

타이어用 纖維의 要求性能

協 會 技 術 部

고무用 纖維는 强度, 彈性率, 耐熱性, 치數安定性, 耐疲勞性, 고무와의 接着性 등이 重要視되며 한편 價格이 비싸지 않아야 한다.

가장 가혹한 條件에서 使用되고 있는 것으로서 代表的인 것은 타이어用 纖維(타이어 코드)로서, 이것은 타이어의 중요한 性能을 支配하는 요인이 되며 한편 使用量도 대단히 많다. 따라서 타이어 코드의 性能向上에는 世界各國에서 研究와 技術이 開發되어 優秀한 製品이 現在 많이 生産되고 있다. 이와같이 優秀한 性能을 가질 뿐만 아니라 大量으로 生産되어 價格面에서도 有利한 이 타이어 코드가 요즘에는 그 撚數나 構造 등을 바꾸어서 타이어 以外의 高性能 호스, 벨트 등의 고무用纖維로도 使用되고 있는 실정이다.

여기서는 고무用 纖維 중에서도 가장 高性能이 要求되고 있는 타이어 코드에 대해서 살펴보기로 한다.

1. 타이어의 機能과 타이어 코드의 役割

먼저 타이어의 機能을 살펴본 다음 타이어 코드의 役割을 說明하고자 한다.

타이어는 自動車의 발이다. 荷重을 지탱하면서 凹凸이 있는 路面을 굴러가고 있다. 驅動力, 制動力을 道路에 傳達하는 것도 타이어이고, 自動車의 安定性을 잘 조정하는 것도 타이어의 役割이다. 自動車가 타이어에 要求하는 機能은

屈曲과 剛性으로서 서로 矛盾된 것이다.

屈曲性은 道路의 不規則한 凹凸을 吸收하고, 또 타이어가 道路를 그림하는 接地面을 만들어 牽引力을 주게 된다.

剛性은 코너를 돌 때의 傳達力이나 驅動力에 必要하다.

타이어는 性質이 서로 다른 纖維와 고무의 非等方性複合構造로 되어 있으며, 剛·柔의 두 性質이 微妙하게 均衡을 이루어 타이어의 高性能을 주게 된다. 그렇기 때문에 고무보다도 彈性率인 높은 나일론, 폴리에스테르, 레이온, Kevlar, 스틸, 글라스 등의 纖維가 屈曲, 低彈性率인 고무 母體와 結合되어 複合體를 이루고 있다.

고무 속에 들어있는 타이어 코드에는 다음과 같은 것이 要求되고 있다.

- ㉠ 타이어에 空氣壓을 加할 경우, 타이어에 별다른 치數變化(타이어의 커짐)가 없을 것
- ㉡ 어떤 方向으로도 힘을 傳達할 수 있는 剛性
- ㉢ 曲面에서 接地面으로 反復되는 變形能力
- ㉣ 障害物로 인한 損傷을 막기 위한 緩衝性 즉, 이러한 것은 強力, 剛性(彈性率), 耐疲勞性 등의 코드 性能을 均衡시킴으로써 얻을 수 있는 것이다.

要件대, 타이어 코드의 役割은 타이어의 크기, 形態, 安定性, 破裂抵抗 및 荷重 輸送能力을 타이어에 주고 있을뿐 아니라, 타이어의 磨耗, 乘車感, 操縱性 등에 많은 影響을 주고 있

음을 알 수 있다.

다음에는 고무用纖維(타이어코드)에 要求되는 諸性能을 個別的으로 살펴보기로 한다. 특히 乾濕熱劣化, 疲勞性, 接着熱延伸處理 및 微細構造 등은 內容이 複雜하여 充分히 說明할 수 없으므로 要點만 說明하기로 한다.

2. 타이어 코드에 要求되는 性能

타이어코드에 要求되는 主要한 性能은 最近 가장 注目되고 있는 超高強力纖維인 Kevlar 와 比較해가면서 살펴보기로 한다.

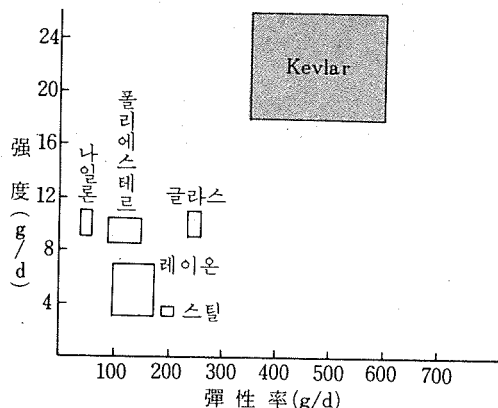
(1) 強度(g/d, kg/mm²)와 彈性率의 關係

補強材가 되기 위해서는 強度, 彈性率, Toughness ('83. 5~6月號 基礎篇 2 脚註參照) 등이 重要 要件임에는 틀림없다. 彈性率이 높으면 타이어에 空氣를 넣어 壓力을 加해도 타이어가 잘 커지지 않고 操縱性도 良好하여 長時

單纖維의 物性值比較

(表 1)

	Kevlar	폴리에스테르 T-68	나일론 T-728	레이온
強度 g/d	22	9.2	9.8	5.4
破斷時의 伸長率%	3.6	15	19	11
彈性率 g/d	480	115	50	125
結節強度 g/d	12	6.3	6.8	3.9
破斷時의 結節伸長率 %	2	9	12	7



[그림 1] 타이어用纖維의 強度와 彈性率의 關係

間 走行하여도 타이어가 別로 成長되지 않는다. 또 트레드고무의 耐磨耗性이 좋아진다(콘베이어 벨트에서는 彈性率이 높으면 잡아당길 때의 伸長이 적다).

