렉키콘티넨탈카본製品, 平均分子徑 : 25~45μ, 表面積 : 75~103m<sup>2</sup>/gr, PH : 7.0~9.1, 吸油量 : 0.78~1.65cc/gr
- St/A(Stearic Acid) : 日本關東化學製品, 比重 : 0.840, 融點 : 67~69°C, 水分 : 0.01% 以下
- S(Sulfur) : 日本關東化學製品, 고무用 1種, 黃灰黃色의 粉末, 比重 : 2~2.1, 水分 : 0.21%, 平均分子徑 : 1~5μ, 灰分 : 0.3% 以下

· Anti-D(N-phenyl-2-naphthylamine) : 日本大内新興化學製品, Nocrac-D, 淡紫紅色粉末, 比重: 1.2, 融點: 150°C以上

· Process oil : 韓國美昌石油製品, Naphthenic oil # 150, 比重: 0.925/15°C, 粘度: 25.1(37.8°C), 아닐린點: 62.6°C, 流動點: -30°C以上

· DPT(N,N'-Dinitroso Pentamethylene Tetramine) : 日本大内新興化學製品, 比重: 1.45, 分解溫度: 190~205°C, 發生가스量: 260~270ml/g

· Urea co-agent : 日本 永和化成工業製品, 白色潤性粉末, 分解溫度: 116°C

· DOP(Dioctyl Phthalate) : 日本 大日本 ink 化學製品, monosaser DOP, 分子量: 391, 比重: 0.9861, 引火點: 210°C, 沸點: 386°C, 凝固點: -53°C

· D(Diphenyl guanidine) : 日本大内新興化學製品, 白色非吸濕性粉末, 比重: 1.13~1.23, 融點: 144~146°C

· CZ(N-cyclohexyl-2-benzothiazolysulfenamamide) : 日本大内新興化學製品, 分子量: 264.41 融點: 94°C以上, 灰分: 0.3%以下, 水分: 0.5%以下, 粉末度: 149 $\mu$ m

· M(Di-ortholyguanidine) : 日本大内新興化學製品, 白色粉末, 分子量: 239.32, 融點: 165°C以上, 灰分: 0.3%以下, 水分: 0.3%以下, 平均粒子徑: 149 $\mu$ m

· TT(Tetramethyl thiuramdisulfide) : 日本大内新興化學製品, 白色粉末, 分子量: 240.43, 融點: 140°C以上, 灰分: 0.3%以下, 水分: 0.3%以上, 粉末度: 149 $\mu$ m

· TS(Tetramethylthiuram monosulfide) : 日本 三新化學工業製品, Sansera-TS 黃色粉末, 比重: 1.37~1.40, 融點: 103~114°C

· PZ(Zinc dimethyldithiocarbamate) : 日本大内新興化學製品, 分子量: 305.80, 白色粉末, 融點: 245°C 以上, 比重: 1.79

· Dicumyl Peroxide : 日本三井石油化學製品, 分子量: 270, 比重: 1.02

## 2. 實驗機器

Open mill : 8'' $\times$ 16'', 日本 Roll社製.

Rheometer : Monsanto#100, 美國 Monsanto社製.

Tensile testing machine : 300kg, 日本 Shimadzu社製.

Hardness tester : JIS Shore A, 日本 Tectock社製.

Oven : 0~250°C, 日本 Shimadzu社製.

Projector : V-16A (100배), 日本光學工業社製.

Compression set apparatus : HJ-725, 韓國흥진試驗機器 Co. 製.

## 3. 實驗方法

### 1. 配合表

本實驗에 適用한 고무配合은 다음 Table 1. 과 같다.

### 2. 混練 및 加黃

混練은, 지름 8', 길이 16', 회전비 1:1.25의 roll 을 使用하여 混練하였다.

로울러 간격은 3mm로 調整하고 로울러 溫度는 80°C 로 하여 고무와 carbon, 亞鉛華, 스테아르酸을 混練한 다음 黃과 促進劑의 順으로 配合하여 마스터벳치를 만들고 이것을 고무량 100g이 되게 分割한 다음 發泡劑 및 發泡助劑를 配合하였다.

이 配合物을 sheet로 뽑아서 24時間 熟成시킨다. 熟成시킨 고무를 適正加黃時間 測定用으로 試驗片을 만들어 使用하고 나머지 sheet를 電氣加熱式 프레스로 溫度 150°C에서 10分間 加黃시켜 物理試驗을 하였다.

### 3. 試驗方法

#### 1. 適正加黃時間 試驗

適正加黃時間試驗은 다음과 같이 行하였다.<sup>20,21)</sup>

디스크를 試驗溫度까지 올리고 記錄針의 펜을 차아트리의 제로토크선에 맞춘다.

다이스를 열고 試料고무를 디스크위에 올려놓은 다음 5秒 以內에 다이스를 닫는다.

디스크의 振動은 다이스가 닫힌 즉시 또는 적어도 1分以內에 시작하여야 한다.

