

# 각종 합성고무의 基本因子에 대하여〔I〕

金 駿 洙\*

## I. 序 言

오늘날 고무工業界에서 취급하는 합성고무는 그 종류가 놀라웁게 증가하여 직접 고무技術에 종사하는 사람도 자칫하면 혼돈되기 마련이다. 일상 고무工業에 종사하는 사람이라면 이와 같이 많은 여러가지 합성고무에 대한 특징과 短點들을 개략적으로나마 理解하고 그 합성고무들이 차지하는 위치를 어느정도 명확하게 알고 있어야 한다는 것은 지극히 당연한 일이라 하겠다. 오늘날 여러 사람들이 현실에 뒤지지 않으려고 고무技術 참고서나 각종 강습회등을 통하여 공부를 하는 등 나름대로 노력을 하고있는 것도 모두 그 때문이라고 믿어진다.

여기에 마침 木村氏가 現場技術者나 salesman을 위하여 각종 합성고무에 대한 基本因子를 中心으로하여 體系的으로 解説한 內容과 특히 여러가지 응용문제와 解答를 알기쉽고 기억하기 쉽도록 發表한 좋은 資料가 있기에 우리에게도 많은 도움이 될것으로 믿어 紹介하는 바이다. 이 內容은 주로 現場技術者나 salesman을 대상으로 한것으로서 각종 합성고무의 特性도 될수 있는대로 알기쉽게 그리고 系統的으로 解説하는 것을 목표로 하였기 때문에 간혹 獨斷의인 表現이 있을것으로 여겨 이點 미리 諒解하기를 바란다.

木村氏는 합성고무의 각종 特性은 매우 복잡하여 보이지만 4가지의 支配因子로 구성되어 있으며 이 基本因子의 概念을 먼저 體得하는 것이 각종 합성고무의 特性을 理解하는 지름길이 될것으로 믿는다고 하였다.

基本因子에 대한 것을 스스로 몸에 익히게 되면 각종 합성고무 個個의 特性을 納得하여 理解할수 있게 되므로 고무技術을 익히는데 한층 의욕이 생기기 마련이다.

그러면 고무分子의 基本因子로서 무엇을 생각하여야 하느냐 하는 點에서 木村氏는 적어도 結晶性, 極性, 安定性 및 柔軟性의 4因子를 들수 있으며 이들 4가지 因子를 어떻게 연관 結合시키느냐에 따라서 합성고무의 각종 特性이 誘導된다는 構想에 기반을 두고 다음과 같은 解説을 하였다고 한다.

## II. 基本因子에 대하여

### 1. 고무分子의 結晶性

물을 냉각시키면 0°C에서 얼어서 딱딱한 얼음이 된 다거나 추운 겨울에 大氣中의 水分이 結晶이 되어 눈이 되는 일, 그리고 눈의 結晶이 반드시 6角形으로 되어 있다는 것등은 너무도 잘 알려져 있는 事實이다. 이와같은 얼음이나 눈은 溫度가 내려감에 따라 물의 分子運動이 곤란하게 되어 일정한 모양으로 配列되는 것으로 알려지고 있다. 같은 물의 分子도 液體의 물과 얼음은 性狀이 전혀 다르지만 그 差異는 分子의 結晶이 있느냐 없느냐에 달려있으므로 分子의 規則的인 配列(結晶)이 어떻게 物質의 物性에 영향을 미치느냐 하는 것을 알수 있다. 물 이외에도 이 世上에 結晶되는것은 얼마든지 있다. 그러면 고무와 結晶은 어떤 관계가 있느냐 하는것을 알아보기로 한다. 고무는 물과 같은 液體는 아니며 그렇다고 하여 나무나 돌과 같은 固體와도 다르다. 한편 간단히 變形시키기 쉬운 點으로는 液體와 가까우나 液體와 같이 흐르지는 못한다. 결국 物質을 氣體, 液體 및 固體로 區別하였을 때 고무는 液體와 固體의 中間的인 性狀을 나타내고 있다고 하겠다.





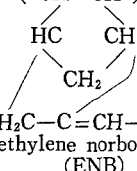
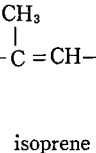
이와같은 半液體狀의 고무가 물과 마찬가지로 冷却시키기므로써 結晶化 한다는 것에 대하여 흔히들 생각하지 못한다. 그러나 고무에 대하여 여러가지 性質을 研

\* 흥능기계 공업회사

究하여 가는 가운데 고무의 種類에 따라서는 不完全하나 結晶이 생긴다는 것을 알수 있다. 모든 고무가 다 結晶性을 가지고 있는 것은 아니고 고무分子의 種類에 따라 結晶性이 강한 고무와 거의 結晶하지 않는 고무가 있으며 고무分子의 形狀이 간단하고 規則的일수록 結晶性이 크다. 고무分子의 構造式과 그에 對한 解説

을 要約하면 表 1 과 같으므로, 참고하기 바란다. 分子式에 대한 이야기가 나오기 始作하면 끝치가 아프다는 사람이 많은 실정인데 分子式 그 自體에 대하여 크게 神經을 필요는 없고 단지 들여다보는 정도로서 스마트 하다가나 가지가 나와 있다거나 다른 記號가 들어 있다거나 하는등 고무製品의 根本을 觀察하는 것 처럼

