

타이어의 製造 및 工學*

(上)

F. J. Kovac**

李 光 宰 譯

1. 序 言

車輪은 約 5000年前 수메르人(Sumerian: 수메르는 最古의 文明發祥地)에 의해 發明되었다. 1846년에 R.W.Thomson은 英國에서 『空氣 튜브 裝置』(現代의 空氣入 타이어의 先驅者)의 特許權을 받았다. 그러나 이 發明은 이것이 應用되기 시작한 1888년까지는 利用되지 않았다. 그리고 約 1世紀 동안 使用되는 사이에 타이어는 세련된 人員輸送 시스템의 發展을 可能하게 하였다.

많은 사람들이 보기에는 타이어란 단순히 큰 고무의 도우넛으로 보이나, 실제로는 그것이 그렇게 단순한 것이 아니다. 幾何學的으로는 円環體(torus)이며, 力學的으로는 柔軟한 膜으로 된 壓力容器이며, 構造的으로는 高性能의 複合體이며, 化學的으로는 長鎖巨大分子의 材料로 되어 있다. 즉, 이들의 側面과 그 相互關係를 本稿에서 說明하고자 한다.

(1) 타이어의 機能

空氣入 타이어의 基本的인 機能에 대하여 論

하는 것이 타이어 研究의 基本이다. 간단하게 要約한다면 타이어에는 다음과 같은 機能이 必要하다.

- ① 荷物運搬能力이 있어야 한다.
- ② 쿠션성과 空氣의 密閉性이 있어야 한다.
- ③ 驅動力과 制動 토크(torque)를 傳達해야 한다.
- ④ Cornering 力이 있어야 한다.
- ⑤ 치數安定性을 갖추어야 한다.
- ⑥ 耐磨耗性이 있어야 한다.
- ⑦ Steering 性을 갖추어야 한다.
- ⑧ 回轉抵抗이 작아야 한다.
- ⑨ 騒音が 적고 道路振動을 低減해야 한다.
- ⑩ 耐久性이 있고 安全해야 한다.

空氣入 타이어는 그 유니크한 變形성과 Damping 特性으로 이와같은 모든 機能을 만족시키는 唯一한 것이다.

(2) 타이어의 要求特性

基本的으로 타이어의 機能은 다음과 같은 3가지 領域에 관해서 생각할 수 있다. 즉, ① 車輛運動性, ② 性能과 完全無缺性, ③ 感覺性和 安樂性(乘車感)이다. 驅動, 制動 토크, 回轉抵抗 등을 包含한 性能은 前進하는 힘 또는 모멘트(接線)를 傳達하는 作用을 하고, 또 Cornering, Steering 및 磨耗를 포함한 車輛運動性은 橫方向의 作用이며, 感覺的 安樂性(乘車感)에 관한 힘은 垂直方向으로 作用한다(그림 1)

특정한 타이어에 대해서 이러한 힘의 하나하

註:原著: Science and Technology of Rubber(XIV)

Edited by Frederick R. Eirich, 1978

*原題名 Tire Manufacture and Engineering

**Tire reinforcing systems

The Goodyear Tire and Rubber Company

Dayton, Ohio

나의 影響을 決定하자면 많은 因子를 考慮하지 않으면 안된다. 제일 먼저 생각해야 할 것은 그 타이어를 裝着하고자 하는 車輛의 種類이다. 즉, 乘用車, 트래터, 트럭, 建設用車輛, 航空機 등이다. 그밖에 重要한 考慮는 要求되는 性能의 水準이다. 表 1은 크게 다른 6가지 種類의 타이어에 대해서 解析한 것인데, 특히 注目되는 것은 이들 6가지 타이어에 대한 要求度의 差異이다. 荷重要求에는 1,200에서 21,000 lb의 幅이 있고, 走行速度의 要求에는 5~250mph 까지 變化되며 走行距離는 500~40,000마일에 이르고 있다.

(3) 基本의 타이어 設計

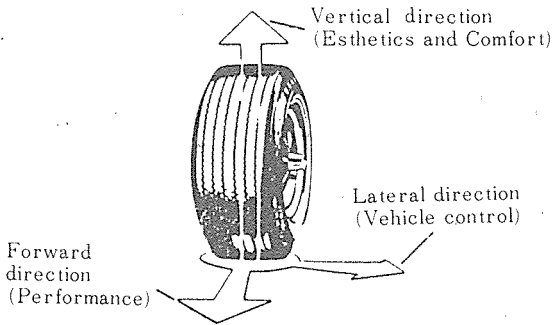
타이어는 코드와 고무의 複合體이다. 타이어 複合體는 고무 매트릭스(matrix)에 묻혀서 나란히 配列되어 있는 코드의 網目構造이다. 여기에 使用되는 것은 카본블랙, 酸化亞鉛, 其地 化學藥品 및 고무이다. 鉄筋이 콘크리트를 補

強하는 것과 마찬가지로 코드는 타이어의 고무 매트릭스를 補強하고 있다.

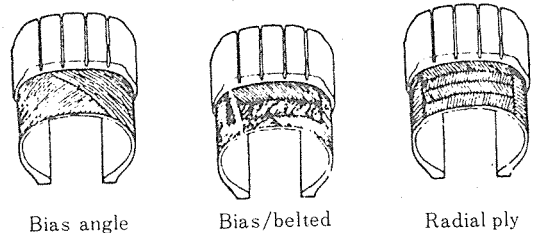
타이어에는 3가지의 基本的인 型이 있다(그림 2). 그 중 하나는 Bias 또는 Crossply타이어이다. 이 構造에서는 補強 코드가 비드에서 비드(ply를 固定시키는, 伸張되지 않는 wire로 補強된 輪)로 타이어를 비스듬히 경사지게 交叉하고 있다. 이들 코드는 일반적으로 30~40° 사이의 角度에서 補強材의 各連續層(ply라 함)에 서로 反對方向으로 配列되어 있다.

