

타 이 어 의 材 料

協 會 李 光 宰

1. 타이어의 機能과 構成材料

타이어의 機能에 대해서는 앞서서도 여러가지 說明해왔으나, 생각컨대 그 機能은 모두 車輪에 낀 둥글고 屈曲性이 있는 壓力容器로서의 作用과 또 타이어와 地面과의 摩擦力을 유지하는 고무의 性質에 의한 것이라고 볼 수 있다. 따라서 타이어의 材料도 이와 같은 모든 基本的인 性質을 어떻게 하면 가장 잘 發揮할 수 있고 또 同時에 어떻게 해야만 그것을 經濟적으로도 無理없이 達成할 수 있는나하는 것을 目標로 發展해온 것이다.

먼저 壓力容器로서의 機能을 살펴보면, 타이어의 使用內壓은 가장 낮은 것이 0.2~0.5 kgf/cm² 정도이고, 높은 것은 (航空機用타이어 등) 最大 25kgf/cm²이며, 一般타이어는 內壓 2 kgf/cm² 前後 또는 그 以上으로 사용하고 있는데, 어쨌든 壓力容器라 하여도 좋을 것 같다. 따라서 이러한 強度를 維持하기 위해서는 고무보다도 더욱 強度가 높고 伸長率이 작으며 또 屈曲性이 좋은 材料가 必要하게 되었다. 즉 이런 點에서는 여러가지의 纖維材料가 適合할 것이라는 것은 쉽게 생각할 수 있을 것이다. 또 가느다란 鋼線을 Wire rope 와 같이 여러가닥 끈 것까지 使用하게 되자 점차 그 特徵을 알게 되었고, 따라서 지금의 Steel 타이어 時代로 變遷되어 온 것이다. 단, 코드(Cord)만으로는 허트러지게 되므로 이것을 잘 處理하여 만들기 쉽

록 하기 위해서는 結局 屈曲性(flexible)이 좋은 고무를 사용하게 되어 지금의 타이어 카카스가 나타나게 된 것이다. 타이어를 車輪에 固定시키기 위한 비드部는 힘의 傳達이나 車輪과의 結合이 잘 되어야 하므로 치數와 形狀이 正確하지 않으면 안되므로 일반적으로는 Steel cord 素線보다도 훨씬 굵은 鋼線束이 사용되며, 그 構造도 보다 強한 것으로 되어 있다. 內壓을 維持하는 역할을 하는 튜브나 인너라이너도 물론 屈曲性이 좋은 柔軟한 것이어야 하므로 역시 알맞은 性質의 고무를 사용한다.

路面에 대한 特性이나 騒音 등에 크게 關聯되는 トレッド 材料는 耐磨耗性이나 耐Cut 性 등의 耐久性을 포함한 타이어 全體的인 評價를 左右하는 要素로서, トレッド 고무質의 決定은 타이어 技術者들의 가장 어려운 問題 중의 하나이다. 또 중요한 것으로는 카카스를 여러가지의 外部環境으로부터 보호해주고 있는 Sidewall 이 있다. 다음에는 코드 및 各部의 고무, 그리고 其他 타이어 材料 등에 대해서 說明하기로 한다.

2. 타이어 코드

(1) 타이어 코드에 걸리는 힘

타이어를 림에 끼우고 內壓을 넣은 狀態에서 타이어 코드에 張力이 걸린다. 그 張力은 內壓과 그 해당 部分의 形狀으로 정해지는 平衡

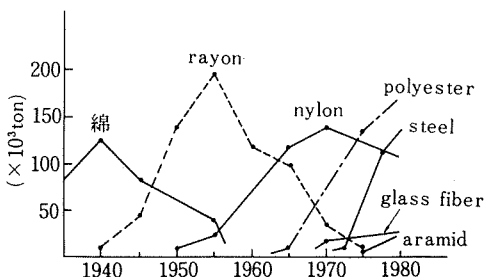
條件으로 주어진다. 타이어에 負荷가 걸려서 變形이 일어나면 內壓과의 平衡條件이 變하여 코드가 부담하는 張力이 달라진다. 즉, 負荷를 받아서 回轉하고 있는 타이어에서는 코드에 걸리는 張力이 變하게 된다. 이밖에도 驅動, 制動이나 Cornering 등으로 카카스가 部分的으로 引張되든가 또는 비틀리게 되면 張力의 變動이 일어난다. 코드張力이 場所에 따라 變動될 때에는 그 變動은 코드와 코드를 둘러싼 고무와의 사이에서 힘을 주고 받음으로써 吸收된다. 이 이상의 說明은 복잡해지므로 省略하겠으나, 要件대, 타이어 코드가 받은 張力은 그 타이어의 해당部位에 따라 定해지며, 負荷, 轉動 등 여러가지의 自動車의 運轉操作에 따라 變한다. 그리고 고무와의 接着面에 걸리는 剪斷力도 달라진다.

따라서 타이어 코드에 대한 評價는 단순한 強한 伸長率에 대해서 뿐만 아니라, 外力의 變動에 따른 疲勞나 溫度條件, 고무와의 接着力 및 그 疲勞現象 등 여러가지 面에 대해서 評價되어야 한다.

(2) 타이어 코드의 變遷

타이어 코드가 發明되기 전, 初期의 타이어 補強材料로 사용되었던 것은 Canvas와 같은 織布였다. 그 당시에는 麻와 같은 것도 사용되었으나, 주로 사용된 것은 綿絲로 짠 Canvas였다. 그후 1908年 簾織布가 開發되면서부터 참다운 타이어코드가 사용되기 시작하였다.

