새로운 合成고무의 開發

李 源 善*

1. 序 論

最近 日本合成고무, 日本 JEON같은 큰 合成고무會社를 비롯하여 많은 合成고무 會社들이 新技術, 新製品 開發에 온 힘을 기울이고 있다. 現在 合成고무 總生産量의 約 60%를 고무工業에서 使用하고 있으며 特히 고무工業에서 큰 比重을 占有하고 있는 타이어 및 튜브産業에서 總合成고무 生産量의 約 37%를 消費하고 있다. 日本은 自動車工業이 하이테크化 하면서 타이어에 대한 要求性能도 아주 높아지고 있다. 또한 自動車用 타이어도 一般 乘用車用 타이어, 高性能 타이어, 全天候 타이어(All sea son tire), 스노우 타이어, 스노우 스파이크 타이어를 비롯하여 最近에 注目되고 있는 Studless타이어等 種類와 用途에 따라 多樣化 되고 있다. 合成고무도 이와같은 타이어의 高性能化에 副應하기 위하여, Grip性能 및 低燃費 性能 向上等에 總力을 傾注하고 있으며 또한 合成고무의 Micro 構造를 調整하는 "分子設計技術"도 確立하는 段階에 있다.

2. 타이어 産業의 動向

●低燃費타이어

타이어의 要求性能은 갈수록 까다롭고 높아지고 있다. 타이어는 基本的인 性能 以外에도 省에너지, 省資源, 安全性, 騷音 等 環境要求性能과 低価格, 低燃費, 高性能 같은 要求條件이 많다. 이와같은 要求性能에 맞추어 乘用車用 타이어는 高性能(低偏平比) 및 低燃費의 타이어가 開發되고 있을 뿐만 아니라 全天候用 타이어, 安全(Run flat)타이어, Studless 타이어도 開發되고 있다. 自動車 性能의 하나로서 "低燃費 性能"이 있다. 1973年 石油波動 以後 美國을 비롯하여 世界의 自動車 會社에서는 燃料 節減 對策에 全力을 다했다. 日本에서도 自動車의 排出가스 規制보다도 燃料費 節減을 最干先 課題로 해서 지금의 燃料費 節減을 위한 研究와 같은 研究를 했다. 自動車의 燃料費를 節減하기 위해서는 엔진의 燃料效率 向上, 自動車의 輕量化, 走行抵抗의 減少等 여러가지 方法等이 있으며 또한 이러한 方法들을 組合하므로서도 燃料節的을 할수도 있지만 最近에는 "革新的인 타이어用 合成고무"를 開發하여 이 合成고무를 타이어에 使用하므로서 自動車의 에너지 節的을 하고 있다. "革新的"이라고 말하는 理由는 一般的으로 알고 있는 고무性質과는 正反對되는 性質을 갖고 있기 때문이다.

타이어를 低燃費化하기 위해서는

① 타이어의 輕量化

② 타이어의 內壓 上昇

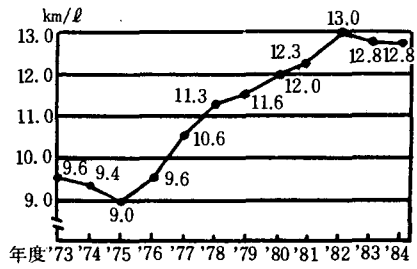
* 大韓 타이어工業協會

③ 타이어의 回轉抵抗 減少

와같은 方法이 있다. 回轉抵抗은 反撥彈性을 높임으로서 적게 할수 있어 燃料費를 節減할 수가 있으나 回轉抵抗을 적게하면 젖은 路面에서는 미끄럼抵抗이 적게됨에 따라 制動性能이 低下되어 安全性에 問題가 된다. 一般的으로 고무는 이와같은 性質을 갖고 있기 때문에 단지 回轉抵抗만 적게하면 된다고 생각해서 타이어를 製造할 수는 없다.