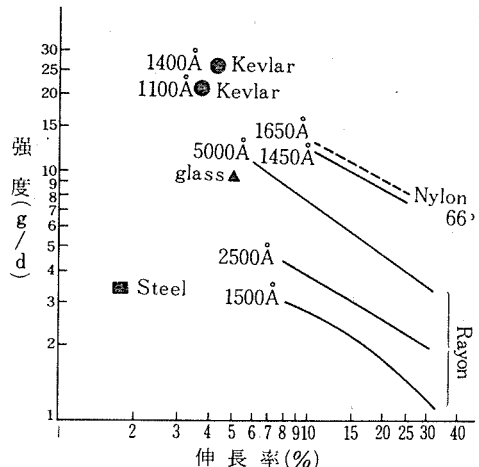
Kevlar 는 다른 有機纖維, 예컨대 나일론, 폴리에스테르, 레이온 보다도 強度나 彈性率이 현저히 크다는 것을 알 수 있다(表 1, 그림 1). 強度가 크면 補強 코드層을 줄여서 타이어의 두께, 發熱溫度, 重量 등을 줄일 수 있는 利點이 있다.

고무-纖維의 複合體의 強度 및 彈性率은 纖維의 強度와 彈性率에 의해 定해진다(83. 5~6月號 基礎篇 1 「複合則」참조). 즉, 纖維의 強度나 彈性率은 매우 重要한 事項이므로 일부의 說明을 더해두기로 한다.

高分子物質의 強度는 微細構造, 分子量, 紡糸條件, 纖維의 굵기, 配向性, 缺陷(void나 異物) 등의 影響을 많이 받는다. 微細構造나 結晶性에 대해서는 후에 상세히 說明되므로 여기서는 以上の 因子 중 分子量과 紡糸 후의 延伸에 의한 強度와 伸長率과의 關係를 알아보기로 한다.

먼저 그림 2에서 알 수 있는 것은 다음과 같다.

㉔ 같은 分子量(鎖의 길이...Å)인 경우, 나일론이나 레이온은 伸長率이 작을수록 強度가 커진다. 즉, 紡糸 후의 延伸率을 크게 하면 할수록 配向性(分子의 整列)이 커져 伸長率이 작



[그림 2] 強度와 伸長率의 關係(鎖의 길이의 影響)

아지고 強度가 커진다(同時에 彈性率도 커진다). 따라서 延伸으로 纖維의 配向性を 調節함으로써 強度와 伸長率을 決定지을 수 있다.

① 나일론이나 레이온은 같은 伸長率인 경우, 分子量(Å)이 클수록 強度는 크다. 즉 分子量을 크게 하면 強度나 일의 量이 커진다.

以上으로, 要件대 다른 條件을 일정하게 한 경우, 纖維의 強度는 分子量과 延伸率을 크게 하여 配向性を 증가시킴으로써 上昇시킬 수 있다. 이 點은 매우 중요한 사항이다. 여기서 分子量이 強度의 큰 要因이 된다는 것을 알 수 있다. 그러나 分子量이 一定值 이상으로 되면 強度가 飽和될 뿐아니라, 溶融紡糸할 때의 粘度가 이상하게 높아짐으로써 紡糸가 매우 困難하게 된다.

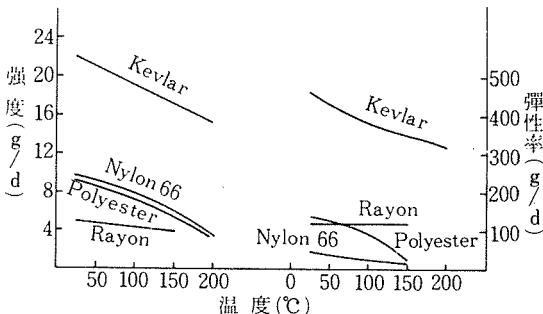
그러므로 이와같은 點을 감안하여 一定值 이하에서 分子量이 될 수 있는대로 높은 폴리머가 使用되고 있다. 그림 2에는 參考의 爲로 Kevlar, Steel, glass 등도 함께 表示하였다.

(2) 熱特性이 뛰어난 것

예컨대, 融點, T_g 등이 높고, 耐乾濕熱性에 뛰어나며 또 Hysteresis loss 가 적을 것.

타이어 코드는 타이어 製造工程에서 熱延伸 및 加黃 중에 加熱되고, 또 타이어가 走行할 때, 발생하는 고무나 纖維의 Hysteresis loss 및 路面과의 摩擦 등으로 發熱, 加熱되므로 다음과 같은 熱特性이 重要하다.

- ① 融點, T_g 등이 높고, 溫度가 上昇될 때 (昇溫時) 強度나 彈性率 低下가 적음
- 昇溫時의 各種纖維의 強度 및 彈性率 低下를



[그림 3] 強度와 彈性率에 미치는 溫度의 影響

圖示하면 그림 3 과 같다. 溫度가 上昇됨에 따라 Kevlar 와 나일론은 거의 같은 傾向으로 強度 및 彈性率이 低下되나, 원래 Kevlar 는 室溫時의 強度, 彈性率이 나일론보다도 훨씬 높으므로 상당히 高溫이 된다하더라도 나일론보다 높고 有利함을 알 수 있다.

