



# Radial Tire Belt 용 Cord 에 관한 연구

저자 : Carl Z. Draves and Zion S, Lee,  
 B.F. Goodrich Co, Akron, Ohio,  
 and L. Skolnik, B.F. Goodrich Research Center, Brecksville, Ohio  
 역자 : 본회 기술과



오늘날 가장 보편화된 승용차 타이어의 Belt 용 재질은 Rayon 과 Glass 이지만 Steel 및 새로운 섬유 코드지를 포함하는 기타 여러가지 재질이 B.F. Goodrich Co. 의 타이어 제조 기술진에 의해서 충분히 연구되고있다. B.F.G 는 최근에 새로운 "Gyro-Core" Steel-Textile Belted Radial 타이어 개발을 위시하여 몇가지의 새로운 Wire Radial 구조를 발표하였다.

예를들면 Lifesaver Radial Steel R/S 타이어는 Rayon 의 두층사이에 Steel Belt 를 삽입하였다.

이와같은 구조는 BFG 에 의하여 Wire 로된 Radial tire 의 탁월한 취급성과 섬유로된 Radial 타이어의 안락감및 고속 내구성을 결합한것이다.

자동차 타이어에 있어서 고조되는 안전및 내구성에 관한 요청이 Radial 타이어 라든가 Belted-bias 구조의 필요성을 절감하게 하였으며 이와같이 변모 해가는 경향이 타이어에 있어서 Belt 의 역할을 재강조 하게되었다.

본장은 Belt Cord 용 재질로 Nylon monofil, polyester macrofil, Rayon, Glass, Vinal (polyvinyl alcohol fiber).

### Seven fiber candidates for radial tire belts

| Fiber  | Supplier  |
|--|---|
| Fiber B.....   | E.I. duPont deNemour & Co.,<br>Wilmington, Del.         |
| Glass.....   | PPG Industries, Inc., Pittsbu<br>rgh, Pa.               |
| Nylon Monofil (Type p-20)...                         | E.I. duPont deNemour &<br>Co.                           |
| Nylon (6,6) Multifilament...<br>(Type 728)           | E.I duPont deNemour &<br>Co.                            |
| Polyester Macrofil (Type F-15)...                    | Celanese Corp, New<br>York, N.Y.                        |
| Polyester Multifilament...<br>(Type T-68)            | E.I. duPont deNemour & Co.                              |
| Rayon (Type 6152)...                                 | American Enka Corp., Enka, N.C.                         |
| Vinial (polyvinylalcohol-<br>Types 3131 and 1339)... | Kurashiki Rayon (now<br>Kuraray) Co. Ltd., Osaka, Japan |
| Wire (Brass Plated).....                             | Bekaert Steel Wire Corp., Zw-<br>evegem, Belgium        |

Fiber B (Dupont's high modulus experimental fiber) 및 Steel Wire 의 7 가지 후보재료를 이용한 여러가지 필요 조건을 기술하였으며 각후보 재료는 대표적인 구조로서 검토 되었다.

### 1. 일반적 요구 물성

Belted-Bias 타이어에서도 다소 그런경향이 있지만 Radial 타이어에서 Belt 는 타이어의 크라운부를 원주방향과 그리고 중앙선에 대하여 직각으로 한정하고있다. 이러한 제한은 트레드 표면의 외부 운동을 최소화함으로써 하기때문에 트레드를 안정화 한다.

또한 Belt 는상처와 팽꾸에 대하여 타이어 크라운부를 보장한다.

대표적인 70 계열의 Radial Tire 의 Belt 는 폭 1 인치 당 315 파운드의 팽창압력으로 인한 하중 (Circumferential load) 을 갖는다. (Appendix 1 참조) Belt 는 12 이하의 정상팽창 하중에 대한 파괴 강도의 안전계수를 가지고 설계된다.

(Appendix 2 참조)

보다 높은 modulus 를 갖는 코드의 경우에는 안전 계수가 24 이상 일수도있다.

### Appendix 1

Load at belt = Tire inflation pressure x Tire radius to center of belt.

