

溶液 重合 SBR과 에멀전 重合 SBR의 分子構造 差異가 配合고무의 物理的 性質에 미치는 影響

김 상 구*

1. 緒 論

第2次 世界大戰과 함께 天然고무 代替用으로 開發되어 타이어 製造에 使用된 50°C에서 重合한 “Hot” 에멀전 SBR은 高度로 分枝되고 分子量이 아주 낮은 低分子量 分率을 많이 含有했었다. 이어서 “Hot” 에멀전 SBR의 短点を 補完하기 위하여 “Redox” 觸媒系를 使用하여 5-10°C에서 重合한 “Cold” 에멀전 SBR은 トレ드 配合의 磨耗 抵抗을 현저하게 改善시켰으며, 그 以後 大部分의 타이어 製造에 使用되어졌다. 낮은 重合 溫度는 分枝反應을 抑制하고 아주 낮은 分子量 分率인 高分子量의 SBR을 形成하는 結果를 나타내기 때문이다.

그림1에서 보는 바와 같이 中型車의 境遇, 燃料로부터 自動車의 引擎에 의하여 얻어지는 에너지는 全體 에너지중 22%에 불과하며 이중 타이어 自體에 의한 에너지 損失은 全體 에너지중 약 7%를 차지한다.

1970年代 中반의 世界 油價 쇼크 以後 自動車의 燃料 經濟性과 關聯하여 타이어의 回轉抵抗을 減少시키려는 研究가 많이 이루어져 왔다. 그러나 既存의 技術과 高分子들로서는 回轉抵抗의 改善는 단지 自動車의 安全走行과 關聯된 wet grip 性能의 減少를 同伴해야만 可能 하였다. 이들 두 性質은 타이어의 相反되는 要求特性이다.

韓國타이어製造株式會社 技術研究所 基礎研究部

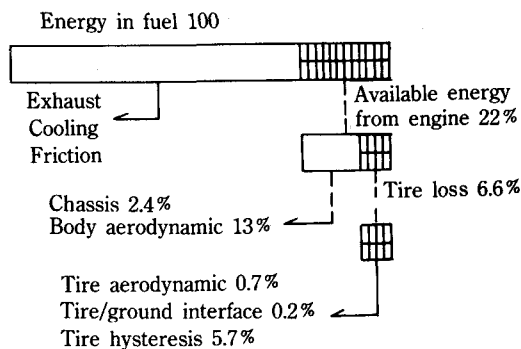


그림 1. 自動車의 燃料 에너지 損失 分配圖 1)

SBR은 wet grip에는 좋지만 回轉抵抗에는 不利하다. 反對로 NR, IR, cis-BR은 回轉抵抗에는 좋지만 wet grip에는 不利하다. 回轉抵抗은 타이어의 回轉에 의한 反復된 움직임의 結果이며 60-80°C에서 10-100Hz 範圍의 周波數를 갖는다. Wet grip은 10,000-1,000,000 Hz의 周波數를 가지며 變形에 基因하는 路面의 應力에 의하여 生成되는 摩擦抵抗이다.

이러한 問題를 解決하기 위해서 特殊한 配合技術이 開發 되었으며 トレ드 고무의 回轉 抵抗과 트랙션 關係에 있어서의 보다 進展된 改善은 알킬 리튬 觸媒들을 使用한 溶液 重合 SBR이 開發된 것으로서 이루어졌다. 溶液 重合은 리튬 觸媒들에 의한 SBR의 “Living” 特性和 極도로 制限된 分枝反應 때문에, 大端히 높은 線形 高分子과 좁은 분

子量 分布를 가진 고무가 얻어 지며 微細構造와 分子量을 쉽게 調節할 수 있는 長點이 있다. 몇몇 研究者들은 S-SBR의 low hysteresis 特性에 대해서 特殊한 微細構造때문이라고 主張해 왔고, 어떤 研究者들은 이에 對해서 巨大構造 때문이라고 主張해 왔다.

이들 相反되는 回轉抵抗과 wet grip 性能을 同時에 滿足시키기 위하여 開發된 S-SBR의 理想的인 設計는 그림 2에 나타낸 바와 같다.