레이온은 昇溫時의 強度 및 彈性率의 低下比率이 比較的 작고 有利하다. 또 Kevlar 는 約 610°C에서 分解(T_d 는 約 300°C)된다. 나일론 6의 融點은 224°C (T_g 는 約 50°C)이고, 나일론 66의 融點은 263°C이다. 폴리프로피렌의 融點은 165~173°C로 낮고, 昇溫時의 強度低下가 심하므로 自動車타이어用으로는 적합하지 않다. Steel은 200°C까지는 強度低下가 거의 없어서 이것이 Steel의 長點이라고도 볼 수 있다.

Kevlar의 分解溫度가 매우 높은 것은 分子가 매우 剛直하여 分子鎖의 屈曲性이 작아서 다음式에서 ΔS 가 매우 작기 때문이라고 볼 수 있다.

$$T_m = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

T_m : 融點

ΔH : 融解의 Enthalpy

ΔS : 融解의 Entropy

(參考) 高分子의 融點은 化學構造, 結晶化, 延伸, 分子量(共重合) 등의 影響을 받는다. 예컨대, 같은 나일론 6에서도 이들 因子에 의해 融點이 약간 變한다.

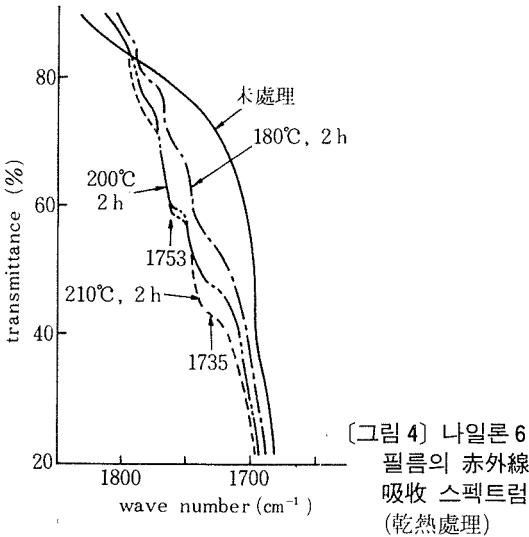
- ② 乾熱(酸化), 濕熱處理로 熱劣化되지 않음

乾熱劣化: 그림 4에 表示된 바와같이 나일론 6 필름을 180~210°C에서 加熱하게 되면 酸化에 의해 1740cm⁻¹ 부근의 C=O 吸收가 많이 增加하여, 나일론은 酸化되기 쉽다는 것을 알 수 있다. 또 그림 5에서와 같이 脂肪族 Polyamide인 나일론은 未處理(耐酸化劑處理를 하지 않은)인 경우는 180°C에서는 時間에 따라 強度가 매우 低下되므로 耐酸化劑가 必要하다. 그러나 Kevlar는 芳香族 Polyamide이므로 酸化에 대해서는 本質的으로 安定하며, 耐酸化劑가 없어도 나일론이나 폴리에스테르 보다도 安定하다. 그러므로 現在 使用되고 있는 나일론, 폴리에스테르

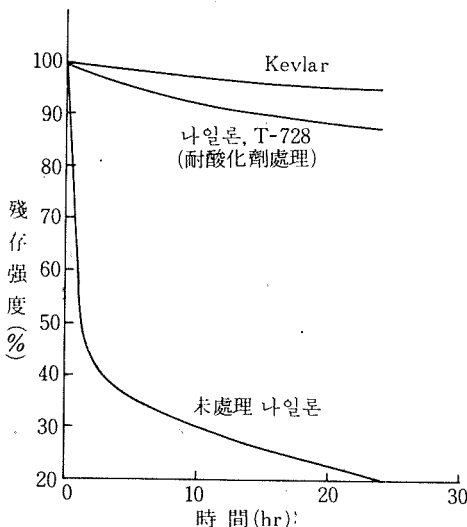
르에는 耐酸化劑가 添加되어 있다. 參考的으로 나일론 6 纖維를 溫度·日數를 바꾸어가며 空氣中에서 乾熱處理했을 때의 時間과 切斷強度와의 關係를 보면 그림 6 과 같다.

濕熱劣化: 그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 Kevlar 는 乾熱에서는 強度低下率이 작으나, 濕熱에서는 160°C 以上으로 加熱되면 強度가 많이 低下된다. 이러한 傾向은 폴리에스테르도 마찬가지이며 濕熱의 影響은 대단히 크다.

나일론 6 에서는 乾熱融點 224°C 가, 濕熱에서



[그림 4] 나일론 6 필름의 赤外線 吸收 스펙트럼 (乾熱處理)



[그림 5] 타이어用纖維의 酸化安定性(空氣中, 180°C에서의 時間과 殘存強度와의 關係)

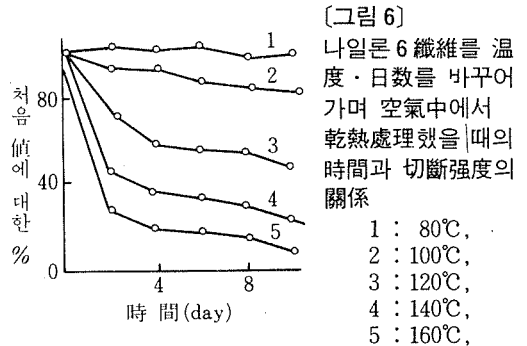
는 164°C로 低下되며, 強度는 150°C 부근에서 많이 低下된다. 비니론도 熱水中에서는 103°C 또는 約 120°C에서 溶解된다.

