

自動車 타이어의 耐摩耗性

.....[續 篇].....

브리지스톤 타이어(株) 商品開發本部 今 村 高 昭
大英商事(株) 技術開發室長 李 喆 世 譯

4. 摩耗를 改良하는 材料因子

材料因子를 두 가지의 면에서 整理한다면 하나는 材料의 粘彈性, 破壞強度, 耐老化性, 耐疲勞性 등의 特性因子로서의 整理이고, 또 하나는 폴리머의 種類, 카아본種類, 加黃系 등의 配合因子 내지 構造因子이다. 元來 材料因子를 說明하자면 兩面에서 說明하여야 하나 配合因子와 特性因子의 關係에 對해서는 無數한 研究論文이 있기 때문에 여기서는 主로 前者의 立場에서 整理하고자 한다.

4.1 粘彈性特性

고무와 路面의 摩擦로 摩耗가 일어나므로 고무의 特性因子로 첫째로 舉論되는 것은 摩擦이다. Bulgin⁵⁷⁾에 依하면 摩擦力은 넓은 溫度範圍에서 力學的 損失係數(tan δ)와 相關性이 있고, Ecker⁵⁸⁾에 依하면 摩擦係數는 動的 레지리언스와 直線關係가 있다. Kummer⁵⁹⁾는 路面凸起를 高가가 지날 때의 에너지 損失을 計算하여 다음과 같은 理論式을 提案하였다.

$$\mu = C \times \tan \delta / (1 + \tan^2 \delta)^{1/2} \quad (5)$$

이 式에서도 쉽게 推定되는 바와 같이 μ 는 $\tan \delta$ 와 같이 WLF式에 依한 時間·溫度의 重疊이 可能하다⁴²⁾. 事實, 摩擦 및 摩耗實驗의 時間·溫度의 重疊에서 求한 T_s (基準溫度)는 動的 試驗에서 求한 T_s , WLF式에서 使用되는 T_g (그라스 轉移溫度) + 50°C로 求한 T_s 와 伸張結晶性의 NR을 除하면 잘 一致(表 11)되고 있으며, 摩擦

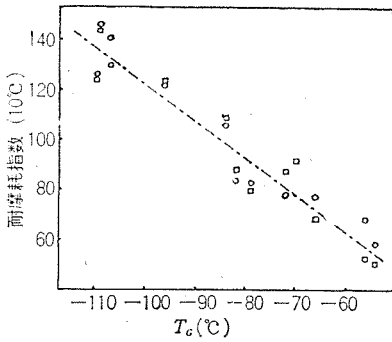
및 摩耗의 粘彈性的 取扱이 可能하다는 것을 表示하고 있다.

摩擦과 摩耗의 關係에 對해서 優秀한 總說¹⁰⁾이 있으므로 여기서는 摩耗와 T_g 의 關係에 對하여 說明하고자 한다. WLF式에 依하면 時間·溫度의 重疊을 의한 移動因子 a_T (shift factor)는 T_g 에 依해 決定되기 때문에 고무狀 領域의 一定 溫度에 있어서의 μ 는 T_g 가 낮을수록 작게 되고, 摩擦에 依하여 일어나는 摩耗(다른 要因에 依한 摩耗가 한결같이 變化한다면)는 T_g 가 낮을수록 좋아지는 것이 期待된다. Kienle 등⁶⁰⁾은 微細構造의 다른 各種 SBR 및 BR에 對하여 T_g 와 摩耗 및 wetskid의 關係를 檢討하여 T_g 가 낮을수록 耐摩耗性이 뛰어나고 미끄러지기 쉽다는 것을 나타내고 있다. T_g 와 摩耗의 關係는 그림 20과 같으며, 兩者 사이에는 놀랄만큼 깨끗한 直線關係가 있다. 이것은 말할 것도 없이 耐摩耗性에 對한 粘彈性的 寄與가 크다는 것을 나타내는 것이지만, 로스가 작은 것이 摩擦을 작게 하고, 있는 것 以外에 發熱을 작게 하고, 強度, 老化, 疲勞 등에 對한 間接的인 影響도 클는지 모른다.

<表 11> 各種試驗에서 求한 T_s .

고 무	T_s 值 (°C)			
	摩耗	摩擦	動的試驗	$T_g + 50$
SBR	+ 2	+ 5	+ 2	+ 4
NBR	+29	+30	—	+28
IIR	-21	-21	-21	-22

