

配合設計 1

[原料고무의 種類와 性質]

編 輯 部

1. 序 論

아마존에 野生하는 고무나무에서 採取되는 헤베아라텍스의 利用에서 始作된 고무加工의 歷史는 1893년에 Goodyear가 加黃을 發明함으로써 急激한 變革을 招來하게 되었다. 고무製品에 對한 認識도 새롭게 되었으며, 고무加工 그 自體도 이제까지의 生産形態를 벗어난 工場生産體制를 갖추게 되었다. 1888년의 Dunlop에 依한 공기타이어의 特許取得은 自動車工業의 發展에 貢獻되어 自動車用타이어로서의 고무의 大量消費는 고무工業의 體質을 바꾸는 一大轉機가 되었다.

한편 이를 뒷받침하는 科學技術의 發達도 눈부신 바 있고, 20世紀 初期에는 이미 天然고무의 代替品으로서의 合成고무의 研究가 始作되고, 第1次 世界大戰中에 독일에서는 月産 180Ton의 메틸合成고무工場이 稼動하였다. 그러나 本格的인 合成고무의 研究가 始作된 것은 1930年代이고 오늘날 合成고무의 代名詞라 불리는 SBR이 商業메이스로 生産된 것은 1934년부터이다.

고무는 一見 彈性的이지만, 實은 相當히 可塑的인 性質을 가지며, 한편 固體이지만 그 性質은 液體의 것에 가깝다. 特히 最近의 새로운 合成고무에는 特殊性能을 갖고 있는데 彈性的性質이 極히 缺乏되어 있는 것도 있고, 또한 加黃이 必要要件인 고무의 범주에 加黃을 必要로 하지 않는 熱可塑性고무가 登場한다든가 或은 元來가 高分子物質을 出發原料로 하고 있는 고무製品에 프레폴리머나 올리고머 등의 比較的 低分子物質을 出發原料로 하는 製品이 開發되었고, 그 加工技術도 從來 天然고무를 基礎로 하는 傳統的方法으로 處理할수

없는 것이 많아졌다.

原料고무를 大別하면 數十種類, 細別하면 數百種類가 될 것이다. 配合劑도 數千 或은 數萬種類가 市販되고 實用化되고 있다. 따라서 이들 材料의 組合 即 配合은 無限히 할 수 있다. 고무의 配合만큼 複雜하고 難解한 것은 없다고들 하지만, 製品의 性能 用途에 따라서 高무를 選擇하며 配合劑의 種類와 量을 決定하는 配合設計는 고무工業에 가장 基本的인 工程이어서 이를 絶對로 疎忽히 取扱하여서는 안된다. 配合設計의 如何에 따라 고무製品의 性能은 勿論 成形加工工程 加黃工程, 마무리工程에도 重大한 影響을 미친다. 各其의 使用目的에 따라 製品性能과 加工性能과의 平衡을 어떻게 잡느냐가 고무製品에 있어서의 配合設計의 要點이다.

2. 原料 고무

配合設計에서 가장 중용한 것이 原料고무의 選擇이며, 고무製品의 性能은 使用하는 고무의 種類에 따라 大體로 決定된다.

고무의 分類法에는 化學構造에 依한 것 외에 主로 用途別로 一般用고무와 特殊用고무로 分類하기도 한다. 다만 이 分類는 技術的인 意味는 없고 自動車타이어에 大量으로 消費되는 性質의 것을 一般用, 그 以外의 用途 或은 特殊性能의 高무를 特殊用이라 呼稱함에 不過하다. 또 原料폴리머의 形狀에서 드라이라버와 라텍스로 或은 固形고무, 液狀고무 및 粉末고무로 分類하는 것도 있다.

2.1. 原料고무의 化學構造에 依한 分類

化學構造 或은 그 化學的性質에서 고무를 分類하는 方法에도 여러가지가 있다. 가장 一般的인 方法이 폴리머主鎖의 構造에 依한 分類로서, SBR, EPDM等의 ASTM略號도 이에 따르고 있다. 例컨대 NR, SBR이 代表的인 diene系 고무(不飽和高무)이며 CSM, EPM等이 非 diene系고무(飽和高무)로 나누는 方法이다(表 1 參照) 主鎖에 二重結合인 고무는 黃加黃이 可能하고, 一般的으로 彈性的 性質도 優秀하다. 그러나 이 二重結合 때문에 酸化等的 化學的, 外部的 刺擊에 影響을 받기 쉽고 또 熱安定性도 좋지않는 缺點도 있다. 主鎖에 二重結合이 없는 飽和高무는 黃加黃이 不可能하고 有機過酸物 其他의 特殊架橋劑를 使用하지 않으면 안 될 弱點은 있지만, 酸化, 劣化 或은 熱劣化에 對한 安定性이 優秀하다. 一般的으로 말하면 diene系 고무는 化學的으로 攻擊받기 쉽고 非 diene系 고무는 化學的으로 安定하다고 하겠다.

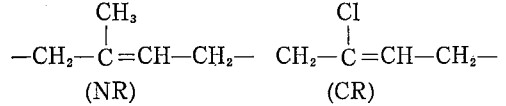
主鎖의 構造가 그 폴리머의 基本的 性質을 나타내는 것이라고 한다면 側鎖의 構造는 그 폴리머의 耐油, 耐溶劑性이라고 하는 또 하나의 化學的性質 或은 電氣的性質에 큰 影響을 미친다.