### Appendix 2

Belt safety factor ratio = Cord tensile strength x No. plies x EPI x cos<sup>2</sup> Inflation pressure x Tire radius to center of belt  
 EPI = Ends per Inch  
 O = Cured Cord Angle

### Appendix 3: AFG Compression Modulus Test:

Test cords are drumwound and coated with rubber. The coated fabric is plied up to the necessary thickness to be cured into a 1"x2"x3" block. 1"x1"x1" samples are cut from the center of the cured block.

Compression test is conducted with the Instron, with compressive load applied parallel to the axes of the cords. A compressive stress-strain curve is recorded until the load decreases due to sample buckling or bending.

A blank block of 100% rubber is similarly tested so that the compressive load contributed by the rubber portion of the test block can be determined and subtracted from the load for each test block.

Compressive load per cord or per belt can then be calculated as fractions of the net load required to compress the test blocks at various compressive strains.

$$\text{Compress. Load/cord} = \frac{\text{Total Load (lbs.)} - \text{Load (lbs.)}}{\text{N (No. of Cords)}} \quad \text{for Rubber Compound}$$

Appendix 4: Data Sources

- A. B.F. Goodrich laboratory data
- B. DuPont Technical Brochure, December 1969
- C. Kurashiki Rayon Co. Technical Bulletin, "The Development of Kuralon (Vinal) Tire Cord"
- D. Rychebosch, F., "Steel Cord as Rubber Reinforcing Material," Wire and Wire Products, June 1962
- E. American Enka Corp. Industrial Yarn Report No. 70-128
- F. Algemene Kunstzijde Unie N.V. (AKU) Technical Bulletin, "AKU Tire Yarns," Part VII
- G. Kenyon, D, ICI Fibers, "The Case for the Use of Macrofilament Yarns in the Breaker Belt"
- H. DuPont Technical Brochure, March 1970

이 안전계수 요구치는 인장강도에 대한 하한(Lower Limit)이 된다.

최소 강도에 부가적으로 Tire Growth를 최소한으로 제한하고 트레드부의 안정화를 기하기 위하여 교신장 및

코 압축의 재질이 요청된다.

그러나 만일 신장 및 압축 성능이 너무 높으면 타이어의 피로수명과 고속 성능이 저하될 우려도 있다.

상온으로부터 300°F(150°C)까지의 온도 범위에서 각 Belt 코드 후보의 특성을 잘 알아야만 한다. 그 이유는 코드가 보통 상기 온도조건에서 제조 및 사용 되기 때문이다.

타이어 Belt 용 코드 후보에 대하여 고려되어야 할 중요한 성능은 강도와 모듈러스, 물과 화학약품에 노출되었을 경우의 안정성, 이들의 고속 인장 강도(타이어의 Bruise Resistance와 관련이 있음)와 취하성(Brittleness high modulus의 재질에서 있을수있는 문제점)등을 포함한다.

또한 최근에 많은 관심을 기울이는 성능은 코드의 동적 성능이다. 이는 코드의 신장-압축 사이클링은 배합이 타이어의 발열 혹은 동력 손실에 미치는 만큼 영향을 줄수있기 때문이다.

물론 기본적인 구성물을 이루기 위하여 Belt cord는 이미 알려진 RFL (Resorcinol-Formaldehyde-Latex) 혹은 HRH (Hexamethylene-tetramine-Resorcinol-Hi Sil) 직접 배합법과 같은 접착에 의한 끈간에 배합 고무에 접착되지 않으면 안된다.

본장에서 기술 하지 않은 부가적인 실제 중요한 성능들을 타이어 설계사들은 고려할 것으로 믿어지나 Belt 후보에 대하여 검토된 대부분의 성능들은 카카스용 코드지의 연구에서 대단히 중요한 것들이다.

2. 인장 강도 및 모듈러스

방사(yarn)의 강도 및 모듈러스(표 1 참조)는 테니아(Denier)와 단면적당 그람수로 계산하였다. 그 이유는 비중의 차이가 큰 재질을 비교할 경우에 이들 두 단위가 중요한 비교자료가 되기 때문이다.