粘彈特性的 또 하나의 重要한 特性인 彈性率에 對하여 檢討하여 보기로 한다. 摩耗의 入力型



[그림 20] 글라스 轉移溫度(T_g)와 摩耗의 相關⁹⁹⁾

式의 如何에 따라 彈性率의 效果는 變한다고 解釋되므로 製品의 種類 및 使用條件에 따라 適宜인 彈性率이 決定된다고 생각된다. 어찌되었든 고무와 路面의 接觸部位에 있어서 變形을 規制하는 것은 彈性率이므로 이것이 摩耗에 影響을 미치는 것은 當然하고, 오래 前부터 그 影響에 대해서 檢討되고 있다. 例컨대 Buist⁶¹⁾는

$$A = a_0 - a_1 H_a - a_2 T_B \quad (6)$$

단, a_0, a_1, a_2 : 常數

H_a : shore 硬度

T_B : 引張強度

와 그리고 고무의 彈性率이 클수록 耐摩耗性이 좋다는 것을 나타내고 있다. 또 Zapp⁶²⁾는

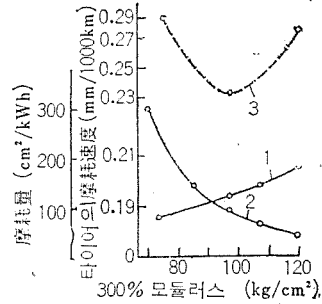
$$A/\mu = a(E_d/\mu) \quad (7)$$

단, a : 常數 E_d : 動的 彈性率

μ : 破壞 에너지

와 같은 式을 提案하였고, Buist와는 反對로 軟한 고무일수록 摩耗가 잘 된다고 하였다.

이와 같이 反對結論이 나오는 理由는 上記한 바에 따라서도 理解되는 것이지만 좀더 昭詳하게 考察하려고 한다. sakhnovskii²²⁾는 단단한 고무와 연한 고무의 實際走行테스트에서 단단한 고무($M_{300}=140\text{kg/cm}^2$)가 연한 고무($M_{300}=60\text{kg/cm}^2$)에 比하여 高靱韌도에 있어서 相對的으로 耐摩耗가 優秀하며, 이것은 연한 고무는 高靱韌度條件下에서 物形成摩耗가 일어나기 때문이라고 한다. Evstratov¹⁰⁾는 疲勞摩耗가 發生하는 條件으로 室內摩耗를 行하여 연한 고무일수록 耐摩耗性이 좋으나 物形成摩耗가 發生하는 條件으로 室內摩耗를 行하면 단단한 고무일수록 耐摩耗性이 좋고, 實地摩耗에서는 硬度의 最適點이 있음을 나타내고 있다(그림 21).

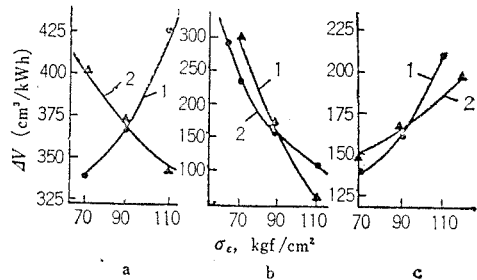


1: 疲勞摩耗(室內), 2: 物形成摩耗(室內)
3: 實地摩耗(6.70-15타이어)

[그림 21] 摩耗에 對한 硬度의 效果¹⁰⁾

그에 依하면 實際의 타이어의 摩耗는 機械的 摩耗(pure mechanical)와 疲勞摩耗의 組合으로 일어나고, 고무의 彈性率의 增加에 따라 物形成摩耗에서 疲勞摩耗가 되고 그 위에 abrasion wear가 된다고 한다. Galibi⁶³⁾는 加黃系를 調節하여 3種의 M_{300} 의 異種의 고무로 トレ드 고무를 만들고 각 62~76 本の PS 타이어를 텍시 테스트로 走行 km마다 摩耗 data를 統計的으로 比較하고 또한 走行後의 M_{300} 值(疲勞로 因해 硬化함)와 對應시켜, $130\sim145\text{kg/cm}^2$ 의 M_{300} 值로 摩耗의 最低值가 얻어진다고 한다.

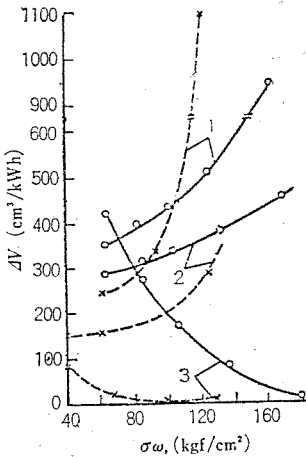
Sakhnovskii⁶⁴⁾는 $M_{300}(\sigma_g)$ 을 加黃系의 變量으로 바꾼 것(σ_{gB}) 및 카아본블랙의 變量으로 바꾼 것(σ_{gC})에 對하여 關聯되는 試驗을 하고 Evstratov의 結果를 確認함과 同時에 새로운 몇 가지 意見(그림 22, 23)을 述解하고 있다. 物形成摩耗가 단



1: σ_{gB} , 2: σ_{gC} , a: wear by shear
b: 物形成摩耗, c: 疲勞摩耗

[그림 22] 摩耗에 對한 彈性率의 效果⁶⁴⁾

단한 쪽이 좋은 것은 路面의 凸起의 侵入深度가 얇고, 摩擦係數가 低下하고, 고무表面의 接線方向의 變形이 작게 되고 돌形成速度를 決定하는 龜裂이나 blister의 形成이 減少되기 때문이라고 한다.