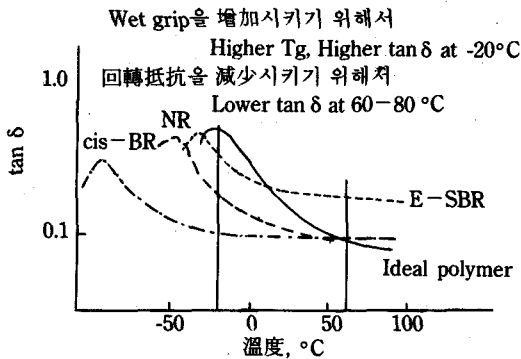


그림 2. 回轉抵抗과 W.S.R.을 向上시키기 위한 고무의 設計上 基本 概念²⁾

回轉抵抗을 減少시키기 위해서는 *n*-butyl lithium과 같은 觸媒에 의한 陰이온 重合으로 얻어지는 보다 높은 分子量과 좁은 分子量分布를 갖는 고무를 使用해서 60°C와 같은 高溫領域에서의 tan δ 값을 높혀 주어야 한다. 이는 從來까지 使用되어 왔던 에멀전 重合 SBR과는 判異한 分子構造와 Tg를 갖기 때문이다.

Nippon-Zeon 會社의 Yoshigawa等³⁾은 알킬리튬 觸媒系로 製造된 고비닐 폴리부타디엔 고무의 몇몇 物理的 性質들을 그들의 微細 및 巨大分子構造의 觀點에서 研究하여 發表하였다. 이들은 비닐 含量을 調節하여 얻은 고무에 대하여 다음과 같은 結果를 얻었다. (1) 고비닐 폴리부타디엔 고무들은 높은 Tg에도 불구하고 高溫에서 높은 反撥彈性을 나타낸다. (2) 고비닐 폴리부타디엔 고무들은 大略 70%의 비닐 含量에서 가장 높은 값의 WSR을 나타낸다. (3) 고비닐 폴리부타디엔 고무들과 high *cis*-1,4-폴리부타디엔 고무의 블렌드

그리고 high *cis*-1,4-폴리이소프렌 고무의 블렌드는 反撥彈性과 WSR의 卓越한 平衡을 나타내 보인다. 最終적으로 70%의 비닐 含量으로 된 고비닐 폴리부타디엔 고무들이 LRR과 high wet grip간의 卓越한 平衡 때문에 低燃費用타이어 材料로 가장 適合하다는 結論을 얻었다.

위에서 言及된 乘用車用 타이어 고무들의 臨界 性質들은 고무의 유리轉移溫도와 密接하게 關聯되어진다고 믿어져 왔다⁴⁾. 그러나 여러가지 微細 및 巨大分子構造를 갖는 폴리부타디엔 고무들에 대한 構造와 性質 關係에 대한 注意 깊은 研究들에 따르면 Tg는 單獨으로 決定的인 因子가 아닌 것으로 밝혀 졌다.

Kern과 Futamura⁵⁾는 에멀전과 溶液 重合 SBR간의 基本的인 構造와 物性 差異를 調査하여 이들 差異들의 根源을 糾明하고자 試圖하였으며 타이어 試驗 데이터를 根據로하여 トレ드 배합물들의 性能 特性에 미치는 溶液 重合 고무의 微細構造와 巨大構造의 效果를 調査하였다. 本 總說에서는 Kern과 Futamura 그리고 Yoshigawa 등이 發表한 研究結果를 1) 에멀전 SBR과 溶液 SBR간의 基本的인 差異 2) トレ드 고무의 構造가 타이어 性能에 미치는 影響을 중점적으로 소개하였다.

2. 에멀전 重合 SBR과 溶液 重合 SBR간의 基本的인 差異

2.1. 分子量과 主鎖內 架橋點의 差異

디엔 重合에서 겔화는 일차 사슬의 重量 平均 重合度 當 한개의 架橋點이 生成되었을 때 일어난다. “일차 사슬”이라는 用語는 어떠한 架橋反應도 일어나기 前에 形成된 高分子 사슬로서 定義되어 진다.

SBR의 에멀전 重合에 있어서 架橋反應은 대단히 一般的으로 일어난다. 그러므로 에멀전 SBR의 初期 分子量은 겔화 현상을 회피하기 위하여 사슬 전이 試藥을 使用해서 調節되어야만 한다. 全體적으로 重合된 單位들내의 架橋 單位들의 濃度は 溫度가 增加함에 따라서 增加한다. Morton等⁶⁾은 다른 溫度에서 부타디엔의 에멀전 重合에 대한

겔 点에서 일차사슬들의 重量平均 重合도를 測定하였다. 그들의 結果로부터 高溫과 低溫 重合 에멀전 SBR의 最大 初期 分子量은 計算되어 질 수 있다.