이와같은 問題는 특히 夏期에 濕氣가 많은 나라에서는 纖維 및 고무配合에 水分이 含有되어 加熱로 인한 加水分解, 微細構造 變化 등으로 타이어의 補強用纖維의 強度가 현저히 低下되어 큰 問題가 야기되는 수도 있다. 그러므로 各種 타이어코드의 乾, 濕熱處理에 의한 強度, 分子量低下, 密度變化, X線廻折 및 赤外線吸收 스펙트럼에 의한 微細構造變化 등은 후에 詳細히 說明하기로 한다.

《參考》最近 耐濕熱性이나 耐藥品性(H₂SO₄) 등이 Kevlar 보다도 많이 改善된 芳香族 Polyamide (商品名: HM-50...日本産)가 開發되고 있으므로 그 特性을 圖示해보면 그림 8, 9와 같다.

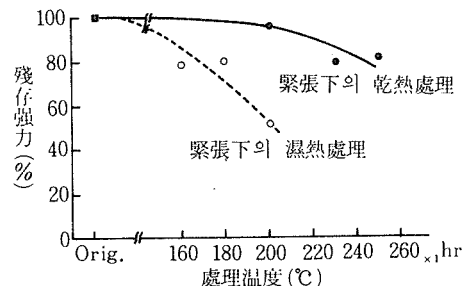
③ Hysteresis loss로 인한 發熱이 적음

모든 고무製品이 다 그러하지만, 특히 타이어는 走行時에 지나치게 發熱이 심하게 되면 그 壽命이 많이 短縮된다. 타이어 發熱의 主要原



[그림 6] 나일론 6 纖維를 溫度·日數를 바꾸어가며 空氣中에서 乾熱處理했을 때의 時間과 切斷強度의 關係

- 1 : 80°C,
- 2 : 100°C,
- 3 : 120°C,
- 4 : 140°C,
- 5 : 160°C,



[그림 7] Kevlar 타이어코드의 濕熱, 乾熱處理 溫度와 殘存強力의 關係

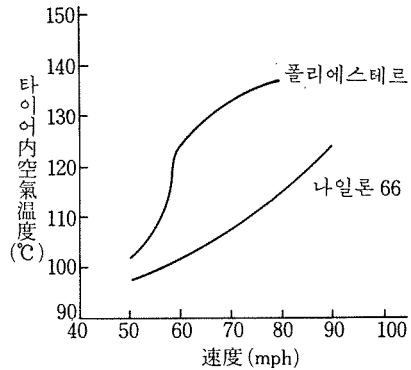
因은 고무의 Hysteresis loss(註 참조)이나, 纖維에 따라서도 많은 差異가 있다.

폴리에스테르(코드) 타이어(Bias)와 나일론(코드) 타이어의 타이어内部 空氣溫度와 走行速度와의 關係를 表示하면 그림 10과 같다. 즉, 폴리에스테르 타이어의 溫度는 105~125°C까지는 急速히 上昇되고 있으나, 나일론 타이어에서는 發熱이 적다.

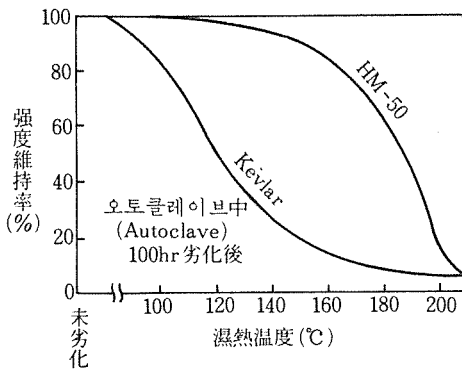
그림 11은 폴리에스테르와 나일론 纖維의 動的인 일損失과 溫度와의 關係를 表示한 것이다. 폴리에스테르의 일損失은 나일론보다 크다는 것을 알 수 있다.

그림 10, 11에서 나일론과 폴리에스테르 사이에는 Hysteresis loss 量과 最大 일損失에 있어서 溫度에 큰 差異가 있음을 알 수 있다. 이 溫度의 問題는 重荷重의 트럭 타이어에서는 크게 問題視된다. 즉, 트럭用타이어는 乘用車用

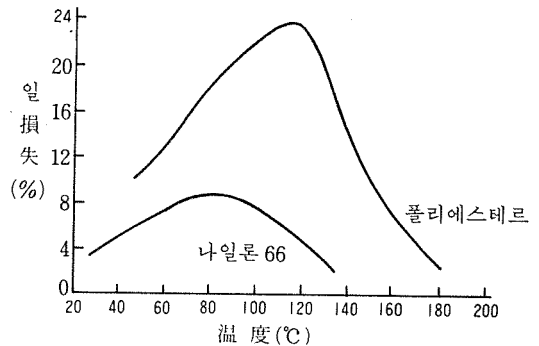
타이어에 비해 두께가 크고, 放熱이 잘되지 않으므로 溫度가 많이 올라가서 타이어가 破損되



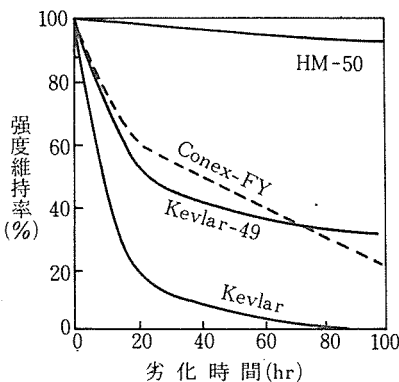
[그림 10] 타이어内溫度(CAT)와 走行速度의 關係 (7.75-14, 2 플라이 타이어, 空氣壓: 18psi, 負荷(117%), 1480 lb)



[그림 8] HM-50의 耐濕熱性



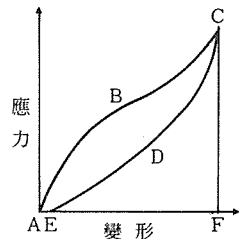
[그림 11] 溫度와 動的일損失과의 關係 (0.1cycle/sec frequency)



[그림 9] 20% H₂SO₄, 95°C에서의 HM-50의 強度維持率

註: Hysteresis loss

그림 12와 같이 應力—變形(伸長)曲線에서 試驗片에 應力을 加했을 때, 주어진 일量(面積 ABCFA)과 應力을 제거했을 때 試驗片에서 返戻된 일量(面積 EDCFE)과의 差(面積 ABCDEA)를 Hysteresis라고 하며, 曲線 ABCDE를 Hysteresis 曲線이라고 한다.



