

## 각종 합성고무의 基本因子에 대하여(Ⅱ)

金 駿 洙\*

### Ⅲ. 基本因子와 各種 合成고무 特性의 關聯性에 대하여

各種 合成고무의 4가지 基本因子에 대하여는 이미 記述하였거니와 各種 合成고무의 基本因子에 대한 rank 數字를 들면 表 7과 같다. 이 表는 各 基本因子에 대하여 지금까지 表示한 것을 一括하여 나타낸 것이다. 特性項目 아래의 A, B, C 및 D의 記號는 特性에 대하여 影響도가 큰 基本因子를 略號로 表示한 것이다. 一記號는 그 基本因子가 minus 方向으로 作用하고 있는 意味이다. 어느 特性에 어떤 基本因子가 支配的으로 影響을 미치느냐 하는 것은 基本因子의 各論에서 이미 納得하였을 것으로 믿는다.

### 1. 比 重

使用者側의 立場에서는 比重이 크나 작으나 하는것이 커다란 關心事이다.

이때는 고무分子를 構成하고 있는 原子에 무거운 原子가 얼마만큼 들어있느냐가 支配的인 因子로서 4가지의 基本因子는 거의 寄與하고 있지 않다. 合成고무를 構成하고 있는 各 原子의 原子量은 表 8과 같다.

따라서 鹽素(Cl)가 多量으로 들어있는 CR, CSM 및 ECO나 黃(S)이 母體로 되어있는 多黃化고무(T)의 比重이 큰 것은 理解할 수 있을 것으로 본다. 그러나 이러한 생각만으로 실리콘고무(Q)가 比較的 무거운 Si(28)나 O (16)로 고무分子가 構成되어 있는데 比重이 0.95 로서 意外로 적은 것은 理解하기 어려운 것으

表 7. 各種合成고무의 基本因子와 一般特性의 相關表

合 成 高 무	特性 略號	基 本 因 子				比 重
		結 晶 性 (A)	極 性 (B)	安 定 性 (C)	柔 軟 性 (D)	
Isoprene 고무(천연고무)	IR(NR)	3	0	0	4	0.92
Styrene 고무	SBR	0	1	1	3	0.94
Butadiene 고무	BR	0	0	0	4	0.91
Ethylene Propylene 고무	EPDM	0	0	4	3	0.86
Butyl 고무	IIR	2	0	3	1	0.92
Silicone 고무	Q(Si)	0	0	4	4	0.95
Nitrile 고무	NBR	0	4	1	2	0.98
Chloroprene 고무	CR	4	3	2	3	1.23
Hypalon	CSM	4	3	4	2	1.15
Acryl 고무	ACM	0	4	4	1	1.10
Hydrin 고무	ECO(CHR)	0	4	4	3	1.27
Urethane 고무	U	3	4	3	4	1.16
多黃化고무(Thiokol)	T	0	3	3	1	1.34
1-2BR	RB	4 <	0	3	1	0.91

\* 흥능기계 공업회사

合 成 高 무	特性 略號	純고무 強度	補强劑 配合고무 強度	反 彈	撥 性	耐老化 性	耐油性	耐極性 溶劑性	耐寒性	電氣 絶緣性	耐가스 透過性	溶解度 指數 (SP)
		A	A, -C	D, -B	C	B	-B	-B, D -A	-B	B, -D	B	
Isoprene 고무(천연고무)	IR(NR)	◎	◎	◎	△	×	○	○	○	○	△	8.0
Styrene 고무	SBR	×	◎	○	□	△	○	□	○	□	□	8.6
Butadiene 고무	BR	×	○	◎	△	×	○	◎	○	△	△	8.4
Ethylene Propylene 고무	EPDM	×	○	○	◎	×	◎	○	◎	◎	△	7.9
Butyl 고무	IIR	◎	○	×	○	△	◎	□	◎	◎	◎	7.8
Silicone 고무	Q(Si)	×	△	◎	◎	□	○	◎	◎	◎	×	7.3
Nitrile 고무	NBR	×	◎	□	□	◎	×	△	×	×	○	9.6
Chloroprene 고무	CR	◎	◎	○	○	○	△	△	△	△	○	9.2
Hypalon	CSM	◎	◎	□	◎	○	△	△	□	○	○	8.9
Acryl 고무	ACM	×	△	△	◎	◎	×	×	×	×	○	9.4
Hydrin 고무	ECO(CHR)	×	□	○	◎	◎	×	□	×	×	○	9.05
Urethane 고무	U	◎	◎	◎	○	◎	×	□	×	×	○	10.0
多黃化고무(Thiokol)	T	×	△	△	○	◎	◎	△	○	◎	◎	9.4
1-2BR	RB	◎	○	△	○	△	◎	×	○	○	○	8.4

◎ : 優, ○ : 良, □ : 可, △ : 劣, × : 不可

表 8.

原子名	水素	炭素	窒素	酸素	硅素	黃素	鹽素
	H	C	N	O	Si	S	Cl
原子量	1	12	14	16	28	32	35.5

로 믿는다. 실리콘고무는 고무分子的 柔軟성이 크고 —Si—O—의 軸을 中心으로하여 methyl基(CH<sub>3</sub>)가 回轉運動을 하기 때문에 겉보기에 넓은 空間을 占有하고 있는 것으로 여겨지고 있다. 결국 다른 고무보다 고무分子間的 간격이 크므로 무거운 原子로 構成되어 있어도 고무自體의 比重은 가볍다. 合成고무 가운데는 가스透過性이 가장 큰것은 이와같은 理由라고 여겨진다.

### 2. 純고무 加黃物의 強度

結晶性이 있는 고무는 伸張을 받으면 結晶의 核이 고무속에 形成되어 이것이 補强劑와 같은 效果를 발휘하여 고무의 強度를 向上시킨다. 따라서 結晶性이 있는 IR이나 IIR, CR, U, CSM, 1,2BR 등이 良好하고 非結晶性 고무인 SBR, BR, EPDM, Q, ACM, ECO 및 T는 強度가 떨어진다. 이러한 결과에서 반대로 純고무配合物이 強度가 나오지 않는 合成고무는 非結晶性 고무라고 判斷할수도 있다.

### 3. 補强劑配合 加黃物의 強度

結晶性이 있는 合成고무는 마땅히 強度가 나오는데 補强劑 效果가 현저하게 나타나지 않는것은 2重結合이 많고 安定性이 모자라는 非結晶性 고무이다.

補强劑는 단순히 物理的 效果에 의한 補强作用만 하는 것이 아니고 補强劑 粒子的 表面과 고무分子사이에서 어떠한 化學結合이 일어나고 있는 것으로 여겨지고 있다. 따라서 非結晶性이고 安定性이 좋은 고무分子로된 合成고무는 強度面에서 별로 期待하기 어렵다. 純고무 強度가 큰 IR(NR)이 카아본配合에서 SBR이나 NBR 만큼 補强效果를 妨害하여 상당한 部分을 소멸시키기 때문이라고 여긴다. 結晶性이 큰 IR (NR), CR, CSM 및 U가 ◎이고 2重結合이 많고 安定性이 적은 SBR 및 NBR도 ◎이다. BR은 조금 낮아서 ○인데 이는 加黃의 均一性에 약간 문제가 있는 것으로 여겨진다. 安定性은 상당히 優秀한데 黃에 의한 加黃이 되는 EPDM, IIR, 1,2 BR이 ○, 結晶性도 없고 2重結合도 없는 Q, ACM, T는 △로 되어 있으며 ECO는 □로 되어 있다. 細部の인 點은 어떻게든 結晶性和 安定性으로 合成고무의 強度는 大, 中, 小의 3 group으로 分類할 程度의 豫測은 充分히 可能하다는 것을 알 수 있다.

