

타이어의 製造 및 工學*

(下)

F. J. Kovac**

李 光 宰 譯

〈차 례〉

1. 序 言 (上)
2. 타이어 工學
 - (1) 타이어 補強 시스템
 - (2) 타이어의 構造 (下)
3. 타이어 製造
 - (1) 고 무
 - (2) 타이어 成型

2. 타이어 工學

- (1) 타이어 補強 시스템
- (2) 타이어의 構造

타이어 技術者들은 타이어 構造와 配合設計를 예상되는 環境條件에 맞추어야 된다는 어려운 일에 부딪치게 된다. 이러한 問題點을 解決하는 方案은 많이 있으나, 이러한 方案들은 서로 모순되는 점이 있으므로 設計時에는 이러한 모순점이 적으면서 타이어 特性에 가장 알맞은 條件을 選擇하여야 한다.

① 定 義

타이어와 림의 치數: 타이어와 림의 치數에 쓰이고 있는 用語는 그림12에 表示된 것과 같다. 이들 用語는 사이즈, 成長 및 Clearance factor

*,** 타이어의 製造 및 工學(上)(3~4月號)參照

를 記述하는데 쓰인다. 이것은 또 負荷能力이나 마일當 回轉數와 같은 經驗의인 수치를 計算하는데도 이용된다.

Aspect比: 指定된 림幅에 대해서 斷面 높이(SH)와 斷面幅(SW)의 比를 말한다.

$$AR = \frac{SH}{SW} \times 100$$

構造의 치數: 그림12에 略示되어 있는 치數는 오직 타이어의 軀 모양과 限界值에 관한 記述이고, 타이어 内部의 實제의 成分을 定義하든지, 位置를 정하든지 할 때에는 構造幾何學을 이용하게 된다. 이들 치數(그림13)는 타이어의 형태, 코드의 曲率, Cord path, 應力 그리고 其他의 相關된 解析의 表現의 기초가 된다.

Cord angle: 코드앵글(Cord angle; Cord path와 타이어 센터의 角)은 타이어의 形態 또는 輪廓에 重要한 影響을 주게 되는 parameter 이다.

制限하는 成分: 벨트는 카카스를 制限하는 主要成分이다. 브레이커(Breaker)나 캡 플라이(Cap ply)와 같은 成分은 벨트와는 달리, 코드앵글이 카카스 플라이와 거의 같다. 브레이커는 타이어의 周方向의 成長은 制限하지 않으나, 주로 트레드나 솔더部의 強度를 높이기 위하여 使用된다.

② 設計 因子

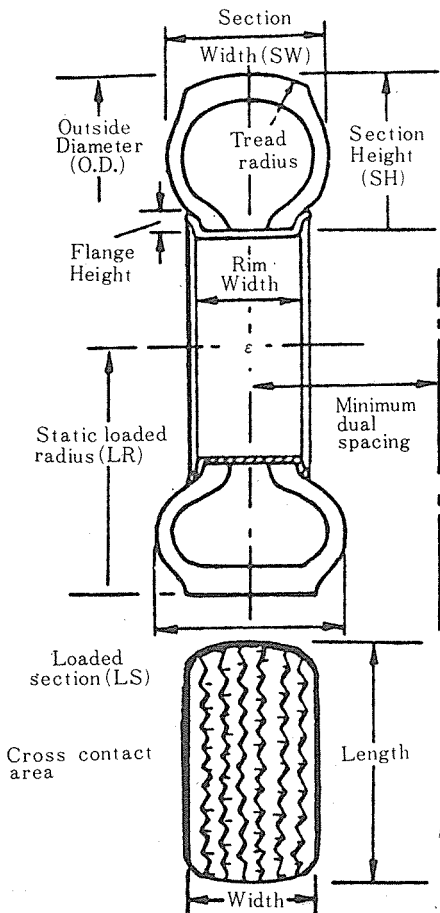
基本的으로 타이어는 둥근 環으로서, 球가 어떤 中心의 둘레를 軌道回轉하여 차지하는 空間

體積이라고 볼 수 있다. 간단하게 하기 위하여 타이어 圓環의 외곽을 가끔 環狀形으로 또는 子午線狀의 모양으로 2次元의 取扱하고 있다. 타이어의 構造는 그 構成成分 중에서 여러 가지 成分의 種類나 數, 位置 및 크기 등을 規定한다.

제 1成分은 카카스플라이, 비드, 벨트, 트레드 등이며 이들은 타이어의 基本的인 特性을 담당하고 있다. Chafer, Flipper 및 Breaker(비드와 크라운 領域에 있는 織布의 strip)는 應力集中을 分散시킴으로써 제 1成分을 保護하므로 이것을 제 2成分이라고 한다.

a. 타이어의 構造와 規格

設計의 제 1段階는 타이어의 規格을 정하는



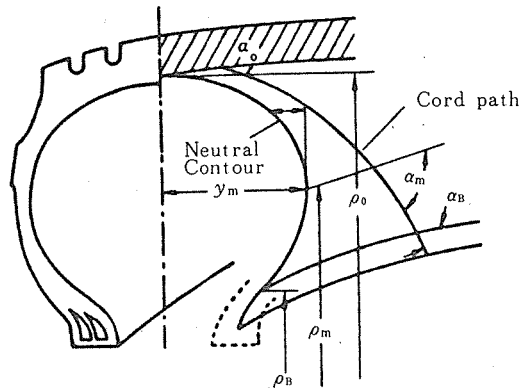
[그림 12] 타이어와 림의 치數

것이다. 이 問題는 荷重과 最小 輪徑을 주게 되면, 어떠한 外形이 外被의 要求性能을 가장 잘 만족시킬 수 있느냐 하는 것이다. 주어진 空氣壓에 대해서 數數로 負荷重이 正해지며(그림 14 참조), 다음과 같은 式으로 表示된다.

$$L = K(0.425)(P)^{0.585}(S_{62.5})^{1.39}(D_R + S_{62.5})$$

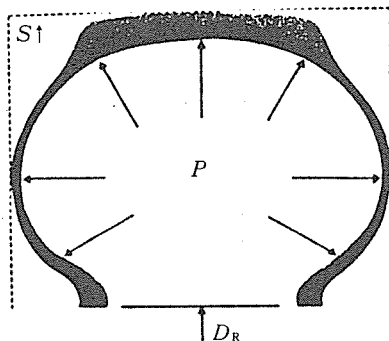
여기서 L 은 타이어의 荷重(파운드), K 는 荷重係數, P 는 空氣壓, $S_{62.5}$ 는 62.5% 림의 斷面幅, D_R 은 呼稱 輪徑이다. 이것은 基本式이며, 타이어에 따라서는 바뀔 수도 있다.