實線: NR, 破線: BR, 1: wear by shear
2: 疲勞摩耗, 3: 돌形成摩耗

[그림 23] 摩耗에 對한 σ_{ω} 의 效果⁶⁴⁾

한편 疾勞摩耗로 단단한 쪽이 나쁜 것은 路面 凸起部에서의 應力集中의 增加 때문이라고 한다. 또 길이 粗雜하여 路面의 凸起가 衡擊的으로 作用하는 것과 같은 境遇, 摩耗(wear by shear)는 $\sigma_{\omega B}$ 가 많으면 增加하고 $\sigma_{\omega C}$ 가 많아지면 減少한다. 實際走行에서는 이들 機構가 뒤섞여 일어나므로 $\sigma_{\omega B}$ 의 最適値가 存在한다. 平坦한 路에서 苛酷度가 높은 境遇 돌形成摩耗가 活潑해지므로 $\sigma_{\omega B}$ 의 最適値는 단단한 쪽으로 墾린다. $\sigma_{\omega B}$ 의 最適値는 고무의 性質에 따라서도 變하며, 例컨대 BR은 摩擦係數가 낮고, 耐熱劣化性이 좋기 때문에 NR보다 軟한 쪽으로 墾린다고 한다.

4.2 破壞強度

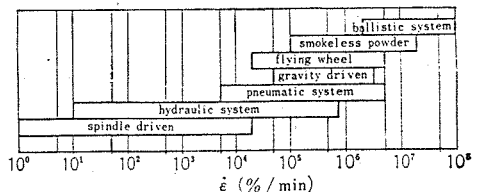
摩耗는 一種의 破壞인 以上 破壞強度가 摩耗에 關聯하는 것은 當然하다. 特히 摩耗가 abrasion wear의 機構로 일어나는 境遇, 直接的으로 關聯하는 것이 期待된다. 元來 破壞強度가 큰 고무가 耐摩耗性이 좋다는 것은 共通된 事實이며, Buist 등¹⁰⁾이 摩耗를 T_B 로 表示하는 關係式(6)을 提案하였고, Zapp⁶²⁾는 破壞에 너지(u)로 表示되는 關係式(7)을 提案하였다. 特히 路面이 粗雜한

境遇에는 破壞強度가 支配的이라는 것이 생각되어, Grosh⁷⁾는 sharp abrasive를 使用한 試驗으로 一定에 너지當 摩耗量은 破斷에 너지 密度의 逆數에 比例한다고 하여 다음 式으로 나타내었다.

$$A/\mu = C \times (1/u) \quad (8)$$

단, 兩者를 對應시키기에는 溫度 및 速度의 一致가 必要하고, 그들에 依하면 1cm/sec의 미끄럼速度의 abrasion wear는 10⁴%/sec의 壓縮變形速度에 相當한다고 한다. 實際의 摩耗에서는 最初에 記述한 바와 같이 離脫사이즈의 分布에 對應하여, 壓縮變形速度分布를 考慮하여 data를 論하여야 한다고 생각한다.

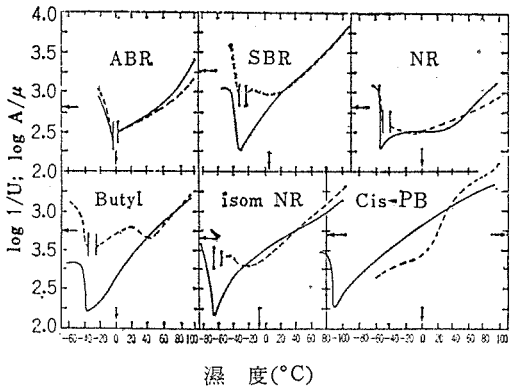
그렇게 하면 타이어의 境遇 10⁶~10⁷%/sec 程度의 壓縮變形速度로 破壞를 볼 必要가 생기지만 이와 같은 高速으로 實驗하는 實用的인 方法이(그림 24⁶⁾) 없는 것이 問題點이다. 이러한 境遇에 잘 使用되는 時間·溫度의 檢査도 一般用 고무인 NR에는 使用할 수 없으므로, 큰 制約을 받는다. 그러나 摩耗를 比較的 느긋한 速度(1cm/sec 程度의 미끄럼 速度)로 行하여 보면 實用的 高速引張試驗機의 壓縮變形速度範圍(10⁴%/sec 程度의 壓縮變形速度)內에서 破壞強度와 對應하여 지므로 滿足할 수는 없지만 于先 整理가 되는 셈이다. 그림 25, 26에 Grosh의 data를 나타내지만 A/μ 와 $1/u$ 의 溫度依存性은 잘 對應하고 있다. 또 Ecker⁵⁸⁾는 100°C에서 1.5×10⁴%/sec의 壓縮變形速度로 얻은 T_B 가 DIN 53516에 依한 摩耗테스트와 좋은 相關性을 나타낸다는 結果(그림 27)를 얻고 있다.



[그림 24] 各種試驗室 高速試驗의 壓縮變形速度⁶⁾

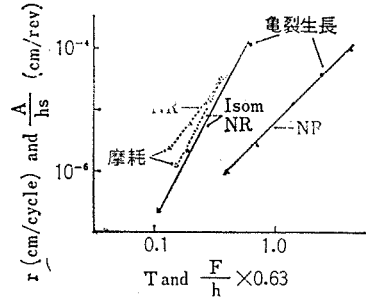
한편 Champ¹²⁾ 및 Thomas⁶⁵⁾는 定常狀態의 패틴摩耗가 龜裂生長特性(理論적으로 確立되어 있음)으로 表現된다(그림 28~30)고 한다.