이때 注意하여야 할 것은 캐비트內에 空氣의 빈칸이 없도록 하는 것이다. 이 操作은 ASTM D 2084-71T 와 SRIS 3102-1977에 따라 170°C에서 12分間, Range sel 50으로 하여  $t_{10}$ ,  $t_{90}$ ,  $t_{\Delta 80}$ , ML(Minimum torque), MHF(Maximum torque) 등을 測定하였다.

#### 2. 壓縮永久줄음率 試驗

壓縮永久줄음率 試驗은 다음과 같이 行하였다.<sup>22-24)</sup>

지름 28.68mm, 두께 12.5mm인 직원주형의 시험편을 제작한 다음 시험편을 壓縮板사이에 스페이서를 끼우고 시험편의 두께가 50%로 되도록 압축한 다음 固定시킨다. 熱處理에서 壓縮試驗時의 溫度와 時間은 23 $\pm$ 2°C, 24시간으로 하였다. 또 시험편을 끼우기전에 압축장치는 규정온도로 될 때까지 調整하였다.

다음에 시험편의 끼우기 및 압축이 끝난 압축장치는 규정온도로 보존된 항온조안에 규정시간 넣어 두었다. 熱處理가 끝난후 시험편을 빨리 압축장치에서 꺼내

Table 1. Recipe for NR, SBR, NBR & EPDM cellular products.

Recipe No.	R-1	R-2	R-3	S-1	S-2	S-3	N-1	N-2	N-3	E-1	E-2	E-3
Ingredients												
NR(RSS#1)	100	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SBR(SBR1502)	—	—	—	100	100	100	—	—	—	—	—	—
NBR(DN-206)	—	—	—	—	—	—	100	100	100	—	—	—
EPDM(EPT3045)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100	100
CaCO <sub>3</sub>	30	30	30	30	30	30	30	30	30	105	105	100
ZnO	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SRF	30	30	30	30	30	30	30	30	30	—	—	—
HAF	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	40
St/A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	—
Anti-D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	—	—
process oil	30	30	30	30	30	30	—	—	—	60	60	45
DPT	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Urea co-agent	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
DOP	—	—	—	—	—	—	30	30	30	—	—	—
D	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
CZ	—	1	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—
M	—	—	1	—	—	1	—	—	—	3	—	—
TT	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	1	—
TS	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
PZ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
dicumyl peroxide	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3

어 22시간 실온중에 방치하였다.

壓縮永久줄음률은 다음의 式에 따라 計算하였다.

$$C = \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} \times 100$$

여기에서 C : 압축영구줄음률(%)

t<sub>0</sub> : 시험편의 원두께(mm)

t<sub>1</sub> : 압축장치에서 꺼낸 22시간후의 시험편의 두께(mm)

t<sub>2</sub> : 스페이스의 두께(mm)

### 3. 耐油試驗

耐油試驗은 다음과 같이 行하였다.<sup>24,25)</sup> 폭 22mm, 길이 50mm, 두께 12.5mm의 시험편을 공기중에서의 무게(W<sub>1</sub>)를 단 다음 실온의 증류수중의 무게(W<sub>2</sub>)를 단 다음 알코올에 담그고 즉시 꺼내서 거름종이로 닦고 水分을 除去한다.

다음, 시험편을 ASTM No.3 oil이 채워진 바깥지름 38mm, 길이 300mm의 유리시험관속에 온도 70±1°C로 하여 22시간 동안 담근다. 이때 시험관은 환류가 잘 되도록 코르크마개로 가볍게 막는다.

다음, 시험편을 꺼내서 같은 種類의 새로운 시험용 기름중에 30~60分間 담가서 常溫으로 냉각시킨다.

다시 꺼내서 아세톤으로 기름을 잘 닦은후 공기중에서의 무게(W<sub>3</sub>)와 실온의 증류수중의 무게(W<sub>4</sub>)를 단다.

體積變化率は 다음式에 依하여 計算하였다.

$$\Delta V = \frac{(W_3 - W_4) - (W_1 - W_2)}{(W_1 - W_2)} \times 100$$

여기에서 ΔV : 體積變化率(%)

W<sub>1</sub> : 담그기전의 공기중의 무게(g)

W<sub>2</sub> : 담그기전의 수중의 무게(g)

W<sub>3</sub> : 담근후의 공기중의 무게(g)

W<sub>4</sub> : 담근후의 수중의 무게(g)

### 4. 壓縮變形試驗

壓縮變形試驗은 다음과 같이 行하였다.<sup>22,24)</sup>

지름 28.68mm, 두께 6.35mm의 試驗片을 使用하여 12~50mm/min의 속도로 충격없이 서서히 壓縮할 수 있고 壓力의 增加에 따른 變形을 測定할 수 있는 게이지가 부착된 試驗機를 使用하였다.

평평한 직경 38mm의 금속판사이에 試驗片을 넣어 두께가 25% 감소할 때 까지 壓縮하고 즉시 그때의 壓力을 읽는다. 똑같은 시험편을 壓力의 變化가 5% 以內가 될때까지 반복 시험하였다.