表 1. diene系 고무와 非diene系 고무

diene系 고무	非 diene系 고무
天然고무(NR)	부틸고무(IIR)
合成天然고무(IR)	에틸렌프로필렌고무(EPM), EPDM)
스티렌부타디엔고무(SBR)	우레탄고무(U)
부타디엔고무(BR)	실리콘고무(Q)
클로로프렌고무(CR)	클로로술폰화폴리에틸렌(CSM)
니트릴고무(NBR, NIR, NBIR)	鹽素화폴리에틸렌(CM) 아크릴고무(ACM, ANM) 에피클로로히드린고무(CO, ECO) 弗素고무(FKM) 폴리술폰아이드고무(T)

表 2는 各種폴리머 및 溶劑를 그 溶解度指數(SP值)에 따라 羅列한 것이다. SP值가 그대로 폴리머의 側鎖構造의 代用特性值가 되는 것은 아니지만, 생각하는 方法에 따라 아주 쉽게 原料고무의 性質을 理解할 수 있으므로 SP值의 分類를 記述하고자 한다. 表 2에서와 같이 SP值가 작은 것은 耐油性(耐非極性溶劑性)이 나쁘고, SP值가 큰 것은 耐油性이 優秀하다. 한편 耐케톤·에스테르性(耐極性溶劑性)은 SP值가 작은 쪽이 좋다는 것은 周知의 事實이고, 耐溶劑性에 關한 限, 極性溶劑와 非極性溶劑의 두가지에 걸치는 폴리머를 찾는 것은 어렵다.

SP值가 큰 폴리머는 主鎖에 極性이 큰 側鎖 或은 基가 붙은 것이다. 例컨대 NBR은 $-CN$ (니트릴基)이 側鎖에 붙어 있는 것이고 NR와 CR와의 化學構造上 CR은 側鎖에 메틸基代身 鹽素基가 置換되어 있는 差異이다. $-CH_3$ 와 $-Cl$ 로는 $-Cl$ 쪽이 極性이 크므로 CR의 耐油性이 NR보다 우수하다는 것이 된다.



또 하나의 重要的 化學構造上的 性質은 폴리머의 結晶性에 있다. 結晶性이 큰 폴리머는 伸張시킴으로써 結晶構造가 되기 쉽고 強度가 좋다. 한편 非結晶性 폴리머는 伸張시켜도 結晶構造가 되기 힘들고 強度도 좋지않다. 이 性質은 特히 纖維用的 폴리머에 있어서 重要的 性質이며, 고무에 있어서도 重要的 性質의 하나로 손꼽히고 있다. NR은 化學構造的으로는 시스-1,4-폴리아이소프렌이고 構造的으로 結晶化하기 쉬운 폴리머의 하나이다. 이에 比하여 SBR은 스티렌과 부타디엔의 亂담코폴리머이고 構造的으로 極히 結晶化하기 어려운 性質을 가지고 있다. NR이 補強性充塡劑없이도 어느程度의 引張強度를 갖고 있음에 反하여 補強劑를 使用하지 않는 SBR은 使用할 수 없을 程度로 引張強度가 낮은 것은 主로 이 結晶性的 差異때문이다.

合成고무는 一般的으로 고무狀彈性を 얻기 爲하여 非晶性(無定形)構造를 갖는 것이 많다. 結晶性的 폴리에틸렌은 플라스틱이지만, 폴리에틸렌의 主鎖에 $-Cl$ 을 넣은 鹽素화폴리에틸렌, 或은 $-Cl$ 를 $-SO_2$ 넣은 CSM(하이팔론)은 폴리에틸렌의 結晶성을 排除하여 고무彈性を 附與한 것이다. 그렇지만, 本來가 폴리에틸렌이므로 어느程度의 結晶성을 남기고 있고, 非充塡加黃物의 引張強度도 크다. CR은 代表的인 結晶性合成고무이다. 이 경우에는 急速結晶성을 積極的으로 利用한 接着用的 等級品도 있다.

原料고무의 化學的構造와 加黃고무의 性質사이에는 이밖에도 여러가지로 密接한 關係가 있으므로 加黃고무의 製品性能을 決定하는데 있어서 原料고무의 化學的 構造를 알고 그 性質을 理解하는 것은 配合設計上 有効한 手段이 된다. 勿論 化學構造만이 最終性能을 決定하는 것이 아니고 配合劑나 加工方法도 重要的 要素의 하나가 된다. 이 點이 고무의 配合設計의 어려운 問題이다.

2.2. 原料고무의 種類와 性質

前述한 바와같이 原料고무의 種類는 極히 많으므로 여기서 그 가운데 代表的인 것을 選擇하여 그 特性에 對하여 概說코자 한다. 여기서 라텍스는 除外하고 드라이라머에 限定하기로 한다.

表 2. 폴 리 머 와 용劑 의 SP 值

폴 리 머	SP	溶劑	SP
폴리四弗化에틸렌	6.2	이소부탄	6.7
메틸실리콘고무(MQ)	7.3~7.6	n-펜탄	7.0
폴리이소부틸렌	7.1~8.3	n-헥산	7.3
부틸고무(IIR)	7.7~8.1	n-옥탄	7.6
에틸렌/프로필렌(EPM)	8.0	鹽化비닐모노머	7.8
폴리에틸렌	7.7~8.4	시클로헥산	8.2
클로로술폰화폴리에틸렌(CSM)	8.1~9.8	醋酸이소부틸	8.3
天然고무(NR)	7.9~8.4	醋酸이소프로필	8.4
부타디엔고무(BR)	8.1~8.6	메틸이소프로필케톤	8.5
부타디엔/스티렌(SBR)		醋酸부틸	8.5
85/15	8.4~8.6	四鹽化炭素	8.6
75/25	8.1~8.6	메틸프로필케톤	8.7
60/40	8.6~8.7	에틸벤젠	8.8
폴리스티렌	8.5~10.3	크실렌	8.8
石油炭化水素樹脂	8.8	톨루엔	8.9
클로로프렌고무(CR)	8.1~9.4	醋酸에틸	9.1
부타디엔/아크릴로니트릴 (NBR)		테트라히드로퓨란	9.1
82/18	8.7~8.8	벤젠	9.2
75/25	8.9~9.5	트리클로로에틸렌	9.2
70/30	9.4~9.9	메틸에틸케톤	9.3
61/39	10.3~10.5	클로로포름	9.3
폴리메타크릴酸메틸	9.1~9.5	鹽化메틸렌	9.7
鹽化고무	9.4	아세톤	9.9
폴리醋酸비닐	9.4~9.6	二黃化炭素	10.0
쿠마론인덴樹脂	9.6	醋酸	10.1
폴리鹽化비닐	9.4~10.8	피리딘	10.7
폴리우레탄(組成不明)(U)	10.0	n-부탄올	11.4
窒酸셀룰로오즈(11.83% N)	10.5~11.5	디메틸포름아미드	12.1
폴리에틸렌테레프탈레이트	10.7	니트로메탄	12.7
에폭시樹脂	10.9	에탄올	12.7
페놀樹脂	11.3	메탄올	14.5
폴리鹽化비닐리덴	12.2	에틸렌글리콜	14.6
폴리비닐알코올	12.6	글리세롤	16.5
폴리아미드(66나일론)	13.6	포름아미드	19.2
셀룰로오즈	15.7	水	23.4