龜裂生長試驗에 있어서 1사이클當 龜裂生長(r)은 引裂에 너지(T)와 다음과 같은 關係가 있고 r 와 T 는 log-log plot로 直線이 된다.

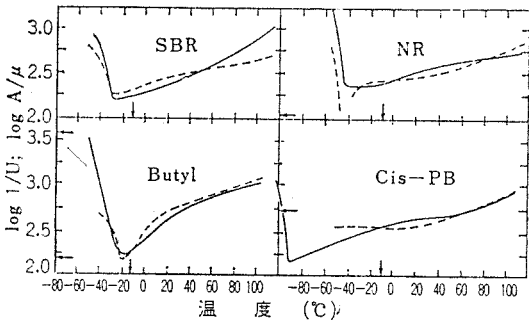


破線: A/μ 實線: $1/U$

[그림 25] 純고무配合에 있어서 各種고무의 摩耗와 破壞 에너지⁷⁾

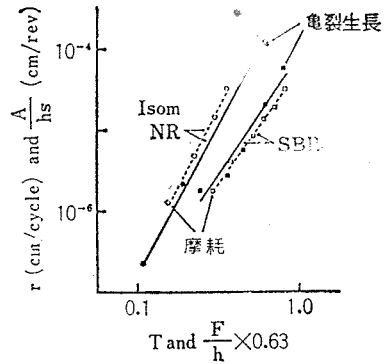


[그림 28] 引裂에너지에 對한 龜裂生長과 一回轉當 摩耗量(A/hs)의 關係^{12), 65)}

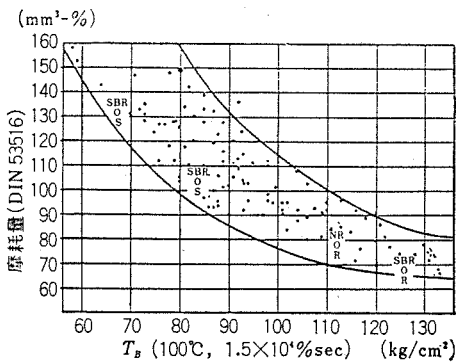


破線: A/μ 實線: $1/U$

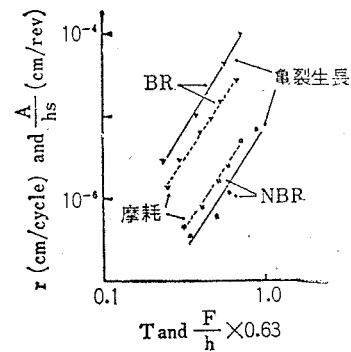
[그림 26] 카아본補強(HAF50PHR) 各種고무의 摩耗와 破壞에너지⁷⁾



[그림 29] 引裂에너지에 對한 龜裂生長과 一回轉當 摩耗量(A/hs)의 關係^{12), 65)}



[그림 27] 高溫·高速에 있어서의 T_b 와 摩耗의 關係⁶⁸⁾



[그림 30] 引裂에너지에 對한 龜裂生長과 一回轉當 摩耗量(A/hs)의 關係^{12), 65)}

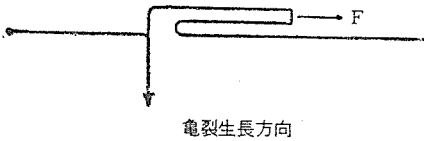
$$r = \beta T^\alpha \quad (9)$$

다만, α 및 β 는 常數

한편 패턴 摩耗는 그림 31과 같이 모델化하여 생각하면

$$T = F/h \quad (10)$$

단, h 는 F 가 加해져 있는 길이로 되고 이것과



[그림 31] 摩耗力(F)의 作用下에 있어서 龜裂生長의 모델 그림^{12), 65)}

1 回轉當 摩耗量과의 關係를 $r-T$ 關係圖에 plot 하면 0.63이란 시프트팩터를 넣는 것에 依해 伸張結晶性의 NR을 除하고 좋은 一致를 보인다. NR의 境遇 T 值에 比해 摩耗가 좋지못하나 이것은 摩耗過程의 速度가 크기 때문에 NR의 結晶化가 追從하지 못하기 때문이라고 생각된다.

4.3 耐老化性 · 耐疲勞性

路面苛酷度가 낮은 境遇 耐老化性 · 耐疲勞性의 寄與가 相對的으로 크게 된다는 것은 既述한 바와 같다. 疲勞摩耗를 처음에 提案한 사람은 Kragelskii²⁹⁾이다. 其後 主로 소련에서 研究가 68~72), 22) 거듭되어 現在에는 摩耗中에서 相當한 比重을 차지하는 重要한 것이 되었다.

Evstratov¹⁰⁾는 實際走行타이어의 摩耗는 主로 疲勞摩耗로 일어난다고 한다.