이 때에는 合成纖維가 있을리 없고, 工業用纖維는 모두 綿이었으나, 美國의 資料에 의하면 美國 市場에서는 1940年 頃부터 再生纖維인



[그림 1] 美國의 타이어 코드 使用量 變遷

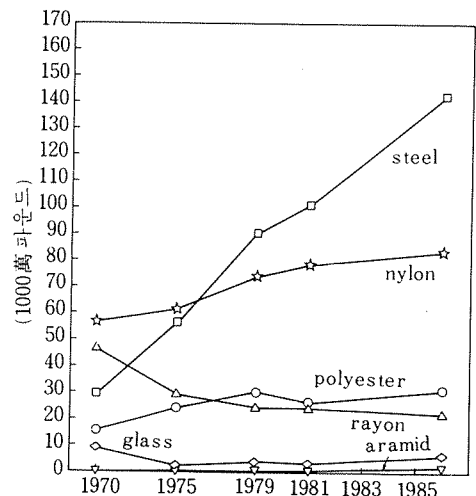
Rayon이 사용되기 시작하였고, 1950年代에는 完全히 타이어코드市場을 制覇하였다. 그러나 1950年初부터 나온 Nylon이 점차 勢力을 떨치는 한편, 보다 競爭的이고 價格이 싼 纖維, 폴리에스테르가 사용되면서부터는 Rayon도 使用量이 차츰 떨어지기 시작하였다. 1970年代에는 타이어가 Belted bias, Radial 등으로 發展됨에 따라 Glass fiber, Steel이 많이 使用되었고, 특히 Steel은 트럭用으로도 韋어가 急激히 增加됨에 따라, 눈부신 增加趨勢를 나타냈다(그림 1).

이와 같은 現象은 美國市場에서의 實例이긴하나, 이만큼 商品의 榮枯盛衰가 分明했던 例도 드문 것 같다. 世界的으로 본 타이어 코드의 傾向 및 日本市場의 경우를 보면 각각 그림 2, 3과 같이 美國만큼 極端的인 世代交替는 보이지 않으나, Steel의 伸長이 급격한 變化를 보이고 있다. 全般的으로 본다면, 最近의 多邊化時代가 反映된 것인지, 用途別로 코드의 多樣化가 이루어지고 있는 것으로 보인다.

다음에는 各種 타이어 코드에 대해서 살펴 보기로 한다.

(3) 綿 코드

再生纖維나 合成纖維가 나오기 전에는 綿이



[그림 2] 世界의 타이어 코드 消費量 (DuPont, 82. 1月) (中共, 東歐는 除外)

性能·價格·量的인 면에서 唯一한 工業用纖維였으며, 타이어 코드로서도 綿이 愛用되었다. 綿이란 이미 잘 알고 있는 바와 같이 美國의 南部, 印度, 아프리카 各地 등에서 栽培되는 木花의 열매에서 나오는 纖維이므로 短纖維이며, 이것을 실로 만들기 위해서는 이 纖維를 이룬바 撚糸하는 紡績工程을 거쳐야 한다. 生産地에서 輸送된 木花는 씨를 빼고 깨끗이 한 다음 單糸라고 하는 가느다란 綿糸로 만든다. 單糸의 굵기는 일반적으로 20番手, 22番手, 23番手 등이 많이 쓰인다. 番手는 紡績에서 쓰이는 독특한 用語로, 840야드(yard, 768.1m)의 실의 重量이 1파운드인 실의 굵기를 1番手라고 하며, 重量이 1/n 파운드이면 n番手라고 한다. 어쨌든 英國의 紡績이 世界를 支配했던 때를 연상케 한다.

이 單糸를 4~5本 모아서 拵(中撚) 다음, 다시 이 실을 4~5本 모아서 또 拵는(上撚) 複雜한 과정을 거쳐 타이어코드가 제조되었다. 例컨대, 23番手 5本을 拵 다음 또 그 3本을 拵는 構造에서는 23^s/5/3으로 表示하고 있다. 紡績糸는 短纖維로 힘을 傳達하고 있으므로 原綿의 纖維는 긴 것이 좋다고 하며 原綿의 品質等級은 熟練자들이 손으로 잘게 비틀어 보아서 綿質을 判定하는 習慣이 있었다. 이와같이 複雑한 과정을 거치게 되는 것은 흔히 볼 수 있는

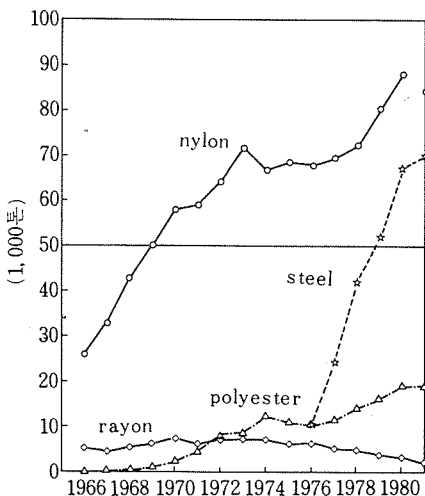
天然産物의 不均一한 點을 平均化시키고, 強度나 伸長率도 均一하게 하기 위한 것이었다. 16^s/4/3이라든가 20^s/4/2 등의 構造도 사용하였다. 코드를 꼰 때의 撚數는 耐疲勞性을 좋게 하기 위해서는 많을수록 좋으나, 그렇게 되면 反面에 強度가 떨어지고 伸長率이 커지므로 各 構造에 따라서 適當한 撚數를 淸한 撚數가 規格化되어 있다. 그 후 이와같은 點을 감안 다시 強度를 높이고 伸長率을 줄이기 위하여 low stretch 處理을 하였다. 이것은 撚糸工程에서 強한 張力을 주는 方法으로, 물을 바르든가 特殊한 固定劑를 사용하여 收縮되는 것을 防止하였다. 이와 같은 方法으로 綿 코드의 性質을 많이 改善시켰다.

原綿의 種類에 따라서도 물론 綿코드의 物性이 크게 다르다. 튼이 긴 이집트綿 등은 매우 좋은 高級品이었고, 美國南部에서 大量으로 生産되는 美國綿은 실(糸)로서의 強度나 耐疲勞性 등에서 도저히 따라갈 수 없었던 것으로 보인다. 綿은 젖으면 收縮되고 強度는 약간 增加되는 등 묘한 性質도 있으나, 天然産物으로서 價格條件이 不利하며, 타이어코드로서도 耐熱性이나 耐疲勞性 등에서 再生纖維를 따라갈 수 없어서 결국 조용히 자취를 감추고 말았다.