2 번째의 디자인은 Bias/belted 타이어이다. 이것은 트레드밀에 周圍를 누르는 벨트를 가진 Bias 角의 카카스로 되어 있다. 카카스角은 일반적으로 25~40°이며, 벨트角은 25°와 30° 사이에 있다.

3 번째는 Radial 타이어이다. 이것은 비드에서 비드로 橫斷的으로 配列된 補強코드의 플라이(ply)를 가지며 이 플라이의 위(트레드의 밑)에는 또 몇 層의 코드層으로 된 伸張되지 않는 벨트가 있다. 벨트코드는 低角度(10~30°)이며



[그림 1] 타이어의 Friction



[그림 2] 타이어의 基本構造

타 이 어 의 構 成

<表 1>

타이어의 種類			使 用 性 能		
車 種	規 格 (in)	直 徑 (in)	荷 重 (lb)	速 度 (mph)	時 間 (min)
乘 用 車	LR78-15	29.1	1680	55	30,000
트 랙 터	7.5L-15	29.5	1590	20	年
트 러럭	7.00-15	29.6	1720	55	40,000
레 이 스 車	8.20-15	29.0	1200	210	500
Off the Road	7.50-15	29.8	4200	5	年
航 空 機	30×8.8	29.9	21,000	250	-

카카스 플라이에 대해서 90°로拘束하는作用을 하고 있다.

(4) 타이어의 構成要素

타이어는 많은 部品이나 또는 組立部品으로 되어 있으며, 各部品은 각각 特異한 機能을 만족시키고 있는 것이다. 이들 部品 및 그 機能은 그림 3 및 다음과 같다.

① 트레드: 牽引力, 騒音이 적고 低發熱性 및 耐磨耗性이 좋은 고무이다. 트레드는 보통 油展 SBR, Polybutadiene elastomer 및 天然고무의 블렌드이며, 카본블랙, 오일, 加黃劑 및 其他化學藥品이나 酸化亜鉛 등이 配合되어 있다. 트레드는 (a) Rib... 騒音을 줄이고 牽引力을 좋게 하는 設計로서 트레드 고무의 円周方向의 列과

(b) Groove... 牽引力, 方向 조절, 走行時 冷却에 없어서는 안될 円周方向의 홈으로 되어 있다.

② 사이드월: 비드와 타이어의 트레드 사이의 部分으로 乘用感을 調整하며 타이어의 支持體가 된다. 여기에는 耐屈曲性과 耐候性이 좋은 고무配合이 되어 있다.

③ 솔더: 사이드월의 頂부분이며, 트레드 끝의 바로 아래이다. 이것은 타이어의 熱發生과 코너링 特性에 영향을 미친다.

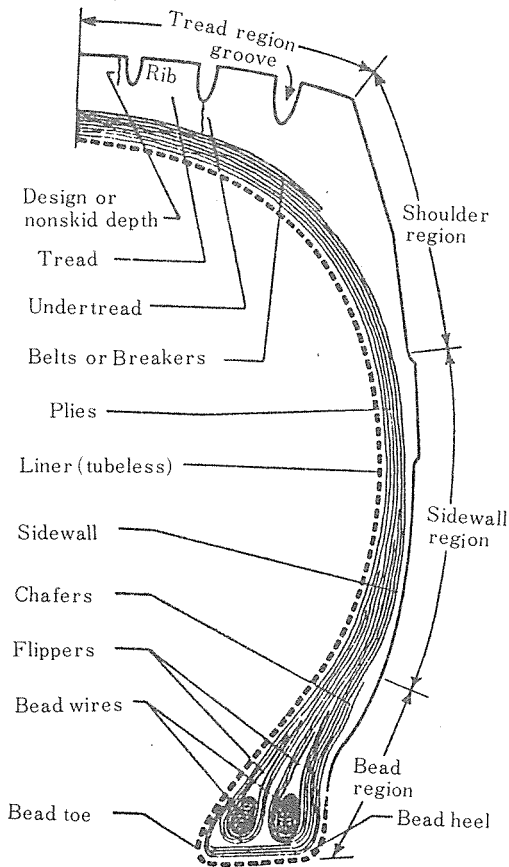
④ 비드: 늘어나지 않는 輪形으로 된 高張力 스틸 와이어로 된 構造이며, 플라이의 固定作用과 타이어 全体를 車輪의 림위에 있도록 維持시키는 機能을 가지고 있다. 비드의 모양은 타이어의 動揺나 림 위에서의 미끄럼 등을 막기 위하여 車輪의 플렌지 모양과 같게 되어 있다.

⑤ 플라이: 비드에서 비드로 붙여진 타이어를 補強하고 있는 交叉 코드의 層

⑥ 벨트: 타이어 크라운부의 트레드 바로 아래의 幅이 좁은 타이어 코드의 層이며, 路面과 接觸하는 部分의 變形에 대한 抵抗을 가지며, 카카스플라이를 잡아주는 作用을 한다.

⑦ 라이너: 壓縮空氣를 內包하고 있는 타이어의 內側에 있는 얇은 고무層

⑧ 체퍼: 비드 外側周圍의 가는 조각의 고무 材料部分으로, 림에 의한 코드損傷이나 切斷을 防止하고, 림위의 屈曲을 分散시키며, 水分 등의 浸入을 防止한다.