徑과 斷面幅이 正해지면 橢圓形인 실제 모양



[그림 13] 타이어의 幾何構造

y ...軸 距離, α ...코드와 外形周線에 의한 銳角, ρ ...回轉軸에서 타이어 外形上의 任意點까지의 半徑, ρ_0 ...回轉軸에서 센터라인上의 Neutral 外形點까지의 半徑, ρ_m ...回轉軸에서 y 가 最大인 타이어外形上의 點까지의 半徑.



[그림 14] 타이어의 包圍 數

P ...空氣壓, S ...斷面幅, D_R ...輪徑, 負荷는 P , S 및 D_R 에 比例한다.

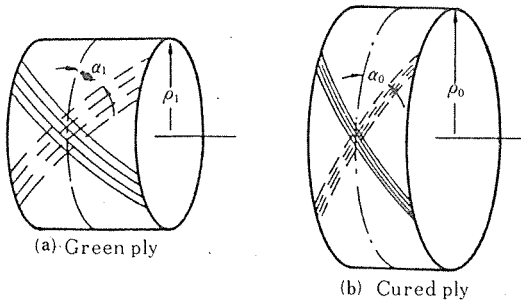
의 斷面이 決定된다. 타이어의 카카스는 内部 空氣壓과 코드張力 사이의 平衡表面을 나타내고 있다. 코드의 張力은 Cord path의 曲率에 依存되어 있다. 이것은 타이어의 센터라인에서의 Cord path와 그 센터라인에서 비드 領域까지의 Cord path와의 相互關係의 函數이다. 벨트가 없는 타이어에 대해서는 이것이 다음과 같이 表示된다.

$$Y = \int_{\rho}^{\rho_0} \frac{(\rho^2 - \rho_m^2) \exp\left(\int_{\rho}^{\rho_0} \frac{\cot^2 \alpha}{\rho} d\rho\right) d\rho}{\left[(\rho_0^2 - \rho_m^2)^2 - (\rho^2 - \rho_m^2)^2 \exp\left(2 \int_{\rho}^{\rho_0} \frac{\cot^2 \alpha}{\rho} d\rho\right)\right]^{1/2}} \dots\dots\dots(1)$$

여기서

$$(\cot^2 \alpha / \rho) a\rho = \text{Cord path의 定義} \dots\dots\dots(2)$$

Cord path의 定義는 타이어 形狀을 說明할 때 가장 重要한 因子이다.



[그림 15] Ply Matrix

일반적인 (Bias) 타이어의 成型工程에서는 플라이(ply)가 매트릭스(Matrix)를 形成하도록 反對方向으로 連續層狀으로 놓이게 된다(그림 15). 플라이 매트릭스가 圓筒狀으로 形成되면 어떠한 圓周의 變化도 對應할 수 있는 코드角의 變化를 가져올 수 있다. 製造工程에서 이 變位는 코드에 따라서 增大 되는데, 코드角 α 는 비드部에서 最大半徑의 트레드 센터部까지 일정한 比率로 減少하게 된다. 이 關係는 本質적으로 펜트그래프 作用에 의한 것이다. 이리하여 角度變化는 圓周길이(즉, 半徑)의 變化의 直接的인 函數가 된다. 數學적으로 表現하면 다음과 같다.

$$\alpha_0 = \arccos\left(\frac{\rho_0 \cos \alpha_1}{\rho_1}\right)$$

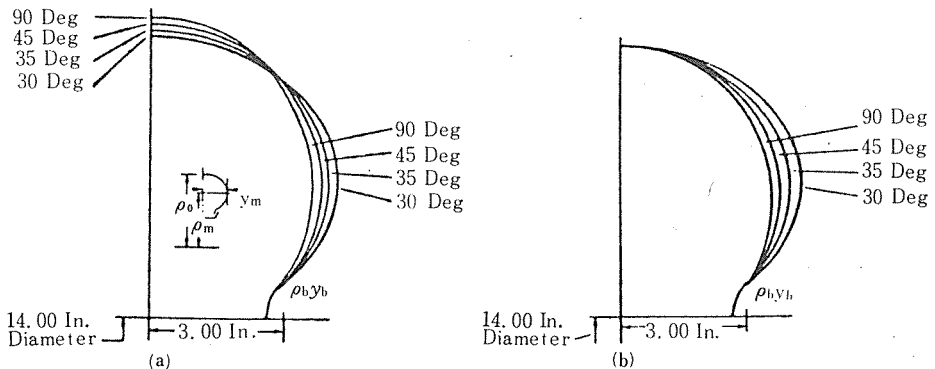
이것은 一般的인 Bias 타이어에 대해서는 式(1)을 다음과 같은 式으로 만들게 된다.

$$Y = \int_{\rho}^{\rho_0} \frac{(\rho^2 - \rho_m^2) \sin \alpha}{[(\rho_0^2 - \rho_m^2) \sin^2 \alpha_0 - (\rho^2 - \rho_m^2) \sin^2 \alpha]^{1/2}} d\rho$$

보통 타이어는 정해진 Cosine cord path를 갖는다고 생각하고 積分限界를 바꾸게 되면 다음 式은 타이어의 上半分과 下半分の 外形을 나타내게 된다.

$$Y = \int_{\rho=0}^{\rho=\pi/2} \frac{\rho(\rho^2 - \rho_m^2)}{[(\rho^2 - \rho_m^2) \cot^2 \alpha - 2\rho^2]} d\phi$$

컴퓨터를 이용하면 反復法으로 양쪽의 半分을 만족하는 解를 求할 수 있으며 얻어진 形은 그림 16과 같이 주어진 센터라인角에 대해서



[그림 16] (a) 外形 길이가 같은 경우 (b) ρ_0 가 같은 경우

然스럽고 또는 均衡이 잡힌 形이다. 이 情報에 의해서 주어진 코드角에 대한 形을 정할 수 있는 것이다. 코드角이 높고 낮을 경우의 形의 傾向을 보면 表 5와 같다.

Belted 타이어에 대해서는 附加的인 人力情報가 必要하나, 基本的으로는 카카스角에 의해 限定된만큼 카카스의 基礎自然形이 压迫될 뿐이다. 그림 17은 Belted 타이어의 몰드의 形을 나타낸 것이다. 이 몰드는 어떠한 角度에 대해서도 計算될 수 있는 理論的인 自然形으로 決定된 外形의 길이를 가진 것이다. 角度가 커지면 몰드와 理論的인 膨張形과의 差異가 커지는 동시에 벨트에 의한 카카스의 拘束이 커지며 보다 큰 張力이 維持된다. 또한 벨트에 의해 拘束되는 幅은 트레드에 보다 큰 剛性을 줄 수 있도록 점차 트레드幅 以上으로 커지고 있다. 따라서 이 形을 유지시키는 데는 벨트를 조르는 데 있다.

b. 材 料

타이어 製造에 使用되는 成分은 基本的으로는 고무, 纖維 및 비드와이어 등 3가지이다. 이들은 서로 다른 力學的인 特性을 가지고 直接 서

로 달아서 몇 100萬 사이클의 運動을 하게 된다. 이들 3材料의 応力-變形의 關係를 보면 그림 18과 같다. 纖維는 앞에서 說明한 바와 같이 타이어의 重量比에 대한 높은 強度와 耐屈曲性을 주며 사이즈와 形狀의 安定性을 維持시키는 重要한 補強成分이다.