의 種類를 달리 하므로서 招來되는 加黃特性, 發黃狀態 및 物理的特性을 究明하였다.

### III. 結果 및 考察

本 研究에서는 Recipe Table 1과 같이 NR, SBR, NBR 및 EPDM의 發泡고무 基本配合에서 加黃促進劑

#### 1. 加黃 및 發泡狀態

1) Recipe Table 1에 따른 NR(RSS#1)配合에서 加黃促進劑 D, CZ, M을 各各 使用하여 溫度 170°C에서 測定한 加黃曲線(cure curve)을 Fig. 1 및 Table 2에 나타내었다.

加黃速度와 加黃開始에 있어서는 촉진제 M을 사용한

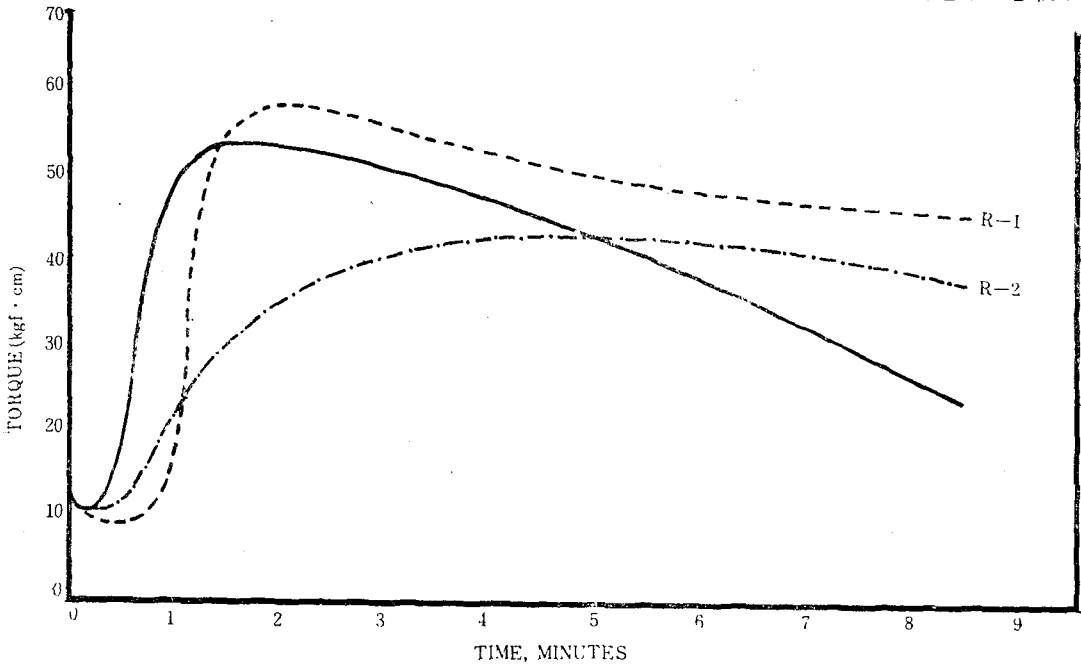


Fig. 1. Cure curve for NR compounds curing temp. 170°C

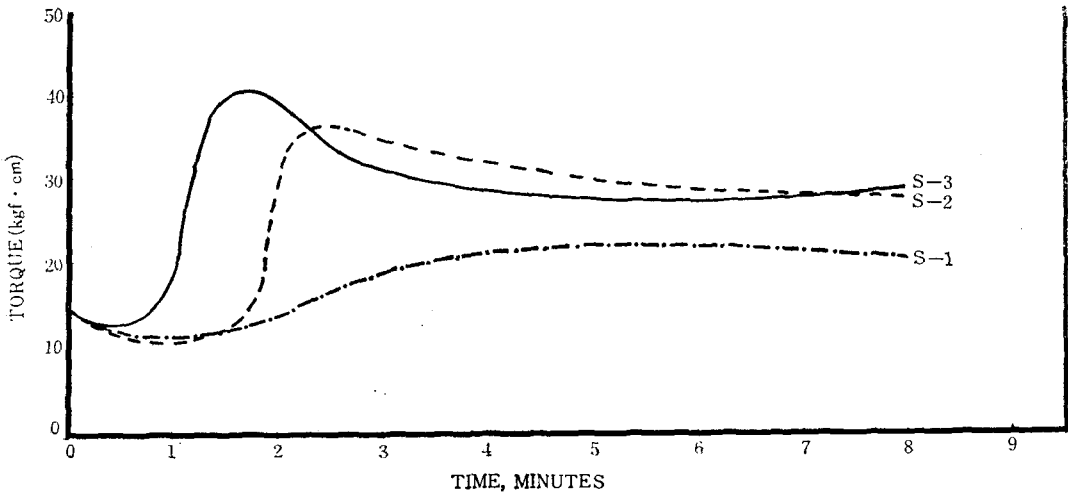


Fig. 2. Cure curve for SBR compounds curing temp. 170°C

配合物 R-3가 가장 빠르게 나타났으며 촉진제 D를 사용한配合物 R-1은 加黃速度가 가장 느리게 나타났다.