(4) 레이온(Rayon) 코드

그림 1에 의하면 美國에서는 1940年 頃부터 Rayon 타이어가 出現된 것 같다. Rayon은 이른바 再生纖維인데, 天然纖維素(Cellulose)를 여러가지의 化學的方法으로 빼내어 그것을 다시 실로 만든 것이다. 이 纖維素를 빼내는 方法은 여러가지가 있으나, 타이어 코드를 만드는데에는 Viscose法을 이용해왔다. 간단히 말하면 이 方法은 木材나 코튼린터(木花씨 들레의 짧은 털) 등으로 만든 良質의 펄프를 水酸化 나트륨으로 處理하고 二硫化炭素로 녹여 反應시킨 Viscose라는 粘液을 가느다란 노즐을 통하여 凝固浴中으로 押出し시켜서 실로 만드는 方法이다.

原料 펄프의 質, Viscose의 製造條件, 紡糸條件 등의 技術開發로 普通人絹(전에는 Rayon을 人造絹糸라 하였음)에서 強力人絹으로 놀랄



[그림 3] 日本의 타이어 코드 使用量 變遷

만큼 高品質의 실을 만들 수 있게 되었다. 그러나 強力人絹도 테스트 중, 예컨대, 9.00-20 으로 試作한 타이어를 실제 走行試驗을 한 후 조사한 結果, 10.00-20으로 치수가 커졌다고 한다. 그것은 Dipping 處理의 條件이 不適當하여 Creep 現象을 막을 수 없었기 때문이다.

Rayon은 製造條件만 완벽하다면 精確한 타이어를 만들 수 있으며, 乘用車用 타이어 등에서는 操縱性이나 騒音面에서도 뛰어나며 또 flat spot도 나타나지 않고 대단히 좋은, 素性이 精確한 코드였다. 그러나 水分의 影響을 받기 쉽고 高溫時 強度나 接着力이 크게 低下되며, 高速耐久性이나 高荷重負荷에 있어서는 아무리 해도 나일론을 따라갈 수 없는 것이 缺點이고, 또 原價가 높아서 一般 타이어用으로는 점차 쓰지 않게 되었다. 특히, Radial 타이어가 나온 후에는 카카스 材料로 사용되었는데 現在에도 유럽 地域에서는 사용되고 있다. 또 Steel belt가 全盛期를 이루기 전까지는 belt에도 잘 使用되었다.

日本에서는 Rayon이 戰時中에 綿코드의 代用으로 사용되었으나 結果가 좋지 않았고, 1945年 中반부터는 連續紡糸의 強力人絹이 나오면서 슈퍼 1, 2로 發展되어 왔으나, 1945年 末頃부터는 Nylon에 밀려나서 車用 타이어에서 차츰 차위를 감추게 되었으며, 比較的 輕荷重 分野에서도 Polyester 코드로 置換되어 거의 볼 수 없게 되었다.

(5) 나일론 (Nylon) 코드

美國 Du Pont社에서 發明한 새로운 合成纖維 나일론이 타이어 코드로서 市場에 나타나기 시작한 것은 1950年頃이었다. Du Pont의 나일론은 現在의 나일론 66으로서, 헥사메틸렌 디아민과 아디핀酸의 重合體이며, 單量體는 다같이 炭素原子 6개를 가지고 있으므로 66이라고 한다. 日本의 東洋 레이온社에서 開發한 것은 ϵ -Caprolactam이라고 하는 炭素原子 6개를 가진 環狀體의 고리를 열어서 重合시킨 것으로 나일론 6이라 부르고 있다. 이것은 Polyamide라고 하는 窒素를 含有한 重合體이다.

製造方法은 두 가지 다 別差異 없으며 熔融紡糸法으로 만들어진다. 즉, 重合體를 融點以上으로 加熱시켜 粘性液體로 만들어서 많은 구멍이 있는 노즐을 통하여 押出시켜서 瞬間적으로 凝固시킨 單纖維(filament)를 다발로 하여 高速으로 감게 된다. 이대로는 많이 늘어날 뿐만 아니라 強度도 不充分하여 감은 직후 4~5배 정도로 延伸作業을 하여 結晶의 配列을 정리해서 強度도 높이고 伸長率도 적당한 범위로 조정한다.

美國의 나일론 66과 日本의 나일론 6에 대해서는 그 優劣에 대해서 많은 論議가 있었으나 타이어로서는 實用上 거의 差가 없는 것으로 나타났다. 現在에도 나일론은 車用, 建設機械用, 航空機用 등 Bias 타이어에서는 거의 獨占하고 있는 것 같다. 물론 코드로서의 品質도 많이 改善되어 初期의 코드보다도 훨씬 向上되었다.

나일론코드는 높은 強度, 耐熱性, 高溫時的 強度維持率, 고무와의 接着性 등에서 다른 코드에서는 볼 수 없는 特性을 가지고 있으며, 앞으로 계속 사용될 것으로 보인다.

(6) 폴리에스테르 (Polyester) 코드

Polyethylene terephthalate라고 하는 일종의 ester의 重合物로서, 1940年代初 英國에서 發明되었다. 衣料用으로는 現在에도 合成纖維중에서 生産量이 1위를 차지하고 있다. 폴리에스테르를 타이어코드로 應用하게 된 것은 1960年頃이다. 폴리에스테르 코드는 나일론 66보다도 融點이 높고, Modulus도 높으므로 나일론 코드의 여러가지 缺點, 즉 특히 乘用車용 타이어와 같은 小型 타이어에 사용한 경우의 flat spot의 發生, 치數安定性이나 操縱性의 不足 등에 대해서는 훨씬 좋았으며, 나일론보다는 레이온에 가까운 特性을 갖추고 있다. 價格面에서도 폴리에스테르는 石油化學系의 原料에 의존하고 있어서 窒素(N)를 含有하지 않으므로 나일론보다도 더욱 有利한 條件에 있고 또 價格이 계속 올라가고만 있는 레이온도 능가하게 되었다. 특히 美國 및 日本에서는 거의 레이온을 驅逐

하고 말았다.

美國에서는 Du Pont 社 등의 合成纖維 메이커 외에, 世界 제 1의 타이어 메이커인 Good-year 社에서도 自社를 위한 폴리에스테르 코드의 工場을 設立하는 등 많은 힘을 기울였다. 폴리에스테르 코드의 缺點은 꼬는데 따른 強力低下가 나일론보다 크고(燃效率이 낮음), 고무와의 接着이 나일론이나 레이온보다 어렵다. 接着力 自体의 水準이 나일론이나 레이온보다 낮으므로 比較的 ply 間的 剪斷力이 큰 大型 Bias 타이어의 카카스에는 사용되지 않았으나 Radial 타이어에서는 카카스에도 사용되었다.