● 合成고무의 分子設計技術

自動車 및 타이어 業界에서는 燃料費 節的에 대하여 合成고무 會社에 支援을 要請하였으며 이에 대해 日本合成고무 會社에서는 合成고무의 分子設計를 精密히 調整하는 製造技術을 開發하여 燃料費를 節減할 수 있는 타이어用 合成고무를 開發 供給하고 있다. 從來의 合成고무는 "回轉低抗"을 적게 (低燃費性)하면 젖은 路面에서의 制動性이 不良해지는 (타이어에서는 아주 重要한 項目으로서 安全性이 떨어짐) 性質을 갖고 있으나 이 새로운 合成고무는 "回轉抵抗도 적게 하면서 젖은 路面에서의 制動性도 좋게"하는 特性을 갖고 있다. 이와같은 새로운 合成고무를 使用한 타이어는 從來의 타이어와 比較하여 "回轉抵抗"을 30% 까지 減少시키는 (料費는 4～5%) 同時에 "젖은 路面에서의 制動性能"은 5% 向上시킨다.



日本 自動車의 燃料費 變化
(資料 日本 自動車工業會)

● 展望이 밝은 溶液重合 SBR

低燃費 타이어用 合成고무 중에는 溶液重合法으로 만들은 溶液重合 SBR (Solution SBR)이 있으며 이 合成고무는 原料인 Styrene과 Butadiene을 重合시킨 것이다. "乳化重合法"과 다른 點은 Styrene, Butadiene을 Xylene, Toluene같은 溶媒中에서 重合 反應시키는 點이다. 이 溶液重合法으로 만들은 合成고무는

① Styrene의 配列
② Micro 構造
③ 分子量
④ 分子量 分布

等의 分子設計를 精密히 調整할 수가 있어 要求性質을 滿足시킬 수가 있다. 이와같이 最適의 分子構造를 갖도록 할 수 있는 溶液重合 SBR은 低燃費 타이어, 耐磨耗性이 良好한 타이어, 季節에 關係없이 使用하는 全天候用 타이어, 高性能 타이어 (低偏平比 타이어). 스파이크 없이 走行하는 Studless 타이어에 使用할 수가 있으며 多樣化하는 타이어의 要求性能을 滿足시킬 수 있는 合成고무로서 展望이 밝은 고무이다.

● 軌道에 오른 溶液重合 SBR 生産

日本合成고무에서는 1981年부터 溶液重合 SBR을 生産하여 低燃費 타이어用으로 供給하였다. 한편 同社는 쉘興産과 共同出資하여 溶液重合 SBR 製造事業을 目的으로한 "日本 Solution Rubber"를 1986年 4月에 設立하였다. 이會社는 日本 合成고무의 四日市 工場內의 BR工場을 一部 改造하였으며 生産能力은 年間 13,000톤이다. 日本의 合成고무의 國內販賣量은 自動車 産業을 中心으로 하여 各 産業의 發展에 따라 急激히 伸張 하여 1970年에는 800,000톤에 이르렀으나 그 以後에는 貿易摩擦에 의한 日本國內 自動車 生産 增加率 鈍化, 래디알 타이어 普及에 따른 合成고무 使用減少따라 1985年에는 約 950,000톤 이었다 (그림1 參照)

合成고무의 種類別 使用比率을 보면 타이어에 많이 使用하고 있는 SBR, BR이 높고 最近에는 自動車의 고무部品에 많이 使用하고 있는 EPDM의 比率도 높아지고 있다 (그림2 參