이는 M은 超促進劑이고 D는 中庸促進劑이기 때문인 것으로 생각된다.

즉 Fig. 1에서 보는 바와 같이 촉진제 D를 사용했을 때인 R-1이 時間의 經過에도 불구하고 一定한 torque를 유지하고 있고 架橋도 最適狀態를 나타내었다.

發泡狀態에 있어서는 促進劑 D를 사용했을 때인 R-1이 發泡時間도 充分하였으며 良好하였다. 促進劑 M을 사용한 R-3는 發泡時間이 不充分하여 發泡가 不足하고 그 狀態도 不良하였다.

2) Recipe Table. 1에 따른 SBR(SBR 1502)배합에서 加黃促進劑 D, CZ, M을 各各 달리 使用하여 溫度 170°C에서 測定한 加黃曲線(cure curve)을 Fig. 2 및 Table 2에 나타내었다.

加黃速度는 CZ, M을 使用한 S-2, S-3가 가장 빠르고 加黃開始는 促進劑 M을 使用한 S-3가 가장 빠르고 促進劑 D를 使用했을 때인 S-1이 가장 느리다.

이는 M은 超促進劑이고 D는 中庸促進劑이기 때문인 것으로 判斷된다.

즉, Fig. 2에서 보는 바와같이 促進劑 D를 使用했을 때인 S-1이 torque의 감소는 서서히 일어나며 加黃이 充分히 되지 않고 있는 것으로 보인다.

또 促進劑 M을 使用했을 때인 S-3가 加黃開始도 가장 빠르고 適正加黃時間도 適合하였으며 最高의 torque를 유지하였다.

發泡狀態에 있어서는 促進劑 CZ를 使用했을 때인 S-2가 發泡는 充分히 되었지만 그 狀態가 보통이며 促進劑 M을 使用했을 때인 S-3는 發泡도 充分하며 그

狀態도 良好하였다. 또 促進劑 D를 使用했을 때인 S-1은 發泡가 充分히 못하였다.

3) Recipe Table 1에 따른 NBR(DN-206) 배합에서 加黃促進劑 TT, TS, CZ를 各各 달리 使用하여 溫度 170°C에서 測定한 加黃曲線(cure curve)을 Fig. 3 및 Table 2에 나타내었다.

촉진제 CZ를 使用한 N-3는 加黃開始가 느리고 torque의 감소도 현저하게 나타나고 있으며 適正加黃時間도 充分한 發泡時間이 주어지지 않는 것으로 보인다.

促進劑 TT를 使用했을 때인 N-1은 加黃開始가 빠르고 一定한 torque를 유지하고 있다.

促進劑 TS를 使用했을 때인 N-2는 TT를 使用한 N-1보다 加黃開始가 약간 느리고 거의 같은 torque를 유지하고 있다. 이는 TT, TS가 모두 超促進劑이기 때문으로 생각된다.

發泡狀態에 있어서는 促進劑 TT를 使用했을 때인 N-1이 가장 適正加黃時間이었으며 發泡도 良好하였고 促進劑 TS를 使用한 N-2는 보통의 狀態이었다.

促進劑 CZ 使用時인 N-2는 充分한 適正加黃이 되지 않아서 發泡狀態가 良好하지 못한 것으로 생각된다.

4) Recipe Table 1에 따른 EPDM(EDT 3045) 配合에서 加黃促進劑 TT, M과 TT, PZ의 併用 및 dicumyl peroxide를 各各 使用하여 溫度 170°C에서 測定한 加黃曲線(cure curve)을 Fig. 4 및 Table 2에 나타내었다.

촉진제 TT, M 併用系인 E-1과 TT, PZ 併用系인 E-2는 加劑開始가 약간 느리고, 最高의 torque를 나타내고 있으며 torque유지도 一定하다.