[그림 3] 타이어의 構成要素

2. 타이어 工學

타이어 工學이란 運動하는 타이어의 應力을 調査하여 그 힘을 維持하는 材料의 種類와 量을 定하고 또 모든 相反되는 要求를 만족시킬 수 있도록 그 힘을 分布시켜 製造過程에서의 타이어의 變化를 支配하는 法則을 理解하는 것이다. 타이어의 構造와 그 應力을 理解하자면 모든 타이어 構成要素의 目的을 알아야만 된다. 그것을 알기 위해서는 타이어 補強 시스템, 고무 配合 技術 그리고 타이어의 디자인을 철저히 理解하는 것이 必要하다.

(1) 타이어 補強 시스템

타이어는 고무 매트릭스(matrix) 내에 平行方向으로 配列되어 있는 코드의 網目構造로 된 複合構造体이다. 코드는 Steel 이 콘크리트를 強化시키는 것과 같이 고무를 補強한다. 그러나 이 타이어코드는 耐疲勞性을 가져야 되기 때문에 獨特한 것이라고 할 수 있다. 타이어코드는 또 타이어의 形態와 치수의 安定性, 耐傷性 그리고 荷重運搬能力을 주게 된다.

타이어에 適合한 補強材料에 대한 엄격한 要求分析에서 그 數는 겨우 7種에 不過하다. 이 7種의 材料는 그 歷史와 使用方法에 따라 表示하면 그림 4와 같다. 7가지 중 나일론, 레이온, 코튼 및 폴리에스테르는 주로 플라이에 사용되는 카카스 材料이고, 스틸, 아라미드 및 glassfiber 는 주로 벨트用 材料이다.

① 定義

Filament: 타이어코드 材料의 最小의 連續要素이고, 굵기에 대한 길이의 比가 큰 것이 특징이다.

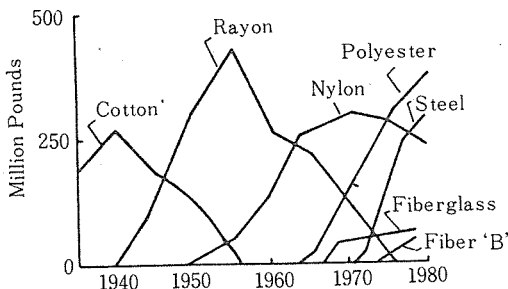
Yarn(織糸): 連續된 필라멘트의 集合体.

타이어코드: 2本 또는 그 以上の Yarn 으로 꼬거나 또는 케이블 構造로 된 것이다.

Warp(날: 縱糸): 타이어 織布에서 세로로 달리는 코드.

Woof(씨: 橫糸): 縱糸에 대해서 直角으로 놓여진 가는 실.

Denier: 纖維 코드의 測定單位로, 9,000m 材料의 무게의 g 數.

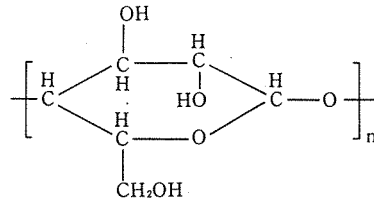


[그림 4] 타이어코드의 使用量

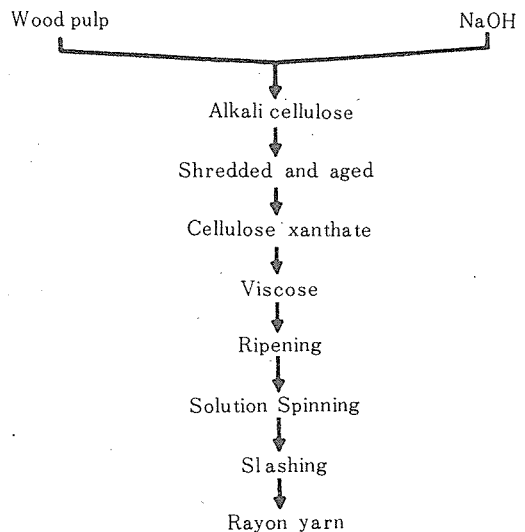
Twist(꼬임): 코드의 單位길이 당 꼬임 數. S-twist는 위에서 아래로 右方向, 즉 時計方向의 꼬임이고, Z-twist는 反時計方向의 螺旋形 꼬임이다.

② 필라멘트의 形成

綿은 天然纖維이므로 레이온이 最初의 타이어用 人造纖維이다. 즉, 이것은 人造이므로 타이어用으로 잘 處理할 수 있었다. 基本的으로 레이온은 그림 5에서 그 概要를 알 수 있는 바와 같이 濕式紡糸法으로 連續 필라멘트로 製造된 再生셀룰로스(cellulose)이다. 그 構造는 다음과 같다.



나일론은 石油에서 誘導된 合成熱可塑性纖維이다. 실제로는 이것이 最初의 合成纖維이며 基本的으로는 그림 6과 같은 過程으로 製造되는 連續필라멘트狀 脂肪族 Polyamide인데, 시클로헥산(Cyclohexane)과 암모니아(Ammonia)

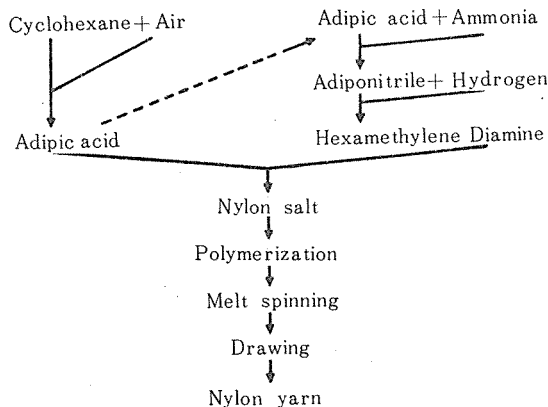


[그림 5] 레이온 製造工程

가 그 基本原料이다. 여기서 말하는 紡糸操作은 熔融 폴리머를 Stainless steel 製의 紡糸口 金으로 押出하여 필라멘트를 形成하는 것으로 되어 있다. 이 필라멘트는 冷却되어 마무리 處理가 되어 織糸로 된 다음 約 500% 延伸된다. 延伸에 의해 分子가 配向되고 結晶化溫度가 調整된다.