### 4. 反撥彈性(고무彈性)

反撥彈性은 고무다운 것을 나타내는 하나의 指標인

데 이는 고무分子運動이 어떻게 自由롭게 되느냐 하는 것과 加黃에 의한 架橋密度가 充分하냐 아니냐에 따라 定하여진다. 따라서 4가지의 基本因子 가운데는 고무分子의 柔軟性이 支配的인 因子로 되어있다. 極性は 分子相互의 凝集力을 높여서 고무分子의 自由로운 運動을 阻害하므로 minus 要因으로 作用한다. 또 結晶性 고무가 使用溫度에서 結晶化를 일으키면 마땅히 그만큼 反撥彈性이 低下한다. 安定性은 加黃이 多해지면 되느냐 아니냐의 意味로 關係가 된다. 고무分子의 柔軟性이 큰 IR (NR), BR, Q 및 U가 ◎로 되어있고 柔軟性 3點으로 rank 되어 있는 SBR, EPDM, CR 및 ECO가 ○에 位置하며 2點인 NBR 및 CSM은 □, 1點인 ACM 및 1,2BR이 △이고 IIR이 ×인것은 豫測되는 대로 라고 할 수 있다.

### 5. 耐老化性(耐熱性, 耐오존性, 耐候性)

고무分子의 安定性에 따라 支配된다. 따라서 安定性이 0에 rank되는 IR(NR) 및 BR은 △, 1에 rank한 SBR 및 NBR이 □, 2에 rank한 CR이 ○, 3에 rank한 IIR, U, T 및 1,2 BR도 ○, 4에 rank한 EPDM, Q, CSM, ACM 및 ECO는 ◎의 group에 들어 있다. 多黃化고무(T)는 2重結合이 없으므로 耐오존性이나 耐自然老化性은 좋으나 고무分子를 構成하고 있는  $-C-C-S-S-S-S-$ 의 原子끼리의 統合에너지가 적기 때문에 高溫時의 耐熱老化性이 NR보다도 떨어지는 點은 留意할 必要가 있다.

### 6. 耐油性

非極性인 鑛物油에 대한 耐油性은 極성이 支配的인 因子이다. 極성이 0點에 rank되어있는 IR(NR), BR 및 EPDM은 ×가 된다. 그런데 極성이 0點이라도 다른 理由에서 약간의 耐油性을 나타내는 것이 있다. IIR은 고무分子의 立體障害가 크고 通氣性이 매우 적은 特徵이 있어 液體나 氣體의 分子가 內部에 잘 浸透하지 않는 性質이 있으며 다른 非極性고무와 달라서 benzol이나 toluene에 대하여 若干의 耐油性을 나타내기도 하고 動植物油에 對하여는 實用性이 있는 耐油性을 가지고 있다. 그러므로 評價는 △이 된다. 실리콘고무(Q)는 代表的인 非極性 고무이지만 相當한 耐油性을 나타내므로 □로 評價되는데 이는 고무分子의 構造가 無機質的인  $-Si-O-$ 가 base로 되어있기 때문에 炭素(C)와 水素(H)로 構成된 鑛物油와의 親和性이 다른 非極性 고무보다 적게 되기 때문이라고 여긴다.

또 1,2BR이 △인데 이고무는 結晶性이 크고 結晶 最適溫度가 室溫이며 常溫에서는 結晶化에 의한 耐油性을 약간 나타내게 된다. 이는 polyethylene이 SP值로 7.9라는 非極性 플라스틱인데 常溫에서는 gasoline이나 燈油의 容器로 使用될 수 있을 程度의 耐油性을 가지고 있는 것과 마찬가지로 理由이다. 1點인 SBR이 △으로서 天然고무보다 耐油性이 약간 좋은것은 일반적으로 알려져 있는 일이다. 極성이 3點인 CR 및 CSM은 ○, 4點인 NBR, ECO 및 U는 ◎로 되어 있는데 이는 당연한 일이다. 多黃化고무(T)는 極성은 3點이지만 耐油性으로는 ◎ 以上の 成績을 나타낸다. 이는 실리콘고무가 耐油性을 나타내는 것과 마찬가지로 고무分子의 化學的 組成이 黃(S)主體이고 炭素(C)와 水素(H)로 構成된 鑛物油와는 상당히 異質의 이기 때문이라고 믿는다.

### 7. 耐溶劑性

Methyl ethyl ketone (SP值 9.3)과 같은 極성을 가진 溶劑에 대한 耐溶劑性은 非極性油에 대한 耐油性이 거의 反對의 關係에 있다. 따라서 일반적으로 耐油性이 없다고 생각되는 고무가 耐溶劑性이 좋다는 이야기가 된다. 그러한 意味에서 極성이 支配的인 因子로 되어 있다. 極성은 minus로 作用하므로 極성이 클수록 耐溶劑性은 적은 傾向이다. 非極性고무인 IIR 및 EPDM이 ◎, IR(NR), BR, Q 및 1,2BR이 ○이고 1點의 SBR도 ○이다. 極성이 3點인 CR 및 CSM이 △, 4點인 NBR, ACM, ECO 및 U가 ×로 되어 있는 것은 豫測되는 대로이다. 耐油性에서 多黃化고무(T)가 다른 舉動을 나타냈는데 耐溶劑性에서도 마찬가지로이다. 極성이 3點인데 다른 極性고무와 달라서 耐溶劑性이 ◎로 되어 있다. 多黃化고무(T)는 耐油性과 耐溶劑性이 兩立한 唯一한 合成고무로서 極性만으로는 說明하기 어려운 예이다.

### 8. 耐寒性

고무分子의 自由로운 分子運動이 可能하냐 아니냐에 따라 定하여진다. 支配因子로서는 고무分子의 極성과 結晶性이 minus 要因으로서 作用한다. 또 分子의 柔軟性이 큰것 일수록 우수한 耐寒性을 나타낸다. 따라서 非極性 非結晶性 고무로서 고무分子가 柔軟性이면 最高의 耐寒性이 期待된다. butadiene 고무(BR), 실리콘 고무(Q)는 이 條件에 맞는 고무로서 ◎이다. 結晶性은 있으나 柔軟性이 4點이고 極성이 0點인 NR, 柔軟

성은 3점이거나 非極性, 非結晶性인 EPDM이 ○인 것은  
妥當한 일이다. 柔軟성이 3점이고 極성이 1점인 SBR,  
非極性이고 柔軟성이 1점, 結晶성이 2점인 IIR, 極성  
은 4점이거나 柔軟성이 3점이고 非結晶性인 ECO, 極성  
은 4점이거나 柔軟성이 4점이고 結晶성이 3점인 U는 □  
의 group이다.