表 1. 各種 合成고무의 分子構造式

고무명	구조식	해설
Isoprene 고무 IR (NR)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ (-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_{\text{n}} \\ \text{isoprene} \end{array}$	methyl 基 $\text{CH}_3$ 는 二重結合의 反應性을 促進한다. 炭素(C)와 水素(H)로  구성되어 있으므로 非極性고무. monomer는 isoprene만으로서 high cis의 立體規則性이 있어 結晶性고무. 二重結合이 主鎖에있으므로 分子가 不安定. branch가 적고 分子는 柔軟性.
Styrene 고무 SBR	$(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_{\text{x}}-(-\text{CH}-\text{CH}-)_{\text{y}}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div>butadiene</div> <div style="text-align: center;">  <p>styrene</p> </div> </div>	C,H만으로 構成되지만  의  영향으로 약 간極性. 두가지 monomer의 random 重合때문에 非結晶性. 二重結合때문에 反應性이 크고 不安定. styrene의  영향으로 分子運動이 阻害되고 IR보다 分子의 柔軟성이 적다.
Butadiene 고무 BR	$(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_{\text{n}}$ <p style="text-align: center;">butadiene</p>	C,H로 構成되어 있기때문에 非極性. monomer는 一種으로서 high cis의 立體規則性이 있으며 分子運動이 너무  활발하기 때문에 使用溫度에서 結晶하지않고 非結晶性. 二重結合이 있으므로 不安定. 전혀 branch가 없어서 柔軟性 優秀.
Nitrile 고무 NBR	$(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_{\text{x}}-(\text{CH}_2-\text{CH}-)_{\text{y}}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div>butadiene</div> <div style="text-align: center;">  <p>acrylonitrile</p> </div> </div>	極性基 CN이 있기때문에 極性고무. butadiene과 acrylonitrile이 random하게 重合되기 때문에 規則性이 없으며 非結晶性. 二重結合이 있으므로 不安定. 極성과 CN의 branch때문에 分子運動이 阻害되며 分子의 柔軟성은 SBR보다  떨어짐.
Ethylene-propylene 고무 EPDM (EPT)	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_{\text{x}}-(-\text{CH}_2-\text{CH}-)_{\text{y}}-(-\text{CH}-\text{CH}-)_{\text{z}}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div>ethylene</div> <div style="text-align: center;">  <p>propylene</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ethylene norbornene (ENB)</p> </div> </div>	C,H로 構成되어 非極性. ethylene과 propylene이 random하게 重合되기 때문에 非結晶性. 二重結合이 第3成分에 조금 있고 主鎖에는 없으므로 安定성이 크다. E-NB에 의한 branch는 비교적 적으므로 SBR만큼의 柔軟性 나타냄.
Butyl 고무 IIR	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ (-\text{C}-\text{CH}_2-)_{\text{x}}-(-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_{\text{y}} \\   \\ \text{CH}_3 \\ \text{isobutylene} \end{array}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div>isobutylene</div> <div style="text-align: center;">  <p>isoprene</p> </div> </div>	二重結合을 가진 isoprene은 少量이기때문에 安定성이 큼. isobutylene이 規則的으로 重合하기 때문에 結晶性이 있어 非極性고무. 主鎖炭素 2個에 methyl 基 ( $\text{CH}_3$ ) 2個가 있으며 立體障害에 의하여 分子運動이  곤란하여 고무彈性 最少.

각종 합성고무의 基本因子에 대하여 (I)

<p>Silicone 고무 Q (Si)</p>	$\left( \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{Si}-\text{O}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} \right)_n$ <p>dimethyl siloxane</p>	<p>極性は 없으나 骨格이 無機構造 <math>-\text{Si}-\text{O}-</math> 이기 때문에 耐油性이 약간 있으며 二重結合이 없이 <math>-\text{Si}-\text{O}-</math>는 유리와 같은 구조이기 때문에 安定性이 매우 좋다. <math>-\text{O}-</math>는 屈曲性이 좋고 耐寒性과 彈性을 向上시킴. 分子 柔軟性, 無極性.</p>
<p>Chloroprene 고무 CR</p>	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ (-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n \end{array}$ <p>Chloroprene</p>	<p>鹽素때문에 極性고무. 1 種類의 monomer 가 規則的으로 重合하여 結晶性이 極히 큰. 二重結合이 있는 것으로서 側鎖에 있는 Cl 이 原子量(35.5)이 커서 反應性을 妨害하기 때문에 安定性이 있으며 分子의 柔軟性은 SBR 정도.</p>
<p>Hypalon CSM</p>	$\left( \begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ (-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_{12}-\text{CH}- \\   \\ \text{SO}_2\text{Cl} \end{array} \right)_{17}$ <p>polyethylenechloride</p>	<p>polyethylene 이 骨격이기 때문에 結晶性이 매우 큰. Cl 과 S 이 結合되어 있으므로 極性. 二重結合이 없으므로 安定性이 좋음. plastic 性이 크고 分子의 柔軟性은 NBR 정도.</p>
<p>Acryl 고무 ACM (ANM)</p>	$\left( \begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH} \\   \\ \text{O}=\text{C}\cdot\text{O}\cdot\text{R} \end{array} \right)_n$ <p>acryl ester</p>	<p>極性基 <math>-\text{C}-\text{O}</math> 때문에 極性. monomer 는 <math>\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{O} \end{array}</math> 1種이지만 가지가 너무커서 結晶性은 없음. 二重結合이 없어 安定性은 좋으나 ester 結合때문에 加水分解되기 쉬운 缺點이 있음. 分子의 柔軟性은 떨어짐.</p>
<p>Hydrin 고무 ECO (CHR)</p>	$\begin{array}{c} (-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{O}-)_n - (-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-)_n \\   \\ \text{CH}_2\text{Cl} \end{array}$ <p>epichlorohydrin ethylene oxide</p>	<p>Cl 結合때문에 極性고무, monomer 二種類가 random 하게 共重合되므로 非結晶性. <math>-\text{O}-</math>結合은 分子의 屈曲性을 向上시키고 耐寒性과 彈性良好, 二重結合이 없으므로 安定性은 좋음.</p>
<p>Urethane 고무 U</p>	$(-\text{O}-\text{R}-\text{O}-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}'-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}''-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-\text{R}'''-\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-\text{C}-)_n$	<p><math>\text{NH}_2\text{COO}</math> 때문에 極性고무. 二重結合이 없으므로 安定性이 좋으나 ester 結合때문에 加水分解가 일어나기 쉬움. urethane 結合은 熱에 不安定하기 때문에 耐熱性이 약간 低下한다. <math>-\text{O}-</math>結合때문에 耐寒性이 좋고 架橋가 規則的이어서 結晶性.</p>
<p>Thiokol T</p>	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{S}-\text{S}-\text{S}-)_n$ <p>ethylene 4 黃化物</p>	<p>黃의 結合으로 極性이 큰. 二重結合이 없으므로 安定性이 좋다. 非結晶性. 柔軟性이 적다.</p>
<p>1-2 BR (JSR RB 820)</p>	$\begin{array}{c} (-\text{CH}-\text{CH}-)_n \\   \\ \text{CH} \\    \\ \text{CH}_2 \end{array}$ <p>butadiene</p>	<p>butadiene 의 1,2 結合 polymer 로서 結晶性이 매우 크다. 水素(H)와 酸素(O)로 구성되어 非極性. 二重結合이 主鎖에 없으므로 分子는 安定性이 있으나 透明고무 일때 光에 의한 硬化反應이 크다. plastic 과 고무의 中間的 性質로서 分子의 柔軟性은 적다.</p>

表 2. 各種 고무의 結晶性 순위

고 무	IR (NR)	SBR	BR	EPDM (EPM)	IIR	Q (Si)	NBR
結 晶 性	3	0	0	0	2	0	0
고 무	CR	CSM	ACM (ANM)	ECO (CHR)	U	T	*
結 晶 性	4	4	0	0	3	0	1-2BR
							4<

※ JSR RB 820.

分子式(構造式)의 外觀을 보고 印象에 남으면 그것으로 充分하다.