[그림 12]

Hysteresis는 熱에너지로 變換되어 試驗片의 1사이클의 溫度上昇으로 나타난다.

즉, Hysteresis loss란 Hysteresis에 의한 에너지 損失을 말하며, 일반적으로 熱로 되어 放出된다. (同一 Polymer에서는 Hysteresis loss는 結晶化度에 逆比例한다).

기 때문이다. 그러므로 트럭용타이어에는 폴리에스테르 코드를 特殊한것 외에는 使用하지 않는다. 따라서 폴리에스테르의 Hysteresis loss 를 줄이기 위한 研究가 많이 進行되고 있다.

乘用車用타이어는 트럭용 타이어에 비해 두께가 얇고 放熱이 잘되므로 溫度上昇이 적고, 또 폴리에스테르의 性能이 우수하므로 現在 乘用車用 타이어에는 폴리에스테르가 많이 使用되고 있다. 한편 나일론이나 Kevlar 는 發熱이 적어서 有利하다(나일론은 發熱이 적고, 또 耐疲勞性이 크므로 트럭·버스用 타이어에 主로 使用되고 있다).

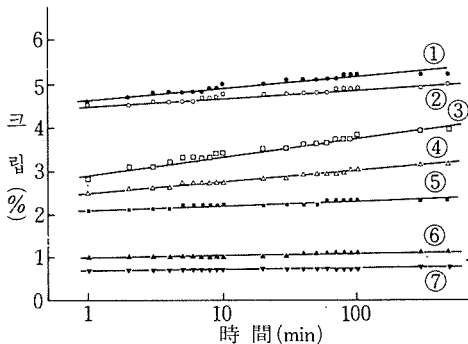
最近에는 에너지 節約面에서도 고무配合이나 纖維에서는 Hysteresis loss 가 적은 것을 많이 開發하고 있다.

(3) 치數安定性(室溫, 昇溫時)이 良好할 것

치數安定性이 良好하다는 것은, 첫째 負荷時의 타이어코드의 伸長 및 크립(Creep), 둘째 昇溫時의 타이어코드의 熱收縮 및 水分吸着으로 인한 收縮 등에 의한 伸縮, 즉 치數變化가 적다는 것이다. 고무製品的의 骨格인 纖維가 伸縮된다면 그 役割을 다할 수 없다.

이들 特性은 纖維의 彈性率, T_g , 分子鎖의 剛直性, 分子內力, 配向, 結晶性 등에 크게 影響을 미친다.

치數安定性을 구체적으로 要約해 보면,



- ① nylon 66 1260 d/2, ② nylon 6 1260 d/2,
- ③ rayon 1650 d/2, ④ polyester 1500 d/2,
- ⑤⑥⑦ kevlar 1500 d/2, 단, ⑤는 熱數 45×45,
- ⑥은 35×35, ⑦은 20×20

[그림 13] 各種 코드의 크립 (延伸%) (Dipped 코드, 溫度: 20°C, 荷重: 1g/d)

① 타이어製造工程中的의 코드 處理, 칼렌더, 成型, 加黃時의 코드 變化

② 타이어의 치數 및 重量 밸런스의 均一性

③ 타이어의 成長, 후렛 스폿 (Flat spot), 乘車感 등에 크게 影響을 미치게 된다.

① 荷重時의 伸長 및 크립

伸長率이나 크립(Creep)이 크면 長時間走行하면 타이어가 成長되기 쉬우므로 좋지 않다. 그림 13에서와 같이 Kevlar 는 伸長率과 크립이 매우 작으나, 나일론은 크다는 것을 알 수 있다. 이것이 나일론의 큰 問題點으로 지적되고 있다.

② 熱收縮 및 水分吸着에 의한 收縮

타이어코드를 張力이 없는 狀態에서 加熱(160°C)하게 되면, 表 2에 表示된 바와 같이 나일론, 폴리에스테르는 收縮하게 되나, Kevlar 코드의 乾熱收縮은 나일론, 폴리에스테르에 비해 매우 낮다는 것을 알 수 있다(同表에서 나일론의 熱收縮이 큰 것도 앞에서 말한 伸長率이 큰 것과 같이 問題點이 되고 있다). 또 同表에 의하면 Steel과 glass는 熱收縮과 크립이 매우 작아서 치數安定性이 良好하다는 것도 알 수 있다.