(7) 케블라 (Kevlar) 코드 및 其他

꿈의 纖維, 魔法의 纖維라고 불리어지고 있는 케블라는 역시 美國의 Du Pont 社에 의해 發明된 것이다. 纖維分類에 있어서는 나일론과 마찬가지로 Polyamide 에 屬하나 單位物質은 芳香族의 化合物이며, 構造的으로 극히 剛直하고 강한 割期的인 것이다. 強度 22g/D (denier 當 g 數), 初期 Modulus 480g/D 이며, 특히 뛰어난 特性은 耐熱性이 놀랄만큼 크다는 것이다. 즉, 強度에 있어서는 나일론의 2.5배 정도이고 Modulus 는 10배 정도에 달하며, 또 Steel 에 比해서도 重量當 強度는 約 5배 정도이고 타이어 材料로 사용되는 코드狀態의 Modulus 는 2배 정도 된다고 한다.

한편 치數安定性이 뛰어나서 값이 비싼 것이 短點이긴 하나, 타이어에서도 Radial 타이어의 벨트 등에 사용하기 시작하였다. 接着面에 있어서 多少 어렵다고는 하나, 大型인 建設機械用이나 航空機用 타이어 등에서도 Ply 數를 대폭 줄일 수 있으므로 利用될 가능성이 많다. Kevlar 란 Du Pont 社의 商品名이나 이와같은 芳香族 Polyamide (Aramid) 類의 超高強力 纖維는 多方面에서 研究되고 있으므로 앞으로 멀지 않아 企業化될 것으로 보인다.

強度面에서는 炭素纖維도 자주 話題로 오르고 있으나, 고무補強用으로는 接着性 때문인지 타이어 코드로는 아직 사용되지 않고 있다.

日本에서 開發된 合成纖維인 Vinylon 은 당시

에는 耐熱水性, 纖維의 부피 등으로 自動車타이어用으로는 사용하지 못하고 다만 工業用品의 補強用이나 自轉車타이어용코드 등에만 사용되었으나, 最近에는 品質이 改善되어 再評價되고 있는 것 같다.

Glass fiber 도 美國에서는 Belted bias 타이어의 벨트用이나 Radial 타이어의 比較的의 廉價인 벨트材로 상당히 널리 사용되고 있는 것 같으나, glass 의 filament 로 되어 있어 屈曲이나 衝擊으로 filament 가 破碎되기 쉬우므로 日本에서는 需要量이 늘지 않았으나, 美國에서는 앞으로도 어느정도 사용되지 않을까 하는 展望이다.

(8) 스틸 (Steel) 코드

最近 타이어 코드界에서는 Steel Cord 가 눈부신 成長을 하고 있다. 프랑스의 Michelin 社에 의해 Steel Radial 타이어가 開發된 것은 1940 年代의 後半이다. Wire rope 의 例로 보아 素線을 가늘게 하면 屈曲性이 훨씬 좋은 코드가 된다는 것은 쉽게 알 수 있다고 할지라도, 고무와의 接着問題 등을 비롯한 여러가지 어려운 點들을 克服하여 오늘날의 놀라운 Radial 타이어를 完成한 同社의 努力에는 감탄하지 않을 수 없다.

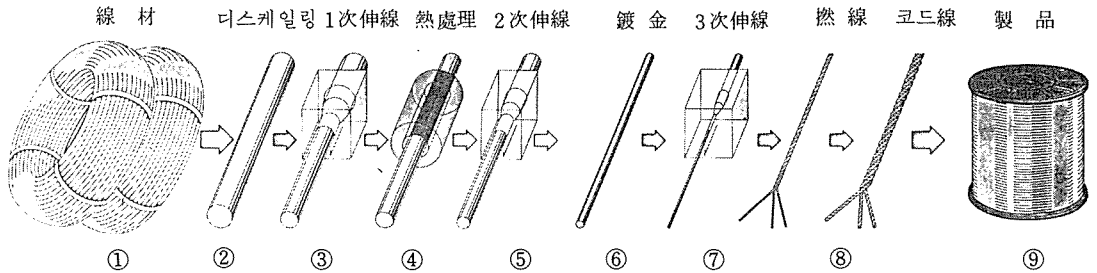
Steel 코드의 材料는 炭含量 0.6~0.8% 정도인 高炭素鋼이며, 보통 5.5mm 徑 線材를 延伸시켜 가느다란 素線으로 만든다. 코드의 設計에 따라 素線徑은 다르며, 가는 것이 0.15 mm 정도이고 굵은 것은 0.38mm 정도도 있다. 그림 4, 5는 스틸코드의 簡單한 製造工程과 몇가지 코드 構造의 略圖를 表示한 것이다.

스틸 코드에서도 역시 素線을 가늘게 하고 여러 線을 疊해서 꼬는 것이 屈曲疲勞에 좋으므로 10餘年前에는 이른바 $(1 \times 3) + (5 \times 7) \times 0.15$ 라고 하였다. 心에는 0.15mm 3本을 疊해서 끈 것을 사용하고 그 周圍도 역시 0.15mm 7本을 끈 것 5本을 다시 끈 코드가 트럭用 Radial 타이어의 카카스 코드로 사용되었으나(그림 6), 現在에는 그림 5에서와 같이 굵은 素線과 가는 素線을 짝지어서 素線數도 적게 되어 있다. 벨트

用 코드에서는 더욱 간단하여 총 9本の 素線으로 된 코드가 많이 사용되고 있다.

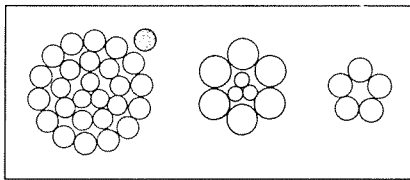
乘用車用 Radial 타이어의 벨트에서는 트럭用만큼 強度가 필요하지 않으므로 더욱 가는 素線 4~5本을 끈것만 사용하는 경우가 많다. 素線이 가늘면 가는만큼, 또 꼬는 本數가 많으면 많을수록 加工費가 많이 들게 되므로 耐疲

勞性이나 接着問題가 허용되는 限 실을 굵게 하든지 또는 素線의 徑을 크게 한다는 생각은 纖維이든, 스틸이든 原価節減에서 주요 포인트라 할 수 있다. 끝으로 타이어用 纖維나 스틸 등의 單糸 및 타이어 코드의 各種材質을 比較해 보면 表 1,2와 같다.