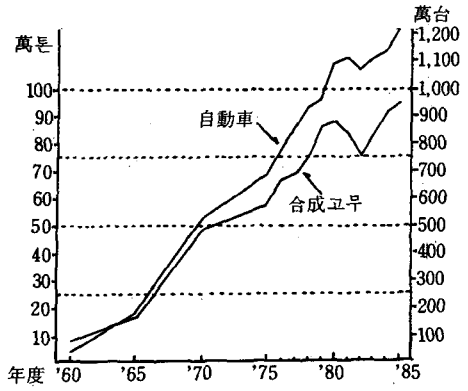


그림-1. 日本의 合成고무 國內販賣量과 自動車 生産量

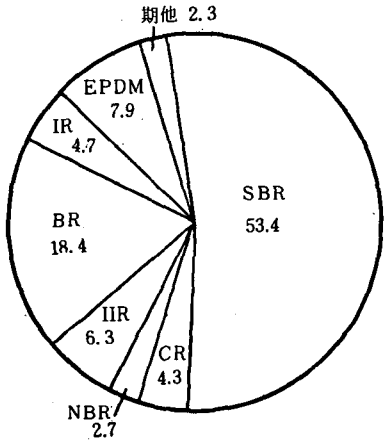


그림-2. 日本 合成고무 種類別 國內販賣比率 (%) (1985年度 基準)

照). 또 合成고무 會社에서는 自動車 및 타이어 産業의 發展에 따라 이에 對應하기 위하여 새로운 合成고무 開發을 하고 있다.

3. 自動車의 性能向上에 따른 새로운 合成고무의 開發

自動車의 性能을 向上시키기 위해서는 새로운 特性을 갖는 合成고무의 開發이 要求되고 있다. 公害對策으로서 1970年末 부터 1982年까지는 排出가스 規制때문에 觸媒 converter, 排出가스의 recycle 等의 方法을 採擇하였으나 Engine室의 温度가 上昇하였다. 다음에는 石油波動에 따른 自動車의 燃料消費 節約對策으로서 電子 燃料 噴射 System 採擇, Alcohol을 燃料로 使用하는 方法(alcohol을 브랜드하는 方法 包含, 輸出車에 使用). 前輪 驅動化, 輕量化, Compact 化, 低粘度 潤滑油를 使用하는 方法等이 利用되고 있다. 最近에는 各種 機能의 高性能化 戰爭이 일어나고 있다. 例로서 Engine의 高出力化, Maintenance free 化, 快適性 및 安全性의 向上等이며 이러한 高性能化에는 各種 性能을 갖는 合成고무가 必要하게 된다. 그렇지만 合成고무는 위와 같은 要求性能中 한가지 性能만 滿足시킨다고 해서 좋은 것이 아니고 加工性도 良好하고 經濟性도 있어야 된다. 이와같은 問題點은 配合및 加工의 調整으로서 어느程度 解決할 수가 있으나 解決의 限界가 있으므로 앞으로는 合成고무의 使用目的에 따라 分子設計를 하는 새로운 合成고무의 開發이 必要하게 되어있다. 自動車및 타이어와의 關聯部門에서도 점차 하이테크化 되면서 앞에서는 説明한 바와같이 低燃費用 合成고무 以外에도 自動車用고무 部品中에는 耐熱性, 耐油性, 耐候性, 耐藥品性이 優秀한 特殊 合成고무가 必要하다. 한편 벨트, 호오스, 신발, 패킹같은 非自動車 部門에서도 高性能, 高機能의 合成고무가 登場하면서 高性能化에 役割을 하게 된다. 이 合成고무는 從來의 工業用 以外에도 Audio分野, OA分野, 醫療및 衛生分野, 建築分野에도 使用되고 있다.

4. 自動車 排出가스 規制對策 및 高性能, 高出力 엔진 使用에 따른 耐熱性 對應

自動車의 排出가스 對策에 對應하다 보면 엔진室內의 排氣管 系統에 温度가 上昇하여 이 排氣管 系統에 使用하는 고무 部品은 많은 熱을 받게 된다. 엔진室內에 使用되는 主要한 고무部品은 엔진 마운트, 엔진 콘트롤系의 호오스, 燃料系의 호오스, 브레이크 系統의 호오스 等이 있다. 이와같은 고무部品中에서 어떤 고무 部品의 경우에는 高温에서 必히 使用하여 되는 경우가 있으며 이런 고무部品인 경우에는 配

合設計나 原資材를 變更하여 性態에 맞도록 하고 있다. 또한 엔진의 高性能化 및 高出力化에 따라 엔진室內의 溫度가 上昇하므로 이에 對應하기 위한 耐熱性 고무가 開發되고 있다.