疲勞摩耗에 있어서 重要한 材料特性은 反復하여 應力에 對하는 疲勞破壞壽命이다. 고무의 破壞壽命은 一般的으로 Wöhler curve를 그리고, 다음 式으로 表示된다.

$$n = (\sigma_B / \sigma)^\beta \quad (11)$$

n : 疲勞破壞壽命(破斷에 이르는 사이클數)

σ_B : 破斷應力

σ : 動的 應力振幅

β : 疲勞壽命係數

疲勞壽命係數 (β)는 溫度 · 周波數 · 應力集中의 影響을 別로 받지않는 材料定數⁷¹⁾이다.

β 와 疲勞摩耗速度의 關係에 對하여 Kragelskii는 다음 式을 提案하고 있다.

$$A = C \left(\frac{\mu E}{\sigma_B} \right)^\beta \cdot \left(\frac{P}{E} \right)^{1+\delta\beta} \quad (12)$$

단, P : 垂直壓力

δ : 路面의 幾何學特性에 依한 파라미터

疲勞性을 改良하는 手段으로 잘 알려져 있는 것은 老化防止劑 및 適正加黃되는 加黃系의 選擇이지만 이들 摩耗에 對한 效果는 어떨는지 Veith⁴⁰⁾는 實際走行테스트로 老防效果 및 加黃系의 效果를 確認하고 있다. 이 結果는 表 12 및 表 13 과 같지만, 老化防止劑의 添加 및 mono-sulfide型 加橋의 生成이 blunt pavement에서의 耐摩耗性을 向上시키는 것을 나타내고 있다.

耐老化性 · 耐疲勞性은 破壞強度에 比하여 어느 程度 重要할 것인지 于先 疲勞摩耗의 座標를

<表 12> Blunt Pavement에 있어서 摩耗—老防效果⁴⁰⁾

老防種類: N-페닐 N'시크로헥실-P-페니렌디아민

老化防止劑 (phr)	耐摩耗指數	
	트레라테스트 (슬립角 1°)	實際走行試驗
0	100	100
0.4	106	111
0.8	—	124
1.6	129	120

<表 13> Blunt Pavement에 있어서 摩耗—架橋形態效果⁴⁰⁾

綱目密度 一定

I : CBS/S=0.6/2.5, II : CBS/S=5.0/0.5

III : DPG/S=1.3/2.0, IV : TMTD=3.8

加黃系	모노스플라이드 架橋 %		耐摩耗指數(트레라 테스트)			
	NR	SBR	슬립角 1°		슬립角 2°	
			NR	SBR	NR	SBR
I	10	30	100	100	100	100
II	50	55	135	127	97	—
III	10	30	103	104	104	96
IV	50	90	162	142	106	100

알아야 한다. 路面의 凹凸에 依해 고무가 단번에 破壞된다면 abrasive wear가 되지만, 疲勞摩耗의 境遇 入力이 그다지 크지않고 反覆하여 壓縮變形을 받아 材質이 入力에 合當하는 破壞壓 度까지 低下하여 비로서 摩耗가 일어난다고 생각된다. Kragelskii⁴¹⁾는 疲勞摩耗를 다음의 3 段階로 나눈다.

- (1) 表面에 있어서 相互作用(interaction)
- (2) 表面層에 있어서 材料特性的 變化
- (3) 材料의 破壞

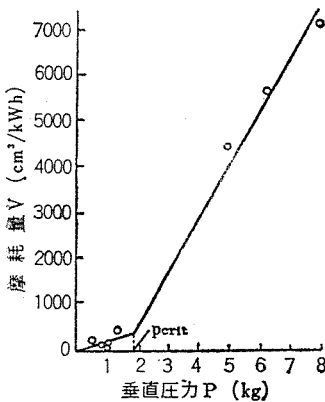
疲勞摩耗가 abrasive wear와 다른 것은 (2)의 段階 뿐이다. 따라서 兩者는 機構的으로 다른 것 이지만 現象的으로는 隔離된 것이 아니라 連續된 것이라고 생각된다. Evstratov¹⁰⁾는 abrasive wear를 “fewcycle” fatigue wear, 狹義의 疲勞摩耗를 “multi-cycle” fatigue wear라고 表現하고 있다. 또 Sakhnovskii²²⁾는 고무 表面에 發生하는 剪斷壓縮變形(τ)이 어느 限界(τ_c)와의 사이에서 $\tau < \tau_c$ 일 때 疲勞摩耗가 되고, $\tau > \tau_c$ 일 때 Purely mechanical wear가 된다고 생각되고 있다. 즉,