非結晶性이지만 極성이 4점으로 크고 分子의 柔軟성  
이 부족한 NBR, 柔軟성은 3점이나 極성이 3점이고 結  
晶성이 큰 CSM, 非結晶성이기는 하나 極성이 3점이  
고 柔軟성이 1점인 T가 耐寒性에서 問題가 되는 것은  
마땅히 豫測되는 일이며 評價는 △이다. 極성이 耐寒  
성에 제일 強하게 작용하므로 耐油性인 고무일 때에는  
分子의 主鎖속에 屈曲性을 向上하는 酸素結合 —O—  
가 들어있지 않으면 耐寒성이 低下한다.

ECO 및 U는 極성에 의한 耐寒성의 低下를 酸素結  
합으로 補充하고 있으므로 耐寒性에서 一段 높은  
group에 들어가 있다.

非結晶性 이기는 하나 極성이 4점으로 크고 또 柔軟  
성이 1점으로 적은 ACM, 非極성이기는 하나 柔軟성  
이 1점이고 結晶성이 plastic만큼 큰 1, 2BR은 耐寒성  
이 매우 떨어져서 ×에 속한다.

## 9. 電氣絶緣性

電氣絶緣성은 極성이 支配因子로 되어 있으며 極성  
이 커질수록 絶緣성이 低下한다. 非極성고무 가운데도  
SP值가 적은 EPDM, IIR 및 Q가 ◎이고 IR(NR),  
BR 및 1, 2BR은 ○이다.

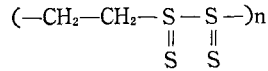
極성이 1점인 SBR도 ○ group에 속한다. CR과 CSM  
은 모두 極성이 3점이지만 SP值가 큰 CR이 △, CSM  
이 약간 좋아서 □이다. 極성이 4점인 NBR, ACM,  
ECO 및 U는 어느것이나 ×에 속한다. 耐油性일 때와  
마찬가지로 多黃化고무(T)가 다른고무와 달라서 極성  
이 3점이지만 絶緣성이 IR(NR) 정도의 ○에 속한다.  
이는 고무分子의 骨格을 構成하고 있는 黃(S)이 炭素  
(C)보다 電氣絶緣성이 우수하기 때문인 것으로 믿는  
다.

## 10. 耐가스透過性

고무分子끼리의 凝集力을 크게하는 極성과 고무分  
子의 柔軟성이 支配因子로 되어 있다. 고무分子의 분  
자끼리 서로 吸引하는 極성이 크거나 고무分子에 가지  
가 있어서 고무의 分子運動이 곤란한 柔軟성이 적은  
고무는 氣體가 内部로 浸透되지 않기 때문에 耐가스

透過성이 커진다. 고무分子의 柔軟성이 1점으로 적고  
가지가 가늘게 펼쳐 立體障害를 形成하고 있는 IIR은  
極성은 0점이지만 耐가스透過성이 커서 ◎이며 極성이  
3점이고 分子의 柔軟성이 1점인 多黃化고무(T)도 ◎  
이다.

T의 分子構造式은



로도 가정하고 있어 IIR과 마찬가지로 가지가 立體障  
害의 역할을 하고 있는 것으로 믿어진다. T는 耐오존  
성이나 耐候성은 良好하지만 耐熱老化성이 IR(NR)보  
다 떨어지는데 이때 가지에 있는 黃의 2重結合이 한류  
하고 있는 것으로 여겨진다. 極성이 3~4점인 NBR,  
CR, CSM, ACM, ECO 및 U가 ○에 속하여 있는것은  
豫想한바 대로이다. 分子의 柔軟성이 적고 結晶성이  
極端으로 큰 1, 2BR도 ○이다. 極성이 1점이고 柔軟  
성이 3점인 SBR이 □라 하고 極성이 0점이고 柔軟성이  
3점인 SBR이 □라 하면 極성이 0점이고 柔軟성이 3~  
4점인 IR(NR), BR 및 EPDM은 △이 타당한 일이다.  
실리콘고무는 極성이 0점이고 SP值가 7.3으로 最少이  
며 고무分子의 回轉運動에 따라 分子間의 간격이 가장  
큰 고무라고 여겨지고 있다. 따라서 실리콘고무는 各  
種 고무가운데 두드러지게 耐가스透過성이 적으며 ×에  
속한다. 가스는 일반적으로 非極성인 것이 大部分이므  
로 極성이 적은 고무에 잘 溶解하며 極성이 큰 고무에  
잘 溶解되지 않는 것은 당연한 일이다. 極성은 浸透하  
는 가스와의 親和성에 크게 關係되는 의미에서도 耐가  
스透過성에 寄與하고 있다고 본다.

## 11. 溶解度指數(SP值)

SP值는 고무끼리를 blend 하거나 고무를 溶解할 때  
에 매우 參考가 되는 數值이며 고무나 plastic 및 溶劑  
의 SP值는 實測된 것이 文獻에 많이 紹介되어 있다.  
SP值는 測定者에 따라 약간의 差異가 있도록 報告되  
어 있으므로 아래쪽 數值에 너무 問題를 삼을 필요가  
없다. 各種고무의 極성을 4rank로 分類할 때에 SP值  
를 參考로 한 것이므로 極性 rank 數字와 SP值는 마  
땅히 關聯성이 크다.