일차 사슬의 最大 分子量은 重合溫度를 50°C (Hot SBR)에서 5°C(Cold SBR)로 낮춤으로써 열 배로 增加되어 진다. 商業化된 Cold SBR의 數平均 分子量은 典型的으로 90,000 - 175,000이다. 對照的으로 陰이온 리튬 촉媒에 依한 溶液 重合 SBR의 일차사슬 分子量은 高溫이라 할지라도 겔화없이 大端히 높은 값까지 增加되어 질 수 있다. 150,000 - 250,000의 數平均 分子量은 商業化된 溶液 重合 SBR에서 普通이다. 實驗室에서는 500,000 - 1,000,000의 分子量도 얻어 질 수 있다.

2.2. 物理的 性質의 差異 ; 組成과 巨大構造의 寄與

에멀전 重合 SBR과 溶液 重合 SBR간의 組成上 差異는 이들 고무가 트레드 材料로 使用될 경우에 그들의 物理的 性質에 寄與한다.

Table 1과 Table 2는 微細構造와 巨大構造 그리고 이들을 使用한 트레드 配合의 物理的 性質에서의 에멀전 重合 SBR과 溶液 重合 SBR간의 差異를 要約한 것이다. 物理的 性質에서의 注目할 만한 差異와 巨大構造上的 差異들은 加黃速度, hysteresis, 引張과 引裂強度이다. 溶液 重合 SBR은 에멀전 重合 SBR보다 더 빠른 加黃速度를 갖는다. 그러나 에멀전 重合 SBR은 溶液 重合

Table 1. E-SBR과 S-SBR의 構造 比較

Type	Emulsion	Solution
% Styrene	25	18
% 1, 2	16	13
% cis-1, 4	10	33
% trans-1, 4	70	54
Mn (1000)	88	105
Mw (1000)	411	345
Tg (°C)	-55	-75
ML 1+4 at 100°C	50	57

Table 2. E-SBR과 S-SBR 配合고무의 物理的 性質

試驗項目	E-SBR	S-SBR	試驗方法
Polymer ML 1+4 at 100°C	50	57	ASTM D1646
Compound ML 1+4 at 100°C	57	66	〃
Rheometer at 150°C			ASTM D2084
Scorch time, min	15	15	
Optimum cure, min	39	26	
Ring tensile at 23°C			ASTM D412
Tensile strength, MPa	25.5	21.4	
Elongation, %	405	315	
Hot ring tear, kN/m	61.3	39.4	ASTM D624
% Rebound at 23°C	48	61	ASTM D2632
at 100°C	65	74	

SBR보다 引張과 引裂強度가 더 높다. 溶液 重合 SBR은 steel ball rebound에 依하여 볼 수 있는 바와 같이 에멀전 重合 SBR보다 한층 더 낮은 hysteresis를 갖는다.

에멀전 重合 SBR과 溶液 重合 SBR간의 物理的 性質에 있어서의 差異에 대한 巨大分子構造의 寄與를 定量的으로 分析하기 위하여 相對的으로 좁은 分子量分布의 그리고 最少의 分枝度를 가진 일련의 溶液 重合 SBR을 合成 하였다. 그 다음에 溶液 重合 SBR을 이온화 放射에 依하여 인위적으로 分枝 시켰다. 이 방법에 의한 巨大分子構造의 變化는 線形 사슬로부터 출발하여 生成되어 졌다. Table 3은 에멀전 重合 SBR들과 이들 溶液 重合 SBR들의 微細 및 巨大分子構造를 要約한 것이며 몇몇 溶液 重合 SBR들의 巨大分子構造는 에멀전 重合 SBR의 巨大分子構造와 대단히 비슷하다.