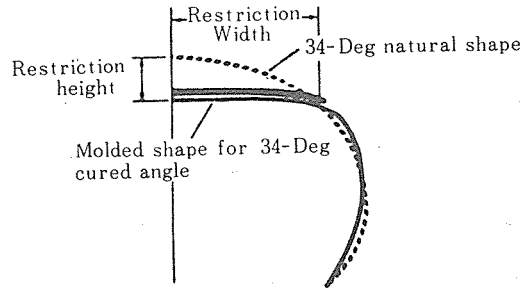
고무 配合物의 要求性能은 타이어의 部位에 따라 다르다. 트레드部分은 耐磨耗性이고 牽引力이 있어야 하며, 두개의 다른 配合이 트레드內에서 選擇的으로 分布되어 가장 좋은 要求性能을 만족시키지 않으면 안된다. 캡部分은 必要한 耐磨耗性和 牽引力을 갖추어야 하며 한편 基本 配合은 高彈性이고 走行發熱이 없어야 한다.

비드와이어는 基本的으로 高強度로 Bronze 鍍金한 steel wire이다. 이 비드束은 미리 정해진 捲數만큼 1個의 와이어로 감든가 또는 數個의 와이어를 나란하게 하여 테이프처럼 감아서 만든다. 감기 전에 각 와이어는 特別한 配合

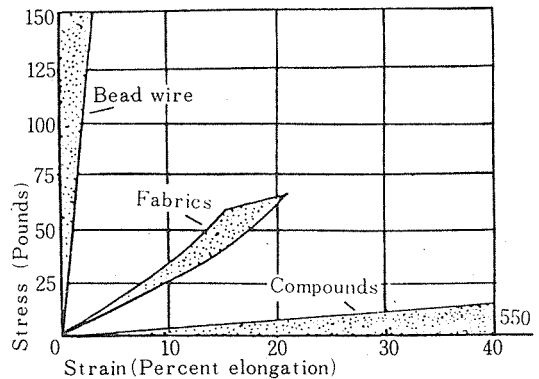
코드角의 影響

<表 5>

Parameter	코드角	
	高	低
斷面 높이	높다	낮다
斷面幅	좁다	넓다
트레드 半徑	둥글다	편평하다
回轉抵抗	낮다	높다
剪斷應力	낮다	높다
비드 應力	높다	낮다
코드 張力	낮다	높다
變形	높다	낮다
卦入力	높다	낮다
路面接觸 길이	길다	짧다
사이드월의 Radial Crack	많다	적다
橫安定性	나쁘다	좋다
트레드 마모	나쁘다	좋다
트레드 크랙, 周方向	좋다	나쁘다
Cornering power	나쁘다	좋다
乘車感	좋다	나쁘다



[그림 17] 形狀에 대한 벨트의 效果



[그림 18] 타이어 材料의 應力-變形의 關係

物에 通過시켜 加黃 후의 와이어間의 応力分布를 均一하게 하고 또 그 와이어를 強하면서도 柔軟하게 하기 위하여 結付시킨다.

c. 応力과 變形の 關係

타이어 内部의 応力은 空氣壓, 變形 및 走行速度와 같은 使用條件과 마찬가지로 타이어의 構造型과 치數의 函數이다.

基本計算에는 카카스 強度와 비드 強度 및 플라이 強度가 포함된다. 모든 計算은 空氣壓에 대한 応力으로서 靜的條件을 바탕으로 하고 있으며, 여기에 安全係數가 關係된다.

카카스코트의 張力은 카카스의 코드角, 코드數, 플라이數 및 内部空氣壓의 dimension 項등으로 表示된다. 그림 13에서 다음과 같은 式을 誘導할 수 있다.

$$t_0 = \frac{P(\rho_0^2 - \rho_m^2)}{2\rho_0 n_0 W (\sin^2 \alpha_0)}$$

여기서 t_0 는 内部空氣壓이 P 일 때의 코드張力이고, n_0 은 코드方向에 直角으로 測定한 單位 길이當 코드數이며, W 는 플라이數이다. 따라서 Burst 壓力은 다음과 같이 된다.

$$P_{max} = \frac{2T_{max}\rho_0(\sin^2 \alpha_0)n_0 W k}{\rho_0^2 - \rho_m^2}$$

여기서 T_{max} 는 코드의 最大引張強度이고, k 는 코드 強度에 關係되는 經驗定數이다.

코드 張力은 코드를 따라 變化한다. 즉 ρ 가 最大인 센터라인에서 最大이고, 비드部에서 最小이다. 코드上的 任意의 點에서의 코드 張力 t 와 最大値 t_0 와의 關係는 다음과 같다.

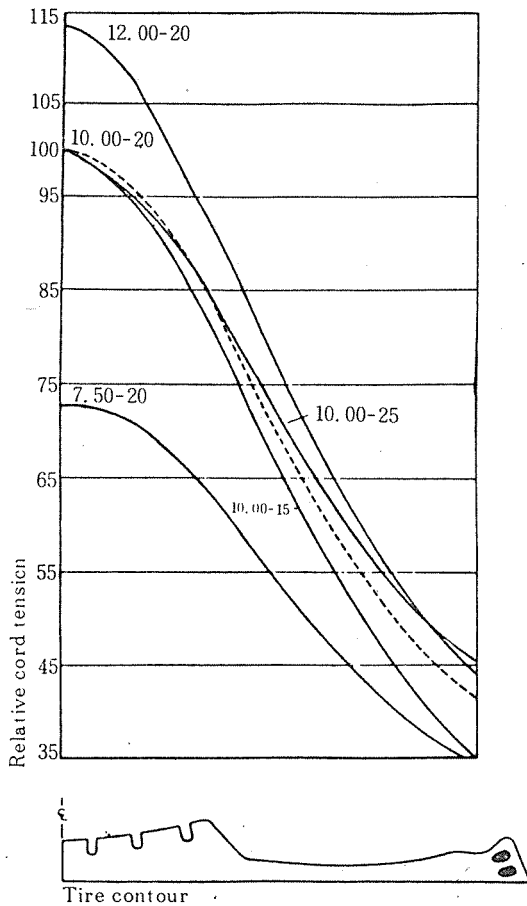
$$t = \frac{t_0 \sin^2 \alpha_0}{\sin^2 \alpha}$$

그림 19는 몇가지 規格의 Bias ply 타이어의 센터라인에서 비드까지의 相對張力을 나타낸 것이다. 비드 應力은 타이어의 空氣壓, 브레이크 토크(Brake torque)에 대한 傳導力, 사이드 推力, 遠心力 그리고 비드와 림 形狀에 따른 여러 가지의 構造效果에서 發生하며 이들은 또 비드의 1次函數에 직접 關係된다. 즉, ① 카카스 플라이에 均게 結付되어 있다고 假定하고, ② interlocking의 目的에 대해서 非伸長性으로 作用하고 있는 것이다.