나일론은 種類가 多様한데, 그들의 다른 점은 사용되는 酸의 種類에 따라 다르다. 타이어에는 나일론 6 과 나일론 66의 두 種類만이 사용되고 있는데, 이들의 實驗式을 보면 다같이 $(C_6H_{11}OH)_n$ 이다. 그림 6에 表示된 製造工程은 나일론 66의 경우인데, 이것은 하나하나가 6 炭素原子로 되는 두개의 反復되는 單位로 成立되어 있다. 한편 나일론 6은 6 炭素原子(Caprolactam에서 誘導)의 1개의 反復되는 單位로 이루어져 있다.

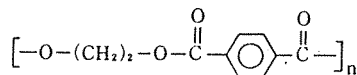
나일론은 熱可塑性의 收縮이 나타나고 Flat spot 라고 하는 現象이 발생한다. 이 現象에 의한 영향을 보면 그림 7과 같다. 타이어가 走行中에는 카카스에 들어있는 나일론 타이어 코드가 張力과 高溫으로 늘어나고 있다. 그러나 車가 駐車하게 되면 나일론이 冷却되어 타이어가 路面과 接觸되어 있는 곳 외에는 코드가 張力을 받은 채로 保存된다(上側曲線). 코드가 冷却되면 收縮力이 減少되고 이 코드는 다시 伸長된다. 接地部分에 있는 코드는 張力을 적게 받으므로 冷却되는 사이에 實質적으로는 收縮된다. 다시



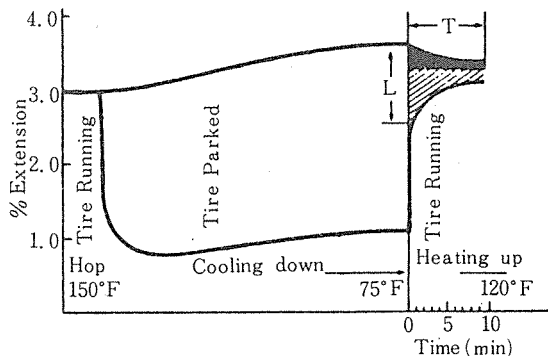
(그림 6) 나일론 製造工程

走行이 시작되면 이 코드는 타이어가 發熱될 때까지는 처음 길이로 늘어나지 않는다. 한편 接地面以外的 領域에 있는 코드는 길이가 길어진다. 距離 L은 接地面에 있었던 것과 接地面以外에 있었던 코드와의 길이의 差를 나타내고 있다. 레이온(Rayon)과 폴리에스테르(Polyester)에 대해서는 이 L이 檢出限界以下이다.

폴리에스테르도 石油에서 誘導된 合成熱可塑性連續필라멘트 纖維이며 나일론과 같이 熔融 紡糸法으로 製造된다, 그러나 化學적으로는 폴리에스테르가 芳香族基를 가지고 있으므로 나일론과는 다르다. 出發原料는 Ethylene glycol과 Dimethyl Terephthalic acid(DMT)이다. 이 DMT는 glycol과 熔融되어 에스테르 交換反應을 한다(어떤 工程에서는 DMT代身에 테레프탈酸(TPA)이 사용된다). 이 Glycol ester가 poly縮合으로 Polyethylene terephthalate와 重合한다. 그리고 이 熔融 polymer가 stainless steel의 紡糸口金에서 押出되어 直徑 約 0.024mm의 필라멘트를 形成한다. 이 필라멘트는 冷却裝置를 통한 다음 織糸로 되며 이 織糸는 또 配向과 結晶化度를 원하는 대로 하기 위하여 延伸된다. 最終製品의 化學構造는 다음과 같다.



글라스(glass) 纖維는 無機纖維이다. 타이어 코드에 사용되는 글라스 纖維의 일반적인 組成



(그림 7) Flat spot

은 二酸化珪素 53%, 酸化칼슘 21%, 酸化알루미늄 15%, 酸化硼素 9%, 酸化마그네슘 0.3%, 其他 酸化物 1.7% 이다. 따라서 글라스纖維는 酸化物이 들어있는 3次元 silica 網目으로 된 石灰-Alumina-硼化珪酸 글라스이다. 連續 필라멘트는 모래, 진흙(clay), 石灰石 및 硼砂 등을 블렌드하여 그것을 直接 글라스爐에서 熔融함으로써 만들어진다. 表面溫度 3,000°F의 熔融 글라스가 플라티나로姆부시를 통하여 重力으로 供給되며, 連續 글라스필라멘트의 스트랜드(strand)가 直径 0.009mm로 延伸되거나 또는 가늘게 된다. 이들 필라멘트는 물로 急冷된 후 高速卷取機를 통과할 때 Coupling劑(接着劑 프레코트), 成形 풀(마무리) 등이 사용된다. 타이어用 글라스纖維는 RFL 接着劑(Resorcinol Formaldehyd 樹脂 및 Latex로 된 것)에 浸漬된다. 이것은 적게 끈 纖維에만 이용되고, 일반적인 코드 構造의 케이블에는 이용되지 않는다.