## IV. 各種 合成고무의 位置

4가지의 基本因子로 부터 各種 合成고무의 圖表에  
의한 位置를 정하는 것을 시도하여 各種 合成고무 끼

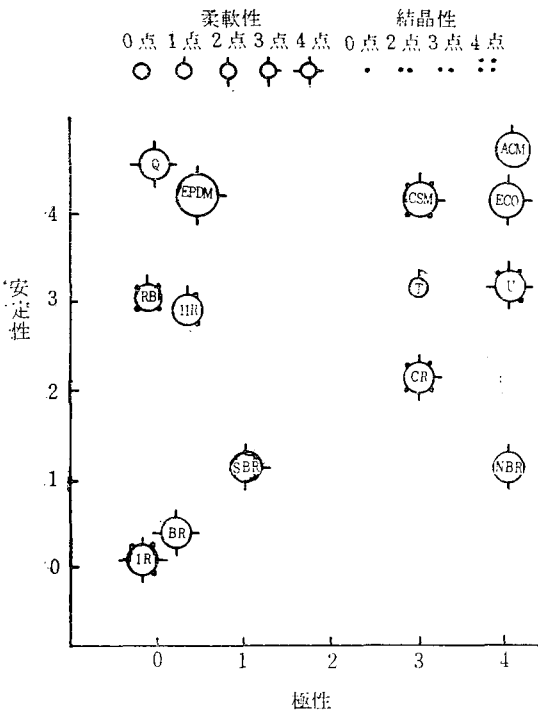


그림 2

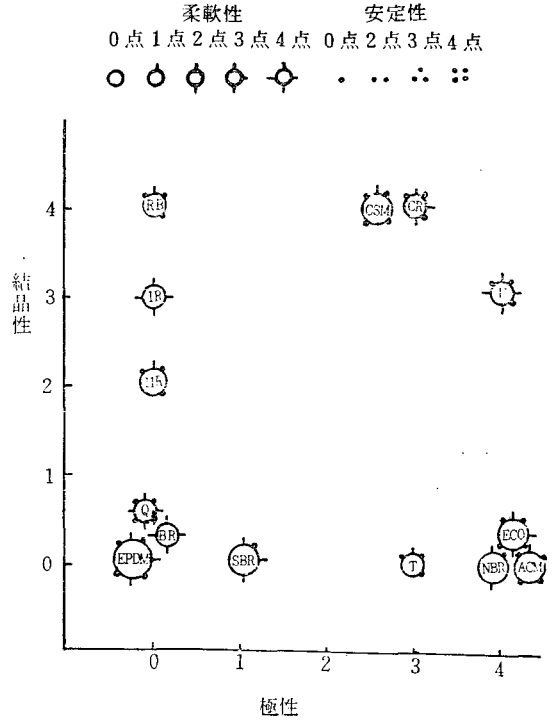


그림 3

리의 關係를 보다 具體的으로 認識하고자 한다. 縱軸에 安定性을 그리고 橫軸에 極性을 取하고 結晶성과 柔軟性을 記號로 表示하면 그림 2와 같이 된다. 한편 縱軸에 結晶性을 그리고 橫軸에 極性을 取하고 安定性和 柔軟性을 記號로 表示하면 그림 3과 같이 된다.

그림 2 및 그림 3은 各種 合成고무의 位置를 2方向에서 바라본 것이다.

建築物을 例로 들면 어떠한 材料가 使用되어 집이 세워졌는가를 圖示한 것이다. 집의 構造를 알면 그 집의 特徵이 어느정도 判단되는 것 처럼 合成고무의 基本因子에 의한 組立構造를 알면 그 特徵을 대개 推측할 수 있기 때문이다. 그림을 보면서 각각의 特徵을 推測하여 自己로서의 答을 낸다음 實際로 어떠한가를 조사하여 보는 것은 매우 意義있는 일이다.

그림 2 및 그림 3을 참조하면서 各種 合成고무의 發展過程을 考察하여 보기로 한다. 合成고무의 原點은 天然고무이고 合成고무의 研究에는 두가지의 흐름이 있다. 한가지는 一般고무로서의 天然고무와 代替가 可能한 合成고무이고 價格, 加工性 및 特性面에서 될 수 있는 대로 天然고무에 가까운 合成고무를 어떻게 하여 만드느냐 하는 研究이고 다른 한가지는 天然고무로서의 性能面에서 問題가 있는 耐老化性이나 耐油性이 뛰어난 特殊合成고무의 開發研究이다.

그림 2 및 그림 3에서 天然고무의 位置는 IR에 該當한다. 最初에 生産된 天然고무의 代替品은 SBR 이었으며 現在도 일반용 合成고무의 主流를 이루고 있다. 그러나 고무彈성이 NR보다 떨어져 動的發熱性이 크기 때문에 大型自動車 타이어에 대하여는 NR의 代替가 困難하였다. 이 對策으로서 出現한 것이 고무彈성이 뛰어난 BR이다. BR은 表 7에서 보는 바와 같이 結晶性和 極성이 0에 rank되어 있고 고무分子의 柔軟성이 4점이므로 고무彈性에서는 理想的인 고무이다.

SBR과 BR을 blend 하므로써 NR의 使用分野는 모두 合成고무로 代替可能하다고 여긴 時期도 있었으나 加工性이나 耐引裂性面등에서 NR을 버릴수 없는 特徵이 再認識 되었고 用途에 따라서는 合成고무로 全面 代替한다는 것은 困難한 것으로 判明되었다. 여기서 考案된 것이 合成天然고무라고도 일컫는 IR이다. 價格의 問題는 남아있으나 化學的으로 NR과 완전히 같으며 그 特性도 同一한 合成고무이다.

以上の 經過로 보아 NR의 代替品으로서 一般용 合成고무의 研究開發은 일단 結論이 내리진 것으로 믿어진다. 이러한 方向에서 앞으로의 研究비마는 一般용 고무로서의 價格이나 特性을 維持하면서 어떻게 하여 加工面에서 merit가 있는 合成고무를 만드느냐 하는 것이다. 卽 液狀고무, 粉末고무, thermoplastic elasto-

mer(TPE—非加黃形고무) 등을 들 수 있다.

特殊合成고무의 흐름에는 耐熱性を 目標로 한 것과 耐油性을 主體로한 두가지를 들 수 있다. IIR, EPDM 및 Q는 前者이고 NBR 및 T가 後者이며 高溫時의 耐油性에 대하여는 ACM 및 ECO가 使用되는 傾向이다. 耐油性의 分野에서는 NBR이 加工性, 機械的特性, 耐油性, 價格等 綜合的으로 balance가 取해져 있으므로 主流를 이루고 있는 고무이다. T는 耐油性으로는 NBR보다 우수하지만 機械的強度가 떨어져 用途가 制限되어 있다. CR은 여러가지 特性을 고무 가지고 있는 것이 特徵이지만 하나의 特性을 들 때는 競合되는 다른 合成고무 보다 떨어져기 때문에 다른것에 浸蝕되는 case가 많다. CSM은 耐油性이 CR보다 떨어져고 고무彈性的 不足과 高價로 因하여 用途가 限定되어 있다. U는 耐油性 고무로서 보다 우수한 機械的인 特性과 加工方法의 多樣性에서 注目되고 있으며 價格的인 問題는 있으나 오히려 일반용 고무分野로서 伸張할 可能性이 있는 고무라고 믿는다. 耐熱고무의 IIR은 後發한 EPDM으로 代替되어 現在는 耐가스透過性고무로서 타이어, 튜브 專用으로 보게 되었다. Q는 耐熱성과 耐寒성이 우수하고 兩極端인 環境에서 使用되는 唯一한 고무이다. 高價이기는 하지만 耐油性을 必要로 하지 않는 耐熱性인 用途에서는 最高의 耐熱성을 나타낸다. RB는 고무와 plastic의 中間的인 고무이고 市場에 나타난 것도 最近의 일이며 RB의 고무分野에서의 位置는 앞으로의 用途開發에서 定하여 질것으로 보인다. 苛酷한 使用條件이 要求되는 特殊고무로서는 실리콘고무(Q)의 耐熱성 및 耐寒성과 NBR의 耐油性 및 機械的 強度를 합친 合成고무가 理想的이라고 여기는데 현재는 이와같은 萬能 特殊合成고무의 出現이 어려운 實情이다. 基本因子로 表示하면 結晶性, 極性, 安定性, 柔軟性등이 각각 0, 4, 4, 4라는 것인데 이에 가까운 合成고무를 表 7에서 求하면 hydrin고무(ECO)의 0, 4, 4, 3이 해당된다. 安定性은 두가지 모두 4로 되어 있으나 물론 실리콘 고무(Q)의 4는  $4+\alpha$ 의 實力이 있다.

