

고무용
纖維

케블라 (Kevlar)

②

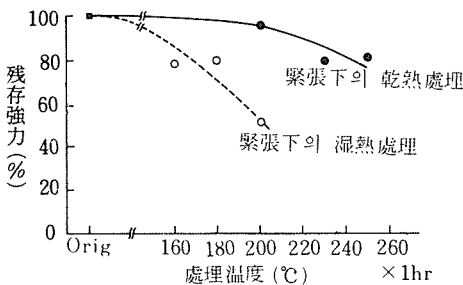
協會 李 源 善

前年 9~10月號에서는 케블라의 種類, 用途, 經濟性, 微細構造, 製法, 耐熱性, 치數安定性 등에 說明하였으나, 이번 號에서는 濕·乾熱劣化, 疲勞性, 動的粘彈性 등에 대해서 살펴 보고자 한다.

1. 케블라의 濕·乾熱處理에 의한 強力, η inh (固有粘度), 赤外線 吸收 스펙트럼, 比重 등의 變化

타이어코드(以下 코드로 略함)는 타이어製造 工程中的 heat set 處理, 타이어의 加黃 및 타이어 走行中の 發熱 등으로 加熱되어 어떤 條件에서는 劣化되는 경우가 있다.

加熱에는 乾熱과 濕熱이 있으나, 특히 夏期에 湿度가 異狀하게 높을 때에는 濕熱에 注意하여야 한다. 앞(84. 1~2月號)에서 이미 나일론(6) 코드에 대한 說明은 하였으므로, 여기서는 케블라 코드의 濕·乾熱劣化와 微細構造變化에 대해서 살펴보기로 한다. 實驗試料로는 Du Pont 社製

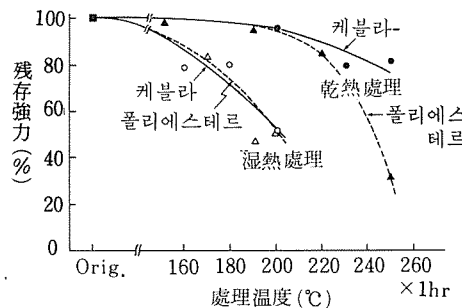


[그림 1] 케블라 타이어코드의 濕熱, 乾熱處理 溫度와 殘存強力과의 關係

1500d/2 構造를 사용하였고, 強力은 撚數에 따라 다르다. 各種實驗法은 나일론 6, 폴리에스테르 등과 거의 같다.

(1) 濕·乾熱處理에 의한 強力, η inh 등의 變化

그림 1에서와 같이 케블라 코드의 強力은 乾熱 約 200°C, 1hr 處理에서는 거의 變化되지 않으나, 濕熱 約 160°C, 1hr 以上 處理에서는 현저히 低下됨을 알 수 있다. 濕·乾熱에 의한 強力變化를 폴리에스테르(PET로 略함)의 強力變化와 比較하면 그림 2와 같다. 濕熱에서는 이들 코드가 모두 160°C 附近에서 強力이 低下되고 있다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 케블라는 乾熱時에는 強力低下가 작고 耐熱性이 良好하나, 濕熱에서는 PET와 거의 마찬가지로 強力이 低下된다. 따라서 強力低下의 原因을 研究하기 위하여 濕·乾熱處理한 코드의 η inh(固有粘度) 變化를 檢討하였다.



[그림 2] 乾熱處理 또는 濕熱處理된 경우, 케블라와 폴리에스테르 타이어 코드의 處理溫度와 殘存強力(%)의 關係

그 결과는 그림 3에 표시된 바와 같이 케블라 코드의 η_{inh} 는 濕熱 160°C, 1hr 以上 處理에서는 현저히 低下되나, 乾熱 200°C, 1hr 處理에서는 거의 變化되지 않음을 알 수 있다. 즉, 이 결과는 濕·乾熱處理에 의한 強力低下와 같은 傾向을 나타내고 있다. 또한 케블라는 잘 酸化되지 않으므로 濕熱에 의한 케블라 코드의 強力이나 η_{inh} 의 低下는 加水分解에 의한 것으로 생각된다. 이상으로 케블라의 濕熱處理에서는 充分히 注意하지 않으면 안된다는 것을 理解할 수 있을 것이다.

(2) 濕·乾熱處理에 의한 赤外線 吸收 스펙트럼, 比重 등의 變化

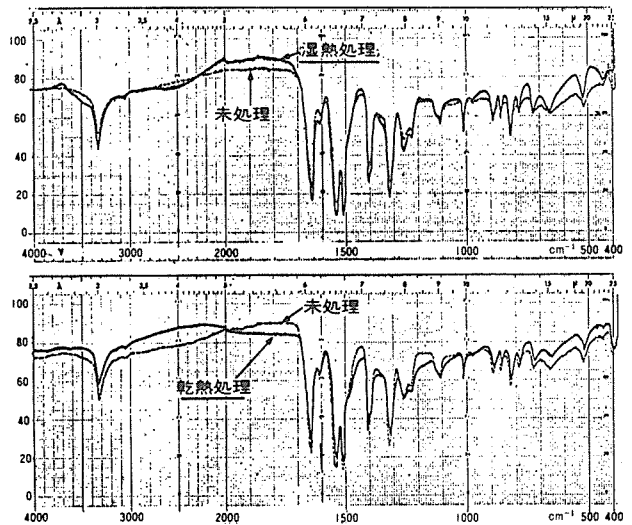
케블라의 未處理 및 濕·乾熱處理 필름의 赤外線 吸收 스펙트럼을 測定하여 比較檢討하였다. 그 결과는 그림 4와 같다.