첫째 경우는, 비드 上의 코드를 직접 세계 잡아당김으로써 發生하는 힘을 가지고 있다. 이 張力은 空氣壓에 직접 關係되어 다음과 같은 式으로 計算되었다.

$$T = \frac{P(\rho_0^2 - \rho_m^2)(\sin \alpha_0)\rho_0 K}{2[(\rho_0^2 - \rho_\beta^2) \cos^2 \alpha_0]^{1/2}}$$

여기서 K 는 試驗角度이고 ρ_β 는 回轉軸에서 柔軟構造와 剛體構造를 連結하는 動力이 걸려 있지 않는 外形上의 中立點까지의 垂直距離이다. 이것은 비드上的 全靜的張力의 일부만을 나타내고 있다. 附加的 張力은 타이어의 림에 대한 適合性과 그 結果의 壓縮力의 關係이다. 그리고



(그림 19) 코드 張力

타이어의 비드에 대한 動的 應力 效果도 또한 重要하며, 그것은 그림 20에 表示된 것과 같다.

타이어의 벨트에 대한 引張 應力은 카카스플라이에 作用하는 것과 같은 因子에 의해 발생한다. 그러나 카카스플라이에 대한 應力의 크기는 벨트가 플라이를 制限하는 것만큼 輕減되며 이 制限率 r 이 벨트의 效率을 정하게 된다. 그것은 空氣를 넣은 상태에서의 벨트 斷面의 높이 SHr와 自然의 높이 SH와의 比이며 다음과 같은 관계가 있다.

$$r = \frac{SH - SH_r}{SH}$$

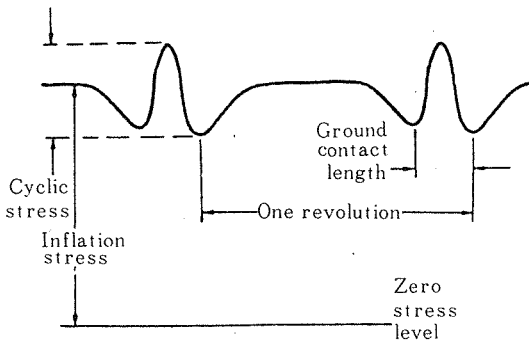
그림 21은 r 值에 대한 카카스코드의 張力, 벨트코드의 張力, 그리고 벨트에 대한 全体의 힘을 表示한 것이다.

타이어에는 또 剪斷 應力도 걸려있는데 이것은 負荷狀態에서 타이어가 變形될 때 나타나는 屈曲 變形力과 마찬가지로 引張 應力에 依存되고 있다.

③ 타이어의 擧動

트레드 設計의 제 1 目的은 牽引力(traction)이다. 트레드 패턴은 타이어의 驅動 및 制動 토크(torque)의 傳導性을 增加시키고 있다.

트레드의 設計는 基本的으로 平坦한 고무를 보다 작은 要素로 分割 또는 分離시키는 것이다. 이러한 트레드 패턴의 要素는 空間, Rib, Lug, Slot, Groove 등의 對稱인 反復 패턴으로 配列되어 있다.

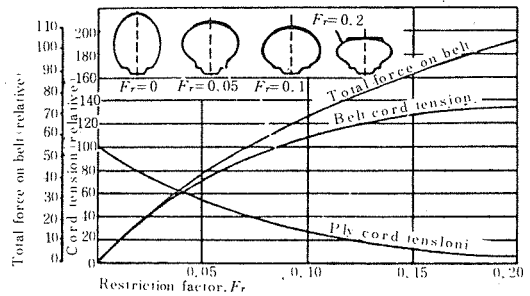


(그림 20) 動的 비드 應力

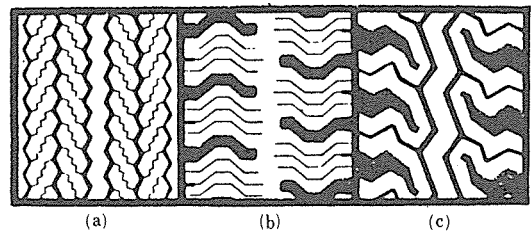
먼저 表面 치數가 정해지면 그 깊이를 생각하게 된다. 깊이의 치數는 最初에 하나하나의 設計要素에 관해서 고려하고 다음에는 이들 要素의 相互關係에 대해서 생각한다.

패턴 設計에는 3가지의 基本 디자인이 있다 (그림 22). 첫째로, 周方向으로 나란한 Rib 型으로 된 것은 가장 일반적인 型으로 모든 車輪의 位置에 대해서도 전체적으로 좋은 運轉機能을 주고 있다. 그러나 이 디자인은 基本的으로 乘用車용타이어에 사용되는 것이며, 트럭에는 均一한 磨耗特性과 橫方向 traction 때문에 前輪用으로 사용된다. 驅動車軸에는 前進 traction이 제 1 性能이므로 Lug 또는 交叉 Rib가 가장 좋은 性能을 주고 있다. OTR 用途와 같이 보다 큰 牽引力이 必要한 것에는 그림 22의 3 번째 디자인이 사용된다.

타이어의 사이드월은 카카스를 保護하고 感覺的인 價値를 가지며 또 타이어의 內容 認識에도 利用된다. 사이드월 中央의 "Scuff-rib" 領域은 緣石이나 岩石에 의한 카카스의 損傷을 특별히 保護하고 있다. 사이드월의 두께는 타이어의 型



(그림 21) 벨트의 應力



(그림 22) 基本 트레드 패턴

(a) Highway Rib (b) Lug 또는 Cross Rib (c) 特殊仕樣

과 使用條件에 따라 정해진다.

트레드의 Upper Sidewall의 設計는 發熱面에서 매우 重要하다. 이 領域에는 타이어의 周方向을 따라 半徑方向으로 깊은 groove가 冷却效果와 물의 排除效果를 위하여 設計되어 있다.

a. 性能特性

타이어에 要望되는 性能特性은 다음 두가지로 나눌 수 있다.

• 力學特性: 이것은 荷重變形에 關係되는 것으로, 垂直負荷 타이어의 變形特性이다. 타이어에는 許容負荷(정해진 空氣壓에서 타이어가 維持되는 最大荷重)와 荷重率(許容된 最大內壓에서 타이어가 維持되는 最大荷重)이 있는데, 이 許容負荷와 荷重率은 다같이 ① 空氣壓, ② 타이어 規格, ③ 變形, ④ 速度, ⑤ 距離 등에 따라 정해진다.