## VI. 結 言

고무에 관한 技術的인 知識에 대하여 綜合하여 보는 기회로서 4가지의 基本因子를 base로 하여 各種 合成고무의 特性을 誘導하여 그 位置를 명확하게 함과 동시에 基本因子를 발판으로 하여 일상 우리가 경험하는 여러가지 좋은 問題와 解說이 있어 여기에 소개하고자

하니 讀者 여러분의 공부에 도움이 되기를 期待하는 바이다.

## 【應用問題】

1. NR은 SBR 보다 耐寒성이 좋다고 알려져 있는데 겨울에 NR 原料고무는 硬化하는데 SBR은 硬化하지 않는다. 그 理由는?

2. 같은 mooney粘度라도 NR 配合生地는 SBR이나 BR 配合생지와 比하여 熱入 roll에 投入하였을때 初期 roll 卷取性이 좋지 않다. 그 理由는?

3. JSR-RB 820은 結晶性인 polymer인데 加黃時間을 延長하면 反對로 硬度가 低下한다. 고무로서는 耐熱性이 좋은 polymer이다. 그 理由는?

4. 라텍스製品(장갑, 콘돔등)에는 NR이 使用되고 있는데 왜 SBR이 使用되지 않고 있는가?

5. CR은 高溫時의 壓縮永久줄음이 NBR보다 良好한데 低溫時에는 떨어지는 理由는?

6. 加黃고무의 耐寒試驗을 實施할 때에 試驗溫度로 放置하는 時間이 특히 문제가 되는 때가 있다. 어떠한 例를 들 수 있는가?

7. 引張試驗에서 SBR이나 BR은 引張速度를 빨리 할수록 強度가 커지는데 NR은 반대로 낮아지는 例가 있다. 그 理由는?

8. NR이 主體로 使用되었던 20數年前까지는 配合劑의 分散이 고무工場에서 別로 強調되지 않았는데 合成고무 時代가 된 뒤에 갑자기 分散이 問題가 되었다. 그 理由는?

9. JSR-RB 820을 base로 한 加黃고무를 室溫에서 一週間 放置한것 보다 冷藏庫에 一週間 冷凍한 다음 室溫으로 떨어뜨린 것이 硬度가 몇度 낮아지는 例가 있는데 어떠한 例를 들 수 있는가?

10. NBR 製品에서는 耐油性과 耐寒성을 兩立시키기가 매우 어려운 일이다. 그 理由는?

11. NBR과 IR의 blend 고무로 고무풀을 만들때에 아래의 溶劑 가운데 어떤것을 選定하면 좋다고 생각하는가?

methyl ethyl ketone, gasoline (SP值 7.6)  
toluene, ethanol.

12. NBR 配合物의 cost를 내리기 위하여 다른 고무를 blend 한다고 하면 아래의 고무 가운데 어떤 것을 選定할 것인가?

BR, IR, SBR, EPDM.

13. NBR이나 CR에 process oil을 配合한다고 하면 아래의 oil 가운데 어떤 것을 選定할 것인가?

paraffin系, naphthene系, aromatic系.

14. 鹽素化 butyl은 標準 type의 butyl (IIR) 分子에 1.2% 정도의 鹽素를 結合하여 品質을 改善한 것인데 어떠한 特性이 改善된다고 생각하는가?

15. 自動車用의 브레이크호오스는 cover고무가 CR이고 內管고무는 SBR이 主體를 이루고 있다고 한다. 內管고무는 耐브레이크오일 때문에 NBR 또는 CR로 합직 한데 그 理由는? 한편 브레이크오일의 主成分은 ethylene glycol 系統의 것이다.

16. NBR을 溶解시키기 위하여 methyl ethyl ketone (MEK)이 많이 使用되고 있는데 EPDM이나 BR일 때에는 溶解力이 없다고 한다. 그 理由는?

17. Butyl고무 (IIR)는 極性이 아니므로 같은 非極性고무인 NR이나 BR과의 blend性이 좋을 것으로 여겨지는데 일반적으로 blend가 이루어지지 않고 있다. 그 理由는?

18. 耐熱老化性은 SBR이 NR(IR) 보다 약간 좋은데 SBR의 耐熱老化性을 改善하기 위하여 NR을 blend하는 例가 있는데 그 理由는?

19. EPDM은 耐老化性이 IIR 보다 좋기 때문에 IIR의 使用分野에 急進出하였으나 EPDM으로는 代替할 수 없는 主用途가 있다. 該當하는 製品名과 그 理由는?

20. NBR은 butadiene과 acrylonitrile의 共重合 合成 고무로서 acrylonitrile의 含有率이 커질수록 極性이 커지고 耐油性이 向上되는데 耐熱性은 어떻게 될 것인가?

21. IIR은 非極性 고무이므로 NR, EPDM, BR등과 마찬가지로 耐油性이 떨어질 것으로 여겨지는데 動植物油에 對하여는 CR 以上の 耐油性을 나타내어 실제 使用하는데 견딘다. 또 benzol이나 toluene에 對하여도 어느 程度의 耐油性을 가지며 다른 非極性 고무와 다른 舉動을 나타낸다. 그 理由는?

22. IIR, EPDM, ECO는 IR, NBR, SBR만큼 carbon에 의한 補強效果를 내지 못한다. 그 理由는?

23. 골프공은 겨울에는 잘 날아가지 않으므로 난로에서 加溫에는 사람이 있다고 한다. 그 理由는?

24. IIR은 各種 고무가운데 反撥彈性이 가장 적은 고무인데 그 理由는?

25. 多黃化고무(T)는 SP值가 9.0으로 CR 보다 적으므로 耐油性은 NBR 보다 좋으며 또 極性 溶劑에도 耐溶劑性을 나타낸다. 어떻게 생각하면 좋을 것인가?

26. SBR의 耐오존性을 좋도록 하기 위하여는 EPDM을 30phr blend하면 확실하게 效果가 있는데 耐熱性을 向上시키기 위하여는 50phr 以上 넣지 않으면 별로 效果가 없다. 그 理由는?

27. CR의 耐오존性을 改善하기 위하여 EPDM을 blend하는 일이 있는데 press 加黃에서는 問題가 없는데 injection 加黃에서 層間剝離가 일어나는 일이 있다. 그 理由는?

28. Butyl고무(IIR)와 EPDM을 blend할 때에 어떠한 EPDM을 選定하면 좋으냐?

29. Tubeless tire라고 하는 고무튜브를 사용하지 않는 타이어가 있는데 보통 타이어와 어떻게 다르냐?

30. NBR은 acrylonitrile의 含有量에 따라 各種 grade가 있는데 acrylonitrile의 量이 增加하면 NBR의 特性은 어떻게 變化한다고 생각하느냐?

31. Process oil의 品質規格에서 aniline point란 말이 많이 나오는데 어떠한 意味가 있는 것이냐?

32. 接着性이 좋도록 하기 위하여 加黃고무의 表面을 酸處理 하거나 halogen化 處理하는 일이 있는데 그

理由는?

33. 耐寒性인 可塑劑는 脆化溫度를 낮게하는 效果가 있으나 結晶性고무의 結晶化를 防止하는 效果가 없으나 그 理由는?