2.2.1 天然고무(NR)

天然고무는 南美原産의 헤베아부라지리엔시스에서 採取되는 乳液 即 라텍스를 凝固 乾燥시킨 것이다.

天然고무는 製造方法이나 品質에 따라 「天然고무 各種等級品の 國際品質標準」(通稱 그린북)에 依하여 規格化되어 있으며 1969年の 規格에 依하면 8品種 35等級으로 나누어져 있다.

工業의으로 가장 많이 (全體의 約 80%) 使用되고 있는 것이 RSS이다. 凝固한 것을 연기로 쪼이면서 乾燥

시키므로 淡黃色을 띄고 있다.

NR은 化學的으로는 高 시스-폴리아소프렌이고 耐油性이 없다는 缺點이 있지만, 그 力學的強度, 耐摩耗性彈性은 매우 優秀하여 헤비듀티타이어를 비롯하여 各種工業製品등 NR이 아니면 안되는 用途는 相當히 많다. 그러나 天然이기 때문에 不純物의 混入, 物性이 均一하지 못하는 缺點이 있다.

그러므로 “그린북”의 一般用고무規定에는 上記의 等級別外에 技術的으로 分類한 ICR(Initial Concentra-

tion Rubber), 不純物の 含有量을 規制한 SMR(Standard Malasian Rubber), 무오니粘度를 一定하게 한 헤베아크렌 CV 및 LV, 加黃度로 分類한 TC rubber 등이 있다.

이밖에도 特殊性 고무로서 에어드라이라버, 메타크릴 酸에틸을 그라프트重合한 헤베아플러스 MG, 加工성이 特別히 優秀한 SP라버 등이 生産되고 있다.

2.2.2 合成天然고무(IR)

天然고무와 化學構造가 같은 高 시스-폴리이소프렌 이다.

IR의 最大의 特徵은 NR에 比하여 겔분이나 먼지 其他의 不純物이 적고 品質이 均一하다는 것이다. 또 重合時에 폴리머의 分子量을 調節하여, 加工성의 改善을 圖謀하고 있는 것도 特徵의 하나이다. 物性的으로는 NR와 거의 같지만 同一配合에서는 IR이 모듈러스가 多少 작고, 伸張率이 조금 크다. 또한 硬度는 조금 낮고, 彈性이 좋으며 發熱이 적고 龜裂發生에 對하여 抵抗성이 크다는 差異가 있으나 이런 差異는 實用上 別로 問題되는 것은 아니다. 不純物이 적으므로 吸水性이 작고 電氣特性이나 耐老化性이 조금 좋다는 特徵도 있다 加黃速度는 若干 느리다.

2.2.3 스티렌·부타디엔고무(SBR)

SBR은 所謂 一般用 合成고무로서 現在 가장 多量(全體의 約 80%)으로 生産, 消費되고 있다. 스티렌(普通 23.5%)과 부타디엔의 共重合體는 主로 低溫 乳 化重合法으로 만들어진다. 타이어트래드用的 SBR에는 特別히 物성이 優秀하고 分子量이 큰 SBR라텍스에 石油系의 프로세스油(37.5部)를 乳化狀態에서 混合하여 共凝固시켜 오일마스터벳치로 한 것이 많이 使用되고 있다. 이와같은 油展고무는 高物性이고 加工성이 優秀한 것이 特徵이다.

SBR을 NR와 比較하면 異物の 混入이 없고 品質이 均一한 것이 長點이다. 加黃速度가 크고 耐老化性, 耐熱性, 耐摩耗性이 뛰어나고 耐油性도 조금 좋은 편이며 可塑性安定성이 있고 스크오치安定성이 좋고 加黃 平坦性이 있지만 이의 缺點으로서는 非晶性폴리머이므로 補強劑를 多量으로 配合하지 않으면 強度가 낮고 粘着성이 缺乏하고 收縮이 크기 때문에 칼렌더加工 押 出加工 등의 難點이 있고, 加黃速度가 조금 늦으며 彈性이 작고 動的發熱이 크다는 것이다.

SBR은 主로 신발類에 使用되며 스티렌량이 많은 하이스티렌고무가 있다. 이것은 硬度가 높고 耐摩耗성이 좋은 것이 特徵이다.

또 乳化重合形의 SBR의 缺點을 거어 補正시켰다. 溶液重合形의 SBR도 있다. 이는 加工性(押出性, 射

出成形性)이 뛰어나고 低溫特性, 耐老化性, 耐摩耗性 等도 乳化重合形보다 좋다. 溶液重合形가운데 加黃을 必要로 하지않는 블록코폴리머로 熱可塑性고무가 있다 熱可塑性플라스틱과 같은 加工方法이 適用되지만 70°C 以上에서는 急激하게 物성이 低下하여 고무彈性을 喪失 한다. 耐寒性이 좋으며 -60°C에서도 彈性을 保持한다.