操縱特性으로는 다음과 같은 3가지의 力學的 特性을 들 수 있다. ① Lateral force(進行方向으로 끌리는 핸들 量), ② Aligning torque(接地面中心에서 垂直軸 둘레의 슬립으로 타이어가 처음 位置로 되돌아가는 힘), ③ 靜的 Handle torque(停車時 타이어를 操縱하는데 要하는 torque)

接地壓은 다음과 같은 5가지 點에 關係된다. ① 牽引力: 여러가지 條件下에서의 타이어의 Grip 能力, 즉 驅動에 대한 推進力, Cornering에 대한 Lateral force, 그리고 브레이크에 대한 減速力을 發生하는 能力 등이다. ② Power loss: 接地面에서의 摩擦損失과 타이어 構造內의 Hysteresis loss, ③ 回轉率: 정해진 距離에서의 回轉數로서, 보통 靜的負荷 타이어에 대한 計算值보다 작다. ④ 림 效果: 타이어의 움직임에 따른 비드 領域의 影響, ⑤ 騒音과 振動: 타이어에서 發生하는 音이다.

• 耐久性: 이것은 트레드 磨耗 즉, 路面에서의 磨耗로 인한 타이어의 “磨滅”에 대한 応答과 疲勞, 즉 反復되는 負荷사이클에서의 破壞 또는 弱화에 의해서 決定되는 것이다. Separation은 使用중에서 타이어의 構成成分이 複合構造로서 維持될 수 없게 되었을 경우에 關係되며,

또는 耐久性은 타이어의 動的인 運動에서 熱 에너지의 蓄積으로서 熱에 대한 反應에 의해서도 決定된다. 그리고 打傷抵抗性, 타이어의 衝擊에 대한 耐久性이나 Cutting, Cracking, 引裂抵抗 등 타이어 고무의 龜裂發生과 成長에 대한 抵抗能力에 의해서 정해진다.

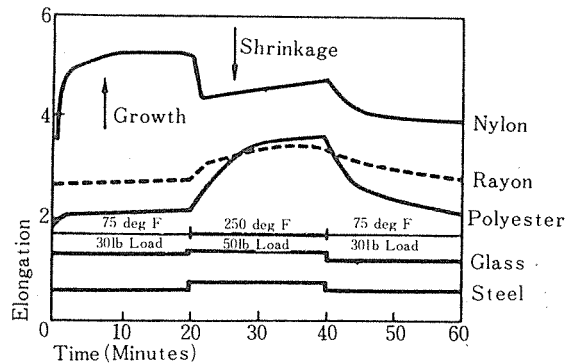
b. 타이어의 試驗

모든 技術分野에 있어서 性能測定方法은 本質的으로 重要한 것이다. 타이어 試驗의 主要한 範圍는 ① 코드, 고무, 複合體의 實驗室 試驗, ② 타이어의 實驗室試驗, ③ 屋外試驗, ④ 市場 評價, ⑤ 生産의 品質管理試驗 등이다. 이러한 範圍의 모든 段階에서는 타이어 研究者 및 開發者에 대한 일정한 Feedback이 이루어지지 않으면 안된다.

(i) 實驗室의 試驗

타이어의 成分은 使用時에는 週期的으로 變形을 받고 있다. 또한 타이어 成分은 完全한 彈性體가 아니므로 그 變形 에너지의 일부는 吸收되어 熱로 變換된다. 따라서 타이어 材料는 耐熱性이 있어야 한다. 이러한 點을 實驗室에서 보다 빠르고 正確하게 알아내기 위하여 實驗室에는 컴퓨터를 사용하게 되었고, 또 컴퓨터가 아니면 不可能한 어떤 特性의 資料計算까지도 가능하게 되었다.

컴퓨터 制御의 實驗室試驗을 說明하기 위하여 타이어코드의 크립 舉動을 살펴보자. 그림 23은 컴퓨터로 플로트된 타이어 走行條件에서 時間, 溫度, 荷重의 影響을 나타낸 것이다. 無機纖維



(그림 23) 코드 安定性

는 대부분 成長되지 않으나, 有機纖維는 荷重이 걸리면 時間에 따라 成長되며, 또 Creep 이 平行線을 벗어나서 發生하고 있다. 또한 溫度上昇으로 收縮 및 成長의 힘이 다같이 增加되고 있다. 나일론의 경우는 低荷重에서 收縮力이 成長力을 넘어서 溫度가 上昇된 點에서 最初로 收縮된다. 그리고 레이온과 폴리에스테르는 溫度의 上昇과 荷重의 增加로 成長이 계속된다. 모든 纖維는 溫度와 荷重을 줄이면 처음길이로 되돌아가려는 傾向이 있다.

타이어 工業에서는 또 繼續적으로 實驗室에서 타이어를 故意로 破壞하는 試驗을 開發해 왔는데, 이 試驗으로 性能의 限界를 決定하고 있다. 많은 實驗室試驗은 ① 特別한 類型으로 破壞시키기 위하여 開發된 것, ② 일반적으로 不過 數日의 連結試驗으로 결정되는 促進試驗, ③ 實走條件에 대해서 半定量的인 것 등이 있다. 타이어 試驗 중인 타이어의 溫度測定에는 熱電對가 가끔 사용된다.

대부분의 實驗室 타이어試驗機는 原則적으로 스틸플라이휠(Steel fly wheel)을 基本으로 하고 있다. 이들 플라이휠은 대부분 模擬裝置(Simulator)로서 電氣적으로 프로그램되어 作動된다. 예컨대 航空機用타이어의 경우에는 完全한 滑走, 離陸, 着陸 過程을 계속 反復할 수 있다.

(ii) 非破壞試驗

性能限界를 조사하는 試驗技術의 古典적인 것은 대부분 終局的으로는 試料를 破壞하는 것이다. 그래서 非破壞試驗의 開發에서는 적지 않은 努力이 必要하였다. 타이어工業에서는 다음과 같은 非破壞試驗이 評價받고 있다.

赤外線: 試驗중인 타이어에서 패턴을 얻는데에는 赤外線走査 시스템을 이용, 表面의 溫度勾配를 連續적으로 記錄하여 發熱點 "hot spot" 을 查定한다.

超音波: 超音波가 水中에서 짧은距離를 進行할 때, 水中에 넣은 타이어가 數數의 不均一하면 그 反射信號에 變化를 일으킨다.

Micro 波: 타이어 内部를 透視할 때는 Radar 型 周波數를 이용하며, 이것으로 物理特性의 變

化를 檢出한다.

Holography: 光學的인 技術로 타이어의 表面變形을 測定한다.

(iii) 屋外實走試驗

타이어의 舉動을 그대로 決定하는 가장 좋은 방법은 많은 路上試驗走行으로 假定한 性能을 試驗하는 것이다. 모든 種類의 타이어(乘用車用, 트럭用, 트랙터用, 農耕用 등)가 屋外實走試驗으로 강제로 試驗된다.