34. 加黃度와 耐油性은 어떠한 關係에 있는나?

## 【解 答】

1. NR은 고무가운데 結晶性이 큰 쪽으로서 겨울철 溫度에서 結晶化가 進行하여 硬化한다. SBR은 非結晶性 고무이므로 結晶化에 의한 硬化가 일어나지 않기 때문에 일반적인 겨울철 溫度에서는 눈에 띄는 硬化가 일어나지 않는다.

2. NR은 比較的 높은 溫度에서도 조금씩 結晶化가 進行된다. 또 roll上에서 고무가 引張되기 때문에 순간적으로 結晶化가 일어나 硬化現象을 나타내며 roll 卷取性이 低下된다. 그러나 내림을 계속하면 發熱에 의하여 溫度가 上昇하여 結晶이 消失되므로 加工性이 改善된다. 따라서 NR의 熱入 roll溫度는 약간 높이는 것이 作業을 하기 쉬워진다.

3. 加黃時間이 延長되면 그만큼 架橋의 數가 增加한다. 架橋는 일반적으로 고무의 結晶化를 阻害한다. RB 820은 plastic에 가까운 polymer로서 일반적인 고무보다 結晶性이 커서 硬度에 대한 結晶性의 영향이 매우 큰 고무이다. 따라서 架橋 그 自體에 의한 硬度 上昇보다 架橋增加에 의한 結晶化의 阻害의 영향이 더 크며 結果적으로 硬度가 低下된 것으로 믿어진다.

4. 라텍스에는 補強劑의 效果가 없으므로 純고무 自體가 強力하지 않으면 實用性이 없다. NR은 結晶性 때문에 自己補強性이 있으나 SBR은 非結晶이므로 純고무 配合으로는 힘이 거의 나오지 않으므로 사용할 수 없다.

5. CR은 結晶性이 큰 고무로서 低溫에서 壓縮을 받으면 結晶化를 일으켜서 壓縮永久줄음이 커진다. 高溫時에는 結晶性은 關係가 없으므로 CR 本來의 고무彈性이 阻害되지 않으므로 좋은 결과를 나타낸다.

6. CR과 같은 結晶性 고무의 耐寒試驗을 할때에 단순히 試驗溫度까지 sample을 冷却할 때와 結晶化하는데 必要한 時間만큼 試驗溫度에서 充分히 放置하였을 때와는 耐寒試驗의 data가 상당히 달라지므로 問題가 있다.

7. NR의 引張強度는 伸張時의 結晶化의 영향을 많이 받고 있다. 引張速度가 너무 빨라지면 結晶化하는 時間이 不足하게 되어 그만큼 引張強度가 低下하게 된다. SBR이나 NBR은 結晶化의 效果는 없으므로 일반적인 通念처럼 引張速度가 빨라질수록 強하여 진다.

8. NR은 結晶性 때문에 고무自體에 補強性이 있으므로 配合劑의 分散이 잘되고 못되는 것이 非結晶性인 合成고무보다 두드러지지 않기 때문이다. 또 NR은 내림이 되기 쉬우며 配合劑가 分散이 잘 되도록 하기 위하여 混練을 많이 하면 고무分子가 切斷되어 오히려 強度가 低下하는 것도 하나의 理由라고 믿어진다.

9. RB820은 plastic과 고무의 中間的 polymer로서 結晶性이 크고 結晶化의 最適溫度가 室溫이다. 冷藏庫 속에서는 溫度가 너무 낮아서 分子運動이 弱하게 되어 結晶化하기 위한 分子의 移動이 곤란하게 되고 結晶化가 不充分하기 때문에 오히려 硬度가 低下된 것으로 여겨진다. 따라서 다시 室溫에 放置하면 結晶化가 進行되어 同等한 硬度에 達하기 때문이다.

10. NBR의 耐油性을 크게하기 위하여는 極性を 크게할 必要가 있다. 그러기 위하여는 acrylonitrile의 含有量이 많은 高 nitrile이나 極高 nitrile type을 使用할 必要가 있다. 極性の 增加에 따라 耐油性은 분명히 向上되는데 그만큼 고무分子의 自由로운 運動이 制約되어 反對로 耐寒性은 低下한다. 이때 耐寒性 可塑劑를 配合하므로써 耐寒性의 低下를 防止하는 方法이 많이 쓰여지고 있다. 可塑劑는 NBR에 가까운 極性の 것이 사용되므로 NBR과의 親和性이 좋고 NBR의 分子 사이에 浸透하여 分子끼리를 끌어당겨 極성에 의한 分子의 凝集力을 弱하게 함과 同時에 分子間的 潤滑劑로서 作用하여 고무分子의 自由로운 運動을 助長하기 때문에 耐寒性이 向上된다. 그러나 潤滑劑에 의한 抽出減量이 規格에 의하여 規制되어 있을 때가 많으므로 耐寒性 可塑劑에 의한 調整에는 限界가 있다. 따라서 配合 擔當者는 耐油性和 耐寒性의 balance를 取하기 위하여 많은 노력을 하고 있다.



11. 表 4에서 NBR과 IR의 SP值를 求하면 각각 9.6과 8.0이다. 따라서 두가지 고무를 溶解하기 위하여는 SP值가 그 中間것이 바람직 하다고 여겨진다. 4가지 溶劑가운데 toluene이 8.8이므로 어느쪽에 대해서나 가까운 SP值에 있으므로 가장 적합한 溶劑로 판단된다.

12. 表 4에서 NBR의 SP值是 9.6이고 BR, IR, SBR, EPDM의 SP值是 각각 8.4, 8.0, 8.6, 7.9임을 알 수 있다. 따라서 NBR의 SP值에 가장 가까운 SBR을 親和性面에서 추천할 수 있다.

13. 表 4에서 NBR과 CR의 SP值是 각각 9.6과 9.2임을 알 수 있다. 또 paraffin系 process oil은 SP值 6~8, naphthene系는 7.5~8.5, aromatic系는 8.0~9.5로 되어 있다. 따라서 親和性面에서 aromatic系가 바람직하다.

14. 結合鹽素(Cl)의 量이 1.2%로 적지만 butyl고무(IIR)의 極性이 向上된다고 생각된다. 따라서 IIR의 加黃速度, 接着性, 耐熱性등이 改善될 것으로 豫測된다.

15. 表 4에서 ethylene glycol의 SP值를 보면 14.6으로 되어 있다. 즉 브레이크오일은 오일이란 말을 쓰고 있지만 이른바 鑛物油과 달라서 極性이 큰 NBR이나 CR은 SBR 보다 브레이크오일에 의한 親和性이 커서 그만큼 브레이크오일에 의한 膨潤이 커지게 된다.

이것이 SBR을 사용하고 있는 理由이고 SBR이 나오기 이전에 NR을 사용하였던 理由도 된다.