結晶性을 가진 고무의 結晶에 대한 概念을 理解하기 위한 모델을 들면 그림 1과 같다. 그림 가운데 고무分子의 일부가 規則的으로 配列되어 있는 block이 있는데 이 부분이 結晶化 되어 있는 것을 나타내고 있으며 나머지 不規則的인 부분이 非結晶 영역이다. 柔軟한 고무로서의 特性을 發揮하기 위하여는 원래 結晶性이 있으면 좋지 않으나 약간 結晶性이 있으면 結晶化에 따르는 興味있는 現象이 나타나기도 하고 用途에 따라서는 加工性이나 加黃고무의 特性에 長點이 있는 것도 가끔 있으며 여기에 대하여는 後述하기로 한다.

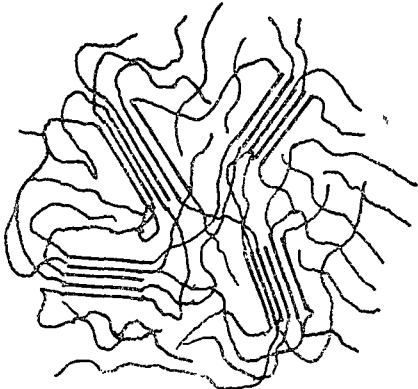


그림 1. 非結晶 領域속에 結晶領域이 散在하는 結晶性 고무의 모델

각종 고무에 관한 結晶化에 대하여는 고무 가운데 結晶性이 가장 큰 CR을 4點 滿點으로 하였을때 다른 고무와 比較하면 表2와 같다. 이는 概략적인 傾向을 나타낸 것으로서 數值 自體에는 별로 큰 의미가 있는 것이 아니다.

그러면 과연 고무가 結晶化 한다고 하는것은 어떤 의미를 가지고 있는 것일까. '물이 結晶하여 얼음이 되는 것에서도 大體的인 傾向을 알았으리라 믿는다.

고무 가운데 結晶이 생기면 그 部分의 分子는 規則的으로 配列하며 같은 分子들끼리 서로 接近하여 강한 block을 形成한다. 따라서 고무分子가 分子運動을

하는 여유도 적게되어 있으며 非結晶部分 보다 密度도 높아서 매우 딱딱한 部分을 形成하고 있다. 이 때문에 고무속에 結晶이 생기면 硬度가 올라가고 引張強度가 커지며 伸張率과 彈性이 低下한다. 또 耐油性은 向上되지만 耐塞性은 떨어지는 傾向을 나타낸다.

다만 이때 주의하여야 할 것은 結晶性인 고무라 하여도 고무는 巨大한 高分子이므로 가령 結晶溫度까지 냉각시켜도 물처럼 簡單하게 結晶이 생기지는 않는다. 고무가 結晶化하기 위하여는 고무分子가 移動하여 規則的인 配列을 할 必要가 있으나 고무分子는 巨大하므로 移動하는데 시간이 걸린다. 물은 0°C가 되면 바로 結晶化가 시작되는 점이 크게 다르다. 또 結晶性인 고무는 伸張을 하게되면 室溫에서도 結晶化하게 되는데 伸張을 하게되면 고무分子 끼리의 거리가 接近하여 一定方向으로 分子가 配列되기 때문에 瞬間的으로 結晶化한다. 물론 伸張했던 것을 풀어주면 즉시 結晶이 풀려서 원상태로 되돌아간다. 結晶性이 있는 IR(NR)나 CR이 純고무배합에서도 強度가 큰 것은 이 때문이다.

結晶性인 고무가 가지고 있는 一般的인 性狀을 종합하면 다음과 같다.

- (1) 未加黃生地の 強度가 크고 押出加工性이 좋으며 타이어나 長靴등의 成形性이 우수하다.
- (2) 純고무 配合에서도 高度의 物性を 낼수 있으며 낮은 硬度에서 高強度가 要求되는 用途에 適合하다.
- (3) 低溫에 대한 物性的 溫度依存性이 크다(硬度變化나 壓縮永久늘음이 커진다).
- (4) 原料고무나 未加黃고무가 保管中에 硬化하여 溶劑에 잘 녹지 않는다.
- (5) 補強劑는 伸張時의 結晶性을 阻害하기 때문에 非結晶性인 고무일수록 效果가 나지 않는다.
- (6) 耐塞性에는 minus 因子가 되지만 結晶化만의 영향으로 脆化되는 일은 없다.
- (7) 結晶化에 의한 物性的 變化는 老化에 의한 變質과 달라 加溫하여 結晶을 풀어주면 完全히 원상태로 되돌릴 수 있다.
- (8) 耐塞性 可塑劑는 脆化溫度를 改善하는 效果가

있으나 結晶化를 防止할 수는 없다.

結晶化의 概念에 대하여 아직도 確實치 못한 分들을 위하여 좀더 해설하고자 한다.

有名한 Newton의 萬有引力의 法則에 따라 모든 物質은 引力을 가지고 있다. 달이 떨어지지 않는 것은 太陽과 地球 양쪽의 引力으로 당겨지고 있기 때문이며 모든 물질이 무게가 있는 것도 地球의 引力때문이다. 모든 物質은 微少한 分子로 構成되어 있으나 이 分子도 萬有引力을 가지고 있으며 서로 強하게 끌어 당겨서 뭉치려고 하고 있다. 이 分子끼리 하나로 뭉치려고 하는 힘을 凝集力이라고 한다.

그러나 分子는 모두 溫度가 上昇함에 따라 分子의 熱運動(分子運動)이라고 하는 활발하게 움직여 돌아가는 性質을 가지고 있다. 固體는 溫度가 낮기 때문에 分子運動이 되지 않으며 分子끼리 凝集力으로 굳게 結合된 狀態로 유지하고 있으므로 힘을 加하여도 變形되지 않는다. 無理하게 變形시키려고 하면 破壞하여 버린다. 固體를 加熱하면 分子의 運動이 旺盛 하여져서 分子의 사이에 간격이 생겨 凝集力이 弱하여 지고 마침내 分子가 自由로 움직이게 된다. 이 狀態가 液體인데 아직 分子끼리의 引力(凝集力)이 조금이나마 남아 있어 變形하거나 흐르거나 하는 일은 자유이지만 個個의 分子가 空中으로 自由로 發散은 되지 않으며 group으로서 完成된 行동을 하고 있다.

그러나 溫度가 차츰 上昇하면 分子運動이 한층 活潑하게 되며 分子끼리의 引力이 절단되어 個個의 分子가 自由로 空中으로 날라간다. 이 狀態가 氣體이다. 氣體가 되면 容器에 넣어 두어도 마개를 하지 않으면 保管할 수가 없다. 分子끼리의 引力(凝集力)과 自由로 되려고 하는 分子運動의 balance 關係로 같은 物質이 固體=液體=氣體로 狀態가 變化하는 것을 잘 理解하였을 것으로 믿으나 實은 液體에서 固體로 變化할 때에 문제가 있다.