이들 고무들은 고무 100/N339 45/ZnO 3/stearic acid 2/wax 3/MBT 0.2/TBBS 1.4/sulfur 1.4의 配合表를 利用하여 配合되고 物理的 性質들이 測定 되어 졌다. 配合고무들의 hysteresis는 66°C에서 steel ball rebound의 項으로서 그림 3, 4, 5에 SBR의 巨大分子構造와 무늬 粘度의 函數로 나타내어 졌다. 그림 3에서 보는 바와 같이 rebound 값은 配合에 使用된 SBR의 數平均 分子量 Mn과

Table 3. S-SBR과 E-SBR의 微細 및 巨大分子構造 要約

Polymer	Symbol	Irradiation	% St	% 1, 2	Mn(1000)	Mw(1000)	M.V
A	△		25	20	76	91	
A	▲	3.9 MRAD	25	20	92	324	22
A	▲	5.0 MRAD	25	20	101	434	41
B	□		25	20	79	103	6
B	■	2.1 MRAD	25	20	97	211	20
B	■	2.65 MRAD	25	20	107	308	29
C	▽		31	20	89	144	16
C	▼	1.4 MRAD	31	20	102	242	29
C	▼	2.5 MRAD	31	20	112	454	47
D	○		25	20	147	231	34
S 1502	×		25	18	88	411	50