글라스纖維와 같이 와이어(wire)는 無機材料이며 基本的으로는 鐵이다. 타이어 코드용으로 쓰이는 일반적인 Steel은 0.7%의 炭素, 0.5% 마그네슘, 0.3% 실리콘, 0.05%(最大) 크롬, 0.02%(最大) 銅 및 0.03%(最大)의 黃과 燐을 包含하고 있다. 일반적인 타이어코드에 사용되는 Steel의 製造方法의 概要를 보면 表 2와 같다.

Strand는 最終적인 와이어 타이어코드를 만들기 위하여 다발로 묶이게 된다. 어떤 경우에

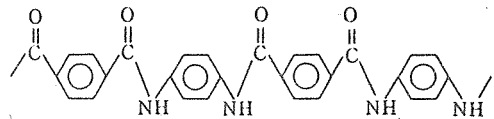
코드用 스틸 製造方法의 概要

〈表 2〉

- 5.5mm 스틸코드, 酸溶에서 洗淨 및 酸化不純物을 除去하는데 사용된 酸을 中和시키는 라임으로 코팅됨.
- 最終적으로 2.0mm로 延伸시킨다. 다음 延伸을 위하여 micro의 構造變化에 대한 熱處理.
- 0.8mm로 延伸, Brass鍍金(steel kg當 7g의 Brass), Brass組成은 70% 銅 및 30% 亜鉛.
- 0.2mm로 延伸.
- ⦿ Strand-延伸 Wire-Filament의 結合

는 全体의 코드構造의 둘레에 다시 필라멘트로 螺線狀으로 감는 경우가 있다. 이와같이 螺線狀으로 바깥을 감게 되면 타이어가 接地部로 들어갈 때 壓縮力을 감당, 코드張力의 均一性을 向上시키고, 力學的인 接着이 補強되며, Strand가 끊겨도 耐斷力이 減하지 않게 된다. 그리고 工場에서 取扱하기도 편리하게 된다.

아라미드(Aramid)는 新種纖維의 總稱이다. Du Pong社에서 開發한 2개의 새로운 纖維가 이 範疇에 들어간다. 그 중 하나는 Kevlar(Fiber B)의 商標로 특별히 타이어 補強용으로 開發된 最初의 纖維이고, 그리고 또 하나는 노멕스(Nomex)로서, 耐熱性이 좋아서 耐炎性에 價値가 인정되어 織布나 電氣製品에 이용되고 있다. 케블라는 化學的으로는 Poly(p-phenylamine terephthalamide)이며, 그 構造는 다음과 같다.



이것은 테레프탈酸과 p-phenylenediamine의 重合物이며, 溶液紡糸로 連續 필라멘트 纖維로 形成된다.

이들 材料는 각각 어떻게 다르며(化學的以外) 또 타이어의 어떤 部分에 주로 사용되고 있는가. 物理特性 및 用途를 보면 表 3과 같으며, 이 表에서 몇가지 一般化된 것을 알 수 있다. 첫째로 高耐久性纖維는 일반적으로 疲勞는 플라이에서 나타나는 現象이므로 플라이에 使用되고, 두번째로 高彈性率纖維(低伸長率)는 일반적으로 벨트나 또는 高負荷 타이어(즉, OTR車輦이나 트럭)의 플라이에 사용된다.

③ 타이어코드의 構成

表 3의 타이어應用例에 表示된 纖維를 사용하기 위해서는 타이어用 纖維는 製造時에 꼬아서 타이어用 코드로서 알맞게 加工處理되어야 한다.

紡績工場에서 最初로 하는 일은 纖維를 1인

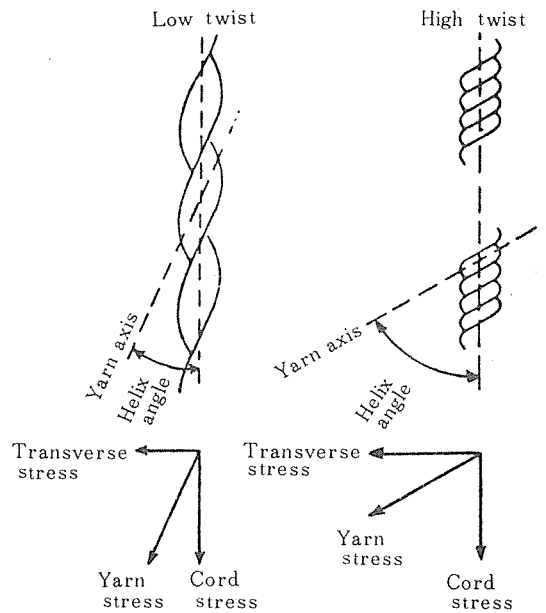
치當 必要한 數만큼 回轉시켜서 꼬는 일이다. 다음에는 이와같이 끈 織糸를 2本 또는 그 上을 합쳐 꼬아서 코드로 만든다. 例컨대, 만일 840denier의 나일론 織糸 2本을 合攪하면 840/2의 나일론 코드가 形成된다. 같은 方法으로 3本의 1300denier 폴리에스테르 織糸는 1本의 1300/3 폴리에스테르 코드가 된다. 一般的으로 코드의 꼬는 方向은 織糸를 꼬는 方向과 反對이다. 그리고 꼬는 것은 強度를 低下시키게 되나 코드에 耐久性이나 耐疲勞性을 주게 되므로 가장 알맞게 꼬는 것이 좋다. 耐久性의 向上은 屈曲應力下에 있는 필라멘트의 束을 생각하면 알 수 있다. 中心軸보다 위에 있는 필라멘트는 張力이 걸리고 中心軸보다 아래에 있는 필라멘트는 壓縮下에 있다. 만일 꼬지 않았다면 이 壓縮力이 外側 필라멘트의 屈曲收縮을 일으키게 된다. 타이어 走行時에는 타이어코드는 계속 屈曲 사이클을 받게 되고, 또 이 屈曲應力에 의해 발생하는 反復되는 收縮으로 필라멘트가 破壞된다. 코드의 撚數를 增加시키면 필라멘트束의 伸長性이 增加되고 필라멘트의 收縮은 減少된다. 따라서 코드가 屈曲되면 中心軸의 윗部分은 伸長되고 中心軸이 아래로 내려 아래쪽部分의 壓縮力은 減少된다.