● 耐熱性 고무

各種 合成고무의 耐熱性은 配合條件에 따라 左右되지만 相對的인 "耐熱性" 및 "耐熱性과 耐油性의 關係를 그림에 나타냈다(그림3 및 4)

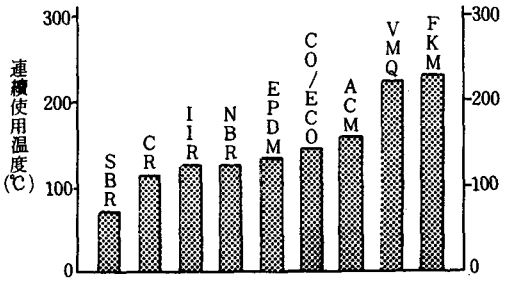


그림-3. 合成고무 種類別 耐熱性

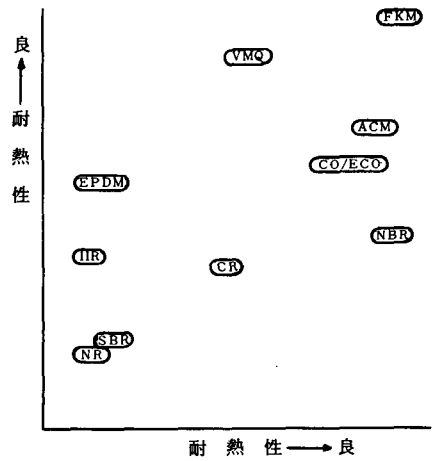


그림-4. 合成고무 種類別 耐油, 耐熱性

● 使用量이 急伸張하고 있는 弗素고무

弗素고무는 耐熱性. 耐油性, 耐藥品性이 다른 고무에 比較하여 아주 優秀하여 自動車 分野에서 많이 使用되고 있다. 日本合成고무에서는 1982年에 旭硝子와 業務協助하여 "아프라스"라는 商品名의 弗素고무 販賣를 開始하였다. 이고무는 엔진오일이나 不凍液中에 들어 있는 添加劑의 影響을 전혀 받지 않으며 耐스코치性, 電氣絶緣性等이 優秀하여 앞으로 高性能의 合成고무로서 期待를 하고 있다. 또한 同社에서는 1986年 3月에 耐寒性을 向上시킨 새로운 타입의 "아프라스 200"이라는 弗素고무를 開發 販賣하고 있다. "아프라스 200"은 從來 타입의 고무에 第3成分을 加한 3元重合體로서 "아프라스"고무가 갖고 있는 特性以外에도 優秀한 耐寒性, 耐油性, 高溫 Seal性, 加工性을 갖고 있다.

5. 自動車의 燃料事情 가소린의 成分變化에 따른 耐藥品性 要求에 對應

● 가소린의 無鉛化에 對應

Octane価를 올리기 위하여 가소린에 投入하는 四에틸 鉛의 毒性이 問題가 되어 이 四에틸 鉛 代身에 一般的으로 芳香族(Toluene 等)의 使用量이 增加하고 있다. 이와같이 芳香族을 使用함에 따라 燃料系統에 使用하는 고무部品은 또다른 影響을 받아(例로서 호오스 內管의 크랙發生) 이에 對應하는 對策의 하나로서 Nitrile含量이 많은 새로운 그레이드의 NBR을 開發하여 耐熱性 뿐만 아니라 耐藥品性을 向上시켰다.