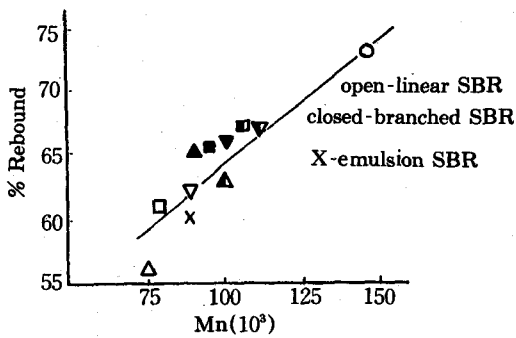


그림 3. 數平均 分子量이 트레드 配合고무의 에너지 損失 特性에 미치는 影響

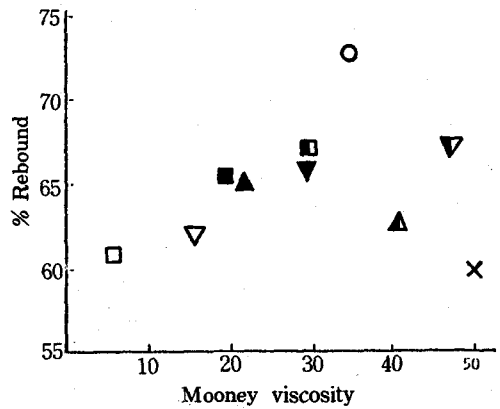


그림 5. 무늬 粘度가 트레드 配合고무의 에너지 損失 特性에 미치는 影響

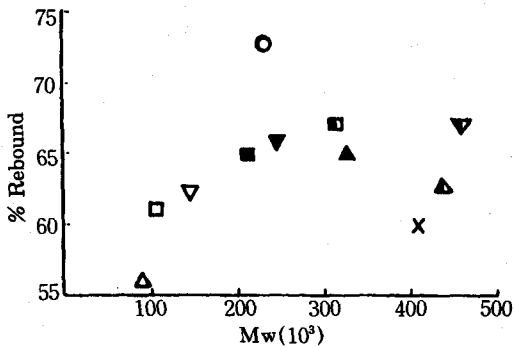


그림 4. 重量平均 分子量이 트레드 配合고무의 에너지 損失 特性에 미치는 影響

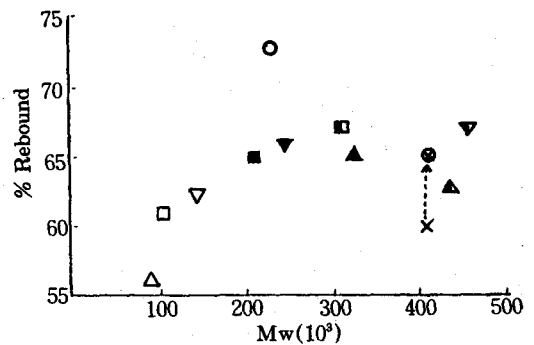


그림 6. 아세톤 抽出物이 트레드 配合고무의 에너지 損失 特性에 미치는 影響

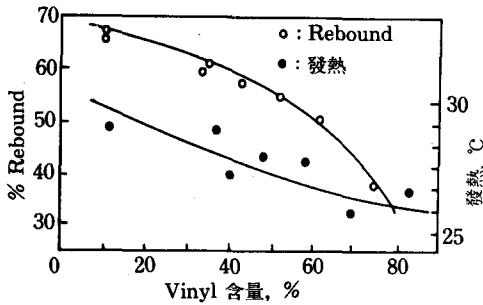


그림 7. S-SBR의 비닐 함량이 配合고무의 에너지 損失特性(反撥彈性 및 發熱)에 미치는 影響

좋은 關係를 보인다. 그러나 rebound는 高分子의 重量平均 分子量 Mw(그림 4)와 그리고 무의 粘度(그림 5)와는 대단히 나쁜 關係이다. 이들 關係는 高分子의 特殊한 巨大分子構造의 變數가 配合 고무들의 hysteresis 性質에 대단히 重要하다는 것과 무의 粘度는 基準으로서 使用되어 질 수 없다는 것을 分明하게 보여준다. 配合고무들의 hysteresis는 高分子의 數平均 分子量이 增加함에 따라 減少한다는 것과 또한 數平均 分子量은 不規則의 分枝에 따라서 意味있게 增加하지 않음을 注目하면 初期 分子量이 配合고무들의 hysteresis에 대한 重要 變數로서 考慮되어 진다. 이 研究로부터의 또 다른 重要한 發見은 에멀전 重合 SBR 配合 고무의 rebound 값이 그림 3, 4, 5에서 보는 바와 같이 비슷한 巨大分子構造로서 溶液 重合 SBR의 rebound 값보다 아주 낮다는 것이다.

한편 溶液 重合 SBR에 관한 또 다른 연구 결과^{13, 7)}로부터 비닐 함량이 배합고무의 반발탄성과 발열에 미치는 영향(그림 7)과 스티렌 함량이 회전저항과 wet traction에 미치는 영향(그림 8)을 알 수 있다. 비닐 함량이 증가할 수록 반발탄성과 발열은 동시에 감소하며, 스티렌 함량이 증가할 수록 회전저항과 wet traction은 동시에 증가한다. 여기에서 특히 주목할 점은 비닐 함량에 따른 반발탄성과 발열의 변화이다. 배합고무의 물리적 특성상 반발탄성과 발열은 역관계가 성립한다는 사실을 근거로 할 때 이해하기 어려운 점으로서 이러한 역관계를 나타내는 원인에 대해서는 향후의 연구 과제이다.

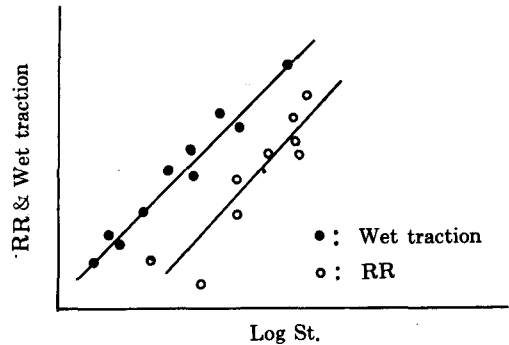


그림 8. S-SBR의 스티렌 함량이 配合고무의 回轉 抵抗과 wet grip에 미치는 影響(Schematic)

2.3. 고무 炭化水素分 含量의 差異

에멀전과 溶液 重合 SBR의 다른 差異점은 고무 炭化水素分 含量의 差異이다. 에멀전 SBR은 많은 양의 잔사분 때문에 단지 約 90%의 고무 炭化水素分만을 含有한다. 即, 비누 잔사분 함량이 溶液 重合 SBR과 다르다. 반면에 溶液 重合 SBR은 거의 100%의 고무 炭化水素分을 含有한다. 비누 잔사분의 效果를 檢討하기 위하여 우선 톨루엔/에탄올 混合 溶媒로 에멀전 重合 SBR을 抽出하여 비누 잔사분을 除去 하였다. 抽出된 에멀전 重合 SBR은 標準 配合으로 원래의 에멀전 重合 SBR과 比較 되었다. 抽出된 에멀전 重合 SBR은 溶液 重合 SBR의 舉動과 대단히 비슷한 舉動을 나타 내었다 (Table 4). 即, 加黃速度가 增加하였고 hysteresis와 引裂強度는 減少하였으며 무의 粘度는 增加하였다. 그림 6에서 보는 것과 같이 抽出된 에멀전 重合 SBR은 分枝된 溶液 重合 SBR들과 同一한 水準의 hysteresis를 보인다.