또 撚數를 增加시키면 耐久性은 最大에 달했다가 그후 점차 減少되기 시작하는데, 그것은 撚數를 增加시켰을 때의 코드上的 應力の 影響을 생각하면 알 수 있다. 撚數가 增加되면 Helix角(필라멘트 軸과 코드軸 사이의 角)이 커진

다(그림 8). 이리하여 코드軸에 直角인 引張應力이 보다 큰 힘을 필라멘트에 나누어 주게 된다. 強度低下의 理由는 이 그림에서도 확실히 알 수 있다. 코드의 撚數가 增加되면 織糸軸方向의 힘이 增大되어 全體의 切斷強度를 내리게 한다.

꼬는 것과 同時에 코드의 사이즈도 여러가지 用途에 맞추어 바꿀 수 있다. 一般的으로 3플라이 코드가 가장 耐久性이 좋다.

케이블로 꼬는 다음 製造工程은 짜는 過程인



[그림 8] 코드의 幾何構造

타이어 코드의 特性 및 用途

<表 3>

纖維種類	強度 (g/den)	伸長率 (%)	Modulus (g/den)	相對耐久性 (cycle)	用途(車種)
레이온	5.0	16	50	300	플라이(乘用車, 農業車), 벨트(乘用車)
나일론	9.0	19	82	1200	플라이(乘用車, 農業車, OTR車, 트럭, 航空機), 체퍼
폴리에스테르	6.5	18	65	400	플라이(乘用車, 트럭, 農業車)
글라스纖維	9.0	4.8	260	5	벨트(乘用車, 트럭)
와이어	3.8	2.5	200	3	플라이(트럭, OTR車), 벨트(乘用車, 트럭, OTR車), 비드(全車)
아라미드	20.1	4	350	400	벨트(乘用車), 체퍼

데, 여기서는多數의 코드가少量의 실로 서로 짜여져 織布로 된다. 이것은 工場에서 取扱하기 좋도록 하기 위하여 必要한 것이다. 典型的인 타이어코드 織布 한卷(roll)은 大略 幅 60 inch, 直径 4 ft, 무게 2,500 lb.이며, 未加工 織布는 "greige fabric"으로 引用되고 있다.

짜는 工程은 技術者로서 또하나의 構造變數를 주게 되는데, 그것은 타이어에 사용되는 織布에 짜여진 코드의 1 inch 당 數이다. 高段數 織布는 보다 큰 plunge 強도와 浸入低抗을 가지게 되고, 低段數 織布는 보다 많은 리벳(코드間 距離)을 가지게 되어, 코드 周圍에는 고무浸入이 많으므로 보다 좋은 分離抵抗을 가지게 된다.

④ 織布處理工程

타이어用코드나 織布를 만들 때 가장 決定的인 단계는 織布處理인데, 時間, 溫度, 張力이 調整된 條件下에서 接着劑를 바르는 것이다. 이 工程은 고무에 結合시키기 위한 織布接着을 하고 타이어要求에 맞는 코드의 物理特性(強度, 耐久性, 成長 및 伸長)을 最適化하고 織布를 安定化하며 그리고 纖維의 入手處(다른 織糸生産者)에 따른 다른 點을 平均化하는 것이다.

綿時代에는 織布는 거의 또는 全然 處理되지 않고 고무로 코팅되었으나, Rayon 이 出現되면서부터 코드를 安定化시켜 成長(伸長)을 減少시키는 方法이 確立되었다. Nylon 에서는 이 코드의 粘彈性的記憶 때문에, 그것을 處理하여도 원상태로 回復되려고 하여 問題가 크다. 따라서 最近의 構成單位는 그림 9 에 圖式化된 바와 같이 일정한 彈性率, 最大強度, 最小成長 그

리고 適正한 치數 安定性을 주도록 開發되어 있다. 그림 9 에 略示된 單位裝置는 約 7層 建物의 높이이며, 能力은 1日에 10萬마일의 타이어코드를 處理할 수 있다. 이것은 타이어 製造工程 중에서 가장 큰 裝置이다.

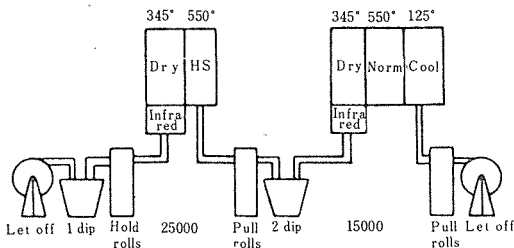
이러한 織布處理裝置의 工程은 컴퓨터로 調整되고 있다. 3T 유닛-맨-컴퓨터와 外部컴퓨터 및 프로세스 컴퓨터 등 3개의 主要 컴퓨터 Subsystem 이 있다. 맨-컴퓨터 Subsystem은 Operator 操作盤, input/output 텔레타이프, 라인프린터, 카드핀치, 카드리더 등을 接續한 시스템으로 되어 있다. 마찬가지로 外部 컴퓨터 시스템은 디스크 메모리와 리얼타임클록을 컴퓨터에 接續한 시스템이고, 또 프로세스 컴퓨터 서브 시스템은 컴퓨터와 熱電對, 張力, 電動力 및 오븐의 버너밸브 같은 各種 컨트롤러, 指示計와의 사이의 傳達를 한다.