Dicumyl peroxide를 使用한 E-3는 加黃開始와 適正加黃時間도 빠르며 torque는 最低狀態를 나타내고 있

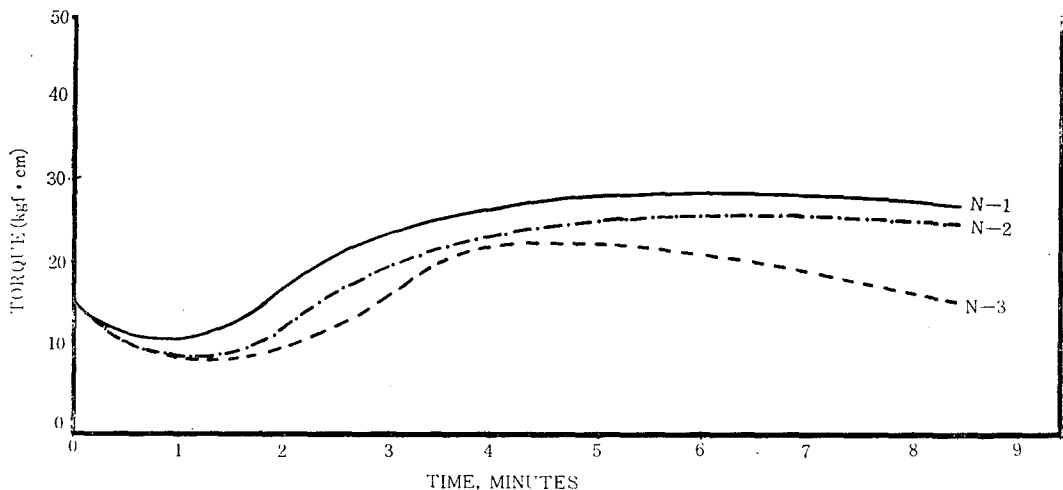


Fig. 3. Cure curve for NBR compounds curing temp. 170°C

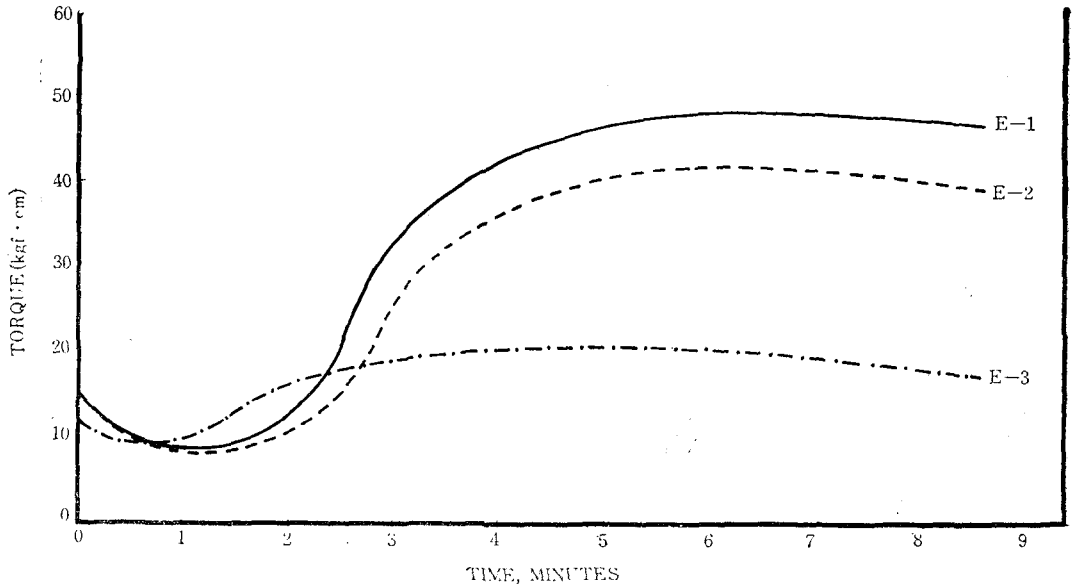


Fig. 4. Cure curve for EPDM compounds curing temp. 170°C

Table 2. Rheometer cure curve value

Recipe No. / Cure curve value	R-1	R-2	R-3	S-1	S-2	S-3	N-1	N-2	N-3	E-1	E-2	E-3
$t_{10}$	00':37"	00':57"	00':23"	01':18"	01':38"	00':54"	01':34"	01':48"	02':00"	02':09"	02':18"	01':00"
$t_{90}$	02':45"	01':24"	01':05"	03':48"	02':07"	01':22"	04':06"	03':50"	03':37"	04':30"	04':25"	03':17"
$t_{d80}$	02':08"	00':27"	00':42"	02':30"	00':29"	00':28"	02':32"	02':02"	01':37"	02':21"	02':07"	02':17"
ML	10	9	10	11	10.5	11.5	11	9.3	10	9	9	8
MHF	43	58	54	22	36.5	40	28.5	24.3	22.5	48.5	41.5	20.5

고 適正加黃도 不充分하다.

TT, M과 TT, PZ를 併用 했을 때인 E-1과 E-2가 가장 좋은 適正加黃狀態였다.

發泡狀態에 있어서는 TT, M 및 TT, PZ 併用時인 E-1, E-2가 良好하였으며 dicumyl peroxide 使用時는 充分한 加黃이 되지 못하여 發泡狀態가 不良하였다.

## 2. 壓縮永久줄음率

Table 3과 Fig. 5는 發泡고무 基本配合으로 製品試料를 만들어 試行한 50% 壓縮永久줄음率 試驗結果를 나타낸 것이다.

NR 配合物에서는 加黃이 가장 잘 이뤄진, 促進劑 D를 使用한 R-1이 壓縮永久줄음率에서 가장 좋은 수

치를 나타내고 있다.

SBR 配合物에서는 加黃은 促進劑 M을 使用한 S-3가 잘 되었으나 壓縮永久줄음率에서는 S-1, S-2가 좋은 수치를 나타내고 있다.