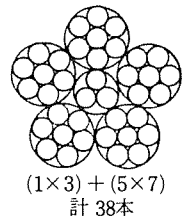


① 良質의 鋼鉄線을 製鉄會社로부터 購入한다. ② 線材를 깨끗이 소제한다. ③ 작은 구멍으로 線을 뽑아서 가늘게 한다. ④ 伸線으로 硬化된 線을 熱處理하여 다시 뽑기 쉽도록 한다. ⑤ 1次伸線보다 더 작은 구멍으로 線을 뽑아서 가늘게 한다. 재차 硬化된 線을 또 熱處理한다. ⑥ 線의 表面에 黃銅 鍍金한다. ⑦ 2次伸線보다 또 작은 구멍으로 線을 뽑아서 가늘게 한다. ⑧ 새끼(繩)나 wire rope을 만드는 것과 같은 原理로 많은 線을 한데 모아 꼬아서 스틸코드를 만든다. ⑨ 녹이 슬지 않게 包裝하여 出荷한다.

[그림 4] Steel cord의 製造工程



[그림 5] Steel cord의 構造



素線直徑 0.15mm
코드 徑 1.20mm
引張強度 165kg

(1×3) + (5×7)
計 38本

[그림 6] Steel cord의 斷面

[表 1] 單糸의 性質

	kevlar	polyester	nylon 6	nylon 66	rayon
denier (D)	1500	1500	1260	1260	1650
filament 數	1156	250	210	210	1100
filament denier (D)	1.3	6.0	6.0	6.0	1.5
引張強度 (KG)	32.9	13.9	11.9	11.5	7.4
強度 (G/D)	22.0	9.0	9.4	9.1	4.5
切斷伸長 (%)	4.0	11.9	22.0	21.0	7.0
密度 (G/CC)	1.44	1.38	1.14	1.14	1.52
溶融點 (°C)	>500	260	220	260	240에서 分解
重合方法	溶液	溶融	溶融	溶融	-
紡糸方法	濕式	溶融	溶融	溶融	濕式
polymer 類型	芳香族polyamide	polyester	polyamide	polyamide	cellulose

벨트用 dip cord 의 性質

	kevlar	rayon	steel	備 考
코드 構造	1500/2	1650/3	1×5(0.25)+1	
燃 糸 (T/10CM)	33×33	29×29	—	
強 力 (KG)	55.3	26.5	65.3	
強 度 (G/D)	17.3	4.8	3.5	
modulus (G/D)	370	80	234	
伸 長 (%)	5.3	13.2	2.0	
熱 收 縮 (%)	0.2	1.5	0	180℃
靜的 크립 (%)	0.8	4.0	0.1	150℃
耐疲勞性	100	100	—	튜브 테스트
接 着	68	100	100	필링 테스트

카카스 플라이用 dip cord 의 性質

	kevlar	polyester	nylon 6	nylon 66	備 考
코드 構造	1500/2	1500/2	1260/2	1260/2	
燃 糸 (T/10CM)	44×44	36×36	39×39	39×39	
強 力 (KG)	50.3	23.0	21.9	21.5	
強 度 (G/D)	15.0	7.0	7.8	7.5	
modulus (G/D)	188	50	30	35	
伸 長 (%)	6.8	21.1	27.7	22.6	
熱 收 縮 (%)	0.2	4.5	14.0	7.4	180℃
靜的 크립 (%)	1.1	3.5	7.2	5.8	150℃
耐疲勞性	80	80	100	98	튜브 테스트
接 着	68	100	100	100	필링 테스트

3. 타이어用 고무

타이어와 고무는 원래 어떻게 結緣된 것일까 하는 문제는 매우 흥미있는 일이다. 1845年 Thomson特許에는 일찌기 空氣入타이어의 基本的인 構造에서 氣密性 또는 水密性材料로 된 속이 빈 벨트를 사용한다고 되어 있고, 또 이와 같은 벨트를 만들 때에는 캔버스(Canvas)의 兩面에 印度고무 등을 발라서 그것을 여러장 고무 시멘트로 붙인 다음 黃의 溶液이나 蒸氣로 加黃한다고 되어 있다. 즉, Thomson 時代에 이미 고무에 대한 氣體不透過性, 未加黃고무의 粘着性 또는 加黃現象 등이 타이어에서는 重要的 要素로 간주되었다고 볼 수 있다. 단, 이러한 속이 빈 벨트의 外側은 가죽으로 싸여 있다

고 했으며, 現在와 같이 고무로 周圍를 保護한다는 것은 言及되지 않았다.

그 후 1888年의 Dunlop의 特許에는 氣密性인 튜브 및 內壓에 의한 応力을 維持하는 캔버스補強層으로 된 本体(카카스)를 路面 등으로부터 保護하기 위하여 고무나 또는 適當한 材料를 입힌다고 記述되어 있어 트레드部에도 고무가 利用되었음을 알 수 있다. 이 때에 사용된 高分子彈性체로는 실제로 天然고무에 限定되어 있었고, 또 時代的으로는 조금 앞선 有名한 Charles Goodyear에 의해 고무의 加黃이 發見되어 『未加黃고무의 粘着性을 살려서 加工하고, 그것을 加黃하여 形狀의으로나 化學的으로나 安定된 製品으로 할 수 있었다』는 事實도 反映되었겠지만 이 두 사람의 타이어 先驅者가 다같이 고무의 特徵에 着眼했다는 것은 특이한

일이 아닐 수 없다.

이렇게 생각한다면 고무와 타이어는 發明當時부터 끊을레야 끊을 수 없는 因緣이었다. 各種 Polymer 가 出現되고 또 여러가지 補強劑와 其他 配合劑가 開發되어 그들을 사용 할 수 있는 技術이 發達된 오늘날에도 넓은 意味로 볼 때에는 고무의 一族에 의해 타이어의 各部分이 形成되고 있는 것은 틀림 없다. 타이어와 고무의 이와같은 밀접한 關係는 타이어가 出現되면서부터 있었던 것으로 만일 고무가 없었더라면 타이어가 생겨나지 않았을 것이라고 말할 수도 있을 것이다. 그러면 여기서는 왜 타이어에는 고무가 가장 적합한 材料인가에 대해서 다시한 번 살펴보기로 한다.