● Alcohol을 넣은 가소린에 대한 對應

가소린 不足을 對備하여 美國, 브라질, 西獨等에서는 알코올을 넣은 가소린이 登場하고 있다. 알코올을 10%~30% 程度 가소린에 混入한 것을 使用하면 燃料 配管系統의 고무部品이 膨潤이 많이 되어 이에대한 對策의 하나로서 弗素 含有量이 많은 弗素고무와 NBR, PVC等을 브랜드한 原料가 開發되고 있다.

● 耐酸, 耐가소린에 대한 對策

燃料를 有效하게 使用함과 同時에 自動車의 高性能化를 위해서 또 燃料의 最適化를 위해서 燃料噴射裝置가 採用되고 있다. 가소린이 高溫下에서 酸素와 接觸하면 Hydropero xide라는 過酸化物이 生成된다. 이過酸化物은 고무

老化를 促進시키는 作用을 한다. 이와같은 過酸化物에 含有되어 있는 가소린을 酸性가소린이라고 부르고 있다. 燃料噴射裝置를 裝着한 車輛의 增加에 따라 이 酸性가소린에 대한 對策의 하나로서 耐酸, 耐가소린 特性을 갖는 合成고무가 開發되었다. 이러한 合成고무에는 弗素고무를 비롯하여 老化防止劑를 共重合한 NBR, 耐熱性이 優秀한 우레탄 架橋를 갖고 있는 NBR, 弗素를 添加한 NBR, 弗素Acrylate 共重合한 NBR, 弗素와 NBR의 브랜드 고무, NBR과 PVC를 브랜드한 고무가 使用되고 있다.

6. Maintenance free化에 대한 對應

一般的으로 自動車의 壽命은 使用하는 方法에 따라 다르지만 오래 使用하는 경우에는 10年以上 使用하는 自動車도 있다. 自動車用 고무部品은 使用範圍로 區分해 볼때 重要度가 높은 것부터 낮은 것까지 廣範圍하게 있으며 이러한 고무製品은 耐久性과 信賴性이 있어야 된다. 重要한 保安고무 部品으로서는 브레이크 캡, 브레이크 호오스, 燃料호오스等이 있으며 이 고무 部品은 使用條件이 振動, 屈曲, 壓縮, 反復加壓等을 많이 받고 있기 때문에 耐振動, 耐屈曲, 耐壓縮性等이 좋아야 되며 또한 耐藥品性, 耐油性, 耐候性, 耐오존性도 良好하여야 될 뿐만 아니라 信賴性이 있어야 된다.

7. 安全對策

世界各國에서는 自動車의 乘車者와 또 步行者의 安全과 保護를 위해서 自動車의 어떤 部分을 어떻게 하여야 되는지를 硏究하고 있다. 材料面에서는 自動車에 있는 各種 計器板(Instrument의 Panel)을 소프트화 하고 또 Bumper도 彈性을 높게 하며 衝擊吸收가 잘되는 Steering을 採用하고 있다.

● Plastic Bumper에 대한 對應

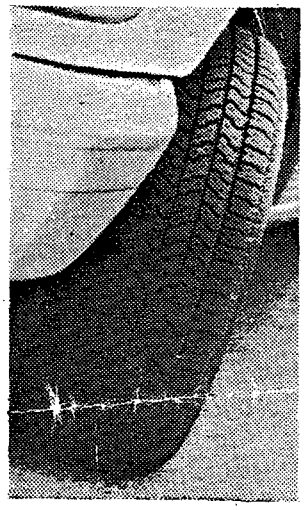
自動車의 Bumper는 옛날에는 金屬製이었으나 그後 Plastic으로 바뀌었다. Plastic Bumper는 主로 Polypropylene(PP)으로 만들었으나 PP에 EPM을 브랜드하여 만들기도 하였다. 日本 및 유럽의 自動車에는 PP로 만들은 Plastic Bumper의 使用比率이 約 70%를 占有하고 있다.

Polypropylene Bumper의 性能은 브랜드하는 고무의 性質에 따라 左右되므로 精密하게 分子設計한 特殊한 그레이드의 브랜드用 EPM 고무가 開發되어 使用되고 있다.