다음에, 分子의 剛性和 微細構造에도 기인되거나 高配向의 타이어코드는 水分吸着에 의해서도 收縮되기 쉽다. 예컨대, 나일론의 경우, 이와같은 現象은 $NH\cdots O=C$ 間的의 弱한 水素結合이 H_2O 에 의해 切斷되기 때문이라고 생각할 수 있는데, 즉 이것이 타이어코드의 가장자리가 收縮되는 原因이 되며, 또 이로써 工場 스크랩이

〈表 2〉 Dipped 타이어코드의 치數安定性

纖 維	160°C 收縮 (%)	成長 (%)*	크 립 (%)**	乾 T_g (°C)
Nylon 66 T-728	6.8	4.8	0.4	50
Polyester T-68	6.0	2.1	0.3	75
Rayon	0	4.9	1.4	—
Kevlar	0~0.2	0.5	<0.03	300+
Steel	0	0.7	<0.03	—
Glass	0	0.5	<0.03	—

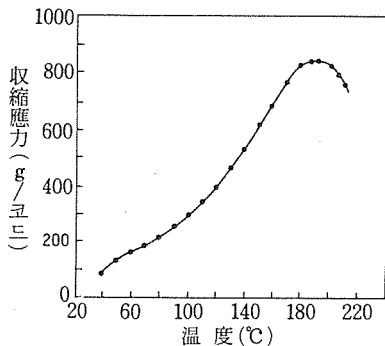
* 測定條件: 1g/d, 30分, 24°C,

** 30秒와 30分間의 크립 (Creep)

발생하기도 한다. 위에서 說明한 바와 같이 Kevlar 는 크립과 熱收縮이 작고 치數安定성이 매우 良好할 뿐만 아니라 強度도 대단히 크다.

이 原因은 Kevlar 의 分子鎖가 trans 型인 p-ara 全芳香族 Polyamide 로서 대단히 剛直하므로 伸長鎖를 가진 柱狀 micro-fibril 構造로 되어 있기 때문이라고 한다(Kevlar 項 參照).

[熱收縮力] 以上은 코드를 自由로운 상태에서 加熱했을 경우의 收縮에 대해서 論하였으나, 또 다른 方法으로는 코드를 일정한 길이로 維持하면서 昇溫시켰을 때의 應力을 測定하는 方法이 있다. 그리고 그림 14에 表示된 바와 같이 溫度의 上昇에 따라 收縮應力이 上昇됨을 알 수 있다. 合成纖維는 일반적으로 熱收縮이나 熱收縮力이 크다. 이와같이 熱收縮이나 熱收縮力이 크면 製造上 큰 問題點이 있다. 예컨대, 나일론



(그림 14) 나일론 6 타이어 코드(840 d/2)의 收縮應力과 溫度와의 關係

타이어를 加黃 직후 그대로 放置해두면 熱收縮力에 의해 收縮되어 크기가 작아지든지 또는 不均一하게 된다. 따라서 加黃 직후에 나일론 타이어가 收縮되지 않도록 하기 위해서는 内部에서 加壓하면서 冷却시켜야 하므로 또다른 工程이 필요하게 되며 시간이 더 걸리게 된다.

以上으로 熱收縮이나 熱收縮力은 合成纖維織物의 工場作業處理 및 타이어의 치數, 밸런스 등 品質管理上 影響이 크므로 細心한 注意가 必要하다. 호스, 벨트, 고무引布 등도 마찬가지이다.

合成고무의 치수安定성은 微細構造나 分子構造에도 달렸으나, 熱延伸時의 時間, 溫度, 張力에 의해서도 어느정도 支配된다. 그러므로 熱收縮을 작게 할 必要가 있을 때에는 溫度를 높이고, 張力을 작게하고 있다. 또 레이온은 表 2에서와 같이 熱收縮이 없으므로 나일론, 폴리에스테르 타이어에서와 같이 内部를 加壓하면서 冷却시키는 별도의 工程이 必要없는 利點이 있다.

(4) 耐疲勞性이 良好할 것

타이어 코드는 고무 속에서 伸長, 壓縮, 屈曲 등의 作用을 받아 時間이 지남에 따라 疲勞劣化되어 強度가 低下되므로 耐疲勞性이 良好하

各種 Dipped타이어코드의 性能比較

(表 3)

	Kevlar	Steel	Glass	Rayon	Nylon	Polyester
Denier	4500	7800	3650	3650	2600	2150
糸 構造	1500/3	2×3×0.0058	75/5/0	1650/2	1300/2	1100/2
切斷強度 (1 ds)	180	59.0	79.0	31.5	50.5	34.0
引張強度 (g/d)	18	3.4	9.8	3.9	8.7	7.2
切斷伸長 (%)	4	1.7	4.8	15	21	15
Modulus (g/d)	350	200	260	50	32	65
引掛強度 (g/d)	8.0	1.6	3.6	1.8	4.5	3.2
크 립 (Creep)* (%)	0.49	0.17	0.54	4.9	4.8	2.1
收 縮 (160° F, %)	0	0	0	0	6.8	6.0
比 重	1.44	7.81				
스코트式屈曲疲勞테스트(kc)	2300**	75	245	800	2300**	2300**
接着強度 (2-플라이·스트립, 1인치幅, 140°C)	35	35	33	35

* 1g/d, 30分, 75°F ** 2,300,000회로 테스트 中止

여야 한다. 耐疲勞性은 溫度가 높아짐에 따라 低下되므로 될 수 있는 한 溫度가 올라가지 않도록 하여야 한다. 예컨대, 發熱이 적은(Hysteresis loss 가 적은) 纖維나 고무配合을 使用

하든가, 또는 放熱이 잘 되게 하기 위하여 타이어의 두께를 얇게 하는 등 對策이 필요하다. 고무속의 纖維의 耐疲勞性은 各素材의 特性이나 고무의 硬度, 코드의 撚數, 構造 등에 의해