2.2.4 부타디엔고무(BR)

부타디엔의 호모폴리머로 췌이글러觸媒를 使用한 시스-1,4 結合이 95% 以上の 것과 Li 觸媒를 使用한 시스-1結合 35% 前後의 것의 2種類가 있는데 모두가 溶液重合으로 製造된다.

BR은 NR이나 SBR에 比하여 耐寒性, 耐老化性 및 耐摩耗性이 뛰어나고 高彈性이고 動的 發熱도 작고 블렌드性, 高充填性, 成形性, 틀흐름性等의 加工性도 優秀하다. 타이어用으로서는 雪上 및 水上에서의 牽引力이 크다는 特徵이 있으므로 乘用車타이어用의 고무로서 SBR에 이어 두번째로 많이 使用되고 있다. 缺點으로는 若干의 Cold-flow性, 그리고 헤비듀티타이어用 으로서는 致命的이라 할 수 있는 톱핑이나 컷팅을 일으키기 쉽고 溶加工성이 좋지 않다는 것이다. BR單獨으로 使用하기 보다는 SBR 或은 NR와 블렌드하여 使用되고 있다.

2.2.5 클로로프렌고무(CR)

CR은 클로로프렌(2-클로로부타디엔)의 호모폴리머로 NR, IR, SBR 等の 所謂 一般用고무와는 달리 그 性能이 若干 다르다. 即 本質적으로 耐候性, 耐오존性 耐熱老化性이 뛰어나고, 耐油性, 耐藥品성이 좋고 難燃性이 있다. 이런 性質은 모두 側鎖에 염소基가 붙어 있기 때문이다. 後述하는 弗素고무의 경우도 그렇지만, 側鎖의 할로겐基에 依한 主鎖의 保護效果라고 일컬어진다. 또 폴리머가 典型的인 結晶性이기 때문에 力學物성이 좋고 接着力(고무풀로 한 경우)이 강한 特徵이 있다. 物論 하나하나의 特性이 後述하는 特殊고무가 훨씬 뛰어나지만, 特殊性能고무는 大體로 特定性能에 있어서만 뛰어나고 다른 性質은 大體로 떨어지는 傾向이 있으며, CR처럼 各種의 外的環境에 對하여 抵抗性을 가지고 物性的으로 NR와 對等한 性能을 가지고 있는 것은 CR의 예는 없다. 그러므로 CR을 特殊고무 中の 一般고무라고 말할 수 있다.

CR을 大別하면 다음의 3가지 種類로 區分할 수 있다. 첫째 黃變性타입(G타입)은 貯藏安定성이 若干 좋지 못한 것과 金屬酸化물로 加黃하여야 하는 難點이 있으나 物性 特別히 引裂抵抗성과 反撥彈性이 優秀하다. 둘째 非黃變性타입(W타입)은 G타입보다 低溫에서 重

합되고 貯藏安定性도 좋고, 加黃系도 여러가지의 것이 選擇될 수 있다. CR가운데 가장 一般의인 品種으로 使用量이 가장 많다. 強度는 G타입보다 조금 떨어진 다. 셋째 高結晶타입은 接着劑에 限하여 使用된다.

2.2.6 니트릴고무(NBR)

NBR은 부타디엔과 아크릴로니트릴(AN)의 共重合體로 代表的인 耐油性合成고무이다.

NBR의 耐油性은 AN量에 따라 크게 달라진다. 따라서 NBR의 一般의 分類는 AN量을 基準하고 있다.

AN量	名 稱
43% 以上	極高니트릴
36~42%	高니트릴
31~35%	中高니트릴
25~30%	中니트릴
24%以下	低니트릴

가장 多量으로 生産되고 있는 것이 中高니트릴로서 分子量이 다른 것, 分子量分布가 다른 것, 重合轉化率 이 다른 것, 第3成分을 넣은 것, 凝固劑나 安定劑가 다른 것 等 品種이 大端히 많고 또 製造會社에 따라 多少의 差異가 있다.

一般적으로 AN量이 많을 수록 ①耐油性이 크게 되고 ②耐摩耗性이 向上하고 ③耐老化性이 좋아지고 ④引張強度硬度가 增大하고 ⑤反撥彈性이 작아지고 ⑥耐寒性, 低溫特性이 나빠지고 ⑦가스透過率이 작게 되고 ⑧耐藥品性이 좋아지며 ⑨PVC나 페놀樹脂와의 相溶性이 좋아지는 等의 特徵이 있다.

SBR와 같이 低溫重合品이 主流이지만 一部の 接着劑用途에는 高溫重合品이 使用된다.

어떻던 NBR의 特徵은 分子中の 極性基(-CN)에 依한 耐油性이 向上되지만 이 極性基가 存在하므로써 電氣特性이 나빠지고 케톤이나 에스테르 等의 極性溶劑에 弱하다는 缺點이 있다.

NBR에는 上記의 通常品外에 디비닐벤젠으로 部分 架橋한 加工性改良品, 아크릴산을 導入한 칼복실化 NBR(高硬度, 耐摩耗性), 耐오존성을 改良하기 爲하여 PVC를 넣은 폴리블렌드 등이 있고 또 부타디엔 代身에 이소프렌을 사용한 NIR, 이소프렌, 부타디엔 및 AN 三元共重合體 NBIR가 NBR의 品質改良形 폴리머로서 開發되고 있다.