液體가 冷却되어 固體가 되는 것은 두가지의 다른 形態가 있다. 하나는 유리나 硯과 같은 경우로서 加熱에 依하여 녹아서 液體가 되어 있는 것을 冷却시키면 점점 끈적끈적하게 되어 결국 딱딱한 固體가 되는데 몇 °C에서 固體가 되었는지 境界가 명확하지 않은 物質이다. 다른 하나는 물의 경우로서 100°C의 물을 冷却시키면 0°C까지는 전혀 變化가 없으나 0°C가 되면 液體로부터 固體로 急激히 變化하여 氷點이라는 境界가 명확하다. 固體가 된 유리나 硯에 대한 分子의 狀態를 조사하면 마치 液體를 그대로 굳힌 것처럼 分子의 狀態가 亂雜하게 되어 있다.

즉 液體가 過度하게 冷却되므로서 分子運動이 매우

적게되어 粘度가 極端으로 커진 一種의 液體라고도 여겨진다.

그러나 물의 경우는 前記한 바와 같이 分子가 規則적으로 配列하여 固體(얼음)로 되어 있으며 같은 固體라 하여도 유리나 硯일 때와 比하여 分子의 狀態가 다르다. 물과 같이 分子가 規則적으로 配列하여 固體(結晶)가 되는 性質을 結晶性이라고 하며 結晶하여 固體化 되는 것을 結晶化 한다고 하는 것이다. 유리나 硯과 같이 結晶化 하지 않고 단지 分子運動이 적어지고 粘度가 커져서 固體가 되는 것을 glass化라고 하며 結晶化와 區別되어 있다. 그러면 고무는 어떤 group에 들어 가느냐 하면 유리나 硯과 같은 쪽이다. 다만 고무는 glass化하는 溫度가 -30~-70°C라는 매우 低溫이다. 또 고무의 種類에 따라서는 前記한 바와 같이 結晶化의 性質을 조금 가진 것이 있다.

어떠한 고무라도 점점 冷却시키면 언젠가는 glass化하여 固體가 되어 脆化되는데 結晶性인 고무는 glass化한 固體속에 結晶化한 部分이 조금 있다. 이때 結晶化가 시작하는 溫度는 glass化의 溫度에 比하여 어느 程度 高溫쪽이다. 따라서 glass化가 溫度(脆化溫度)에서는 耐寒性이 좋은 고무라도 結晶性이 있을 때는 低溫側의 溫度依存性이 크기 때문에 實用上 支障을 초래하는 일이 있으므로 주의할 필요가 있다.

結晶性을 보다 알기 쉽게 理解하기 위하여는 다음과 같이 생각하는 것도 하나의 方案이 되리라. 물과 같이 100% 結晶性을 가지고 있는 物質은 規則적으로 配列한 結晶孔이라는 구멍을 分子의 數만큼 가지고 있다. 溫度가 낮을 때에는 分子는 모두 規則적으로 結晶孔 속에 들어가 結晶되어 있으나 溫度가 上昇되면 分子運動이 차츰 活潑하게 되어 구멍으로 부터 튀어나온 energy가 누적되면 分子가 일제히 구멍으로 부터 튀어나온다. 이 溫度가 融點이며 物質에 따라 一定한 溫度를 나타낸다. 또 溫度가 低下함에 따라 分子運動이 점점 弱하게 되어 어느 程度 적어지면 結晶孔속으로 숨어들어가 結晶化한다. 따라서 結晶性인 物質은 液體와 固體의 變化가 확실하다.

그런데 結晶性이 없는 유리나 硯은 結晶孔이라는 구멍이 없으므로 溫度의 低下와 더불어 分子運動이 점점 적어져서 最後로 分子가 움직이지 않는 狀態 결국 固體(glass化狀態)가 된다. 따라서 結晶性 物質이 나타내는 融點에 相當하는 것이 없다. 이때의 固體는 粘度가 매우 커진 液體라고도 할 수 있다. 일반적으로 分子가 적고 單純한 構造로서 規則성이 있으며 不純物을 含有하지 않은 物質이 結晶性을 가지고 있다. 結晶性인 고무라 하여도 고무는 高分子化合物로서 分子構造

도 매우 複雜하므로 그 結晶性은 물에 比하여 매우 적은 것이며 結晶孔의 구멍은 조금밖에 없다. 또 고무는 分子가 巨大하므로 結晶孔으로 分子가 들어가는 데도 물과 같이 간단하게 되지 않는다. 結晶되는 溫度로 冷却되어도 고무 分子가 結晶孔으로 들어가기 위하여는 數日이 걸리는 경우가 있다. 고무의 分子가 結晶孔으로 들어가기 위하여는 分子가 移動할 必要가 있는데 溫度가 너무 低下하면 고무의 分子運動이 弱하게 되어 分子가 結晶孔까지 移動할 수 없게 되어 반대로 結晶化가 阻害된다. 結晶하기 위하여는 溫度가 너무 높거나 낮아도 좋지 않으며 고무의 種類에 따라 結晶化의 最適溫度가 있다. NR은  $-25^{\circ}\text{C}$ , CR은  $-10^{\circ}\text{C}$ 라고 본다.

統制된 指揮下에 整然하게 配陣된 機動隊와 大衆을 集합시킨 暴徒間의 戰鬥力의 優劣이 判然한 것 처럼 部分的인 이기는 하지만 結晶性을 가진 고무와 非結晶性인 고무는 그 特性面에서 약간의 差異가 있다는 것은 당연한 일이다.

## 2. 고무분자의 極性

極性이라고 하는 말 自體가 다소 생소한 분이 있을 지도 모르기 때문에 먼저 極性의 概念에 대하여 說明하고자 한다.

磁石에 대하여 周知하는 바와 같이 磁石에는 南極(S)과 北極(N)이 있으며 같은 極을 가깝게 하면 서로 반발하며 다른 極끼리는 끌어당기는 일, 그래서 磁石을 못과 같은 鐵片이 가깝게 대면 鐵片이 달라붙는 것은 너무 잘 알려져 있는 바이다. 이와 같은 磁石의 性質을 磁性이라고 하는데 磁石과 매우 비슷한 것으로 靜電氣를 들 수 있다. plus의 電氣와 minus의 電氣는 서로 끌어당기고 같은 電氣끼리는 반발하는 것이 磁石과 같다.

지금 磁石으로된 작은 못과 일반 鐵로된 작은 못이 각기 다른 箱子에 들어 있을 때 양쪽 상자를 잘 흔들었다가 책상위에 갑자기 쏟으면 磁性을 가진 못은 南極(S)과 北極(N)이 끌어당겨서 하나의 塊狀으로 책상위에 뭉치는데 또 하나의 일반 못은 갑자기 쏟은 힘으로 흩어지고 만다. 磁性을 가진 못의 塊를 흐트러지도록 하기 위하여는 磁石이 끌어당기는 힘보다 강한 힘을 外部로부터 加하여야 한다. 못 대신에 兩端에 plus와 minus의 電氣를 가진 성냥개비와 같은 것을 생각해 보자. 이와같은 軸片을 상자속에 가득 넣고 흔든 다음 갑자기 쏟으면 前記한 磁石으로된 못과 마찬가지로 plus 쪽과 minus 쪽이 끌어당겨서 흐트러지지 않는다.