고무의 特徵 중 가장 으뜸가는 것은 彈性率 이 낮다는 것이다. 우리들 周圍에는 金屬, 石材, 유리, 콘크리트, 木材, 纖維, 플라스틱 등 材料가 多樣하며 이들은 제각기 그들의 特性에 따라 사용되고 있으나, 어떤 物체에 加해진 힘과 그 힘에 의해 일어난 變形과의 관계는 그 物체의 基本的인 性質의 하나로서 實用上 極히 重要한 意義를 갖게 된다.

表 3은 일반적인 各種材料의 Young 率을 比較해 본 것이다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 고무의 彈性率은 鋼의 約 10萬分の 1 정도이고, 比較的 彈性率이 낮은 플라스틱에 比해도 1000 分の 1에 不過하다. 즉, 고무는 다른 材料에

〈表 3〉 各種物質의 Young 彈性率 比較

單位 : N/m² (約 10⁻⁷倍 하면 kgf/mm²로 됨)

物 質	E
	× 10 ¹⁰
鋼	20~22
銅	13
알 루 미 늬	7
鉛	1.6
木 材 (떡갈나무)	1.3
유 리	7~8
폴리스틸렌	0.38
나 일 론 66	0.36
폴리에틸렌	0.076
彈 性 고 무	(1.5~5.0) × 10 ⁻⁴

比해 매우 變形되기 쉽다는 것을 알 수 있다. 또 變形에서부터 回復되는 과정에서도, 예컨대 10%나 20%정도의 變形을 주었다고 해도 힘만 없앤다면 變形이 完全히 回復되나, 다른 材料에서는 훨씬 낮은 變形率에서도 永久的인 變形으로 남게 되어 다시 사용할 수 없게 된다. 실은 이와같은 性質은 고무의 一族이 그 分子構造에서부터 이른바 고무彈性을 가지고 있기 때문이다. 물론 鋼과 같은 材料도 예컨대, 形狀을 板이나 코일과 같이 만들면 큰 變形을 일으킬 수 있으며 또 回復도 빠르므로 '용수철'로서 여러가지 機械要素로 사용할 수도 있지만, 고무에서는 그것이 分子레벨에서 實現되고 있다는 점이 다른 物質로서는 代替할 수 없는 하나의 特性이라고 볼 수 있다.

또한 고무 材料의 재미있는 點은 配合과 混練 方法에 따라 自己의 要求에 맞는 여러가지 特性을 가진 고무質을 設計하여 만들어 낼 수 있다는 것이다. 일반적으로 機械 등에 사용되는 金屬材料, 특히 棒材나 板材에서는 規格表에 物性值가 記載되어 있어, 使用者는 그 중에서 自己의 希望하는 材質을 택할 수 있으나, 고무의 경우는 自己가 希望하는 材質(물론 어떤 範圍 내에서만)을 自己 스스로 配合, 混練 方法, 사용하는 機械設備, 條件 등을 정하여 만들어야만 한다. 金屬材料에서도 鑄物인 경우는 이와 비슷한 點이 있을지 모르나, 어쨌든 配合은 물론 物理的 또는 化學的인 工程을 포함한 混合이나 加黃方法까지도 自己가 정하여 여러가지 材質을 만들어 낸다는 것은 고무에서만 볼 수 있는 일이다.

過去 天然고무가 工業的으로 사용되는 유일한 Elastomer 였던 때에 比하면, 지금은 SBR, BR, IR 등의 汎用 合成고무와 IIR, EPDM, CR 등의 特殊合成고무의 등장으로 타이어用 Elastomer 의 範圍도 넓어졌고, 또 카본블랙이나 配合藥品에서도 여러가지 눈부신 發展을 하여 타이어의 構造, 性能面에서 要求條件에 맞는 여러가지 고무質을 創出해내는 技術이 크게 發展되었다고 볼 수 있다.

(1) 合成고무의 發展과 타이어

앞에서 說明한 바와 같이 “고무”라고 하면 天然고무 밖에 없었던 때에는 당연히 타이어도 天然고무만으로 만들 수 밖에 없었으나, 그 후 어떻게 하면 合成物質로 고무狀의 物質을 만들어서 그것으로 타이어를 만들 수 없을까 하는 것이 學術上으로나 또는 戰略上으로 큰 課題로 등장되었다.

지금으로부터 約70年前, 當時의 獨逸 Bayer 社에서는 카이제르의 自動車에 合成고무로 만든 타이어를 使用하였다고 발표하였다. 또 1915年 제 1次世界大戰當時에는 同社에서 메틸고무라고 하는 合成고무도 만들었다. 그 후 1933년에는 獨逸의 大化學會社인 IG 社에서 Buna S (現在는 hot SBR 라고 함)의 特許를 얻게 되자 美國의 General 社에서는 즉시 이것을 타이어에 利用하겠다는 契約을 IG 社와 締結하였다. 또 1935년에는 獨逸者 히트라가 合成고무의 國産化로 戰備態勢를 갖추라고 호통치던 것도 有名한 史實이다.

드디어 제 2次大戰이 勃發하자 獨逸로부터 合成고무의 輸出이 중단되고 또 東南아시아의 情勢도 念慮되어 美國政府에서는 有力한 타이어 메이커 4社에 合成고무工場의 建設을 要請하였다. 이리하여 日本의 占領으로 入手하지 못했던 天然고무 대신에 이들 工場에서 製造된 合成고무로 美軍의 戰力を 유지하였던 것이다. 그 후 이들 工場은 戰後 平和가 回復되면서 그 役割이 끝나고, 1955年 民間으로 賣却되어 美國의 各 合成고무 메이커의 主力工場으로 되었다. 또 1950년에는 General 타이어社는 油展고무의 特許가 나오자 日本 타이어 業界에서도 大騷動을 일으켰다. 드디어 Zeon 社가 耐油고무 生産을 目標로 1950년에 設立되었으며, 1957년에는 汎用 合成고무를 生産하기 위하여 日本 合成고무社가 國策會社로 出發하게 되었다. 그 후 日本 Zeon 社에서도 제일 먼저 SBR 生産을 시작하였다.