8. 타이어 高性能化에 대한 對應

● 低扁平比의 高性能 타이어

自動車 會社에서는 高性能, 高出力의 自動車開發에 온 힘을 기울이고 있다.



最近에는 自動車 需要者들 중에는 스포티하면서도 安樂한 自動車를 願하는 사람들이 많이 늘어나고 있어 低扁平比의 高性能 타이어가 人氣를 얻고 있다. 타이어 性能에는 回轉抵抗, 操從安定性, 브레이크性, 乘車感 等 여러가지가 있다. 이 低扁平比의 高性能 타이어는 內壓을 올려 使用하며 타이어가 가벼우며 또한 트레드고무 配合 및 타이어 構造를 變更하여 乘車感이 良好하고 操從性, 耐摩耗性, 타이어 剛性, 젖은 路面에서의 Grip性, 耐久性

도 좋다.

● Winter 타이어

겨울에 스노우스파이크 타이어 대신 使用하는 Studless 타이어가 1982年 初에 登場하였다. 눈길이나 빙판길에서는 外氣 温度가 올라가면 눈이 녹아서 水膜을 形成하여 表面 摩擦이 一定하지 않게 된다. 이 Studless 타이어는 트레드고무의 配合設計를 研究하여 Grip 性을 向上시켰다. 또한 이 타이어는 寒冷地에서 使用하기 때문에 低温에서도 彈性을 잃지 않는 耐寒性이 優秀한 合成고무를 使用하여야 된다. 社會의 多様化 및 소프트化에 따라 要求도 多様化됨에 따라 合成고무의 種類도 많게 되었으며 天然고무로는 要求性能을 滿足시킬 수 없는 것을 새로운 合成고무를 開發하여 滿足시키고 있으므로 앞으로도 新製品의 合成고무가 開發될 것으로 展望하고 있다.

9. 性能의 高度化

● 타이어性能의 高度化

全天候 타이어의 回轉抵抗을 적게하고 安全性을 좋게하는 合成고무, 高度의 耐久性을 갖는 타이어用 고무, 周波數 特性이 아주 優秀한 防振고무의 開發이 時急한 일이다. 또한 디자인 變更 및 패션化에 맞추기 위해서는 Carbon black 대신 使用할 수 있는 白色 Filler 또는 補強性도 있으면서 Colour化 할 수 있는 Filler의 開發이 必要하게 된다.

10. 合成고무의 機能擴大

樹脂의 加工機械에서 加工할 수 있고 加黃고무의 性質을 갖는 熱可塑性 고무 및 液狀고무, 粉末고무等 省에너지 타입의 合成고무 開發이 必要하다.

11. 機能性 고무

加壓導電고무, 人工心臟用고무, 土木用 防水고무, 藥理活性고무 等 尖端技術分野에 使用하는 고무도 重要하지만 이러한 尖端産業이 어디까지 發展할 것인지에 대해서는 알 수가 없다. 앞으로의 合成고무 工業은 먼저 社會의 要求에 副應하여 새로운 合成고무를 開發하여 提供하며 또한 技術 및 System도 파는 産業으로 變貌하여야 될 것이다.

(Posty Cooperation.'86年 4月, 5月)

〈235 page에서 계속 이어짐〉

29) Bashaw, J. and Smith, K. J., *J. Pohymer Sci.*, **A2** 6, 1041 and 1051(1968).
30) Price, C., Padget, J. C., Kirkham, M. C. and Allen, G., *Polymer,* **10**, 495(1969a)
31) Price, C., Allen, G. and Yoshimura, N., *Polymer,* **16**, 261(1975).
32) Barrie, J. A. and Standen J., *Polymer,* **8**, 97(1967)
33) Price, C., Padget, J. C., Kirkham, M. C. and Allen, G., *Polymer,* **10**, 573(1969b).
34) Bayer, R.F. and Miller, R,L., *Rubber Chem, Technol.,* **50**, 798(1977).