일반적으로 타이어工業에서의 屋外實車走行試驗은 다음과 같은 試驗 트랙이나 路上에서 하게 된다. ① 高速 트랙(円形 또는 橢圓形), ② 模擬路, ③ 자갈 및 非鋪裝路, ④ 玉石道路, ⑤ Cutting, Chipping 및 Tearing 코스, ⑥ 打傷 및 破壞路, ⑦ Skid pad(wet 및 dry traction 試驗), ⑧ 구불구불한 Slalom 코스(感応성과 핸들링성을 評價), ⑨ 繫留트랙(農耕用 타이어의 耐久性을 정함), ⑩ 글라스로드(glass road).

Texas 에 있는 7,300에이커의 Goodyear 實車走行試驗場에는 ① 5마일 高速사이클, ③ 8마일 模擬 Highway, ③ 大規模의 자갈 코스, ④ 콘크리트에 문힌 큰 돌, ⑤ 트랙터타이어用的 集合 코스, 2마일路, ⑥ Baja road 코스, ⑦ 스프레이 裝置가 되어 있는 Skid pad, ⑧ 글라스로드(glass road) 施設(이것은 타이어의 接地面을 直接 觀擦할 수 있다) 등의 트랙이 있다.

(iv) 市場評價

市場價值分析은 모든 車에서 하게 되며, 또한 타이어 評價에 있어서는 모든 段階의 試驗 데이터가 컴퓨터에 入力되어 回歸分析된다.

그러나 실은 消費者의 滿足도가 참다운 타이어의 評價이다.

3. 타이어 製造

타이어 製造工程은 大略 그림 24와 같다. 타이어 製造는 基本的으로 고무와 카본블랙 및 藥品을 고무 配合物로 하기 위한 混合, 各種纖維의 處理와 칼렌더 作業에서 纖維에 대한 고무 코팅, 트레드 및 사이드월 고무의 押出成型, 이

들 成分의 타이어 成型機上에서의 組立, 熱과 壓力下에서 타이어의 加黃, 끝으로 마무리 作業과 製品檢査 등으로 되어 있다.

(1) 고무

乘用車用타이어의 고무成分은 平均 約60~70%이다. 乘用車用타이어에는 物理的性質이나 化學組成이 다른 8種類나 되는 配合고무가 있다. 타이어가 複雜해지면서 그 數가 急速히 늘어난 것이다.

① 브레이크다운(Breakdown)

타이어 成型을 위한 配合고무의 제1段階에는 고무의 브레이크다운(Breakdown)이 포함되어 있다. 이 브레이크다운 段階의 目的은 配合고무의 軟化와 素練으로서, 다른 藥品을 添加할 수 있고 보다 均一한 製品을 만들기 위한 過程이다. 最初의 브레이크다운 工程에서 들어가는 고무, 카본블랙 및 化學藥品은 自動으로 秤量되어 一定한 間隔으로 internal mixer(일반적으로 Banbury mixer)에 投入되어 昇溫, 加壓

되어 2~3分間 混練된다. 브레이크다운에는 Roll mill을 이용하기도 한다.

Roll-mill은 Banbury mixer (300°F~240°F)보다도 낮은 溫度에서 作動되므로 Mill에서의 브레이크다운은 時間이 훨씬 길어진다. 어떤 裝置에서도 브레이크다운의 程度는 Friction比 또는 前後의 Roll(internal mixer의 경우는 Rotor)의 回轉速度의 差에 依存된다. 또 Clearance, Rotor 表面의 狀態나 壓力 및 速度도 브레이크다운에 影響이 미친다.

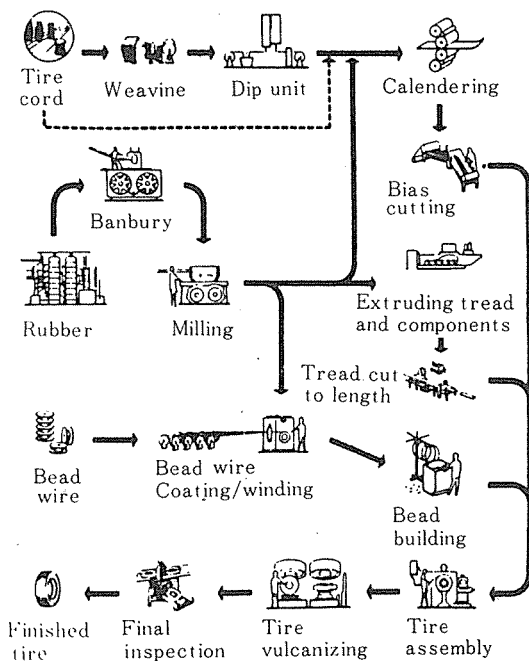
② 混 合

混合의 目的은 모든 配合藥品이 고무 속에서 完全히 고르게 分散되도록 하는 것이다. 各 배치(batch)에 대해서는 定해진 時間, 溫度 및 添加順序가 있으며, Open mill과 Internal banbury mixer를 사용한다. Mill에서의 混合은 서서히 이루어지며 添加順序와 混合의 정도는 Mill 作業者에 달려 있다. Banbury mixing 裝置는 더욱 빠르며 컴퓨터로 控制되므로 보다 正確하다.

일반적으로 添加順序는 ① 고무, ② 可塑劑 및 軟化劑, ③ 充填劑, 黃(加黃劑), 促進劑 및 酸化防止劑이다. 이 順序는 물론 고무 配合에 따라 바꿀 수도 있다. 그리고 간단한 Mixing 規則은 일반적으로 다음과 같다.

1. 끈끈한 樹脂는 건조한 粉末에 닿지 않도록 한다.
2. 굳은 樹脂는 軟化點 以上の 溫度로 유지한다.
3. 液狀物이 젖지 않도록 한다.
4. 材料를 분쇄시키는데는 고무의 強韌性을 利用한다.
5. Scorch와 그에 따른 Crumb 形成이 되지 않도록 한다.

이것은 다음과 같이 하여 解決할 수 있다. 즉, ① 可塑劑를 사용하여 内部摩擦을 減少시킨다. ② 充分히 브레이크다운된 고무를 사용한다. ③ Mixing 最後까지 黃을 保持해 둔다. ④ 적당한 促進劑 및 促進劑와 黃의 比를 택한다. ⑤ 마스터 배치(Masterbatch)를 사용한다는 등이다. 混



[그림 24] 타이어 製造의 Flow sheet

합후 이 配合고무는 冷却浴에 浸漬되었다가 過加黃(Over cure)을 피하기 위하여 冷空氣室에 貯藏된다.

③ 칼렌더(Calender) 加工

칼렌더 加工은 고무配合物을 織布上에 塗布하는 成形作業이다. 칼렌더는 反對方向으로 回轉하고 있는 Roll를 3本 또는 그 以上 갖추고 있는 重負荷機이다(그림25). Roll은 循環水와 스팀에 의해 加熱되고 기어는 速度比를 바꾸어서 操作할 수 있게 되어 있다.