예를 들면 Wire의 경우에 테니아당 그람수 혹은 중량 단위로는 낮지만 7.8의 높은 비중으로 인한 단면

<표 1>

Stress-strain properties of industrial yarns<sup>a</sup>

|                             | Nylon | Poly-ester | Rayon | Vinal | Dipped Glass <sup>b</sup> | Fiber B | Wire |
|-----------------------------|-------|------------|-------|-------|---------------------------|---------|------|
| Specific Gravity.....       | 1.1   | 1.4        | 1.5   | 1.3   | 1.8                       | 1.4     | 7.8  |
| Strength: gpd.....          | 10.0  | 8.9        | 6.2   | 11.0  | 8.6                       | 12.0    | 4.0  |
| 10 <sup>3</sup> psi.....    | 146   | 160        | 120   | 183   | 198                       | 215     | 400  |
| Modulus: gpd.....           | 50    | 115        | 125   | 200   | 230                       | 450     | 200  |
| 10 <sup>5</sup> psi.....    | 7     | 20         | 24    | 33    | 53                        | 80      | 199  |
| Breaking Elongation, %..... | 18    | 15         | 11    | 6     | 4                         | 7       | 2    |

a Data Sources: A,B,C,D, (see Appendix 4)  
 b Calculated from zero twist dipped glass cord

스케일(scale)로는 높다.

일양(一樣)한 하중 분포를 얻고 Fiber의 피로 저항(Fatigue Resistance)을 높이기 위하여 다섬유 방사(Multifilament yarn)를 보통 연사(Twist)하여 코드로 만든다.

그러나 연사수가 많으면 많을수록 인장강도및모듈러스는 낮아지기때문에 코드에 있어서 꼬임 효율(Twist Efficiency)은 피로 저항이 강도와 모듈러스 성능으로 서 조화되도록 고려되어야한다.

더욱이 코드의 Filament 강도는 코드의 실제적인 연사정도(Twist Level)에 대한 하한(Lower Limit)을 정하게 되므로 또한 참작 되지 않으면 안된다.

표 2는 3 및 6의 연사에서 각종 섬유의 꼬임 효율을 기록한것이다.

타이어 Belt 코드에서 우리가 바라는것은 Filament의 강도와 코드의 피로 저항에 결함이 없는 인장 및 압축 모듈러스와 같은 최고의 강도를 유지하는것이다.

Polyester 장섬유, Dipped Glass, 및 Wire는 이들의

<표 2> Twist efficiency<sup>a</sup> of tire cords.

|                 | Nylon | Polyester | Fiber B <sup>b</sup> | Rayon | Vinal | Wire | Dipped Glass <sup>c</sup> | Polyester Macrofil | Nylon Monofil |
|-----------------|-------|-----------|----------------------|-------|-------|------|---------------------------|--------------------|---------------|
| @Twist Multiple |       |           |                      |       |       |      |                           |                    |               |
| 3               | 100   | 100       | 98                   | 97    | 93    | 75   | 74                        | 58                 |               |
| 6               | 98    | 95        | 97                   | 94    | 77    | 62   | 49                        | 33                 |               |

a Twist Efficiency=% strength retained after twisting into cord, properties were furnished by sources B,D,E F,G (see Appendix 4).

b Twist Efficiency taken from processed cord.

c Based on dipped yarn as 100%.

불량한 꼬임 효율로인하여 즉 3이상의 꼬임에서 강도에 과도한 손실을 가져 오므로 비교적 저연사(Low Twist)로 사용되지 않으면 안된다.

꼬임 효율이 좋은 Rayon과 Fiber B는 고연사(High twist)로 사용 될 수 있는 반면에 Vinal은 강도와 피로저항을 조절하여 중간 정도로 가장 많이 연사된다.

Nylon 및 polyester 다섬유(Multifilament)는 대단히 좋은 꼬임 효율을 갖고있다 그러나 Belt 용으로서 압축 Modulus를 높이기 위하여 단섬유(Monofil) 및 장섬유(Macrofil) 형태로 사용 하도록 추천 되고있다.

꼬임 효율은 연사를 위한 상한을 결정하는 한편 Filament의 강도는 하한을 나타낸다.

코드의 꼬임수를 낮출 경우에는 Filament가 전체코

드 단위로서 보다는 오히려 개개의 Fiber로서 행동하는 경향이 있다.