이 工程의 時間, 溫度 및 張力은 코드의 物理的特性을 最高의 最終用途 性能으로 하기 위하여 經驗이나 回歸分析을 이용하여 最適化된다. 이 處理工程은 織布의 溫度, 耐久性, 치數安定性, 彈性率, 發熱, 成長 및 Creep 를 最適化시킨다. 예컨대 폴리에스테르의 경우 最適化를 생각해 보자. 나일론에서도 같은 原理가 適用되며 關係도 비슷하다.

工程은 織布가 一連의 Zone 을 通過하게 되는데, 일반적으로 제 1 浸漬(接着劑塗布)→제 1 乾燥→제 1 熱處理⇔제 2 浸漬→제 2 乾燥→제 2 熱處理(또는 基準化)→冷却 등으로 생각할 수 있다.

接着劑는 浸漬過程에서 塗布되는데, 接着劑가 지나치면 吸引機로 除去시킨다. 코드에 스며드는 適正度는 浸漬時間과 浸漬張力으로 決定된다. 接着劑는 일반적으로 물을 基準하고 乾燥에서 滯留時間과 溫度는 코드가 完全히 乾燥되도록 정한다.

最適 코드의 性質(強度, 成長, 收縮, 彈性率, 發熱, 耐久性)을 얻기 위하여 特정한 溫度와 張力(또는 延伸)이 設定된다. 이 溫度와 張力이 纖維 中の 結晶과 非晶部의 比率 및 結晶의 配向을 일부 결정하게 되고 그것이 코드의 物理的



[그림 9] 織布處理工程

特性을 決定하게 된다.

폴리에스테르(나일론도 마찬가지)는 熱可塑性 材料이므로 加熱하게 되면 配向되어 있지 않는 狀態로 되돌아가려는 傾向이 있어, 코드가 收縮되는 傾向이 있다. 따라서 이러한 現象은 제 1 熱處理에서 코드를 伸張시키고, 제 2 熱處理에서 制御되는 方法으로 코드를 緩和시킴으로써 調整할 수 있다. 이것을 伸張緩和라 하며, 이 伸張緩和가 클수록 收縮이 작다.

실제의 伸張은 제 1 工程에서 나타난 伸張과 제 2 工程에서의 緩和의 差이다. 일반적으로 실제의 伸張이 클수록 코드 強度는 크며, 또 伸張緩和가 클수록 코드 彈性率은 낮다. 그러나 伸張緩和의 增大와 실제 伸張의 增大로 耐久性은 減少된다. 또 하나의 變數는 使用溫度인데, 溫度가 높으면 코드의 強度와 彈性率은 低下된다.

Hysteresis(發熱)는 코드의 動的運動으로 熱로서 損失되는 일이다. Hysteresis가 클수록 타이어의 走行溫度는 높아지고, 熱은 코드의 耐久性和 接着性을 低下시킨다. Hysteresis는 損失彈性率(複素彈性率의 虛數部)의 測定으로 決定할 수 있다. 그러므로 이 일 또는 損失彈性率은 Polymer의 粘性部分에서의 分子間的 摩擦에 관계되고 있다. 損失彈性率은 낮을수록 發熱은 낮아진다. 處理溫度를 높이면 特히 120°~140°C의 범위에서 損失彈性率은 減少된다.

코드特性和 處理張力 및 溫度의 關係

〈表 4〉

코드 特性	第 1 處理에서의 變化		第 2 處理에서의 變化	
	緊張時間 (增)	溫度 (增)	緊張時間 (增)	溫度 (增)
引張強度	약간 減少	減少	약간 減少	減少
一定伸張(5%)에서의 負荷	減少	減少	減少	減少
切斷伸張	增大	增大	增大	增大
收縮	減少	減少	減少	減少
고무附着率	增大	增大	增大	增大
疲勞	減少	減少	減少	減少
SCEF	減少	減少	減少	減少
보이드	減少	減少	減少	減少

處理張力 및 溫度와 코드 特性和의 全體的인 關係를 보면 表 4와 같다. 여기서 注目되는 것은 모든 코드 特性은 處理條件을 바꾸어도 같은 거동을 하지 않는다는 것이다. 따라서 타이어의 最終用途에 대해서 最適한 코드 特性을 주게 되는 處理條件을 發見할 必要가 있다. 두개 또는 그 이상의 相反된 特性을 最適化해야 될 경우에는 보다 어려운 數學的인 方法을 쓰지 않으면 안된다. 最低切斷強度 63 lb., 最大 4.0%의 全收縮, 最低疲勞水準等級 90이 要求되고 있다고 하자. 最初에 제 1 工程에서의 伸張 s_1 만 變한다고 假定하면, 1300/3 폴리에스테르의 이들 變數에 대한 回歸式은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{切斷強度} &= 0.61 s_1 + 60.4 \\ \text{全收縮} &= 0.45 s_1 + 0.3 \\ \text{疲勞} &= -3.0 s_1 + 100 \end{aligned}$$