織布上에 塗布하는 고무 配合物의 量은 Roll 間隙으로 定해지며 β -게이지(斷面圖를 그림)로 모니터 된다. 各 코드는 모든 側面이 고무로 絶緣되고, 그리고 이 織布는 원하는 幅과 角度로 비스듬히 잘리게(bias cut) 된다.

칼렌더에 사용되는 配合고무는 거의 또는 全然 收縮되지 않고, 成型工程 및 織布에 接着되기 위하여 充分한 粘性이 있어야 한다.

④ 押出 加工

타이어 製造工程에서 대부분의 고무는 押出機에서 押出되어 트레드와 사이드월로 成型된다. 대부분의 押出機는 螺旋型이며, 配合고무가 熱入 Roll에서 筒(barrel)入口로 供給되어 스크루(screw)에서 다이(die)를 통하여 押出된다. 適正한 押出은 配合고무의 可塑性和 스크루

速度 및 配合고무의 精度에 달려 있으며, 먼지나 凝集物은 濾過工程에서 除去된다. 그리고 配合고무의 潤滑性이 重要하다. 이것은 作業條件(溫度, 速度, Feed 및 브레이크다운의 정도) 및 配合고무自体(즉, 고무가 브레이크다운되는가, 고무의 種類나 充填量과 種類에 따라 可塑性이 달라짐)에 의해 컨트롤된다.

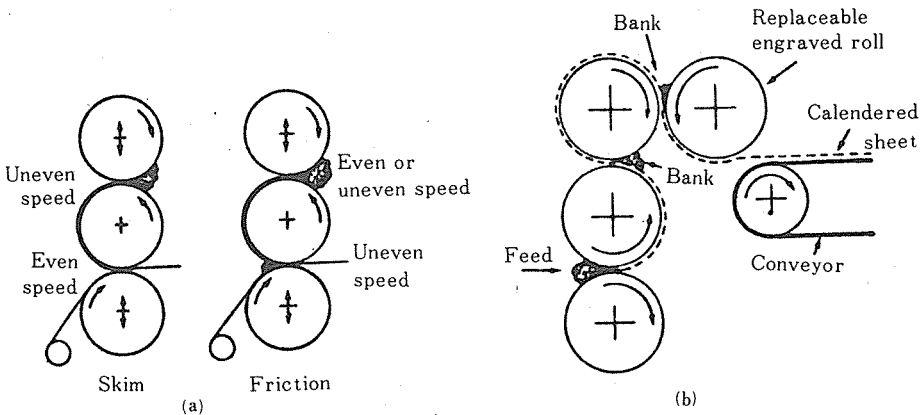
押出된 후 成型된 配合고무의 連續的인 흐름은 定해진 길이로 비스듬히 잘려서 重量이 測定되고 冷却되어 시멘트 塗布된다.

고무는 또 비드와이어(Bead wire)를 코팅하는 데에도 사용된다. 즉, 비드와이어는 큰 스푼(spool)에 設置되어 있고 와이어束이 押出 die를 통과하여 거기서 고무가 코팅된다. 이와같이 고무가 코팅된 와이어는 特定한(徑) 바퀴에 감겨서 타이어 成型機로 가게 된다.

(2) 타이어 成型

타이어의 모든 構成部品(Calender에 걸려서 잘라진 카카스와 벨트, 押出成型된 트레드, 사이드월, 비드)은 타이어 成型機에서 組立되며, 이 成型機에서는 "Green" 또는 未加黃 타이어가 成型된다.

카카스 角度가 65°까지의 타이어는 제 1段階 工程인 플랫폼드럼에서 成型되고, 이 角度以上(예컨대, Radial타이어)의 것은 제 2段階 工程이 必要하다.



[그림 25] (a) 織布上에 고무 塗布, (b) 4本 Roll 彫刻 칼렌더로 무늬 넣음

基本的으로 타이어 成型은 플라이와 다른 成分을 圓筒形狀으로 만드는 것이다. 이 工程은 inner liner 라고 하는 특별한 고무配合物의 얇은 層을 사용하는데서 시작된다. 다음에는 그 드럼(drum)위에 플라이가 한번에 1枚씩 놓이게 되고, 또 비드가 設置되며, 이 플라이는 비드 周圍에 turn up 된다. 다음에는(만일 있다면) 벨트가 놓이게 된다. 끝으로 트레드와 사이드월이 붙은 다음 드럼을 오므리면 未加黃 타이어가 된다.

未加黃 Bias(또는 Bias belted) 타이어는 兩端이 열려 있는 통과 같은 모양이 된다. Radial 타이어에서는 벨트가 놓이기 전에 일반적으로 圓筒形에서 트로이드形으로 팽창시킨 다음 벨트와 트레드를 接合하게 된다.

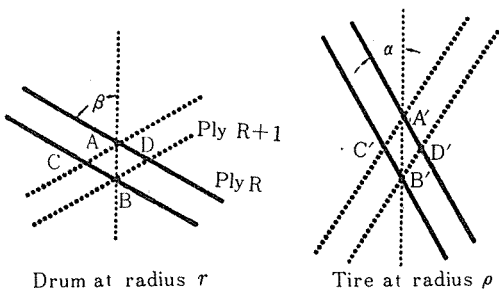
이 未加黃 타이어는 自動 타이어 프레스에 넣어서 高溫·高壓에서 加黃된다. 加黃에는 프레스 加黃, 오픈스팀 加黃, 드라이 熱加黃, 湯水加黃, 室溫加黃 등 여러가지 方法이 있는데, 타이어에는 보통 프레스 加黃을 하게 된다.

프레스 加黃에서는 配合고무의 트레드가 디자인되어 있는 몰드의 形으로 흘러서 사이드월의 두께가 정한대로 된다. 흐름의 狀態는 未加黃材料의 可塑性에 달려 있다. 充分히 흐르기 위해서는 配合고무가 耐스코치性이 있어야 한다. 加黃前에 配合고무가 完全히 흐르지 않으면 變形이 나타나게 된다. 적절한 흐름이 되도록 하기 위해서는 ① 配合고무의 可塑性效果에 따라 充填劑를 配合한다. ② 加黃促進劑를 調節한다. ③ 可塑劑를 사용한다. 加黃은 또 타

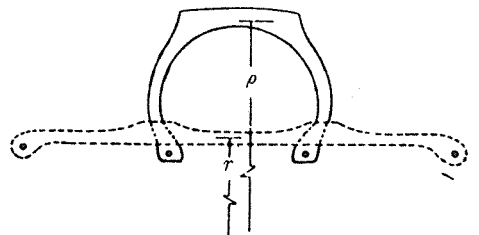
이어의 構造의 變化를 가져오게 한다. 圓筒形에서 트로이드形으로 變할 때 플라이의 코드角은 팬터그래프效果(그림26)에 의해 變化된다. 이 效果는, 코드의 퍼지는 性質과 成型張力으로 코드에 주어지는 伸長 때문에 變한다. 몰드 成型된 타이어에서, 플라이가 平面的인 形에서 二重曲面으로 變하는 사이에 코드에 걸리는 張力에는 Cord path에 直角인 張力成分과 타이어 表面에 대한 接觸面의 張力成分이 있다. 이 힘은 코드를 最小코드張力의 path 쪽으로 미치는 作用을 한다. 이리하여 코드의 伸長과 슬립의 두 因子가 팬터그래프에 包含되지 않으면 안된다. 相對伸長은 ϵ , ζ 는 橫 슬립을 表示하는 因子이다. 加黃된 타이어의 디자인 角을 알고 또 成型드럼의 幅을 알고 있으면 Green 타이어의 플라이角을 計算할 수 있다(그림 27).