이러한 사실은 꼬임수가 낮은 경우에 외각 Filament는 전단 하중(shear Load)을 내부 Filament에 까지 전달 할수 없을것이라는 가능성을 나타낸다.

더욱이 충분한 강력을 갖지못하였을 경우에 저연사(Low twist) 코드의 외각 Filament는 코드와코부의 경계면에 발생한 전단력(Shear Force)에 의해 파괴될 수 있다.

그러므로 보다 강한 Filament로된 코드 제조는 이런 류의 사고를 건디어 내는데 보다 성공적일것이다.

단섬유(Monofil)로서의 Nylon은 최고의 Filament강도를 나타내고있다. (표 3참조)

<표 3> Belt cord filaments<sup>a</sup>.

|                             | Nylon Monofil | Polyester Macrofil | Rayon | Vinal | Glass | Fiber B | Wire  |
|-----------------------------|---------------|--------------------|-------|-------|-------|---------|-------|
| Yarn/Card Size, Denier..... | 3970          | 500                | 1650  | 1200  | 774   | 700     | 18400 |
| Filament Count.....         | 1             | 1                  | 1100  | 288   | 408   | 580     | 5     |
| Filament Size, Denier.....  | 3970          | 500                | 1.5   | 4.2   | 1.9   | 1.2     | 3680  |
| Tenacity, gpd.....          | 8.5           | 6.8                | 6.2   | 11.0  | 15.0  | 12.0    | 4.0   |
| Filament Strength, Gms...   | 33800         | 3400               | 9     | 46    | 28    | 14      | 14700 |

aB. F. Goodrich calculations

Wire 및 polyester 장섬유(Macrofil)는 대단히 높은 강도를 나타내므로 저연사(Low Twist)로서 사용할수 있다.

Filament 강도가 낮은 Rayon을 저연사로 사용할경

우에는 심각한 Filament의 결점을 나타낸다.

또한 Fiber B도 Filament 강도가 약하며 따라서 비교적 고연사 구조(High Twist construction)를 사용하여야한다.

저 강도 및 낮은 꼬임 효율을 갖는 Glass 에는 곤란한 문제점이 있다.

Glass Filament 간의 마찰에서 보호하기 위하여 개개의 Glass Filament 를 둘러 쌓여 Glass 코드가 장섬유 (Macrofil) 와 동일한 활동을 차도록하기 위하여 다발로 접속시키는 두가지 역할을 하는 RFL 칩적 처리에

의해서 이 문제점은 해결 될수가 있다.

다섬유방사 (Multifilament yarn) 중에서 Vinal 은 가장 강한 섬유 강도를 가지고 있다.

이러한 Vinal 의 강도는 최대의 강도와 모듈러스를 얻기 위한 연사를 가능케 하는데 있어서 보다 큰 융통성을 주고있다.

<표 4> Stress-strain properties of belt cords.

|                           | Nylon Monofil | Polyester Macrofil | Rayon   | Vinal   | Dipped Glass | Fiber B | Wire     |
|---------------------------|---------------|--------------------|---------|---------|--------------|---------|----------|
| Specific Gravity.....     | 1.1           | 1.4                | 1.5     | 1.3     | 1.8          | 1.4     | 7.8      |
| Strength: gpd.....        | 8.5           | 5.7                | 2.5     | 10.6    | 7.8          | 11.4    | 3.7      |
| 10 <sup>3</sup> psi.....  | 120           | 102                | 100     | 176     | 180          | 204     | 369      |
| Modulus: gpd.....         | 46            | 75                 | 84      | 181     | 230          | 330     | 180      |
| 10 <sup>5</sup> psi.....  | 7             | 13                 | 16      | 30      | 53           | 59      | 179      |
| Breaking Elongation, %... | 17.2          | 14.2               | 14.2    | 7.9     | 4.0          | 3.7     | 2.4      |
| Cord Size.....            | 2800/1        | 500/7              | 1650/3  | 1200/3  | 75.7/0       | 1400/3  | 5x1x010" |
| Twist (tpi).....          | 0             | 2.5                | 8.0x7.0 | 3.5x3.5 | 2.5          | 7.5x7.0 | 2.5      |

Data Sources: A,B,C,D,G (see Appendix 4)

\*Note: at presstime B.F. Goodrich researchers report samples of improved Fiber B have tested at 18.0 gpd- other properties remain unchanged,

표 4 는 용도별로 추천하고자하는 형태로서 시험된 7 가지 재료의 코드강도와 모듈러스를 기록하였다.