4.3% 이상의 伸張으로 60 lb. 이상의 強度가 얻어지는데, 그 伸張으로 全收縮은 5.2가 되며, 疲勞値는 87이 되고 만다. 따라서 제 1 工程만의 變化에서는 이들 特性을 모두 만족시킬 수는 없다. 處理工程을 最適化하기 위해서는 제 1 伸張以外에도 變化시킬 必要가 있다. 만일 제 2 伸張 s_2 가 變化될 수 있다면 새로운 回歸式은 다음과 같이 두 獨立變數의 函數로서 從屬變數式으로 나타나게 된다.

$$\begin{aligned} \text{切斷強度} &= 1.1 s_1 - 0.2 s_2 + 60.2 \\ \text{全收縮} &= 0.6 s_1 + 0.7 s_2 + 2.0 \\ \text{疲勞} &= 2.2 s_1 - 1.5 s_2 + 122 \end{aligned}$$

이 要求特性에 대한 이들 式의 解는 대단히 어렵다. 最終結果와 最適化된 特性을 얻기 위해서는 컴퓨터를 사용하여야 한다.

高彈性率 無機 벨트 코드인 wire와 glass纖維는, 織布工場에서는 거의 處理를 하지 않는다. glass纖維는 일반적으로 生産者들이 꼬아서 接着劑를 塗布한 다음 直接 짜는 工程으로 納品한다. 와이어는 일반적으로 織布工程이 省略되고, 직접 Calender 工程으로 들어가는 것이 보통이다.

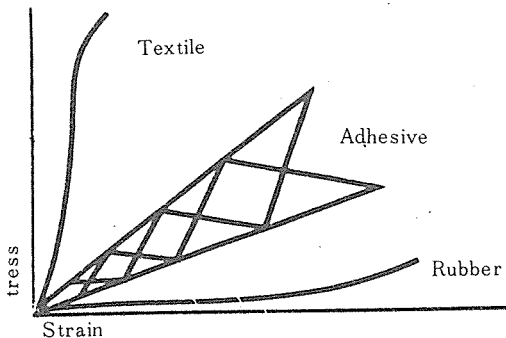
⑤ 接着劑

處理된 纖維織布는 고무로 코팅된다. 고무와 타이어코드를 結合하여 力學的複合體構造로 만드는 것은, 纖維와 고무材料의 彈性率의 差가 크기 때문에 매우 어려운 일이다(그림10).

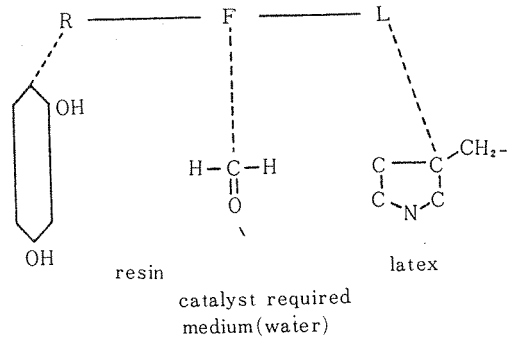
接着現象에는 分子的, 化學的 및 力學的인 3가지의 概念이 있다. 分子的 結合은 接着劑配合化合物의 纖維表面에의 吸着, 다른 接着劑成分의 纖維 Polymer와 고무配合物에의 擴散 및 物理化學的인 活性에 의해 이루어지고, 化學的 結合은 接着劑와 纖維 및 고무 사이의 化學反應에 의해 이루어진다. 그 纖維接着劑와 고무配合物 중의 各種分子의 移動性이 중요한 동시에 官能性의 型과 官能基의 存在數도 重要하다. 最後로는 立體障害도 고려되어야 한다.

接着에 대해서 가장 중요한 纖維 特性은 反應性이며, 表面特性 및 마무리이다. 各纖維는 서로 다른 反應性을 가지고 있다. 레이온은 많은 反應性 水酸基를 가지고 있는 한편, 나일론은 反應性은 적으나, 極性이 강한 Amid 結合을 하고 있으며, 폴리에스테르는 완전히 不活性이다. 各纖維의 型에 대해서는 接着劑系를 디자인하여야 한다. 特性으로는 中間程度의 凝集에너지 密度, 높은 纖維表面積 그리고 낮은 接觸角을 가지고 있다. 결국 接着劑는 고무配合物에 結合되어야 하므로 고무의 型과 性質이 중요한 역할을 하는 同時에 그것이 충분히 考慮되지 않으면 안된다.

接着劑系는 엄한 補助的인 要求에 따르지 않



[그림10] 接着劑의 役割



[그림11] RFL 接着 시스템

으면 안된다. 물을 基準하는 同時에 다음 事項을 具備하여야 한다.

- ① 빠른 接着速度
- ② 여러가지 型의 配合物과 相溶할 것
- ③ 코드의 性質에 惡影響을 주지 않을 것
- ④ 耐熱性
- ⑤ 耐老化性
- ⑥ 粘着性(tack)이 良好할 것
- ⑦ 力學的 安定性

타이어와 코드 間의 接着結合은 타이어의 加黃사이클 中에 이루어진다. 接着形成의 速度는 壓力解放點에서 最大接着力을 주어야 한다.

오늘날의 大多數의 타이어코드 接着系는 Resorcinol Formaldehyd 및 Latex(RFL)의 水系(그림11)를 基準으로 하고 있다. 一般적으로 RFL만이 고무를 나일론 및 레이온에 結合시키는데 必要하다고 한다. 폴리에스테르는 一般적으로 不活性이므로 接着을 促進시키기 위하여 보다 높은 反應性의 化學物質이 RFL에 加해진다고 하는데, 여기에는 Polyisocyanate와 Epoxy가 가장 一般적으로 사용되고 있다.

(다음 號에 계속)