$$\tau = P\mu$$

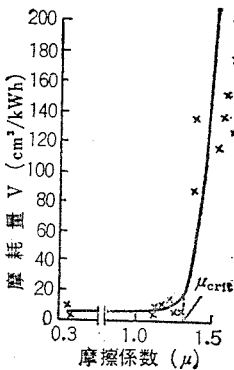
의 關係가 있으므로 τ_c 는 다음 式에 依하여

$$\tau_c = \mu P_c \text{ 또는 } \tau_c = \mu_c P$$

限界垂直壓力(P_c) 또는 限界摩擦係數(μ_c)로 變換되고, P 또는 μ 를 變化시켜 摩耗와의 關係를



〔그림 32〕 限界垂直壓力과 摩耗²²⁾

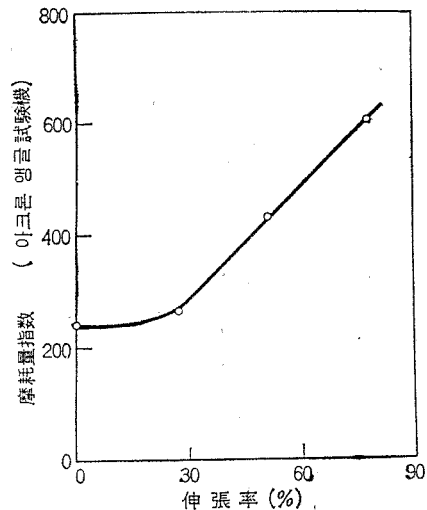


〔그림 33〕 限界摩擦係數와 摩耗²²⁾

보면 이 限界值에서 摩耗量이 急變된다(그림 32, 33). 슬립率에 對하여도 같은 限界值가 있다고 報告^{72~73)}되고 있다. 이 結果에서 알 수 있는 바와 같이 實際走行타이어의 摩耗가 99%의 期間까지는 疲勞摩耗로 생겼다고 하여도 摩耗量으로 생각하면 나머지 1%의 期間이 abrasive wear, 틀形成摩耗가 支配的이 된다고 생각된다.

4.4. 其 他

이 때까지 擧論하지 않은 것 중에서 配合設計上 重要하다고 생각되는 것을 몇 가지 論述하고자 한다. 고무는 一般的으로 blend하여 使用되므로 摩耗에 對하여도 blend 技術이 重要하고, 特別히 不均一系에서는 配合劑의 分配⁷⁶⁾도 重要하다 하겠다. 카아본블랙分散의 效果는 크다고⁷⁵⁾ 되어 있지만, 實際에는 다른 것에 影響없이 分散탄을 獨立하여 바꾸는 것은 困難하고, 定量的으로는 不明確한 點이 많다. 또 타이어와 같이 內壓을 充填하여 使用하는 境遇, 고무가 伸張된 狀態에서 摩耗되는바 이것은 伸張이 없는 狀態와 樣相이 많이 다르다. Lambert⁷⁶⁾는 伸張狀態에서의 摩耗量의 增大(그림 34)를 나타냄과 동시에 事前에 破斷伸度(ϵ_B)의 90%까지의 豫備伸張을 주어도 摩耗量에 거의 影響이 없으므로 單純한 마린스 效果에 依한 것이 아니고 伸張狀態에서 摩耗되는 것에 摩耗量을 增大시키는 原因이 있다고 한다.



〔그림 34〕 伸張下의 摩耗(SBR 1500/N220)⁷⁶⁾

反對로 使用時에 壓縮 side에서 使用되면 大端히 摩耗가 잘 된다고⁷⁷⁾도 한다. Zuev⁷⁸⁾는 Abrasive wear의 境遇, 폴리머의 配向軸에 直角方向으로 摩擦하는 쪽이 耐摩耗性이 좋고, 疲勞摩耗에서는 平行方向 쪽이 좋다고 나타나고 있다. 이것은 材料의 彈性率의 경우와 같이 製品의 構造設計와 相互作用을 갖는 重要한 要因이 된다고 想像된다.

5. 結 論

配合設計의 立場에서 耐摩耗性에 對해 여러가지 論述하였으나 材料의 耐摩耗性을 改善하자면

(1) 使用되는 條件에서 일어날 摩耗機構의 組合에 對하여 생각한다.

(2) 可能한 限 疲勞摩耗의 領域에 들어가도록 設計한다. (人力을 낮춘다. 適性인 彈性率로 한다)

(3) 疲勞摩耗의 領域을 넓힌다. (破壞強度를 引上한다)

(4) 疲勞摩耗를 改善한다. (熱酸化劣化에 對한 安定性 등)

以上은 當然하지만 重要한 手順이다. 特히 疲勞摩耗를 檢討함에 있어서 材料만으로는 어렵고 製品構造와 密接한 關聯을 갖고 檢討할 必要가 있다고 생각된다. 다만 問題는 耐摩耗性에 대하여 아직도 不明確한 點이 많고, 數量化하여 取扱될 段階는 아니다. 特히 疲勞摩耗의 離脫의 實態, 疲勞摩耗에 對한 時間, 溫度의 導入, 各摩耗機構의 組合에 對한 생각 등 今後의 研究進展이 期待된다.

以上 粗雜하고 不充分한 整理이지만 耐摩耗性에 關한 여러 가지 境遇를 檢討하여 보았으며 過去의 優秀한 總說 등과 併讀을 바라며 今後의 研究 및 配合設計에 도움이 되었으면 한다.