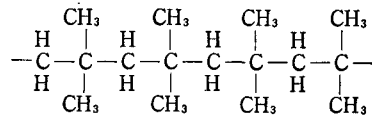
16. 表 4에서 NBR의 SP值是 9.6이고 MEK는 9.3이므로 toluene의 8.8보다 NBR에 가깝고 NBR에 적합한 溶劑임을 알 수 있다. 그러나 EPDM이나 BR은 각각 SP值가 7.9와 8.4로 떨어져 있으므로 이들 고무에 대하여는 溶解力이 떨어져 지게 된다. MEK는 耐油性이 좋은 NBR 까지도 溶解하는 強力한 溶劑이므로 NR이나 SBR과 같은 一般고무도 마땅히 溶解시킬 것으로 여기는 사람이 있으나 그것은 옳지 않다는 것을 위의 說明에서 理解할 수 있을 것이다.

17. IIR은 NR이나 BR과 같은 非極性 고무로서 SP值가 가까우므로 blend性은 좋으나 加黃速度에 상당한 差異가 있다. IIR은 表 1에서 보는 바와 같이 isoprene 쪽에 2重結合이 있으나 isoprene의 量이 매우 적고 安定性이 큰 고무分子이다. 따라서 加黃速度가 NR이나 BR에 比하여 느리다. 그러기 때문에 blend 고무中的

IIR과 NR이나 BR 사이에 加黃의 unbalance(NR이나 BR이 過加黃, IIR이 加黃不足)를 일으켜 blend物의 加黃物性이 極端으로 低下하므로 實用配合으로서 使用되지 않고 있다.

18. SBR의 熱老化는 硬化型의 老化인데 NR(IR)의 熱老化는 軟化型의 老化이다. 따라서 SBR의 老化는 伸張率의 老化가 눈에 띄며 NR(IR)은 引張強度의 低下가 나타난다. 單一品으로 比較할 때에는 綜合評價로 SBR쪽이 實用性能의 維持力이 약간 크므로 일반적으로 SBR 쪽이 耐老化性이 좋은 것으로 알려져 있다. 그러므로 SBR에 NR을 適當量 blend하면 SBR의 硬化型 老化와 NR(IR)의 軟化型 老化가 서로 교차되어 物性變化가 적은 即 耐熱老化性이 좋은 data가 얻어진다. 이는 단지 實驗室的인 評價뿐 아니라 實用成績에서도 充分히 그 效果가 인정되고 있다. 이와 마찬가지로 경우는 EPDM과 IIR의 blend 때도 있다. EPDM은 硬化型 老化이고 IIR은 軟化型 老化이다.

19. EPDM으로 代替할 수 없는 用途는 耐通氣性を 必要로 하는 타이어 튜브이다. 그러나 IIR의 耐熱성과 耐오존성을 改善하기 위하여 EPDM을 20~30phr blend 하는 것은 實際로 이루어지고 있다. 表1의 고무分子의 構成式을 참조하면 IIR의 主成分은 butylene으로서 炭素原子의 양쪽에 methyl基가 2個 달려서



와 같은 構造로 되어 含有되어 있다. 고무分子에 있는 많은 methyl基들이 서로 마주 보고 있어 마치 고기잡는 그물처럼 되어 있어 氣體의 分子가 고무속에 浸透하는 것을 防止하기 때문에 耐가스透過性이 매우 크게 되어 있다.

20. Acrylonitrile의 含有率이 커지면 極性이 그만큼 커지게 되므로 分子끼리의 凝集力은 強하여 지다. 그러기 때문에 耐가스透過性이 크게되고 酸素가 内部에 浸透되는 것이 防止되므로 耐熱老化性이 向上된다고 믿는다. 또 acrylonitrile이 증가하는 만큼 2重結合을 가진 butadiene의 含有率이 減少되므로 그만큼 고무分子의 安定性이 좋아지는 原因이 된다.

21. 문제 19의 解答에서 취급한 IIR의 耐가스透過性이 크다고 하는 特徵은 다른 分子가 고무속에 侵入하였

을 때에도 발휘된다. 非極性的 oil(SP值가 가까운 oil)에 對하여는 親和性이 있으므로 IIR도 어느程度 膨潤하지만 oil分子가 浸透하기 위한 고무分子間的 間격이 작고 内部에 oil이 들어가기 어렵게 되어 있다. 그러므로 같은 非極性 고무인 NR, EPDM, BR등과 다른 耐油性을 나타낸다. 耐油性은 極성이 크게 支配하게 되지만 특수한 경우에는 다른 要因도 考慮할 必要가 있다는 좋은 例이다.

22. Carbon black의 補强效果에는 단순한 物理的 效果 以外에 carbon 粒子的 表面과 고무分子 사이의 化學反應的인 相互作用을 들수 있다. 이런 點에서 安定性이 좋은 고무分子인 IIR, EPDM, ECO는 補强效果가 IR, NBR, SBR 만큼 좋지 않다.

23. 高級골프공의 内部에는 IR(NR)의 실고무가 高伸張의 상태로 球狀으로 감겨져 있다. 골프공이 날으는 것은 고무彈性에 의한 것이지만 고무의 彈性은 고무分子의 活潑한 分子運動에 左右되고 있다. 溫度가 내려가면 고무의 分子運動이 그만큼 低下한다. 따라서 겨울철에 加溫하는 것은 理論的으로도 근거가 있는 일이다.

24. 문제 19의 解答에서도 보는 바와 같이 IIR의 고무分子에는 methyl基가 많이 있고 이 角狀의 가지가 서로 고무分子를 둘러싸고 있어 自由로운 고무分子의 運動을 阻害하여 마치 oil dumper와 같은 작용을 하고 있다.

衝擊 energy는 고무分子 相互間的 内部摩擦에 쓰여져 内部發熱로서 고무속에 殘留한다. 이 때문에 IIR은 고무가운데 反撥彈性이 가장 적은 고무로 되어 있다.

25. 類似한 것 끼리는 親和性이 큰데 이것은 極성에만 限한 것이 아니다. 多黃化고무(T)는 極성이야 말로 SP值가 9.0으로서 CR과 類似하지만 表 1의 分子構造에서 보는 바와 같이 다른 고무와 달라 그 主成分이 黃(S)으로 構成되어 있다. 일반적인 油類나 溶劑는 炭素(C)와 水素(H)가 主成分이므로 化學的인 면에서는 異質고무이다. 따라서 多黃化고무는 benzol이나 toluene을 包含한 廣範圍의 油類나 溶劑에 대하여 커다란 抵抗性을 나타내는 것으로 믿어진다.

26. 다른 種類의 고무를 blend 하였을 때 고무分子 끼리는 混合되지 않고 마치 참깨와 소금을 混合한것처럼 境界가 확실하다. 보통 量이 적은 쪽이 섞이되고

많은 쪽이 바다가 된다. 섞의 크기는 아무리 混練을 잘 하여도 1~2 $\mu$  程度보다 적게 되지 않는다. EPDM을 重量으로 30phr 만큼 넣으면 比重이 0.86으로 가벼우므로 容積으로는 32phr만큼 blend 한것이 되는데 그 量으로는 EPDM이 섞이 되어 SBR속에 섞이 되어 있다. ozone crack은 ozone에 의하여 고무의 表面에 crack이 發生하는 것인데 耐 ozone性이 매우 優秀한 EPDM이 섞모양으로 一定量 以上 散在되어 있으면 crack이 EPDM의 섬에서 阻害되어 發生이 抑制되고 또 發生하여도 그 成長이 눈에 띄지 않을 程度로 적은 crack 상 태로 制止되어 버리는 것으로 여겨지고 있다.