이 研究는 E-SBR의 높은 hysteresis는 E-SBR의 巨大分子構造 즉, 낮은 一次 分子量과 高度의 分枝 그리고 또한 고무내의 5-10%의 量으로 存在하는 잔사분에 依하여 基因되어 짐을 보여 준다. 그러나 이들 잔사분은 또한 에멀전 重合 SBR의 더 좋은 加工性과 더 높은 引裂強度에 有利하게 寄與한다.

Table 4. 抽出 前後의 E-SBR 配合고무의 物理的 性質

試驗項目	抽出前 SBR 1502	抽出後 SBR 1502
% Extract	7	1
Compound ML 1+4 at 100°C	57	66
Rheometer		
Scorch time, min	15	17
Optimum cure, min	39	33
Ring tensile at 23°C		
Tensile strength, MPa	25.5	20.7
Elongation, %	405	335
Hot ring tear, kN/m	61.3	39.4
% Rebound, at 23°C	48	57
at 100°C	65	69

Table 5. 트레드용 고무의 巨大分子構造가 物理的 性質에 미치는 效果

試驗項目	부타디엔 고무 1	부타디엔 고무 2
Polymer		
Mn (1000)	165	210
ML 1+4 at 100°C	48	98
% 1, 2	42	36
Tg, °C	-74	-80
Stock properties		
ML 1+4 at 100°C	42	66
% Rebound, at 100°C	66	70
Pico abrasion rating*	100	108
Tire performance (P195/75R14)		
Wet traction performance*	100	100
Dry traction performance*	100	100
Rolling loss performance*		
Drum	100	105
Twin roll	100	120

Formulation : rubber 100, N339 63, aromatic oil 37.5,

*High number is best, wet traction : 試驗室用 skid resistance 實驗機 利用

3. 트레드 고무의 構造가 타이어 性能에 미치는 效果

高分子 構造가 트레드 配合고무의 性能 特性에

미치는 效果는 또한 實際 타이어 試驗 데이터를 根據로 調査되어 졌다. 高分子의 巨大分子構造가 트레드 고무와 타이어 性質들에 미치는 效果는 비닐 함량이 중간 정도인 폴리부타디엔 트레드

고무에 대하여 Table 5에 나타내었다. 더 높은 分子量의 有利한 効果는 同一한 配合表로 實驗室에서 試驗한 hysteresis와 타이어 回轉抵抗 結果가 證據이다. 또한 實驗室上의 磨耗 데이터로부터 더 높은 分子量이 wear resistance를 우선적으로 支配함을 確實히 알 수 있다.

Table 6에 要約된 데이터는 비닐 含量을 增加시킨 一聯의 폴리부타디엔에 대한 것이다. 모두가 名目的으로 同一한 무늬 粘度로 만들어 졌다. 합성상의 어려움 때문에 이 高分子들의 巨大分子構造는 약간씩 다르다. 보기 D의 高分子는 보기 H보다 Mn이 낮고 分子量 分布가 더 넓으며, 보기 C는 가장 높은 Mn을 갖는다.

이들 高分子로 만든 트레드 고무의 트랙션 性質들은 Tg 또는 비닐 含量이 높을 수록 더 유리함을 알 수 있다. 다른 한편, 回轉損失과 磨耗抵抗은 高分子의 Tg가 增加함에 따라 必然적으로 一致

하지는 않는다. 그러나 마모와 回轉損失 性能은 高分子 D와 H의 配合이 同一하다. 이러한 理由는 高分子 H가 高分子 D에 비하여 더 높은 分子量 (Mn)을 갖기 때문인 것으로 생각되어 진다. 高分子의 Tg에 附加적으로 巨大分子構造는 回轉損失과 타이어 磨耗에서 支配的인 役割을 하는 것으로 보여진다.

微細構造의 形態가 타이어 性能에 미치는 效果를 分析하기 위하여 名目上으로 비슷한 무늬 粘度를 갖고 비닐과 스티렌 含量이 다른 一連의 高分子들을 合成하였다. 이들은 앞에서 論議된 세 個의 溶液 重合 비닐 폴리부타디엔, 두 個의 低비닐 溶液 重合 폴리부타디엔, 비닐 含量이 中間 정도인 두 個의 溶液 重合 SBR이며 比較 目的으로 에멀전 SBR을 包含시켰다. 高分子의 特性들은 Table 7에 要約되어 있으며, 타이어 性能 시험 결과는 그림 9, 10, 11, 12에 나타내었다. 이들 그림