參 考 文 獻

- 1) J. A. Cardina: *Rubber Chem. Technol.* **46**, 232 (1973)
- 2) W. Brachaczek, W. R. Pierson: *Rubber Chem. Technol.* **47**, 150 (1974)
- 3) J. A. Cardina: *Rubber Chem. Technol.* **47**, 1005 (1974)
- 4) W. R. Pierson, W. Brachaczek: *Rubber Chem. Technol.* **47**, 1275 (1974)
- 5) M. L. Dannis: *Rubber Chem. Technol.* **47**, 1011 (1974)
- 6) H. Grimminger: *Appl. Polym. Symposia* (1) 13 (1965)
- 7) K. A. Grosh, A. Schallamach: *Trans. IRI* **41**, 80 (1965)
- 8) A. Schallamach: *Rubber Chem. Technol.* **31**, 982 (1958)
- 9) M. M. Reznikovskii, G. I. Brodskii: *Soviet Rubber Technol.* **20**, (7) 13 (1961)
- 10) V. F. Evstratov, G. I. Brodskii, N. L. Sakhnovskii: *Soviet Rubber Technol.* **28**, (11) 18 (1969)
- 11) E. Southren: *Polymer. Sci. Technol.* **5A**, 143 (1974)
- 12) D. H. Champ, E. Southern, A. G. Thomas: *Polymer. Sci. Technol.* **5A**, 133 (1974)
- 13) A. Schallamach: "The Chemistry and Physics of Rubber-like M & S Ltd. (1963) p.357
- 14) S. B. Ratner, V. E. Gul, G. S. Klitenik: *Rubber Chem. Technol.* **32**, 471 (1959)
- 15) A. Schallamach: *J. Polymer. Sci.* **9**, 385 (1952)
- 16) 長谷部嘉彦, 平川 弘: *日ゴム協誌* **41**, 970 (1968)
- 17) 山田準吉: *日ゴム協誌*, **44**, 107 (1971)
- 18) 山本博美: *日ゴム協誌*, **44**, 134 (1971)
- 19) H. Noma: "Application of JSM-2 SEM" 日本電子 (1968)
- 20) 中川 魏, 井口喬二, 永田伸夫: 日本ゴム協會第37回總會研究發表會要旨集(1970) p.12
- 21) 中川 魏, 井口喬二, 永田伸夫: 日本ゴム協會第37回總會研究發表會要旨集 (1970) p.13
- 22) N. L. Sakhnovskii, M.M. Reznikovskii, V. F. Evstratov, G. I. Brodskii: *Soviet Rubber Technol.* **22**, (6) 18 (1963)
- 23) 箕浦有二: *日ゴム協誌*, **44**, 125 (1971)
- 24) A. Schallamach: *J. IRI* **1**, 40 (1967)
- 25) R. Ecker: *Kautschuk Gummi* **15**, WT88 (1962)
- 26) G. J. Van Amerongen: *Ind. Eng. Chem.* **47**, 2574 (1955)

- 27) R. R. Hegmon: *Wear* **33**, 17 (1975)
- 28) I. V. Kragelskii: *Soviet Rubber Technol.* **18**, (11) 20 (1959)
- 29) G. Harpavat: *Polymer. Sci Technol.* **5A**, 205 (1974)
- 30) A. A. Shershnev, M. T. Popov: *Int. Polymer. Sci. Technol.* **2**, (1) T43 (1975)
- 31) R. R. Hegmon, J. J. Henry: *Wear* **24**, 361 (1973)
- 32) A. Schallamach: *Rubber Chem. Technol.* **44** 1147 (1971)
- 33) A. Schallamach: *Proc. Phys. Soc. B.* **66**, 817 (1953)
- 34) A. P. Rudakov, E. V. Kuoshinskii: *Rubber Chem. Technol.* **37**, 291 (1964)
- 35) A. S. Lykin, E. A. Iljina, S. M. Kavun, Z. N. Tarasova: IRC 75 Tokyo (1975)
- 36) Yu. A. Semenov, A. S. Lykin, V. F. Evstratov: *Soviet Rubber Technol.* **26**, (8) 14 (1967)
- 37) Yu. A. Semenov, A. S. Lykin, V. F. Evstratov: *Soviet Rubber Technol.* **27**, (6) 17 (1968)
- 38) V. A. Garten, K. Eppinger, D. E. Weiss: *Rubber Chem. Technol.* **29**, 1434 (1956)
- 39) 吉本敏雄, 今村高昭: 日本ゴム協會第35回總會研究發表會要旨集 (1968) p. 32
- 40) A. Schallamach: *J. Appl. Polymer. Sci.* **12**, 281 (1968)
- 41) D. I. James (Editor): "Abrasion of Rubber" Maclaren and sons Ltd. London (1967)
- 42) A. Schallamach: *Rubber Chem. Technol.* **31**, 209 (1968)
- 43) F. C. Brenner, A. Kondo: *Rubber Chem. Technol.* **44**, 106 (1971)
- 44) 西村 忠: 日ゴム協誌, **44**, 168 (1971)
- 45) C. C. Biard, J. F. Svetlik: *Rubber Chem. Technol.* **26**, 731 (1953)
- 46) H. A. O. W. Geesink, L. Part: *Rubber Chem. Technol.* **31**, 166 (1958)
- 47) J. L. Ginn, R. L. Marlow, R. F. Miller: *Rubber Plast. Age* **42** 968 (1961)
- 48) S. Davison M. A. Deisz, D. J. Meir, R. J. R. Reynolds, R. D. Cook: *Rubber World* **151**, (3) 79 (1965)
- 49) A. G. Veith: *Rubber Chem. Technol.* **46**, 821 (1973)
- 50) R. F. Miller: : 私信
- 51) D. F. Moore: *Wear* **13**, 381 (1969)
- 52) R. W. Lowne: *Rubber Chem. Technol.* **44**, 1159 (1971)
- 53) H. C. J. de Decker, R. Houwink, G. J. van Amerongen; Proc. Third Rubber Technol. Conf. London (1954) paper No. 23
- 54) R. D. Stiehler, M. N. Steel, J. Mandel: *Trans. IRI* **27**, 298 (1951)
- 55) K. A. Grosh: *J. IRI* **1**, 35 (1967)
- 56) F.C. Brenner, A. Kondo, G. B. Cohen: *Rubber Chem. Technol.* **44**, 952 (1971)
- 57) D. Bulgin, G. D. Hubbard, M. H. Walters: Proc. 4th Rubber Technol. Conf. London p.173 (1962)
- 58) R. Ecker: *Rubber Chem. Technol.* **39**, 823 (1966)
- 59) H. W. Kummer: "Unified Theory of Rubber and Tire Friction" Penn. St. Univ. B-94 (1966)
- 60) R. N. Kienle, E. S. Dizon, T. J. Brett, C. F. Eckert: *Rubber Chem. Technol.*, **44**, 996 (1971)
- 61) J. M. Buist, O. L. Davies: *Trans. IRI* **22**, 68 (1946)
- 62) R. L. Zapp: *Rubber World* **133**, (10) 59 (1955)
- 63) G. M. Galybin, N. L. Sergeeva, D. P. Emer'yanov, V. P. Aref'ev: *Int. Polymer. Sci. Technol.* **2**, (8) T7 (1975)
- 64) N. L. Sakhnovskii, L. I. Stepanova, V. F. Evstratov: *Soviet Rubber Technol.* **31**, (2) 26 (1972)
- 65) A. G. Thomas: *Rubber Chem. Technol.* **48**, 902 (1975)
- 66) M. M. Reznikovskii: *Soviet Rubber Technol.* **19**, (5) 30 (1960)
- 67) G. I. Brodskii, N. L. Sakhnovskii, M. M. Reznikovskii, V. F. Evstratov: *Soviet Ru*