2.2.7 부틸고무(IIR)

IIR은 이소부틸렌과 少量의 이소프렌을 -100°C 의 超低溫에서 共重合시킨 不飽和도가 낮은 고무이다. 이의 代表的인 特徵은 가스 透過性이 작은 것으로 NR의 1/7~1/8程度이며, 타이어의 인너튜브, 인너라이너에 가장 많이 使用된다. 이 外에도 電氣의性質, 特別히 電

氣絶緣性, 耐코로나性 耐트랏킹性이 優秀하다는 것이 다. 또 非diene고무(飽和고무)의 共通의性質로서 耐候性, 耐오존성 耐酸化性, 그리고 耐熱性 耐化學藥品性이 優秀하므로 工業用品 引布等의 用途에도 適合하다. IIR의 다른 特徵으로 特記한 性質은 低反撥彈性이다. 고무彈性體중, 다른고무에서는 찾아볼 수 없는 獨特한 性質로서 衝擊吸收材나 防音材로서 有效할 것이다.

IIR은 不飽和度(이소프렌量), 무오니 粘度(分子量) 汚染性的의 有無(安定劑)에 따라 分類되며 不飽和도는 最少 0.6~1.0mol%, 最高 2.0~2.5mol%로 되어 있다.

IIR은 不飽和도가 極히 낮아지므로 加黃速度에 問題가 있다. (有機過酸化物로서는 架橋되지 않는다) 이 加黃성을 높이고 또 다른 不飽和高무와의 相溶性을 增 進할 目的으로 開發된 것이 할로겐화 부틸고무이다. 예컨대 鹽素化부틸고무(CIIR), 브롬화 부틸고무(BIIR)가 이에 屬하며 이들의 用途는 工業用品의 分野에 많 이 쓰이고 있다.

2.2.8 에틸렌프로필렌고무(EPM, EPDM)

EPM은 에틸렌과 프로필렌의 共重合體, EPDM은 에틸렌, 프로필렌 및 若干의 디엔成分과의 三元共重合體이다.

EPM은 그構造에서 豫測하듯이 完全한 非디엔系고 무로 耐老化性, 耐오존성, 耐熱성에 뛰어난 性能을 廢 揮하지만 二重結合이 尠혀 없기때문에 黃加黃이 不可 能하므로 架橋는 有機過酸化物에 依하지 않으면 안된 다.

EPDM은 디엔成分(第三成分이라 불리며, 디시클로 펜타디엔, 에틸리덴노보루넨, 1,4-헥사디엔 등이 使用 된다)이 共重合되어 있으므로 通常의 黃加黃도 可能하 고, 特別히 에틸리덴노보루넨을 第三成分으로 한 高디엔 型은 NR, SBR 등의 디엔系고무와 混合시켜 共加黃할 수 있다.

EPM 및 EPDM의 特徵은 大部分이 IIR과 類似하 며 IIR와 같이 代表的인 非디엔系 非極性고무이다. 加 黃性能, 加黃物의 彈性的의 性質에서 보면 오히려 IIR 보다도 一般用고무에 가깝다. 飽和高무의 特性으로 되어 있는 耐오존성, 耐熱성은 IIR보다 조금 뛰어나고, IIR의 熱軟化성을 補完하는 質에서의 改質材(EPDM 은 熱硬化性)로서도 有用하다. 電氣의性質에 關하여서 도 耐코로나性, 耐트랏킹性이 IIR보다 優秀하므로 高 壓케이블의 分野에서는 EPDM이 주로 이용된다. 뿐만 아니라 IIR에 比하여 反撥彈性이 뛰어나기 때문에 보다 고무的인 用途, 다시말하면 一般用고무製品, 工業用고무製品, 建築用고무部品等 그用途가 매우 넓다. 폴리머의 比重이 0.86~0.8로서 市販고무가운데 가장 낮은 것도 重要的 特徵이다.

2.2.9 우레탄고무(U)

폴리에스테르 또는 폴리테트라에틸렌 디이소시아네이트와의反應에 의하여 얻어진 고무狀 彈性體를 總稱하여 우레탄고무라고 부른다. 우레탄고무는 原料로서 使用하는 폴리에스테르나 폴리테트라에틸렌의 種類, 디이소시아네이트의 種類, 더욱 反應條件이나 架橋方向에 따라 어느程度 特性이 다른 各種의 고무가 얻어진다. 또 다른 有機고무와 달라서 原料고무와 充填劑等의 複合系로 使用되는 것은 거의 없으며 폴리머 單體로서 고무製品으로 하는 것이 普通이다. 우레탄 고무의 原料는 一般的으로 反應性 末端이소시아네이트基를 갖는 液狀프레폴리머의 形이고 成形加工은 프레폴리머에 鎖伸張 및 架橋를 爲한 디아민 또는 디올을 加하여 注型하는 方法이 採擇된다.

우레탄고무의 最大特徵은 力學的 性質이 優秀하다는 것이지만 이의 強度는 프레폴리머의 鎖伸張과 架橋가 極히 規則的으로 化學構造의 行하여지는 特性이다. 따라서 充填劑로 補強된 一般의 고무로서는 거의 고무彈性을 잃어버릴 程度의 高硬度領域에서도 우레탄고무는 補強性充填劑없이도 充分한 強度와 彈性體로서의 機能을 保持한다. 그러나 이 架橋構造는 熱安定성이 缺乏되고, 90~130°C인 高荷重에서 使用하며 흔히 塑性流動狀態가 되어버린다. 또 架橋結合이 加水分解되기 쉬운(특히 폴리에스테르)性質이므로 耐水性 耐濕성이 좋지않다.

우레탄고무는 上記의 液狀타일외에 熱可塑타일 및 Millable타일의 固形고무가 있다.

2.2.10 실리콘고무(Q)

실리콘고무는 그 主鎖構造가 一般의 有機고무의 -C-C結合과는 다른 실록산結合(-Si-O-)으로 되어 있고, 그 耐熱성과 耐寒성에서 볼 수 있는 卓越한 熱安定성은 오로지 그 主鎖構造에 依한다. 비닐실리콘고무(VMQ)를 사용한 最高의 耐熱성配合은 300°C의 高溫에 견디며, 페닐실리콘고무(PMQ, PVMQ)를 사용한 最大의 耐寒성을 갖는 配合은 -90°C에서도 고무彈性을 잃지않는다. 이 외에 代表的인 特性은 非粘着性이고, 粘着物質과 接하는 用途에는 없어서는 안될 材料로 되어있다. 또 비닐실리콘고무의 側鎖에 弗化알킬基를 導入한 所謂弗化실리콘고무(FVMQ)는 耐熱 耐寒성은 勿論 耐油, 耐熔劑, 耐藥品성이 優秀한 萬能고무의 性質을 갖는다.