모든 物質은 分子로 構成되어 있으며 分子끼리는 萬有引力으로 끌어당기고 있다는 것을 前記한 바 있거니와 實은 萬有引力 이외에도 分子끼리 서로 끌어당기는 힘이 있다.

物質을 構成하고 있는 分子는 原子로 되어 있는데 이 原子도 單一體가 아니고 原子核과 그 周邊을 싸고 있는 電子群으로 되어 있다. 電氣적으로 보면 電子는 minus 電氣를 가지고 있으며 原子核은 plus의 電氣를 가지고 있다. 이 plus, minus의 電氣는 거의 量이 같으므로 하나의 分子를 外部로부터 觀察하면 plus와 minus의 電氣가 中和되어 電氣적으로는 zero 狀態로 되어 있다. 그러나 매우 說明하기 어렵다면 電氣적으로는 中性(zero)의 分子라도 두가지 경우를 생각할 수 있다. 즉 그 한가지 경우는 minus 電氣의 重心으로 생각되는 位置와 plus 電氣의 重心으로 생각되는 位置가 完全히 一致하는 分子이며 또 한가지 경우는 plus와 minus 電氣의 重心이 각각 다른 곳에 있어서 多少 차이가 認定되는 分子이다. 또 한가지 경우는 電氣적으로는 plus·minus, zero 일지라도 하나의 分子속에 plus 電氣가 많은 곳과 minus 電氣가 많은 곳으로 分離되어 存在하게 되므로 마치 電氣적인 磁石과 같은 性質을 띠고 있다. 결국 하나의 分子속에 plus 電氣를 가진 陽極과 陰極이 생기는 것을 極性이라고 하는데 極性을 가진 分子를 極性分子라 하고 極性이 없는 分子를 非極性分子라 하여 區別한다. 極性分子는 마치 磁石과 같이 陰極과 陽極이 끌어당겨서 分子끼리의 凝集力이 커지고 非極性分子와는 다른 特性을 가지고 있다.

物質을 構成하고 있는 分子는 電氣적으로는 中性이지만 이는 電氣가 存在하지 않기 때문이 아니고 分子를 形成하고 있는 各 原子속에 plus 電氣와 minus 電氣가 있는데 그 量이 서로 비슷하기 때문에 balance가 취해져서 電氣적으로 中性이 되어 있는 것에 지나지 않는다. 다만 이때에 plus 電氣와 minus 電氣가 均一하게 混合되어 分布되어 있느냐 多少 偏在한 形態로 分布되어 있느냐의 차이는 分子의 種類에 따른다. 偏在되어 있는 경우가 極性分子가 되는 것이다.

그러면 어떠한 分子가 極性을 가지고 있느냐 하는 것인데 이는 分子式(化學構造式)에서 쉽게 判定할 수 있다. 고무의 分子에 限定시켰을 때는 일반적으로 炭素(C)와 水素(H) 原子만으로 組成되어 있는 고무의 分子는 極性이 없거나 매우 적다고 보면 되며 고무 分子속에 窒素(N), 酸素(O), 黃(S), 鹽素(Cl) 등이 結合되어 있을 때에는 Silicon 고무를 例外로 하고는 우선 極性을 가진 고무라고 보아도 거의 틀림이 없다. 各種合成고무에 대한 極性의 大小에 따라 4點 滿點으로 例示

表 3. 各種 合成고무의 極性순위

고 무	IR (NR)	SBR	BR	EPDM	IIR	Q (Si)	NBR
極 性	0	1	0	0	0	0	4
고 무	CR	CSM	ACM	ECO	U	T	1.2BR*
極 性	3	3	4	4	4	3	0

\* JSR RB 820

하면 表 3과 같다. 이 數値는 文獻을 참고로 하고 經驗을 土台로 한 것으로서 數値 自體에는 특별한 意味가 있는 것은 아니다.

그러면 極性과 合成고무가 가지고 있는 特性의 關聯性에 對하여 檢討하기로 한다. 前記한 바와 같이 極性이 있는 고무分子는 하나의 分子속에 plus 電氣가 많은 陽極과 minus 電氣가 많은 陰極이 存在하고 있으므로 마치 電氣의인 磁石이 되어 있어 고무分子끼리 電氣의인 強한 힘으로 吸着하여 모여 있다. 그러기 때문에 非極性 고무分子와 다른 特性이 나온다. 極性에 對한 概念을 理解하면 極性이 고무分子에 미치는 影響을 어느程度 豫측할 수 있으나 먼저 結論을 내려놓고 그 理由를 생각해 보기로 한다.

고무에 極性이 있으면 다음과 같은 特性이 나타난다.

- ① 耐油性이 커진다.
  - ② 極性을 가진 고무나 plastic 및 配合劑와의 blend 性이 좋아진다.
  - ③ 接着性이 좋아진다.
  - ④ 加黃이 빨라진다.
  - ⑤ 耐熱性이 向上된다.
  - ⑥ 硬度가 높아진다.
  - ⑦ 電氣傳導性이 좋아진다.
  - ⑧ 耐寒性이 低下한다.
  - ⑨ 極性溶劑(aceton, MEK 등)에 膨潤되기 쉬워진다.
  - ⑩ 고무彈性이 低下한다.
  - ⑪ 耐水性이 低下한다.
  - ⑫ UHF(超高周波誘電加熱)에 의한 發熱이 커진다.
- 그러면 極性이 있으면 왜 위와 같은 고무의 特性이 나타나는지 項目別로 說明하기로 한다.

(1) 耐熱性이 커진다.

여기서 이야기하는 耐油性은 鑛物油(gasoline, 燈油, 潤滑油)에 대한 耐膨潤性을 뜻하는데 이들 鑛物油는 모두 非極性이다. 類似한 物質끼리는 親和性을 가지고 있으므로 서로 混合하여 합치려는 性質을 가지고 있으며 이와 반대로 性質이 다른 物質끼리는 境界하며 接

近하는 것을 拒否하는 一般原則이 있다. 이는 自然界나 人間社會에서도 通用되는 原則이다. oil이 고무를 膨潤시키기 위하여는 oil의 分子가 고무의 分子사이 에 파고 들어가야 하는데 極性을 가진 고무分子는 非極性인 oil의 分子를 異質이기 때문에 拒否하므로 고무를 膨潤시킬 수가 없다. 또 極性 고무分子는 단지 萬有引力 뿐 아니라 電氣의인 磁石으로서 陽極, 陰極에 의한 吸着力으로 分子끼리 堅固하게 凝集되어 있으므로 oil의 分子가 고무分子 사이에 浸入하기 위하여는 이 電氣의인 吸着力 보다 強한 힘으로 고무分子끼리를 분리시켜 놓을 필요가 있으므로 마땅히 膨潤이 그만큼 困難하여 질 것이다.