NBR 配合物에서는 加黃이 가장 잘 이뤄진, 促進劑 TT, TS를 使用했을 때인 N-1, N-2가 壓縮永久줄음率에서 가장 좋은 수치를 나타내고 있다.

EPDM 配合物에서는 加黃이 가장 잘 이뤄진, 促進劑 TT, M 및 TT, PZ 併用系인 E-1, E-2 配合이 壓縮永久줄음率에서도 좋은 수치를 나타내고 있으며 促進劑 CZ 使用時인 E-3 加黃이 잘 이뤄지지 않아서 壓縮永久줄음率의 結果가 不良한 것은 架橋結合이 잘 되지 않아서인 것으로 判斷된다.

Table 3. Value of compression set under constant deflection, cellular rubbers

Recipe No.	R-1	R-2	R-3	S-1	S-2	S-3	N-1	N-2	N-3	E-1	E-2	E-3
Item												
Compression set, 22hr at room temperature, 50% deflection, after 24hr recovery at room temperature max, %	14	17	18	18	19	22	22	22.5	24.5	21	20	24

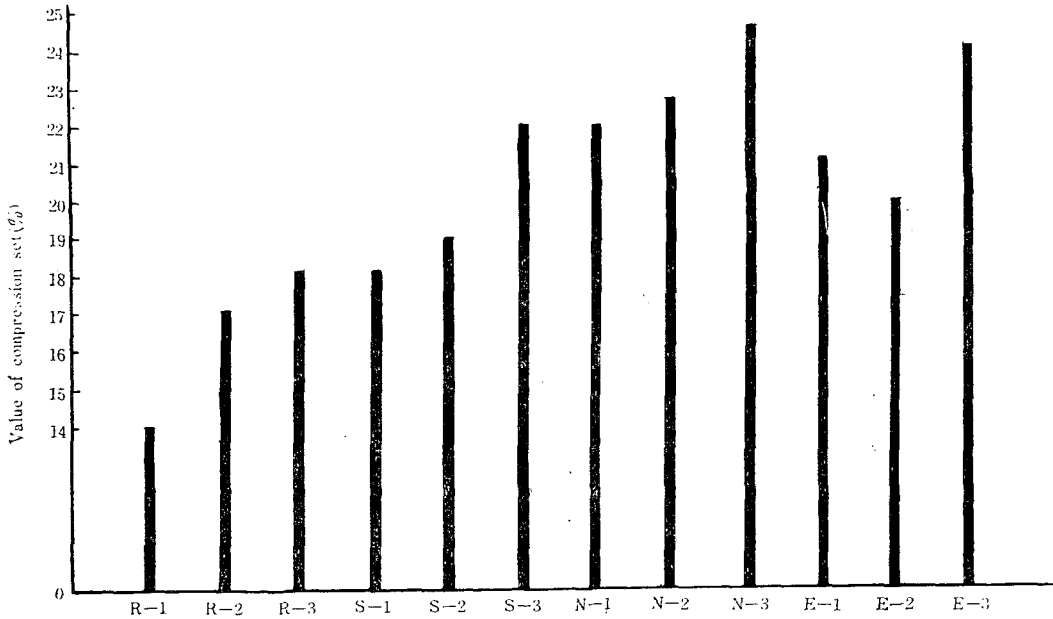


Fig. 5. Comparison of compression set under constant deflection, cellular rubbers

Table 4. Value of volume change, cellular rubbers

Recipe No.	R-1	R-2	R-3	S-1	S-2	S-3	N-1	N-2	N-3	E-1	E-2	E-3
Item												
Oil-aged, 22hr at 70°C change in volume in ASTM oil-No.3 (limits) %	-	-	-	-	-	-	+2	+3	+4	+105	+110	+120

### 3. 耐油 試驗

Table 4와 Fig. 6은 ASTM No.3 oil을 써서 70°C에서 22시간 老化시켰을 때의 體積變化率을 나타낸 것이다. NR, SBR은 非耐油性 고무이기 때문에 耐油試驗을 할 수가 없었고 NBR에서는 加黃이 잘 이뤄진, 促進劑 TT, TS를 사용한 N-1, N-2가 가장 良好한 體積變化를 나타내었고, EPDM에서는 加黃이 잘 이뤄진

촉진제 TT, M과 TT, PZ 併用系인 E-1, E-2가 比較的 良好한 體積變化를 나타내었다.