타이어 特性과 코드 特性

〈表 4〉

타이어 特性	코드 特性	코드 素材間의 比較
(製造工程上의 問題) 코드地의 가장자리 收縮, 처짐 成型性 加黃時 uniformity(形狀, 치數) 加黃時強度低下 内部缺陷 發生	吸濕收縮小, 遲延回復小 柔軟性 收縮小(吸濕 및 熱) 高融點, 低水分 柔軟性, 空氣透過性大	레이온, 나일론에서 發生 스틸에서 問題, 굵은 denier 코드에 注意 나일론의 缺點 나일론6의 缺點
(耐久性, 安全性) 耐疲勞性(壓縮—伸長) 耐化學劣化性 耐衝擊性 Separation (ply, tread, edge) 트레드홈抵抗(갈라짐) 耐發熱性* 耐水性 耐펑크性 (못에 찢리는 抵抗, 破壞狀態) 高温特性(強力, 剛性)	撚數의 最適化 등 加水, 加 amine, 酸化劣化小 衝擊破壞에너지 大 接着性大, 柔軟性 高 Young 率, 低크립(creep)性 損失彈性率小 低水分, 耐蒸熱性大 高融點, 高 glass 轉移點	나일론>폴리에스테르>레이온 폴리에스테르의 加水, 加 amine 分解 나일론 良好 以前, 폴리에스테르·스틸의 缺點 이었음. 스틸, Aramid 良好 레이온의 濕潤強力低下, 스틸의 녹 스틸 良好
(乘車感) 良路에서의 (Uniformity) 惡路에서의 ** 홀랫스팟(Flat spot)	低 收縮 Young 率小 Young 率大, 高 glass 轉移點	glass, steel에서 問題 나일론에서 問題
(操縱性, 安全性) Cornering Power* 復元 torque	高 Young 率(트레드剛性大) 高 Young 率(트레드剛性大)	나일론<폴리에스테르, 레이온<스틸, Aramid 同上
(經濟性) 燃料消費量* 트레드 磨耗* Recap 性(再生타이어 제조 가능성:大型타이어)* 코드使用量, 고무使用量	損失彈性率小(發熱小) 高 Young 率(트레드剛性大) 등 發熱小 耐熱性, 耐疲勞性 등 強力大→코드게이지 등	스틸의 特徵 } 스틸의 特徵 } Aramid 에 대해서도 期待 스틸의 特徵 } 큼

* Radial 타이어의 長點 ** Radial 타이어의 短點

많이 좌우된다. 나일론은 伸長率과 Toughness 가 크고 耐疲勞性이 우수한 素材이다. 纖維의 疲勞性은 매우 重要하므로 자세한 說明은 앞으로 별도로 하겠으나, 研究結果에 의하면 나일론은 伸長-壓縮을 많이 반복하게 되면 疲勞가甚하여 強度가 低下됨을 알 수 있다. 各種纖維材料의 疲勞性을 比較해보면 表 3에서 스코트式 屈曲疲勞 테스트의 例와 같다.

위에서 說明한 強度, 彈性率, 熱特性, 치수安定性, 耐疲勞性 등의 諸特性은 타이어用 뿐만 아니라, 호스, 벨트 등의 고무用 纖維에도 거의 共通되는 重要性能이다. 그리고 타이어 特性을 코드 特性과 잘 聯關시켜 종합 整理한 것을 보면 表 4와 같다.

다음에는 이들 纖維와 고무를 接着시키는 接着處理에 관해서 간단히 略述하고자 하나, 複合材로 보는 견지에서는 이 接着이 가장 重要한 것이다.

(5) 고무와의 接着성이 良好할 것

고무用 纖維는 고무와 充分히 接着된 複合材로서 使用된다. 그러므로 兩者가 一部分이라도 剝離된다면 그 部分으로 應力이 集中되어 短時間에 고무製品은 致命的인 損傷을 받아 破壞된다.

有機纖維에 N-H, O-H 등의 極性官能基가 있으면 Resorcin 基中の O-H와 水素結合을 하게 되므로 接着反應에서 有利하다. 現在有機系 코드는 接着處理와 同時에 伸縮되지 않도록 하기 위하여 熱延伸處理를 한 후에 使用한다. 이러한 接着處理는 고무工業에서는 매우 重要한 것이므로 자세한 說明은 후에 별도로 하기로 하고 여기서는 그 概略만을 들기로 한다.

① 타이어 코드의 接着, 熱延伸處理 및 Dipped 코드

코드는 고무와 接着시키기 위하여 Resorcin (R), Formalin (F)의 初期縮合物에 고무 latex (L)을 混入한, 즉 RFL 接着液中에 타이어 코드를 浸漬(Dipping)하여 코드 表面 및 内部에 RFL를 부착시킨후 乾燥시킨다. 다음에는 RFL의 反應을 完結시키고 또 타이어 코드의 치數安定性を 높이기 위하여 纖維의 軟化點에 가까운 適當한 溫度, 時間, 張力으로 熱延伸處理를 한다.

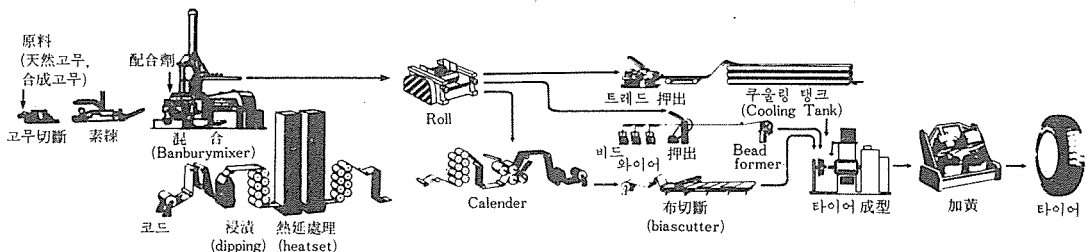
實際로는 그림 15(左下)에 表示된 바와 같이 타이어 코드의 簾織物 Roll을 RFL液에 浸漬한 후 乾燥, 熱延伸處理하고 다음에 未加黃고무를 톱핑(Topping)하여 이 톱핑 코드지를 適切히 切斷한 다음 타이어 成型工程으로 넘긴다.