실리콘고무의 物理的 性質은 永久壓縮變形을 除外하고는 一般的으로 強度가 작으며 이것이 실리콘고무의 最大弱點이다. 그러나 諸物性的 溫度에 依한 變化 即 溫感性이 다른 고무에 比하여 顯著하게 작으므로 低溫

또는 高溫에서는 다른 高物性고무以上の 物性を 保持하는 特徵도 있다.

실리콘고무에는 從來의 各種合成고무와 같은 固形고무외에 液狀 또는 페이스트狀의 고무가 많이 使用되고 있다. RTV(Room Temperature Vulcanizable) 실리콘고무는 그 代表的인 것으로는 sealant나 接着劑에 主로 使用되는 1液形과 型物에서 工業用品에 이르기까지 넓은 用途를 갖는 2液形의 2가지로 區分된다. RTV 실리콘고무는 이름 그대로 室溫에서 加黃할 수 있는 것이 最大의 特徵이고 耐熱성과 力學物성이 若干 떨어지는 것외는 固形의 실리콘고무와 거의 같은 性質을 갖추고 있다.

2.2.11 其他의 合成고무

클로로술폰화폴리에틸렌(CSM)은 高壓法폴리에틸렌에 鹽素와 二酸化황을 導入하여 고무狀으로 한 것이다. 耐候성, 耐오존성은 CR이나 IIR보다 뛰어나고 色安定성도 좋다. 耐藥品성 特히 無機酸, 알카리에 對하여는 後述의 弗素고무에 다음가는 性能을 갖고 있다. 耐油性, 耐熔劑성은 CR보다 조금 좋은 程度이고 耐熱성은 IIR와 비슷하다. 力學的性質은 폴리머가 結晶성이기도 하여 아주 좋고 特히 純고무強度와 耐摩耗성에 뛰어난 性能을 나타낸다. 電氣絶緣성은 NR 및 IIR에 떨어지지만 耐코로나성은 좋다.

폴리에틸렌을 鹽素화하여 얻어진 鹽素화폴리에틸렌(CM)은 그 化學構造에서 推定되는 것과같이 上記의 CSM에 매우 가까운 性質을 가지고 있다. CSM 보다도 力學的強度가 크고 CSM 特히 引裂低抗 屈曲龜裂抵抗성이 優秀하다. 고무彈性和 壓縮變形은 CSM 보다 떨어진다.

아크릴고무는 아크릴酸 알킬에스테르를 包含하는 고무狀彈性體의 總稱이다. 아크릴酸알킬에스테르와 少量의 架橋性모노머와의 共重合體(ACM), 아크릴酸알킬에스테르와 아크릴로니트릴과의 共重合體(ANM)의 두개의 在來의인 폴리머외에 最近에는 많은 새로운 타입의 폴리머가 開發되고 있다. 아크릴고무의 最大의 特徵은 耐熱성과 耐油性이다. 特히 그 耐熱성은 실리콘고무에 이어 170~180°C의 高溫油에 잘 견딘다. 耐寒성, 耐水性, 電氣的性質은 別로 좋지 않다.

에피클로로히드린고무에는 두가지 타입이 있으며 하나는 에피클로로히드린의 호모폴리머(CO)이고, 또 하나는 에피클로로히드린과 에틸렌옥시드와의 코폴리머(ECO)이다. CO 및 ECO共通의 特徵으로는 뛰어난 耐熱, 耐油, 耐오존성이고, 耐油性은 高니트릴 NBR과 거의 同一하며 耐熱성은 아크릴고무에 다음간다. 그밖에 CO는 IIR以上の 低가스 透過率을 가지며 ECO는 NR과 비슷한 高彈性和 -40°C에서도 고무彈性을 잃