(2) 極性을 가진 고무나 plastic 및 配合劑와의 blend 性이 좋아진다.

이는 (1)項과 꼭 같은 理由이다. 極性을 가지고 있는 鹽化비닐은 非極性고무인 天然고무나 EPDM 등과는 親和性이 없어서 blending 하기가 매우 곤란하며 또 blending 된것의 物性도 떨어진다. 같은 程度의 極性을 가지고 있는 NBR 과의 親和性은 매우 良好하며 blending 도 容易하고 blend 物의 物性도 좋은 편이다.

(3) 接着性이 좋아진다.

接着의 機構는 매우 複雜하며 學問的으로도 解明되지 않은點이 많으나 極性이 接着技術에 影響을 미친다는 것은 極性分子와 磁石의 類似性에서 納得되는 現象으로 믿어진다. 磁石은 서로의 磁石을 磁力으로 吸着하는것 뿐 아니라 非磁體인 보통 木으로도 가까이 대므로서 磁石의 磁性에 의하여 木을 感應(分極)시켜 磁石化하여 吸着한다. 接着界面에서 極性 고무分子가 電氣의인 吸引力을 發揮하여 接着力에 대하여 plus로 활약하고 있다는 것은 그만큼 저항없이 받아들여질 것으로 믿는다.

(4) 加黃이 빨라진다.

加黃은 化學反應이다. 化學反應은 物質을 構成하고 있는 分子끼리 反應하여 化學變化를 일으키기 때문인데 그 分子는 原子로 形成되어 있다. 이 原子는 여러본이

周知하는 바와 같이 原子核과 電子로 되어 있다. 化學反應에는 이 電子의 활동이 크게 관계되어 있다. 電子는 電氣의 근원(素)이라고 여겨지는 存在이므로 分子間의 反應이라 하여도 電氣가 중요한 역할을 한다. 極性고무分子는 plus 電氣와 minus 電氣가 完全히 中和되지 않고 電氣의으로 에너지를 가진 分子로 여겨진다. 加黃이라고 하는 化學反應에서 고무分子의 極性和 電氣作用에서 ion 反應的으로 약간 促進效果를 나타낸다고 하여도 모순은 아닐 것이다.

(5) 耐熱성이 좋아진다.

고무를 加熱하면 空氣中の 酸素에 의하여 고무分子가 酸化劣化 되는데 이때의 耐久性을 耐熱性이라고 한다. 고무를 酸化시키기 위하여는 酸素의 分子가 고무의 表面으로 부터 內部로 浸透해 들어가야 한다. 極性 고무分子는 電氣에 의한 吸着作用으로 分子끼리 堅固하게 密着되어 있으므로 非極性고무에 비하여 고무속에 酸素가 滲透하기 힘든다는 것은 당연한 일이다. 이 때문에 耐熱성이 向上되는 것이므로 이때의 溫度의 영향을 생각하여 보기로 한다. 溫度의 上昇에 따라서 고무의 分子運動이 活潑하게 되어 分子끼리 分離되려고 한다. 이 때문에 고무의 密度는 약간 低下하고 體積은 膨脹한다. 이는 고무分子의 極성에 의한 分子相互間의 吸着力을 弱화시키게 되고 溫度가 높을수록 酸素가 고무의 內部에 浸透하기 쉽게 되어 고무의 酸化劣化를 促進한다. 물론 溫度의 上昇은 酸化反應速度를 促進시키므로 酸素의 浸透增大과 더불어 酸化劣화가 加速하게 되는 원인이 된다.

(6) 硬度가 높아진다.

고무의 分子運動이 自由롭고 고무分子에 柔軟성이 있으면 고무의 硬度는 연해진다. 極성은 고무分子끼리를 電氣的 吸着力으로 堅固하게 結合시키려는 作用을 하므로 고무分子의 自由로운 運動을 그만큼 制約하는 要因이 된다. 따라서 고무의 硬度는 極성의 增加에 따라 높아지는 경향을 나타내게 된다.

(7) 電氣傳導성이 좋아진다.

極성을 가진 고무分子는 前記한 바와 같이 陽極과 陰極이 存在하여 電氣의으로 感知하기 쉬운 狀態로 되어 있다. 極性 고무分子가 ion과 같은 作用을 하므로 非極性 고무分子 보다 電氣를 傳達하기 쉬울 것이라는 것은 상식적으로 理解하기 쉬운것으로 여긴다.

(8) 耐寒성이 低下한다.

고무의 分子運動이 阻害되지 않고 고무分子 自體에 柔軟성이 있어야 하는것이 耐寒성의 條件인데 極성은 前記한 바와 같이 電氣的인 吸着力에 따라 고무分子의 自由로운 運動을 制約하므로 耐寒성에 있어서는 커다

란 minus 要因이 되고 있다.

(9) 極性溶劑(aceton, MEK)에 膨脹한다.

이는 (1)項의 경우와 反對의 關係에 (1)의 경우와 중복되므로 說明은 省略한다.

(10) 고무彈性이 低下한다.

고무彈性은 고무의 分子運動이 活潑하게 되느냐 안 되느냐에 달려있다. 지금까지 여러차례 되풀이 설명한 것 처럼 極성은 고무分子의 自由로운 分子運動을 妨害하는 方向으로 作用하고 있으므로 고무彈性을 低下시키는 重要な 要因이 되고 있다.

(11) 耐水性이 低下한다.

이 問題는 (1)項 및 (9)項과 內容의으로 같은 關係에 있다고 할수 있으며 물은 代表的인 極性分子로서 一種의 極性溶劑라고 할수 있다. 따라서 極性고무分子는 非極性 고무分子 보다 물에 對한 親和성이 크다. 즉 물을 吸收하여 膨潤하는 傾向이 나타난다. 極性고무인 NBR이나 chloroprene 고무가 耐水性이 떨어지고 非極性고무인 NR이나 EPDM이 耐水性이 좋은 것은 이 때문이다.

(12) UHF에 의한 發熱이 크다.

UHF(超高周波誘電加熱)에 의한 發熱은 超高周波에 의한 電場의 變化에 따른 極性分子의 回轉運動에 起因하는 內部摩擦熱이다. 따라서 極성을 가진 고무分子일수록 당연히 發熱이 커진다. 非極性고무는 電氣에 感應되지 않으므로 極성을 가진 配合劑를 多量 配合하지 않으면 UHF에 의한 加黃이 不可能하다.