### 4. 壓縮變形試驗

Table 5와 Fig. 7은 25% 압축변형시험결과를 나타낸 것이다. NR配合物에서는 加黃이 가장 잘 이뤄진 촉진제 D를 사용한 R-1이 가장 良好한 結果를 보이며, SBR 配合物에서는 壓縮永久늘음率 試驗에서와 마찬가지로



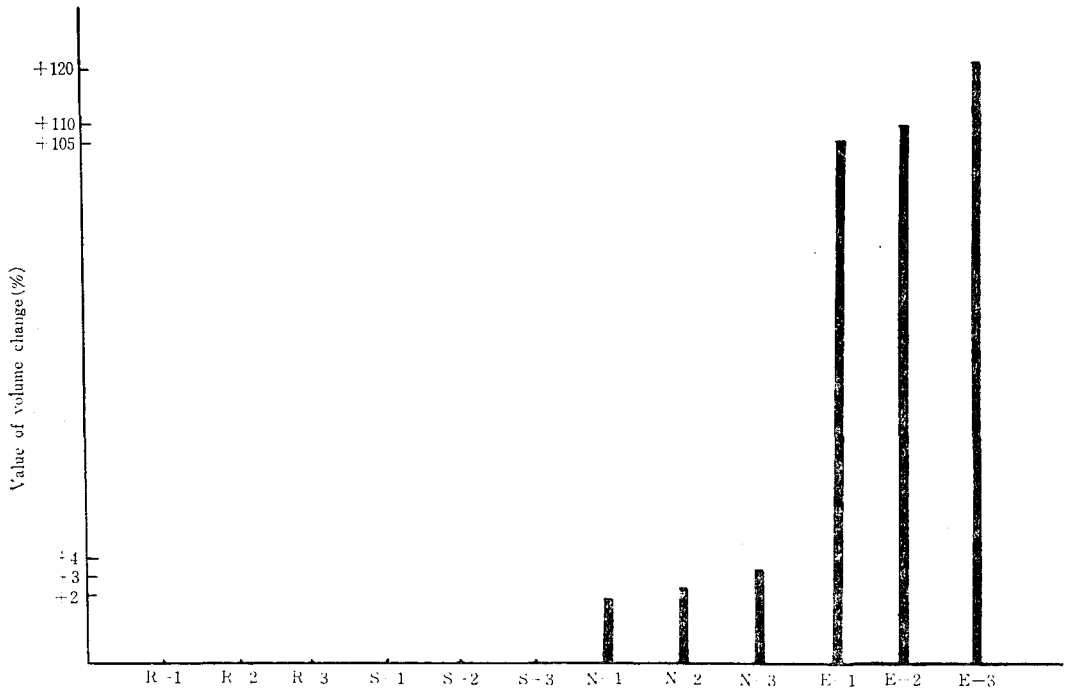


Fig. 6. Comparison of volume change(oil aged), cellular rubbers 22hr×70°C, ASTM No.3 oil

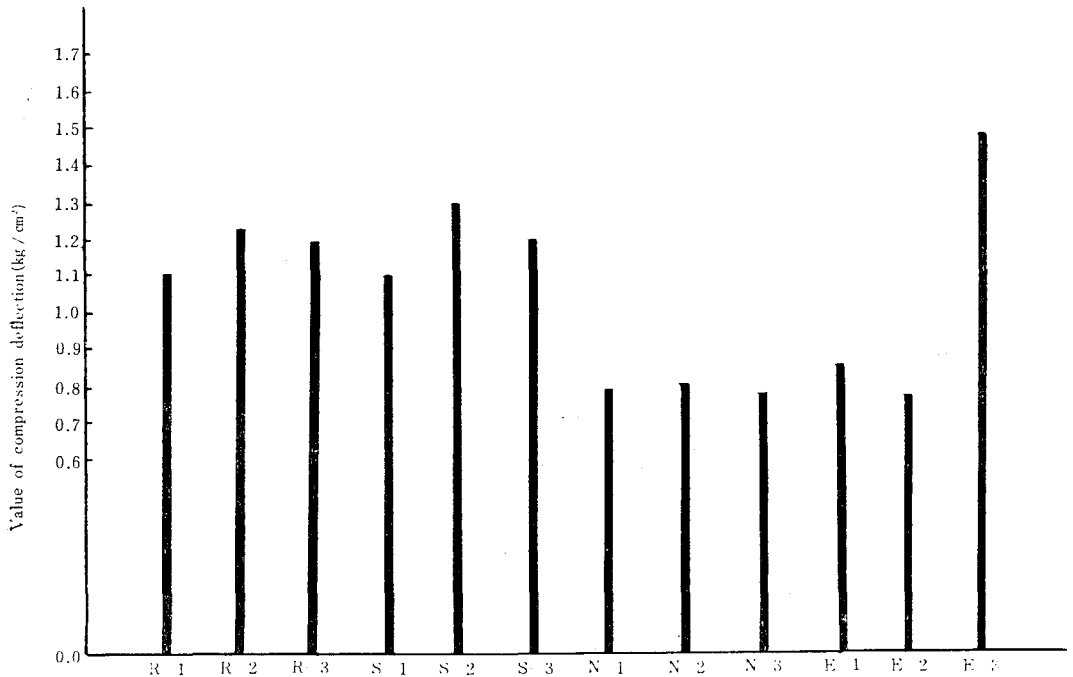


Fig. 7. Comparison of compression deflection, 25% deflection(limits)

Table 5. Value of compression deflection, cellular rubbers

Recipe No.												
Item	R-1	R-2	R-3	S-1	S-2	S-3	N-1	N-2	N-3	E-1	E-2	E-3
Compression deflection, 25% deflection(Limits)	1.1	1.2	1.2	1.1	1.3	1.2	0.78	0.8	0.78	0.83	0.76	1.5

지로 加黃은 촉진제 M을 사용한 S-3가 잘 되었으나 압축변형시험결과는 촉진제 D를 사용한 S-1이良好한 결과를 보이고 있다.