表 3. 主 要 橡 膠 的 特 性

고무의 種類 (ASTM에 依한 略稱)		NR	IR	SBR	BR	CR	IIR
化 學 構 造		폴리이소프렌	폴리이소프렌	부타디엔스틸렌 共重合體	폴리부타디엔	폴리클로로프렌	이소부틸렌·이소프렌 共重合體
代 表 的 인 特 徵		고무本來의 彈성을 가지고 있음. 耐摩耗性의 力學的 性質이 좋음.	天然고무와 거의 같은 性質을 가지며 安定되어 있음.	天然고무보다 耐摩耗性, 耐老化性이 좋음. 價格도 廉價.	天然고무보다 彈성이 높고 耐摩耗性이 優秀함.	耐候性, 耐오존性, 耐熱性, 耐藥品性等 平均된 性質을 갖고 있음.	耐候性, 耐오존性, 耐가스透過性이 높고 極性 溶劑에 견딤.
純고무의 性 質	比 重 무오니 粘度 ML ₁₊₄ (100°C)	0.92 45~150	0.92~0.93 55~90	0.92~0.97 30~70	0.91~0.94 35~55	1.15~1.25 45~120	0.91~0.93 45~8.1
配 合 橡 膠 的 物 理 的 性 質 및 耐 性	可能한 JIS 硬度 범위	10~100	20~100	30~100	30~100	10~90	20~90
	引張強度(kgf/cm ²)	30~350	30~300	25~300	25~200	50~250	50~200
	伸張率(%)	1,000~100	1,000~100	800~100	800~100	1,000~100	800~100
	反撥彈性	◎	◎	○	◎	◎	△
	引裂強度	◎	○	△	○	○	○
	耐摩耗性	◎	◎	◎	◎	○~◎	○
	耐屈曲龜裂性	◎	◎	○	△	○	◎
	使用可能溫度 범위 °C	-75~90	-75~90	-60~70	-100~100	-60~120	-60~150
	耐老化性	○	○	○	○	◎	◎
	耐光性	○	○	○	○	◎	◎
耐오존性	×	×	×	×	◎	◎	
耐炎性	×	×	×	×	○	×	
電氣絶緣性(Ω·cm) (體積固有抵抗)	10 ¹⁰ ~10 ¹⁵	10 ¹⁰ ~10 ¹⁵	10 ¹⁰ ~10 ¹⁵	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	10 ¹⁰ ~19 ¹²	10 ¹⁶ ~10 ¹⁸	
가스透過性(cc·cm/ cm ² ·sec·atm)	18	18	12	13~50	3.0	0.9~1.0	
耐放射線性	△~○	△~○	○	×	△~○	×	
配 合 橡 膠 的 耐 溶 劑 性 及 耐 油 性	가솔린, 경유	×	×	×	×	○	×
	벤젠, 톨루엔	×	×	×	×	×	△~○
	트리크렌	×	×	×	×	×	×
	알코올	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	에테르	×	×	×	×	×~△	△~○
	케톤(MEK)	△~○	△~○	△~○	△~○	△~○	◎
醋酸에틸	×~△	×~△	×~△	×~△	×	◎	
配 合 橡 膠 的 耐 水 性 及 耐 酸 性	水	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	有機酸	×	×	×	×	×~△	△~○
	진한無機酸	△	△	△	△	○	◎
	묽은無機酸	○	○	○	○	◎	◎
	진한알칼리	○	○	○	○	◎	◎
묽은알칼리	○	○	○	○	◎	◎	
代 表 的 인 用 途		自動車 特別 大型自動車타이어, 産業用 트랙터타이어 신발, 호오스 벨트等 一般 工業 用品	自動車, 航空 機用타이어를 爲始하여 天然고무가 使用 되는 곳에 部分 代用됨	自動車타이어 신발, 고무인 신발, 運動用品 마닥타일, 밧데리케이스 벨트等의 工業 用品 및 一般 用 品	自動車, 航空 機用타이어, 신발防振고무, 精米로울러 벨트, 호오스 벨트等의 工業 用品 및 一般 用 品	電線被覆, 콘 베어고무벨트, 防振고무, 창틀고무, 接着 劑, 고무인布 劑, 工業用 塗料等	自動車타이어의 인너튜브어링 백, 루핑, 電線 被覆, 창틀고무 스틱호오스, 耐 熱콘베어벨트等

◎優秀하다 ○良好하다 △別로 良好하지 않다 ×나쁘다

性 과 용 도

NBR	EPM, EPDM	CSM	ACM, ANM	U	Q	FKM	T
부타디엔·아크릴로니트릴共重合體	에틸렌·프로필렌共重合體(三元共重合體)	클로로수폰화폴리에틸렌	아크릴에스테르共重合體	폴리우레탄	有機폴리실록산	퍼프르오로프로펜·弗化비닐리렌共重合體	有機폴리숄과이드
耐油性, 耐摩耗性, 耐老化性이 좋음	耐老化性, 耐오존性, 極性液體에 對한 抵抗性, 電氣的性質이 좋음.	耐老化性, 耐오존性, 耐藥品性, 耐摩耗性이 좋음	高溫에 있어서의 耐油性이 좋음	力學的强度가 特히 뛰어나	高度의 耐熱性과 耐寒性을 가지고 있음. 耐油性도 좋음	最高의 耐熱性과 耐藥品性을 가지고 있음	高度의 耐油性이 있고 耐오존性, 電氣的性質도 좋음
0.96~1.02 30~130	0.86~0.87 40~100	1.11~1.18 30~115	1.09~1.10 45~60	1.00~1.30 25~60 또는 液狀	0.95~0.98 液狀	1.80~1.82 35~160	1.34~1.41 25~50 또는 液狀
25~100 50~250 800~100	30~90 50~200 800~100	50~90 70~200 500~100	40~90 70~120 600~100	60~100 200~450 800~300	30~90 30~120 500~50	50~90 70~200 500~100	30~90 30~150 700~100
○ ○ ◎ ○ ○	○ △ ○ ○ ○	○ ○ ◎ ○ ○	△ △ ○ ○ ○	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ×~△ ×~△ ×~○ ×~○	△ ○ ◎ ○ ○	△ ×~△ ×~△ × ○
-50~120	-60~150	-60~150	-30~180	-60~80	-120~280	-50~300	-30~90
◎ ○ ○ ×~△ ×~△	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	○ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎
10 ² ~10 ¹¹	10 ¹² ~10 ¹⁶	10 ¹² ~10 ¹⁴	10 ⁸ ~10 ¹⁰	10 ⁹ ~10 ¹²	10 ¹¹ ~10 ¹⁶	10 ¹⁰ ~10 ¹⁴	10 ¹³ ~10 ¹⁵
0.3~3.5	15	3.0	10	2.0	400	1.0	0.22
△~○ ◎ ×~△ × ◎ ×~△ × ×~△	× △ × ◎ ○ ◎ ◎	△ ×~△ ×~△ ◎ × △~○ ×	◎ × × × × × ×	◎ ×~△ △~○ △ × × △	×~△ ×~△ ×~○ ◎ ×~△ ○ △~○	◎ ◎ ○ ◎ ×~△ × ×	◎ ◎ △~○ ◎ ×~△ ◎ △~○
◎ ×~△ ○ ○ ○ ○	◎ × ○ ◎ ◎ ◎	◎ △ ◎ ◎ ◎ ◎	△ × △ ○ △ ○	△ × × △ × ×	○ ○ △ ○ ◎ ◎	◎ × ◎ ◎ × △	○ × × △ △ △
오일실, 가스켓트, 耐油호오스, 콘베이어벨트, 印刷로울러, 紡績用 톱로울러 등의 耐油製品	電線被覆, 自動車의 웨저스트, 印刷고무, 콘베이어 벨트 등	耐候性, 耐蝕性塗料, 房크라이닝, 屋外用 引帶, 耐熱性 耐蝕性 로울러 등	自動車의 트랜스미션, 크랭크샤프트, 크랭크축의 팩킹이나 오일테프릭 등	工業用 로울러, 솔리드 타이어, 벨트, 高壓팩킹, 컷프링, 다이캐스트, 強力한 힘에 견디는 것	팩킹, 가스켓트, 오일실, 工業用 로울러, 防振 고무 등의 耐熱, 耐寒性의 絶對 用途 및 電氣緣用 등 (固形 고무, 시란트, 폿팅 (RTV))	耐熱, 耐油, 耐化學藥品性을 必要로 하는 化學工場의 耐蝕 타이어 프럼, 크라이닝, 호오스 펌프部品	高度의 耐油性을 要求하는 호오스 팩킹, 로울러 등 (드라이버) 시란트, 코오킹 材 接着劑 型 物材 等 (液狀 고무)