3. 압축 모듈러스

Belt 용코드의 Stress-strain 특성을 나타낸 다른 성능은 압축 모듈러스이다.

표 5 에 나타낸 결과는 B.F. Goodrich Co. 에서 새로이 고안한 압축 모듈러스 측정기를 사용하며 1% 및 2% 압축시에 측정된 측정치로 부터 산출한것이다. (Appendix 3참조)

<표 5> Compression modulus<sup>a</sup> of belt cords.

|   | Nylon Monofil | Polyester Macrofil | Rayon | Vinal | Dipped Glass | Fiber 8 | Wire |
|---|---------------|--------------------|-------|-------|--------------|---------|------|
| Load/Denier, 10 <sup>2</sup> gpd        |               |                    |       |       |              |         |      |
| @ 1% Comp.....                          | 6.4           | 9.3                | 4.4   | 8.7   | 5.4          | 7.6     | 2.6  |
| @ 2% Comp. ....                         | 18.4          | 25.6               | 10.9  | 23.7  | 12.4         | 13.6    | 5.3  |
| Load/cross-section, 10 <sup>2</sup> psi |               |                    |       |       |              |         |      |
| @ 1% Comp.....                          | 9             | 17                 | 8     | 14    | 12           | 13      | 26   |
| @ 2% Comp.....                          | 26            | 46                 | 21    | 39    | 29           | 24      | 53   |

<sup>a</sup> Calculated from BFG compression modulus test results

Polyester 의 장섬유는 Denier 당 그램중량으로 가장 높은 압축 모듈러스를 나타내는 반면에 Wire 는 가장 낮았다.

단면적에 대하여는 Wire 가 가장 높았지만 한편 polyester 장섬유도 상당히 높은 수치를 나타내었다.

Vinal 은 두가지 스케일에 대하여 다섬유 (Multifilament) 보다는 보기도물게 높다.

Rayon, Glass, Fiber B 및 Nylon 단섬유는 일반적으로 비슷한 압축 모듈러스를 보이고있다.

Belt 코드는 일반적으로 신장에 영향을 주지만 접지면과 특히 타이어가 어떤 물체를 굴러 넘을때에는 코드에 대한 신장은 없어지고 압축 상태로 된다.

코드의 압축 모듈러스가 높으면 높을수록 압축변형은 적어질것이다. 그러나 주어진 압축변형율 (Compressive stain percent) 에서 보다 높은 모듈러스를 가지는 코드는 피로 수명 (Fatigue Life) 에 이롭지 못한 비틀림 또는 비틀과 같은 현상이 일어난다.

이와같은 이유로 타이어의 주행중 Belt 내에 생성되

는 압축 변형을 최소한으로 하기 위하여 높은 압축 모듈러스 코드 제질로된 Belt 들로 성형되어야 한다.

이 압축 변형은 직경이 보다큰 코드의 높은 코드 밀도를 사용하든가 혹은 벨트의 압축 모듈러스를 증가시키는 기타의 방법에 의하여 감소 시킬수있다. 한편 비교적 낮은 압축 모듈러스를 가지는 코드 혹은 코연사 코드(High Twist cord)는 일반적으로 보다 낮은 벨트 모듈러스에 사용 될수있다.

이는 코드가 피로에의한 결함이 없이 높은 압축율에 견딜수 있기 때문이다.

그렇지만은 압축 모듈러스가 너무 낮은 경우에는 벨트가 트레드의 안정기능을 발휘 하지 못할것임을 상기 하여야한다.

4. 온도 효과

50~300°F의 온도 범위에서 Glass 와 Wire 의 강도 및 모듈러스는 비교적 영향을 받지 않는다. (그림 1 및 2 참조)

코온에서 Fiber B 의 강도 및 모듈러스는 떨어지지만 300°F에서는 그래도 비교적 높은 상태를 유지한다.