튜브나 加黃用 Bladder 등의 原料로 타이어 工業에서 없어서는 안될 부틸 고무 (IIR)는 1940

年 ESSO Research 社에 의해서 關發되었다. 同社는 이 IIR의 用途를 開拓하기 위하여 乘用車用 타이어까지도 만들었으며 1959年頃에는 “Bucron”이라는 타이어를 팔기 시작했다. 부틸고무를 트레드에 使用하게 되면, 그 物性으로 알 수 있는 바와 같이, Wet Skid에 強하고 騒音이 나지 않으며 緩衝作用이 좋은 등 많은 特徵이 있어 좋은 아이디어였으나 Hysteresis loss가 커서 走行抵抗이나 燃料費 등에서 뒤질 뿐 아니라, 耐磨耗性도 BR 보다는 훨씬 못하며, 또 다른 고무와는 混合이 되지않아 카카스부터 全部 부틸고무만 使用하게 되므로 製造過程에서도 氣密性이 좋은 관계로 空氣가 빈번히 들어가는 등 많은 致命的인 결함이 있어 결국 사용하지 못하게 되었다.

지금 타이어에 使用되고 있는 合成고무는 SBR 외에도 IR, BR 또는 特殊用途로 쓰이는 EPDM, CR, 할로겐화부틸 등이 있다.

(2) 타이어 各部의 고무質

① 트레드 및 사이드월用 고무

앞에서도 가끔 說明해온 바와 같이 트레드 고무의 役割은 타이어에 걸리는 모든 힘을 地面이나 또는 車체로 傳達하고, 또 타이어에서 가장 重要한 內壓을 유지하기 위한 壓力容量인 카카스 本체를 路面 및 其他外界의 環境으로부터 保護하는데 있으므로 타이어 各部에 使用되는 고무質 중에서도 가장 심한 機械的인 外力을 잘 견디어 나가야 한다.

그러므로 트레드에 使用되는 고무質로는 強力, 引裂抗力, 耐疲勞性, 耐磨耗性 등이 좋은 것을 擇해야 한다. 選擇基準으로는 天然고무, 各種 SBR, BR 또는 이들의 블렌드 등인데, 여기에 細粒으로 補強성이 높은 카본블랙을 配合한 것이 一般的이다. 高負荷의 트럭用, 建設機械用, 航空機用타이어 등에는 NR이 주로 使用되며, 비교적 加혹되게 使用되지 않는 用途에서는 SBR, BR 등을 單用 또는 併用하고 있다.

美國 General 타이어의 油展고무는 일반적으로 加工하기 힘든 高粘度 Polymer 를 Crumb 化(塊化)하는 工程에서, Process Oil 과 共沈

시킨 것으로서 보통 加工方法에서도 카본 등의 配合이나 混練이 용이하여 高性能고무가 낮은 코스트로 나올 수 있다는 것인데, 이것은 일반 乘用車용타이어 등의 트레드 고무質로는 最適하나, 大型타이어用으로는 역시 天然고무 보다 못하다. BR은 耐磨耗性이 좋고 또 彈性損失이 SBR보다 훨씬 적으므로 發熱이 낮은 特性이 있어 늘리 쓰이고 있으나, loss가 적은 대신에 耐Skid性이 마이너스로 되어 있다.

직접 路面에 接하지 않는 트레드 베이스部(카카스에 接하는 部分)에서는 表面部位 만큼 機械的인 強度는 必要하지 않으므로 接着이나 發熱을 고려한 다른 고무 質을 택하는 일이 많다. 또 트레드의 延長인 Sidewall에서는 이미 地面과는 接하지 않는 대신 反復되는 屈曲變形을 받게 되고, 햇빛에 露出되므로 耐屈曲, 耐疲勞, 耐老化, 耐오존性 등이 要求되고 있다.

특수한 경우에는 裝飾 및 디자인 面에서 白色고무가 side의 一部나 文字 등에 쓰이고 있는데(주로 乘用車用으로), 이러한 경우는 白色고무가 汚染되지 않게 하기 위하여 隣接部分의 고무 質을 非汚染性으로 할 필요가 있다. 따라서 이런 경우는 다른 部分에는 쓰이지 않는 EPDM이나 CR이 使用되기도 한다.

② 카카스용 고무

카카스용 고무에 必要한 特性은 무엇보다도 사용되는 코드와의 接着이 좋고, 低發熱이며, 反復되는 剪斷應力을 堪耐할 수 있어야 한다. 일반적으로 纖維코드의 경우는 코드의 處理로 充分한 接着이 가능하므로 고무에서는 특별한 配慮를 하지 않아도 되는 경우가 많으나, Steel 코드의 경우에는 纖維 코드와는 달리 완전히 매끈한 것끼리만 이어져야 하므로 配合에서 특별한 배려를 하지 않으면 안된다.

그밖에 또 重要的 것은 타이어 製造工程上의 問題로서, 粘着性(Building Tack)과 Green Strength이다. 粘着성은 ply나 belt를 未加黃狀態에서 붙이는데 絶對 必要하며, 특히 大型타이어나 Steel타이어 등에서는 粘着성이 不足하면 여러가지의 2次的인 故障이 발생하기 쉽다. 그리고 Green Strength란 未加黃狀態에서

버티는 힘이라고나 할까, 약간의 荷重으로 힘 없이 늘어나게 된다면 큰 일이다. 특히 Radial타이어의 카카스 등은 코드 사이가 고무만으로 連結되어 있으므로 Green Strength가 不足하면 코드의 間隔이 허트러질 염려가 있어 製品의 均一성에 많은 惡影響을 미치게 된다.

③ 비드部の 고무 및 其他

비드코어는 鋼線을 고무로 굳게 둘러싼 構造로 되어 있는 것이 많으므로 完固한 비드코어를 만들기 위해서는 비드와이어에 接着하는 고무 質을 택하지 않으면 안된다. 비드와이어에는 보통 黃銅渡金을 하므로 그렇게 특수한 고무 質을 사용하지 않아도 어느 정도의 接着은 가능하게 되어 있으며, 보통 상태에서는 비드에 걸리는 힘은, 감겨있는 코드의 張力으로서 直接 비드의 ring에 걸리게 되어 고무의 剪斷力을 經由하지 않으므로 應力的으로도 편하게 되어 있다. 그러나 일단 고무와의 接着이 파괴되어 와이어가 自由롭게 되면 타이어의 負荷가 反復됨에 따라 와이어 끝이 움직이기 시작하여 심한 경우에는 타이어의 内面에서 튀어나오는 일이 있으므로 注意하여야 한다.