棒磁石을 自由로 回轉할 수 있도록 하여 놓으면 磁石의 北極(N)이 北쪽을 가르키고 南極(S)이 南쪽을 가르킨다. 만약 地球의 北極과 南極을 갑작스럽게 바꾼다고 하면 磁石은 反撥力을 받아서 半回轉하여 새로이 형성된 地球의 北極과 南極을 각각 가리키게 된다.

이 兩極의 交替를 高速度로 반복하면 棒磁石은 이에 對應하여 高速度로 回轉振幅을 반복하게 된다. 이와 같은 일이 UHF 加黃에서 이루어지는 것이다. 다만 이때는 電氣的인 吸引이나 反撥이 極性分子에 發生하여 고무分子가 高速으로 回轉振幅을 이루기 때문에 內部發熱에 의하여 發熱한다.

### [1] 溶解度指數에 대하여

極성이란 어떠한 性質을 가지고 있으며 또 極성이 고무의 特性에 어떻게 關係되는지에 대하여는 상당히 理解를 깊이 하였으리라 믿는다.

그러면 極性이라고 하는 것을 고무加工技術面に 應用할 때에는 고무의 極性만을 알고 있어도 不充分하다. 고무와 blend 될 可能性이 있는 각종 플라스틱이나 軟



化劑, 可塑劑 및 고무溶劑나 고무와 接觸하여 使用되는 各種 油類의 極性을 알지 않으면 모처럼의 知識도 活用할수 없게 된다.

다행스럽게도 極性値는 溶解度指數(SP)와 매우 깊은 關係에 있다. 溶解度指數는 보통 SP 値로 생략하여 표시되고 있는데 여러가지 polymer 나 油, 溶劑, 藥品類에 대하여 測定되어 있다. 고무技術과 關係가 깊은 材料나 藥劑의 SP 値를 들면 表 4와 같다.

溶解度指數(solubility parameter)에 대한 자세한 說

表 4-1, 各種 Polymer 의 SP 値(極性代替値)

Polymer	略 號	SP 値
Isoprene 고무(천연고무)	IR (NR)	8.0
Styrene 고무	SBR	8.6
Butadiene 고무	BR	8.4
Ethylene-propylene 고무	EPDM(EPT)	7.9
Butyl 고무	IIR	7.8
Silicone 고무	Q(Si)	7.3
Nitrile 고무	NBR	9.6
Chloroprene 고무	CR	9.2
Hypalon 고무	CSM	8.9
Acryl 고무	ACM(ANM)	9.4
Hydrin 고무	CHR	9.5
Urethane 고무	U	10.0
多黃化고무	T	9.0
1, 2 BR*		7.6
四弗化 ethylene 樹脂	PTFE	7.3
Polyethylene	PE	7.9
Poly propylene	PP	7.9
Polystyrene	PS	9.1
Polymethyl methacrylate	PMMA	9.3
Poly vinyl acetate	PVAc	9.4
Poly vinyl chloride	PVC	9.6
Urea 樹脂	UF	9.8
Poly carbonate	PC	9.8
Melamin 樹脂	MF	9.8
Urethane 樹脂	PU	10.0
Epoxy 樹脂	EP	10.3
Ethyl cellulose	EC	10.3
Ethylene-酢酸비닐 共重合物	EVA	10.4
窒酸 Cellulose	CN	10.5
Phenol 樹脂	PF	11.0
Poly vinyl alcohol	PVA	12.6
Poly vinylidene chloride	PVDC	12.4
Nylon 66		13.2
酢酸 Cellulose	CA	13.6
Polyacrylonitrile		15.4

\*JSR RB 820

表 4-2 各種可塑劑의 SP 値(極性代替値)

可 塑 劑	略 號	SP 値
Paraffin 系 process oil		6~8
Diocetyl phthalate	DOP	7.9
Naphthene 系 process oil		7.5~8.5
Tricresyl phosphate	TCP	8.4
Aromatic 系 process oil		8.0~9.5
Diocetyl sebacate	DOS	8.6
Triphenyl phosphate	TPP	8.6
Diocetyl adipate	DOA	8.7
Dibutyl phthalate	DBP	9.3
Diethyl phthalate	DEP	10.0
Dimethyl phthalate	DMP	10.7

表 4-3 各種溶劑의 SP 値(極性代替値)

溶 劑	略 號	SP 値
Freon 12		5.4
Propane		6.4
n-Decane		6.6
n-Butane		7.0
Freon 113		7.3
Diethyl ether		7.4
n-Heptane		7.4
Freon 11		7.6
n-Octane		7.6
酢酸 isoamyl		7.8
Freon 112		7.8
Methyl cyclohexane		7.8
Diethyl amine		8.0
Isobutyl chloride		8.1
Cyclo hexane		8.2
Freon 21		8.3
Benzo nitrile		8.4
四鹽化炭素		8.6
Diethyl ketone	DEK	8.8
Toluene		8.8
酢酸 ethyl		9.1
Benzene		9.2
Chloroform		9.3
Methyl ethyl ketone	MEK	9.3
Styrene		9.3
Acetone		9.9
二黃化炭素		10.0
酢 酸		10.1
n-Amyl alcohol		10.9
Methyl amine		11.2
n-Butanol		11.4
Cyclohexanol		11.4



表 5. 各種 合成고무의 安定性

고 무	IR	SBR	BR	EPDM	IIR	Q	NBR
안 定 性	0	1	0	4	3	4	1
고 무	CR	CSM	ACM	ECO	U	T	1.2 BR*
안 定 性	2	4	4	4	3	3	3

\* JSR RB 820

을 미치지 않는다).

(3) 2重結合의 反應性에 영향을 미치는 原子나 基의 存在(2重結合 옆의 methyl 基  $\text{CH}_3$ -은 反應을 촉진하며 鹽素原子 Cl 은 反應을 억제한다).

(4) 分子를 構成하는 原子의 種類(珪素原子 Si와 酸素原子 O의 結合  $-\overset{|}{\text{Si}}-\text{O}-$ 는 熱安定性이 우수하다).

이상의 사고방식을 기초로 表 1의 고무分子의 構造式을 들여다 보면 各種 合成고무의 安定性을 거의 判讀할 수 있으리라 믿는다. 各種 合成고무에 대한 安定性의 順位를 4點 滿點으로 하여보면 表 5와 같다.

다음에는 前記한 結晶性和 極성이 고무分子의 安定性에 대하여 어떠한 영향을 미치느냐 하는 點에 대하여 약간 言及하고자 한다. 結晶性和 極성에 대한 사고방식이 몸에 배어 있다면 마땅히 이러이러할 것이라는 自己意見이 나오리라 믿는다.