이와같이 接着, 熱延伸處理한 코드를 Dipped 코드라고 하며, 이들 處理를 일반적으로 Dipping이라고 말한다. 接着, 熱延伸處理에 의해 纖維의 配向性, 結晶性 또는 重合度 등이 약간 變化되므로 原料코드의 強度나 伸長率 등도 조금씩 變化된다. 예컨대, 伸長率은 조금 줄어들고 彈性率은 增加된다. Dipped 코드의 性能은 表 3에 表示된 바와 같다. 폴리에스테르나 Kevlar의 경우는 위에서 說明한 RFL만으로는 接着力이 不足하므로, 미리 Epoxy 樹脂液으로 前處理한 후 RFL로 處理한다. 그러므로 接着處理의 費用이 다소 늘어나게 된다.

호스, 벨트, 고무리布用 合成纖維나 레이온 등도 마찬가지로 RFL로 接着, 熱延伸處理한다(비닐론은 接着處理만 한다).

② 스틸 코드의 黃銅鍍金

스틸 코드는 고무와 接着시키기 위하여 보통



[그림 15] 타이어의 製造工程圖

表面에 黃銅鍍金을 한다. 鍍金組成은 일반적으로 銅 70%, 亞鉛 30%가 좋다고 하나, 고무配合의 組成에 의해 약간 달라진다. 鍍金의 두께는 0.2~0.3 μ 이다.

고무와의 接着反應에 있어서도 加黃중에 黃銅과 고무와의 界面에 生成된 黃化第一銅이 고무의 不飽和點에서 結合하여 接着力을 발휘한다고 한다. 한편 콘베이어 벨트用 스틸코드는 일반적으로 亞鉛鍍金을 한다고 한다.

③ Glass 코드

Glass 를 熔融紡糸한 직후, 매우 活性인 때에 集束劑로 處理한 후, RFL 處理를 한다. RFL의 附着量은 耐疲勞性を 증가시키므로 위에서 말한 有機纖維보다 많이 사용한다.

(6) 實用上 低價格인 것이 좋다

商品인 이상 原材料費가 낮을수록 좋다. 앞에서 說明한 바와 같이 많은 要因이 있다하더라도 補強材를 쓰는 主要目的은 強度이다. 따라서 性能이 같다면 強度(g/d)當 價格이 싼 것이 좋다는 것은 두말할 나위없다. 現在 고무用 纖

維의 強度(g/d)當 價格順位를 보면,

綿>레이온>폴리에스테르<나일론>비닐론 등으로 되어 있으며, 이들 纖維 中에서는 綿, 레이온 등이 高價이다.

레이온은 指數安定性, 操縱安定性, 耐후렛스 劣性 등이 뛰어난 등 利點이 많으나, 위에서와 같이 強度當價格이 高價여서 다른 合成纖維로 代替하게 된 原因이 되기도 한다.

綿이 가장 高價이긴 하지만 부피가 많고 RFL 接着處理를 하지 않아도 될 뿐 아니라, 作業性이 良好하므로, 호스, 벨트, 고무引布, 신발類 등의 一部에 사용되고 있다. 上記順序는 原料事情, 製法, 生産量 등에 의해 變動되므로 留意하여야 한다.

以上으로 고무用 纖維, 특히 가혹한 條件에서 使用되고 있는 타이어코드에 要求되는 主要性能에 대해서 例를 들어 說明하였다. 그러나 위에서와 같은 많은 條件들을 모두 만족시킬 수 있는 素材는 現在로서는 없으며, 다만 性能에 따라서 그 特色을 살릴 수 있도록 各種 타이어 및 고무 製品에 사용하고 있는 實情이다.

日本 主要合成纖維의 價格과 輸入量과의 關係

〈參考〉

(變動換率)

年度	換率 (円/U\$)	나일론長纖維		폴리에스테르長纖維		폴리에스테르短纖維		아크릴短纖維	
		價格 (円/kg)	輸入量 (톤)	價格 (円/kg)	輸入量 (톤)	價格 (円/kg)	輸入量 (톤)	價格 (円/kg)	輸入量 (톤)
1970	360.00	512	532	975	1,468	...	1,466	...	1,547
71	350.73	432	618	706	618	...	4	...	111
72	308.00	428	1,979	577	549	...	3	...	43
73	272.80	718	5,206	787	3,296	398	472	398	942
74	291.52	689	2,656	733	2,835	443	621	446	413
75	296.70	534	1,942	654	952	406	453	443	270
76	296.99	554	2,543	636	2,087	398	2,124	441	648
77	270.42	497	2,415	503	1,687	354	2,174	344	1,525
78	212.18	555	4,164	614	16,269	330	15,137	373	19,347
79	217.47	606	6,133	626	8,817	343	11,543	386	34,214
80	227.67	805	8,202	696	15,016	405	7,354	480	11,628

資料: 大藏省「日本貿易月表」, 「日本經濟新聞」, 日本化學纖維協會「化纖 Hand book」