耐熱性인 경우는 섬(島)的 存在의 고무는 充填劑와 같은 것으로서 바다를 構成하고 있는 고무가 支配하고 있다. 따라서 EPDM을 SBR에 blend하여 耐熱性을 向上시키기 위하여는 EPDM을 바다의 狀態까지 blend할 必要가 있으며 blend量도 50phr 以上이 된다. 50/50의 比率에 가까운 것은 blend에 의한 物性低下가 가장 크므로 실지는 70phr 以上 blend하여야 하므로 blend 하는 것 보다 EPDM만을 사용하는 편이 綜合的인 merit가 많아진다.

27. CR의 極성은 3點(SP值 9.2)이고 EPDM은 極성이 0點(SP值 7.9)에 랭크되어 있다. 따라서 서로의 親和性은 약간 떨어져서 潜在的으로 서로 分離하는 경향을 가지고 있다. 混練機에서 어느 程度까지는 兩者의 混合이 可能하지만 injection 工程에서 流動을 받게 되면 EPDM의 粒子가 凝集하여 層狀으로 分離되는 것으로 믿는다. plastic의 경우에서도 親和性이 不足한 다른 plastic이 混入되면 射出成形物에서 層狀剝離現象이 發見되는 일이 있다. press 加黃에서는 고무의 흐름이 적으므로 별로 눈에 띄지 않기 때문이다. blend고무를 溶劑에 녹여서 放置하면 極性值가 다른 blend고무 일수록 二層分離가 明確히 나타난다.

28. 非極性고무 가운데에서도 SP值가 가까우므로 親和性이 크고 blend性이 좋은 편이다. 問題는 고무粘度和 加黃速度이다. IIR의 고무粘도에 가까운 것으로 加黃速度가 同等한 것을 EPDM의 grade 가운데에서 選定할 必要가 있다. blend할 때에 될수 있는대로 가까운 고무粘度的 것을 選定하여야 한다는 것은 어떠한 고무일때 이든지 成立하는 重要한 原則이다.

29. 타이어의 안쪽을 耐가스透透性이 큰 고무材料로 입힌 것이다. 일반적인 부틸고무로서는 加黃速度가 다르기 때문에 타이어 本體와의 接着이 어렵고 또 일반

용고무와 blend도 不可能하므로 鹽素化부틸고무를 使用하고 있다. 鹽素化量은 1.2% 程度인데 鹽素化에 의하여 부틸고무 本來의 特性을 상실하지 않은채 加黃速度를 높이고 接着性이 改善되는 이외에 一般用 高무와의 blend 使用도 可能하게 되기 때문이다. 이는 鹽素化에 따라 부틸고무에 極性이 附與되기 때문인 것으로 믿는다.

30. 低 nitrile에서 高nitrile로 變化함에 따라 極性이 커지므로 耐油性은 直線的으로 向上되며 耐熱性 및 耐가스透過性도 커지는 傾向을 나타낸다. 그러나 耐寒性이 直線的으로 低下함과 아울러 反撥彈性 역시 눈에 띄게 低下되는 것을 볼 수 있다.

31. Aniline의 SP值를 表 4에서 보면 11.9로 나타나 있다. SP值로 보아 極性이 큰 溶劑이다. 따라서 SP值가 적은 process oil과는 親和性이 떨어지는 溶劑인데 加熱을 하게 되면 어느 溫度에서 完全히 溶解하게 된다.

process oil은 paraffin系, naphthene系, aromatic系로 分類되어 있어 그 平均的인 SP值는 各各 7.0, 8.0, 9.3이다. aniline에 process oil을 加하면 처음에는 二層으로 分離되어 있으나 溫度를 上昇시키면 均一한 液體가 된다. 이때의 溫度를 aniline point라고 하며 aromatic系, naphthene系, paraffin系의 順으로 aniline point가 上昇하므로 aniline point로 부터 process oil의 品質을 判定할 수 있기 때문에 널리 利用되고 있다. SP值가 적은(極性이 적은) paraffin系 쪽이 親和性이 적으므로 溶解되기 위한 溫度가 그만큼 높아지는 것은 당연한 일일 것이다.

32. 加黃고무의 表面을 酸化시키거나 鹽素化 시키므로써 고무表面에 極性을 附與하여 接着性을 向上시키는 것이 目的이다.

33. 結晶性인 고무分子가 結晶化하기 위하여는 고무

分子가 移動하여 規則的인 配列을 할 必要가 있는데 耐寒性인 可塑劑는 고무사이에 浸透하여 潤滑劑의 役割을 하므로 고무分子의 結晶化를 助長하는 일은 있어도 阻害하는 일은 없다. 따라서 可塑劑를 配合하여도 結晶化에 의한 物性變化는 進行한다. 다만 可塑劑의 軟化效果에 의하여 加黃고무 自體의 硬度가 低下하므로 脆化溫度는 그만큼 改善된다. 한편 일방적인 結晶性 고무의 結晶化는 部分的으로 밖에 發生하지 않으므로 結晶化만으로는 脆化하는 일은 없다. 또 結晶化가 일어나는 溫度는 고무의 脆化溫度 보다 높은 溫度이므로 結晶性고무 가운데는 脆化溫度가 낮은데 비교적 높은 溫度에서 硬度變化가 일어나는 것이 있다.

34. 고무가 기름에 依해서 膨潤하는 것은 기름이 고무를 溶解시키려고 고무의 分子속으로 浸透하여 가기 때문이다. 浸透하는 힘은 親和性이 클수록 卽 고무와 기름의 SP值가 類似할수록 커진다. 고무가 加黃되어 있지 않으면 無限으로 膨脹하여 결국에는 溶解되어 버리는데 加黃고무일 때에는 어느 程度 膨脹하여 平衡에 達한다. 고무가 기름에 膨潤되면 고무分子는 그 만큼 伸張되어 있는 셈이다. 加黃고무에는 彈性이 있어서 伸張을 하게 되면 원상으로 복귀하려는 힘이 發生한다. 보통 이 힘을 100% 또는 300% modulus라고 한다. 기름이 고무分子 사이에 浸透하는 힘과 modulus가 均衡이 잡혔을 때 膨潤이 멎게 된다. 따라서 極性이 같으면 modulus가 클수록 膨潤이 적어지므로 耐油性은 좋아진다. 加黃度를 크게하면 架橋가 增加하므로 modulus가 增大된다. 그러기 때문에 고무의 膨潤度는 減少하고 耐油性이 向上된다. modulus를 크게 하기 위하여는 補強劑를 配合하는 일도 생각할 수 있으나 補強劑와 고무의 結合力은 加黃에 의한 架橋만큼 強하지 못하기 때문에 기름으로 膨潤시키면 大部分이 消失되므로 加黃에 依한 것 보다 效果를 期待할 수 없다. 勿論 補強劑나 增量劑에는 容積效果에 따른 耐油性의 向上을 생각할 수 있다.