結晶성을 가진 고무分子가 結晶化하면 部分的이지만 고무分子끼리 規則的으로 配列하며 結晶體(固體)가 된다. 고무分子의 分子運動은 制約을 받으며 密度가 커진다. 老化는 보통 酸素나 ozone과 같은 空氣中の 反應性 氣體가 고무와 反應하여 酸化劣化되는 것인데 結晶한 고무分子끼리의 사이에는 氣體가 浸透하기가 매우 곤란하며 고무分子에도 活性이 없으므로 老化反應이 進行하기 어렵게 되어있다.

極성이 없는 고무라도 結晶化하면 어느程度 耐油性을 나타내는데 마찬가지로 理由 때문이다.

이상은 結晶性고무가 結晶化한 경우이고 結晶性 고무라도 結晶化되지 않은 狀態에서는 그 效果가 없다.

金子秀男氏는 50年間이나 貯藏한 天然고무 原料의 保管中에 있어서의 耐劣化性에 대하여 귀중한 報告를 한바 있는데 놀라울게도 거의 劣化되지 않았다고 하는 일이다. 天然고무는 2重結合을 가지고 있으며 各種 고무 가운데에서는 耐老化性이 좋지 않은 代表格으로 되어 있으므로 一見 모순처럼 보이나 그 原因은 天然고무의 結晶性 때문이라고 한다. 원래 安定性이 떨어진 天然고무가 結晶性이라고 하는 것 때문에 50年間이나 初期의 品質을 維持하여 온 것은 天然物의 妙라고 할수

있을 것이다. 만약 加黃고무의 狀態로 貯藏하였다고 하면 加黃에 의한 網目이 天然고무의 結晶化를 阻害하므로 特別히 室溫에서는 結晶化하지 않는다.

따라서 50年 동안을 貯藏하는 사이에 老化가 상당히 進行하였을 것으로 推定된다. 生고무狀態이었던 것이 多幸스러운 일이었다. 極性도 또 고무分子끼리의 凝集力에 寄與하고 있으며 反應性分子가 内部에 浸透하는 것을 阻止하므로 耐老化性에는 利롭게 作用하고 있다. 일반적으로 고무分子의 安定性이 向上되면 아래와 같은 特性이 나온다.

- (1) 耐老化性(耐熱, 耐 ozone, 耐 候性)이 向上된다.
- (2) 耐藥品性이 向上된다(다만 加水分解性을 가진 polymer는 떨어진다).
- (3) 加黃이 늦어진다.
- (4) 接着性이 低下한다.
- (5) 고무彈성이 低下한다.
- (6) 補強劑의 效果가 低下한다.

이상은 合成고무의 本質의인 立場에서 考察한 것이나 實用配合에 있어서는 cost, 要求特性, 加工性등의 關係로 配合面에서 耐老化性을 附與하는 일이 盛行되고 있다. 물론 polymer 自體에 의한 對策에 比하면 問題點은 있으나 用途에 따라서는 充分히 目的을 達成할 수 있다. 耐老化性을 向上시키기 위한 配合處方으로서 는 일반적으로 아래와 같은 對策이 강구되고 있다.

(1) 耐老化性이 우수하고 또 親和性이 比較的 좋은 polymer를 blend 한다.

例 : SBR/EPDM=70/30 (耐 ozone 性)

NBR/PVC=70/30 (耐 ozone 性)

(2) 老化防止劑를 配合한다. (註, 溶劑에 抽出되던 效果가 消失된다).

(3) 有機黃加黃, 過酸化물加黃등의 加黃處方에 의한 耐熱老化性의 向上.

配合處方 以外로는 耐老化性이 좋은 polymer로 表面을 被覆하거나 耐候性이 우수한 塗料로 表面塗裝 하는 일 이 있다.

#### 4. 고무分子의 柔軟性에 對하여

表 6. 各種 合成고무 分子의 柔軟性

고 무	IR	SBR	BR	EPDM	IIR	Q	NBR
柔 軟 性	4	3	4	3	1	4	2
고 무	CR	CSM	ACM	ECO	U	T	1.2 BR*
柔 軟 性	3	2	2	3	4	2	1

\* JSR RB 820

各種 合成고무 가운데는 매우 고무다운 感이 있는것과 그렇지 않은 것이 있으며 또 反撥彈性도 큰 差異를 나타내고 있는 것을 알수 있다. 한때 magic ball 이니 super ball 이라고 하여 彈性이 매우 좋은 고무 ball 이 붐을 일으킨 일이 있었는데 여기에 使用된 合成고무가 butadiene 고무 이었다. 그런데 butyl 고무로 만든 고무 불은 彈性이 거의 없을 정도이다. 合成고무의 이와같은 性質은 고무分子가 어느程度 自由로이 分子運動이 되느냐에 따라서 定하여 진다. 이와 같은 性質을 여기에서는 고무分子의 柔軟性이라고 일컫기로 한다. 고무分子의 柔軟性을 좋도록 하기 위하여는 고무分子의 分子運動을 阻害하는 것이 적어야 하고 고무分子 自體가 屈曲性을 가지고 있어야 하는 것이 條件이 된다. 따라서 前項의 고무分子의 安定性的의 경우와 反對로 結晶性이나 極性은 고무分子의 柔軟性에 있어서는 minus 要因이 되는 것으로 豫想되는 것이 마땅하다. 고무分子의 柔軟性을 向上시키기 위한 要因으로서는 다음과 같은 것들을 들수 있다.

(1) 고무分子에 側鎖가 없을 것, 커다란 側鎖나 多數의 側鎖는 고무分子의 分子運動에 대하여 立體障害가 된다.

(2) 極성이 적을 것.

(3) 使用溫度에서 結晶性이 없을 것.

(4) 主鎖結合속에 酸素結合 —O—가 있으면 分子의 屈曲性이 좋아지며 柔軟性을 높여준다.

各種 合成고무의 柔軟性的의 順位에 대하여 4點 滿點으로 하여 보면 表 6과 같다. 고무分子의 柔軟性을 支配하는 위의 要因 項目들을 表 1의 各種 合成고무의 分子構造式을 比較檢討하여 보기로 한다. 表 6과의 關聯性이 상당히 잡힐 것으로 여긴다.

고무分子의 柔軟性이 커지면 일반적으로 다음과 같은 特性을 나타낸다.

(1) 고무彈性이 向上된다.

(2) 耐寒性이 向上된다.

(3) 通氣性이 커진다.

(다음號에 계속)

## ◇ 原 稿 募 集 ◇

本誌에 掲載할 고무에 對한 原稿를 다음과 같이 募集하오니 會員

여러분의 積極的인 投稿있으시기 바랍니다.

- 內 容 : 고무에 對한 研究報文, 總說, 技術資料, 現場體驗記, 紀行文 等
- 面 數 : 200字 原稿紙 100面 內外
- 稿 料 : 採擇掲載分에 對해서는 所定의 稿料를 드립니다.