Table 6. 트레드용 폴리부타디엔 고무의 微細/巨大分子構造가 物理的 性質에 미치는 影響

實驗項目	부타디엔고무 C	부타디엔고무 D	부타디엔고무 H
Polymer properties			
Mn (1000)	223	178	208
Mw/Mn (DP)	1.5	2.1	1.8
ML 1+4 at 100°C	95	103	99
% 1,2	11	49	59
Tg, °C	-91	-60	-49
Stock properties			
ML 1+4 at 100°C	87	64	59
% Rebound, at 100°C	70	59	61
Pico abrasion rating*	100	52	47
Tire performance (P195/75R14)			
Wet traction performance*	100	119	130
Dry traction performance*	100	112	114
Rolling loss performance*			
Drum	100	93	93
Twin roll	100	80	79
Wear performance*	100	87	87

* High number is best, wet traction: 實驗室用 skid resistance 試驗機 利用

Table 7. 타이어 성능 試驗을 위하여 使用된 溶液 重合 BR과 溶液 重合 SBR의 微細 및 巨大分子構造 比較

Polymer	Symbol	Composition		% Tg °C	Mn x1000	Mw/Mn	Mooney viscosity
		% 1.2	% St				
A	○	1.2	2.8	-65(OE)	212	1.9	44(OE)
C	●	1.1	0	-91	223	1.5	95
D	■	4.9	0	-60	178	2.1	103
G	×	1.9	2.5	-52	175	2.8	45(OE)
H	▲	5.9	0	-49	208	1.8	99
I	▲	5.1	1.6	-44	205	2.1	93
J	□	1.6	3.8	-53	247	1.8	93(OE)
Q	▼	2.5	4.5	-41	174	2.1	104

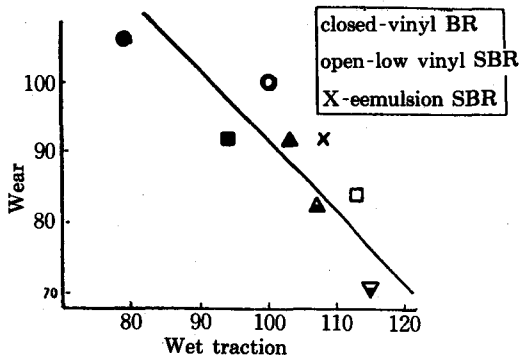


그림 9. 고무의 分子構造가 타이어 성능에 미치는 影響: 磨耗와 wet traction 關係

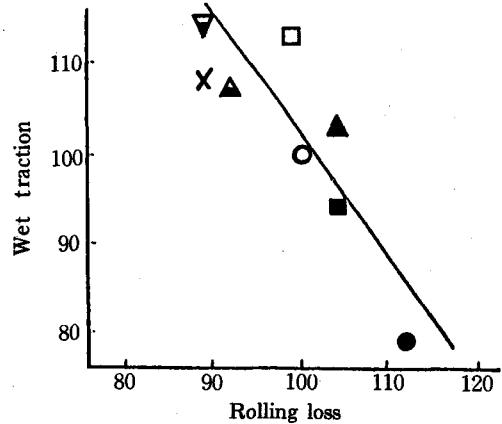


그림 11. 고무의 分子構造가 타이어 성능에 미치는 影響: wet traction 과 回轉抵抗 關係

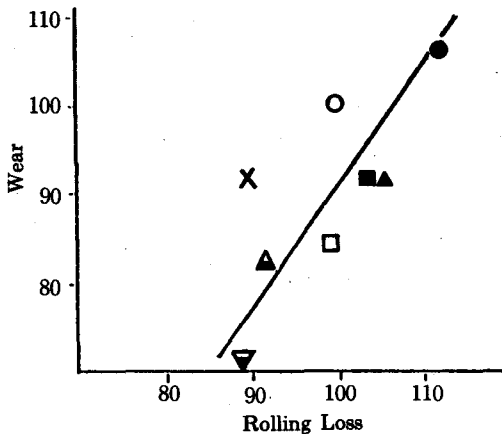


그림 10. 고무의 分子構造가 타이어 성능에 미치는 影響: 磨耗와 回轉抵抗 關係

에서 성능 특성들은 溶液 重合 SBR인 高分子 A를 지수 100으로 기준하여 相對的으로 나타내었다. 모든 타이어 성능 특성들 即, 磨耗, 트랙션 그리고 回轉損失에 대해서 높은 지수 값이 要求된다. 이들 試驗 結果들의 統計的인 分析은 90% 留意水準에서 그들은 最小限 回轉損失에서 2%, dry traction에서 3%, wet traction에서 6% 그리고 磨耗에서 6%씩 차이가 있다.