加黃 타이어의 코드길이를 알자면 그림 28에 表示된 것과 같이 基本積分을 이용할 수 있으나 일반적으로 이 式의 數值解析이 必要하다. 加黃 타이어의 코드 길이가 計算되면 Green 타이어의 코드길이는 加黃 타이어에서 바라는 角度 變化와 코드 張力을 考慮하여 決定하게 된다. 코드길이를 求할 때는 코드의 熱的性質도 또한 考慮하지 않으면 안된다.

其他 중요한 因子로서는 카카스 全體의 코드 張力의 均一性(Uniformity)이다. Uniformity는 특히 複數 플라이 타이어(즉, 트럭, 航空機 및 트랙터용타이어)에서 重要하다. 張力 그리고 張力에 의한 剪斷應力의 Uniformity의 컨트롤은 타이어 性能에 크게 關係되는 것이다. 이러한 타이어 複合體의 非伸長性 때문에 타이어의 두



[그림 26] Pantograph作用 : $\cos \beta / r = \cos \alpha / \rho$



[그림 27] Green(---)에서 加黃(-)된 形의 變化 $\cos \beta = (r/\rho)(1\epsilon)(1+\zeta) \cos \alpha$

계 方向으로 壓力勾配가 存在한다. 그것은 제 1플라이가 最大이고 最後플라이가 最小로 되어 있다. 따라서 모든 플라이에서 均一한 張力을 유지하기 위해서는 이 勾配에 대해서 플라이角이 調整되지 않으면 안된다. 加黃중에 일어나는 그밖의 모든 變化는 드럼幅과 Bias角에 直接인 關係가 있다. 하나의 큰 變化는 카카스나 또는 벨트코드의 末端數이다. 이 末端數의 變化는 다음과 같은 式으로 表示된다.

$$n_a = \frac{n_{\beta} r \sin \beta}{\rho \sin \alpha}$$

加黃 타이어의 形成에서 이 末端 코드數의 變化는 코드 張力과 設計上의 加黃標準두께를 얻는데에 必要한 고무의 標準두께를 決定하는데 影響이 있다. Blow-up比와 成型技術이 코드 末端數에 影響을 미치게 된다. 이 Blow-up比는 코드密度뿐만 아니라 코드 周囲의 고무分布에도 影響을 주게 된다. 이 고무의 흐름에 의한 變化는 또 未加黃고무의 物理的特性에 關係되어 重要하다. 이 고무의 特性이 이 變化에 기여하고 있음은 틀림없다. 고무 매트릭스 分布를 나

타내는 式은 플라間的 고무 σ_p 에 대해서는

$$\sigma_p = \frac{\sigma n_a}{n_{\beta}(1+\epsilon)} - \frac{2K}{(1+\epsilon)^{1/2}}$$

(σ 는 Green ply의 全標準두께)

그리고 코드間的 고무에 대해서는

$$\sigma_c = \frac{1}{n_a} - \frac{2K}{(1+\epsilon)^{1/2}}$$

로 주어진다.

加黃時에 考慮하지 않으면 안될 最後의 重要한 特性은 트레드의 性質이다. green 카카스가 計算되었으면 다음에는 green 트레드의 흐름의 計算이다. 카카스의 設計가 加黃중에 나타나는 外形의 變化를 가져오게 한다. 그림 29는 팬터 그래프에 의한 外形變化 및 周長變化에 의한 伸長의 函數인 고무의 흐름을 나타내고 있다. 또 제 3의 因子, 몰드의 패턴에 의한 고무의 變形도 考慮되지 않으면 안된다.

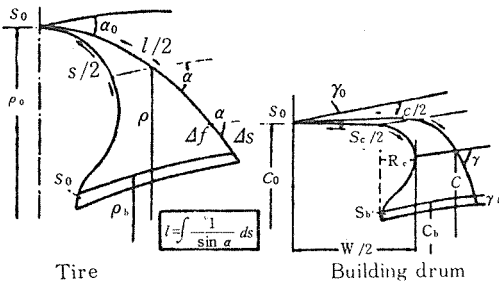
加黃후 타이어는 림에 裝置되며, 内部應力을 除去시키기 위하여 壓力을 넣어서 冷却시킨다. 이 段階를 Postinflation이라고 한다.

(3) 타이어의 마무리 作業

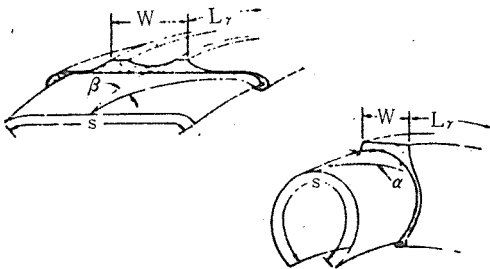
加黃 및 Postinflation 후의 마무리 工程에는 트리밍(Trimming), 버핑(Buffing), 平衡(Balance)잡기 및 品質管理에 의한 檢査 등이 있다.

타이어의 몰드에는 타이어 成型에서 남아 있던 모든 氣泡을 除去하기 위한 작은 "Vent"가 있는데 이 Vent는 트리밍 過程에서 모두 除去된다. 사이드월의 押出工程에서는 뚜렷하고 明確한 線을 유지하기가 어려워 화이트 사이드월 위에는 검은 配合고무가 붙어서 함께 押出되는데 이것은 버핑과정에서 除去된다. 버핑과 트리밍이 끝나면 이번에는 타이어의 缺陷有無를 檢査하게 되고, 그리고 檢査후에는 平衡試驗(Balance test)이 있는데, 이 試驗은 타이어의 回轉 및 操縱軸에 關한 重量分布의 均一性을 調査함으로써 動的平衡性을 確認하는 것이다.

檢査 및 平衡試驗이 끝난 타이어는 發送倉庫로 들어가 出荷準備를 하게 된다.



[그림 28] 加黃타이어의 코드길이 치數



[그림 29] Green 카카스가 加黃될 때 나타나는 치數의 變化