其他 Steel 코드의 使用이나 Radial 構造의 普及 등에 따라 타이어의 部分的인 剛性分布의 設計가 不實하면 急激한 不連續的인 剛性變化가 일어날 염려가 있어서 타이어의 耐久力에 여러가지 問題가 惹起되기 쉽다. 그것을 回避하기 위하여 각 메이커의 技術者들은 苦心하고 있으며, 單純하게 보이는 타이어도 여러가지의 필러나 스트립을 插入하는 등 많은 研究를 하고 있다. 이들 필러 등에는 물론 物性面에서 어려운 문제가 있으며, 材料, 混合, 加工 등에서도 어려운 점이 많다.

Tubeless 타이어의 Inner liner도 壓力容器로서의 氣密性 문제로 매우 重要的 役割을 하고 있다. 1954~5年頃 Tubeless 타이어가 美國에 처음으로 登場되었을 때에는 Inner liner에 일반적인 NR, SBR 등을 使用하였고, 또한 튜브의 使用量이 減少되어 한때는 부틸고무의 生産·需要가 減少되기도 하였다. 물론 天然고무 등도 어느 정도의 氣密성은 있으나, 長期間 후에

는 Inner liner 를 통과한 空氣가 카카스 內에 머물게 되어 ply 사이나 ply-tread 사이의 Separation의 原因이 되기도 하였다. 부틸 고무의 氣體透過率은 天然고무 등에 比하면 5~8 分の 1 정도로서 氣密材料로서는 훨씬 뛰어나나, NR, SBR 등과는 함께 使用할 수 없었다. 거기서 出現된 것이 할로겐 變性 부틸이며, 클로로부틸, 브롬부틸 등은 氣體透過率이 부틸과 같고, 또 加黃도 빠르며, 다른 고무와 混用 및 接着이 가능하므로 現在에는 Inner liner에 많이 使用되고 있다.

航空機用, 建設機械用, 트럭用타이어 등과 같이 使用空氣壓이 높은 것 또는 大型이어서 튜브의 取扱이 성가신 것 등을 Tubeless化하는 데에는 이것이 큰 役割을 하고 있다.

한편 타이어에서 再生고무는 高度의 機械의 인 性質이 要求되는 乘用車用타이어, 트럭用타이어, 建設機械用타이어 등에는 별로 使用되지 않으나, 各種 간단한 서비스用 타이어에는 여러 가지 用途가 있는 것 같다.

4. 其他 타이어 材料

(1) 비드와이어 (Bead wire)

비드와이어는 타이어 全體 중에서 가장 剛性이 높은 部分인 Bead core 를 形成하여, 타이어코드의 끝部分을 떠받치면서 코드의 張力을 吸收하는 동시에 림(Rim)에 잘 맞게 끼여 있도록 타이어 內周의 치數精度를 維持하는 매우 重要的 役割을 하고 있다. 材質로는 와이어 코드와 거의 같은 炭素含量 0.6~0.7 정도의 高張力鋼線으로서, 現在에는 直徑 0.9~0.95mm (19番線) 線으로 뽑아서 고무와 接着하기 위해서 黃銅鍍金을 한 것이 대부분 使用되고 있다.

Steel 코드에서 말한 바와 같이 原料로는 5.5 mm ϕ 의 線材가 쓰이고 있으므로 코드製造의 中間工程 程度에서 비드와이어用으로 提供되는 경우가 많다.

(2) 카본블랙 (Carbon black)

고무의 補強材料로 카본블랙이 使用된 것은

1910年頃이며, 自動車타이어用으로 使用된 것은 1915年이라 하니 타이어와 카본블랙이 結緣된지도 어언 70年이 된 셈이다. 어쨌든 타이어라 하면 모든 고무製品 중에서도 가장 가혹한 條件에서 使用되는 것이므로 고무質의 研究도 가장 重要的 分野의 하나이며, 특히 트레드에 使用되는 配合에 대해서는 각 메이커들이 最高의 智慧들을 짜내고 있다.

트레드의 耐磨耗性이나 表面에 發生하는 작은 傷處 등에 대해서는 카본블랙의 效果가 대단히 컸으나, 때로는 비늘모양으로 고무가 벗겨지는 問題 등이 있어, 새로운 各種의 low structure, low modulus 또한 補強性이 큰 微粒子의 開發이 必要하게 되자 카본블랙 메이커들의 꾸준한 努力으로 初期에는 尙상조차 할 수 없었던 多様な 商品系列이 나오게 되었다. 또 合成고무 라텍스와 카본블랙을 混合共沈시켜 이른바 wet masterbatch로 만드는 方法도 開發되어 보통 混合에서는 分散이 곤란한 경우 등에 利用되고 있다.

카본블랙은 타이어의 性能, 經濟性을 左右하는 가장 重要的 材料로서 性能이나, 코스트面에서 많은 어려움을 直面하고 있으며, 앞으로도 性能, 製造設備, 方法, 分類法이나 性能評價法 등에 있어서 끊임없는 發展이 期待되고 있다. 또한 카본블랙은 從來에 紙袋包裝으로 輸送·供給되어 메이커나 使用者가 다같이 많은 不便과 또는 損失을 보았으나, 現在에는 輸送부터 Bulk Handling system이 導入되어 메이커나 使用者가 다같이 많은 便宜와 惠澤을 보게 되었다.

其他 카본블랙 이외의 配合劑로는 加黃劑, 促進劑, 遲延劑, 老化防止劑, 軟化劑 등이 있으나 이에 대한 說明은 타이어에 관한 이야기로는 너무나 거리감이 있어 省略하기로 한다. 그러나 만일 이들 配合劑가 開發되지 않았더라면 솔더 게이지가 30cm 以上이나 되는 大型타이어나 高空의 零下 50 $^{\circ}$ C 以下の 超低溫에서 2~30分間이나 下降하게 되는 젯트機用 타이어 등이 어떻게 實現되었을까 하는 點을 생각할 때, 새삼스럽게 이 方面의 新製品, 新技術의 開拓者에게 敬意를 表하지 않을 수 없다.