- ber Technol. 19, (8) 22 (1960)
- 68) M. M. Reznikovskii: *Soviet Rubber Technol.* 19, (9) 32 (1960)
- 69) I. V. Kragelskii, M. M. Reznikovskii, G. I. Brodskii, E. F. Nepomnyashchi: *Soviet Rubber Technol.* 24, (9) 31 (1965)
- 70) I. V. Kragelskii, E. F. Nepomnyashchi: *Wear* 8, 303 (1965)
- 71) M. M. Reznikovskii, K. N. Lazareva: *Soviet Rubber Technol.* 22 (3) 16 (1963)
- 72) G. Ebert, V. Weidner: *Rubber Chem. Technol.* 28, 1082 (1955)
- 73) 坂下龍雄, 南元 豊: *日ゴム協誌*, 49, 17 (1976)
- 74) W. M. Hess, C. E. Scott, J. E. Callan: *Rubber Chem. Technol.* 40, 371 (1967)
- 75) C. W. Sweitzer, W. M. Hess, J. E. Callan: *Rubber World* 139, 74 (1958)
- 76) D. H. Lambert, B. B. Boonstra: *Rubber Chem. Technol.* 44, 214 (1971)
- 77) MRPRA: *Rubber Developments* 28, (4) 87 (1975)
- 78) Yu. S. Z.uev, A. Z. Borshchevskaya, G. G. Kamenskaya: *Int. Polymer. Sci. Technol.* 1, (5) T64 (1974)

《p. 41 의 계속》

<表 6> 77年度 主要國別 타이어 및 튜우브
輸入實績 (單位: US\$ 1,000)

國 別	品 種	타 이 어			튜우브
		16 인 치 이하	17 ~ 22 인치	23 인 치 이상	
서	독	5,051			676
벨지움-룩셈부르크		4,105	1,550		104
미	국	2,115			339
프	랑	4,545			480
인	도	2,113	2,424		830
영	국	1,878			72
이	태	1,735	1,924		551
일	본	7,885	6,065	5,536	1,041
한	국	2,929			400
루	마	1,565			
유	니	1,484			257
브	고			1,050	
라	질		1,050		
기	타	2,304	5,153	2,863	1,578
계		37,709	18,166	9,399	6,328

PETLAS社 建設이 計劃대로 순조롭게 이루어지고 LASSA社와 PETLAS社 生産施設이 擴張 완료되는 1982년까지는 타이어 輸入은 불가피할 것으로 보이며 同計劃이 순조롭게 進行된다 하더라도 '82年以後 터어키가 타이어를 完全히 自給自足하기는 어려운 것으로 評價되고 있다.

따라서 터어키 政府는 LASSA社와 PETLAS社의 生産施設擴充이 必要함을 認識하고 있으나 터어키의 現經濟的 여건으로 보아 向後 당분간은 國內資本만으로의 施設擴張을 어려운 것으로 보인다.

資料: prime ministry state institute of statistics