Vinal의경우는 Denier 당그램 중량으로 표시한 모듈러스가 70°F에서 Wire 및 Glass 의 중간 모듈러스를 나타내는 것은 보기드문 현상이며 300°F에서는 Rayon

YARN TENACITY vs. TEMPERATURE

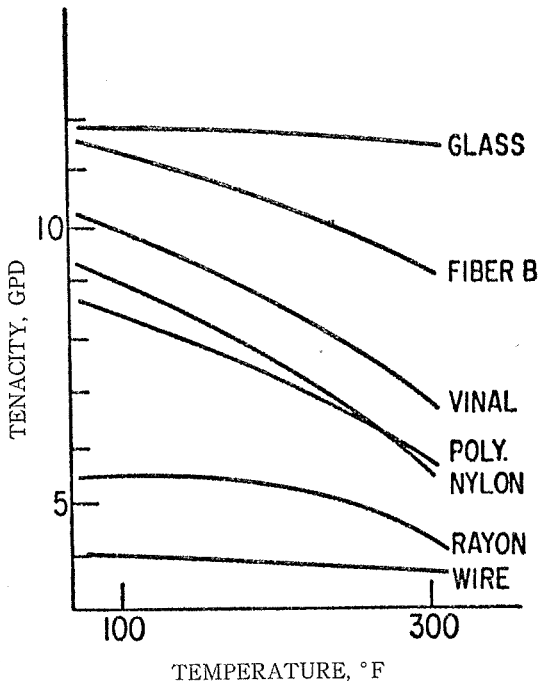


그림 1 The effect of temperature on the tenacity of seven candidates for radial tire belt reinforcement.

YARN MODULUS vs. TEMPERATURE

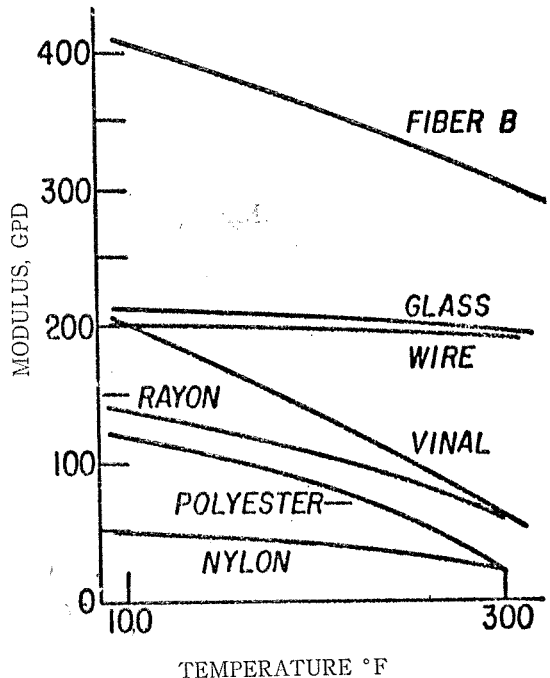


그림 2 The effect of temperature on tension modulus (gm/denier) for seven radial tire belt candidates.

의 모듈러스 까지 하강한다.

Nylon 과 polyester 의 경우는 코온에서 강도와 모듈러스 공히 떨어지고있다.

5. Moisture and chemical stability

75°F의 수증 및 305°F의 개방된 증기중에서 1시간 내지 1시간반동안 방치한후 대표적인 강도 손실 그리고 Goodrich Co.에서 사용한 일종의 개량 노화 시험기에서 강도 손실을 측정 함으로써 타이어 배합에 대한 적합성을 표 6에 나타내었다.

이들 시험 데이터는 위험 범위의 상호 관계를 나타내지만은 표준 이하라 하더라도 반드시 후보 재료에서 제거 할필요는 없다.

예로서 타이어 배합에서 polyester 의 강도 손실은 적절한 배합으로서 최소한으로 감소될수 있으며 더욱이 polyester 는 正常 조건에서 시험 온도가 325°F까지 상승 하지않는다.

Vinal역시 타이어의 가류 및 사용중 고무로 둘러 쌓여 있을 경우는 본래 증기와 접촉하지 않는다.

따라서 이들 Screening Test 로 얻어진 Data 들은 심사 숙고하여 이용 하지 않으면 안된다. (다음號에 계속)