지 않는 우수한 低溫性能을 가지고 있다.

弗素 고무(FKM)의 市販品の 大部分은 弗化닐리덴과 퍼플루오로프로펜과의 共重合體이다. 실리콘고무를 능가하는 뛰어난 耐熱性, 耐油性과 耐化學藥品性이 特徵이다. 配合의인 考慮와 用途에 따라서는 300~350°C에서의 使用도 可能하지만, 高溫에 있어서의 物性低下는 相當히 크다. 耐油성은 어떠한 고무보다도 좋고, 耐藥品性도 진한 알카리, 아민, 極性溶劑를 除外하고는 많은 藥品에 對하여 抵抗성을 갖고 있다. 耐寒성은 別로 좋지 않다.

폴리슬라이드고무(T)는 主鎖에 黃을 包含하는 多黃化고무이다. 現在 thiokol Chemical Corp.(美)에서 만이 生産, 販賣하고 있어서 Thiokol은 多黃化고무의

代名詞로 되어 있다. 뛰어난 耐油性과 耐溶劑성을 가지는 反面, 力學的 性質이 相當히 나쁘고, 耐熱性, 耐寒性도 NR에 미치지 못하는 等 物性上的 缺點이 많고 加工성이 나쁘고 또한 惡臭로 因하여 固形고무로서는 極히 限定된 特殊한 製品에 조금 使用되고 있음에 不遇하다. 그러나 폴리슬라이드고무의 本領은 液狀고무에 있고, 그 室溫加黃性能, 耐候性, 耐오존性, 耐油性 耐가스透過性 등의 特徵을 살려서 建築土木關係의 코오링材, 또 航空機, 船舶, 車輛 등의 시일링材로 넓은 用途를 開發하고 있다.

以上 各種 原料고무의 特性과 用途를 表 3에 整理하였으니 參考하기 바란다. <다음號에 繼續>

<토막 소식>

低압모니아 type의 새로운 NR라텍스

—RRIM에서 開發—

말레이시아의 Rubber Research Institute of Malaysia(RRIM)에서는 低압모니아 type(0.2%)의 天然고무 濃縮라텍스를 開發하였다. 이것은 "LA-TZ" 라텍스라고 命名되어 있고, 容量의 TMTD 및 酸化亞鉛을 含有하고 있다. 이 TMTD와 酸化亞鉛은 고무技術者에게 잘 알려져 있는 材料이고 毒性도 別로 없다.

이 "LA-TZ"라텍스는 從來의 低압모니아 type의 라텍스에 比하여 ①攪拌 등의 機械的作用에 견디는 能力이 크고 ②保存성이 좋고 ③操作이 容易하고 ④加工성이 良好하다는 等의 特徵이 있고 이들 良好한 特性은 最終製品에 뚜렷하게 나타난다고 한다.

또 라텍스의 原液을 亞모니아와 少量의 TMTD 및 酸化亞鉛으로 前處理한 高압모니아 type의 天然고무 濃縮라텍스도 開發되었다. 이것은 "Pretreated HA"라고 불리고 있고 從來 type의 高압모니아 天然고무 라텍스에 익숙한 配合技術者이면 쉽게 이를 使用할 수 있다.

이들 새로운 라텍스의 特許는 RRIM이 保有하고 있

으나 低압모니아 type의 것은 Dunlop Plantations Ltd의 一社가 製造開始하고 있다고 한다.

새로운 라텍스는 低毒性이므로 人體와 接觸하는 고무製品의 分野의 應用 開發이 期待된다.

또한 이 라텍스의 sample은 直接 RRIM에 問議하여야 한다고 한다.

—폴리머다이제스트 1978, 8月號에서—

昭和 Neoprene(株), 全天候型 塗裝材開發

昭和 Neoprene(日本)은 特殊合成고무를 使用한 全天候型 彈性鋪裝材를 開發, 販賣를 始作하였음.

特徵은 ①耐候性, 耐오존性, 耐久性, 耐摩耗性 등이 優秀하고, ②Cushion성이 좋고, ③Sleep성에 ④아스팔트, 콘크리트 등의 地下로반에 對한 接着力이 좋다는 등이다. 이의 色相은 錄色과 赤色 2가지이며, 用途는 ①테니스, 배구, 농구의 코오트, ②體育館의 floor材, ③屋上用 多目的 코오트, ④競技場, ⑤校庭鋪裝, ⑥其他 各種 鋪裝에 適合하다고 함.

同社는 이미 國鐵이 運營하는 「飲田町紙流通센터」의 屋上 테니스코오트에 이 製品을 納入하였고, 今後 擴大 販賣할것이라 함. 工業材料 26 (8), 4 (78)