磨耗와 wet traction의 典型的인 逆關係는 그림 9에서 明確해 진다. 限定的으로 有利한 어떤 特殊한 微細構造가 되는 것은 나타나지 않는다. 비닐

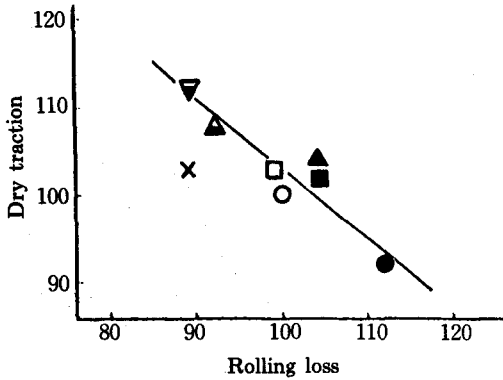


그림 12. 고무의 분자구조가 타이어 성능에 미치는 영향: dry traction과 회전저항 관계

또는 스티렌 구성을 증가시킴(즉, 더 높은 Tg)으로써 wet traction에서의 개선은 타이어 마모의 비용이 비싸진다. 앞에서 주목한 것처럼, 더 높은 분자량의 이점은 고분자 H와 D의 동등한 마모와 회전손실 성능을 비교함으로써 알 수 있다. 트레드 고무로서의 에멀전 SBR의 성능은 또한 이들 그림을 비교하면 알 수 있다. 특히 에멀전 SBR의 회전손실상 불리한 그림 10, 11, 12에서 보는 바와 같이 마모와 트랙션 운동을 용액 중합 고분자와 비교함으로써 분명해 진다.

비닐 BR과 용액 중합 SBR이 거의 같은 Tg이고(고분자 H 대 J) 비닐 구성이 회전손실과 마모면에서 약간의 이점을 나타낼 때, 용액 중합 SBR은 그림 9, 11에서 볼 수 있는 것처럼 wet traction 성능상 확실한 이점을 갖게 됨을 알 수 있다. 어떤 트레드 고분자 특성의 이점을 주장할 때는 타이어 성능의 모든 관점을 고려하는 것이 중요하다.

4. 결론

선형 분자량 또는 고분자의 1차 분자량이 배합된 고무들의 hysteresis 성질들을 결정짓는 핵심 변수이며 높은 분자량, 높은 Tg의 용액중합 SBR은 타이어의 트레드 고무의应用到 理想的인 고무이다. 이들 고무들은 회전손실, 트랙션 그리고 마모 성능간에 有利한 平衡을 提供한다. 또한 가능한 높고 선형인 분자량은 經濟的이면서 성능上 利점을 가지며 많은 量의 충전제를 添加할 수 있는 配合의 使用을 可能하게 한다. 그러나 용액 중합에 의하여 합성된 S-SBR의 비닐 함량에 따라서 반발탄성과 발열 특성이 동시에 증가하거나 감소하는 특징은 배합고무의 적절한 요구물성을 만족시키기 위하여 향후 반드시 연구되어야 할 사항이다.

參 考 文 獻

1. Y. Saito, *Kautschuk + Gummi + Kunststoffe* 39, Jahrgang, NR. 1986
2. 住友化學, S-SBR SEB 1004 Report 總 No. 3-2 A, 1985
3. A. Yoshigawa et al, *Pure and Appl. Chem.*, 58 (12), 1697-1706, 1986
4. E. F. Engel, *Gummi Asbest Kunst.*, 26, 5, 1973
5. Bill Kern and Shingo Futamura, ACS Rubber Division 131st(1987) Meeting Paper No. 78, Firestone Tire and Rubber Company
6. M. Morton and P. P. Saatiello, *J. Polymer Sci.*, 6, 225, 1951
7. 김 상구, "용액중합 SBR의 미세분자구조가 배합고무의 점탄성 성질에 미치는 영향", 한국고무학회 춘계 학술 발표회, 1989년 4월