NBR 配合物에서는 加黃이 잘 이뤄진 촉진제 TT를 사용했을 때인 N-1배합이 압축변형시험에서도 양호한 결과를 보이며, EPDM 配合物에서는 加黃이 가장 잘 이뤄진 촉진제 TT, M 및 TT, PZ 併用系인 E-1, E-2가 압축변형시험에서도 좋은 결과를 보이고 있다.

#### IV. 結 論

本 研究에서는 工業用發泡고무製品을 위한 配合과 加黃特性 및 發泡製品의 物性을 檢討하였다. 加黃特性은 Rheometer를 써서 求한 cure curve에 依하여 調査 究明하였다.

1. 配合物의 一定溫度에서의 適正加黃時間은 促進劑 D를 配合한 R-1이 가장 적합하였으며 發泡狀態도 R-1이 가장 良好하고 物性試驗, 壓縮永久줄음率試驗, 壓縮變形試驗에서는 모두 SAE 기준치에 적합하였다.

2. SBR 配合物의 一定溫度에서의 適正加黃時間은 促進劑 D를 配合하였을 때인 S-1이 가장 適合하였고 發泡狀態는 M을 配合한 S-3가 良好했으며, 物性檢討에서 壓縮永久줄음率試驗, 壓縮變形試驗의 結果는 모두 SAE 기준치에 適合하였다.

3. NBR 配合物에 있어서 一定溫度에서의 適正加黃時間은 促進劑 TT를 配合했을 때인 N-1이 適合하였고 發泡狀態 또한 N-1이 良好했으며 壓縮永久줄음率試驗, 耐油試驗, 壓縮變形試驗의 結果는 모두 SAE 기준치에 適合하였다.

4. EPDM 配合物의 一定溫度에서의 適正加黃時間은 M과 TT를 併用한 E-1이 最適이었고 發泡狀態 또한 E-1이 가장 良好했으며 壓縮永久줄음率試驗, 壓縮變形試驗의 結果는 모두 SAE 기준치에 適合했으나 耐油試驗에서는 適合치 못한 結果를 보이고 있다.

#### 參 考 文 獻

- 1) 前田守一: 日本고무協會誌, 48, No. 8, 473(1975).
- 2) EPT Sponge配合과 性質[Rubber Age, 82-90(1966)].
- 3) EPT for Automotive Sponge[Rubber World, 67-77(1964)].
- 4) Du Pont BL-264(1954) Sole Sponge.
- 5) Du Pont BL-292 ASTM D-1056, SAE-18R Neoprene Sponge.
- 6) Du Pont Report No. 57-4(1975) Neoprene Cellular Rubber.
- 7) Du Pont BL-357(1959) LCM 押出連續加黃 Sponge.
- 8) Polymer Tech. Report, No. 3: 7A(1954) 連續氣泡 Sponge.
- 9) Polymer Corporation No. 8: 6B(1959) 耐熱性 Sponge.
- 10) Polymer Corporation No. 8: 11C(1959) 連續氣泡 Sponge.
- 11) Polymer Corporation No. 9: 7C(1960) 獨立氣泡 Sponge.
- 12) D.C. Young & C.W. Roush: Rubber Age, 82-88(1967).
- 13) D.C. Young & C.W. Roush: Rubber Age, 69-74(1967).
- 14) Silicone Rubber Cures to Sponge Underwater[Rubber Age, 79(1965)].
- 15) Silicone의 製造[T.S. Moroney: Rubber World, 34-38(1963)].
- 16) 耐熱性 Silicone foam[D.E. Weyer, K.R. Hoffmann: Mod. Plastics 133-141, 202(1954)].
- 17) Silicone foam에 對하여 [Rubber Develop., 2, 50-52(1966)].
- 18) 白南哲: 고무學會誌 15, No.3, 147(1980).
- 19) 白南哲: 고무기술기초세미나教材(1980).
- 20) ASTM D2084-75 "Tentative Method for Measurement of Curing Characteristics with the Oscillating Disk Cure Meter"
- 21) 日本고무協會 標準規格 "Measurement of Curing Characteristics with Cure Meters" SRIS-3102-1977.
- 22) ASTM D1056-77 "Standard Specification for

- Flexible Cellular Materials-Sponge or Expanded Rubber".
- 23) ASTM D 395-78 "Standard Test Methods for Rubber Property-Compression Set".
- 24) SAE J18b "Sponge and expanded cellular-rubber products".
- 25) ASTM D 471-77 "Standard Test Method for Rubber Property-effect of Liquids".
-