이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 1700~1800 cm^{-1} 領域에는 濕熱 (200°C, 1hr) 및 乾熱 (250°C, 1hr) 處理와 同時에 酸化로 인한 새로운 C=O 吸收는 나타나지 않았다. 즉, 空氣中의 乾熱에서도 거의 酸化되지 않음을 알 수 있다. 그런데 나일론 6을 乾熱 (200°C, 2hr) 處理하면 酸化로 인한 강한 C=O 吸收가 1750 cm^{-1} 附近에 나타났었다 (濕熱에서는 나타나지 않았다). 즉, 脂肪族인 나일론 6은 酸化되기 쉽다는 것이다.

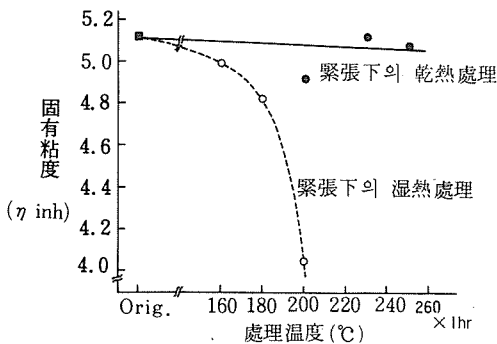
이와같이 케블라는 空氣中에서의 耐酸化성이

나일론 6에 비해 훨씬 뛰어난 것은 케블라는 본質으로 耐酸化성이 뛰어난 芳香族 폴리아미드이기 때문이라고 볼 수 있다. 이것이 케블라의 큰 特徵 중의 하나이다.

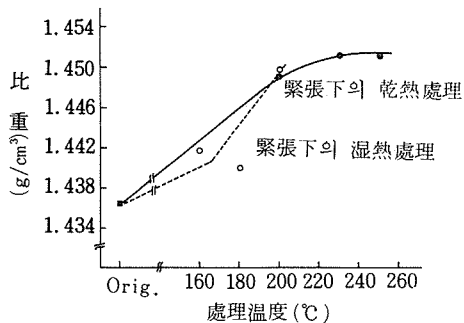
그림 5에 표시된 바와 같이 比重은 濕·乾熱 處理溫度의 上昇과 함께 增加되었다. 즉, 加熱로 인한 케블라의 結晶化도는 上昇됨을 알 수 있다. 이 결과는 前號의 그림 18에 나타난 바와 같이 濕熱에 의해 X線回折像이 뚜렷해지고 層線이 分明하게 나타나서, 보다 完全한 結晶이 生長하고 있음을 알 수 있다.



(그림 4) 濕熱處理 (200°C, 1hr), 乾熱處理 (250°C, 1hr) 및 未處理의 케블라 필름의 赤外線 吸收 스펙트럼



(그림 3) 케블라 타이어코드의 濕熱, 乾熱處理 溫度와 固有粘度의 關係



(그림 5) 케블라 타이어코드의 濕熱, 乾熱處理 溫度와 比重의 關係

2. 케블라의 疲勞性

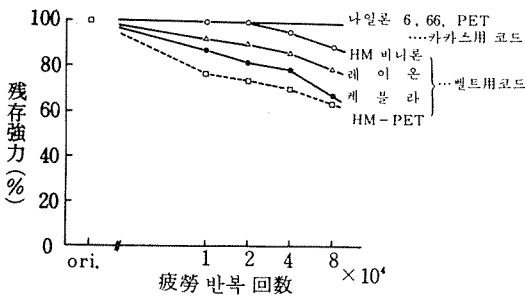
(1) 케블라 코드의 耐疲勞性과 Fibril 化 現象

케블라는 다른 纖維에 比해 彈性率(初期)이 현저하게 높고 伸長率은 작다. 이와같은 纖維는 耐疲勞性에 注意하여야 되며, 이것은 또 實用上 重要한 問題이므로 다음과 같은 研究를 하였다. 耐疲勞性의 比較에는 다음과 같은 市販 코드를 사용하였다.

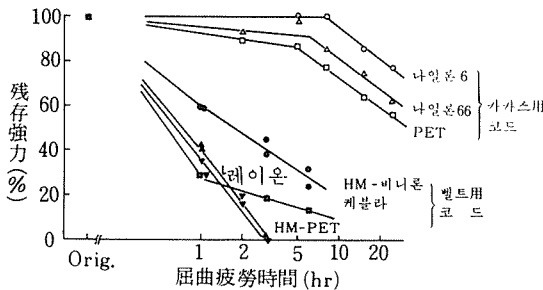
타이어의 카카스用 : 나일론 6 (1260 d/2) 22.0 kg(強力, 以下同), 나일론 66(1260 d/2) 21.0kg, 폴리에스테르 (1500 d/2) 21.0kg.

타이어 벨트用 : 레이온 (1650 d/3) 27.0kg, H. M. 비니론 (1800 d/2) 30.0kg, H.M. 폴리에스테르 (1500 d/2) 20.0kg (H.M.=High Modulus).

그림 6은 De Mattia法, 그림 7은 Firestone法 (Belt Flex type) 試驗機를 사용하여 위의 카카스用 및 벨트用 各種 코드의 耐疲勞性을 比較한 것이다.



[그림 6] 各種 타이어코드의 耐疲勞性 (疲勞試驗機 : De Mattia type 300 rpm)



[그림 7] 各種 타이어코드의 耐疲勞性 (疲勞試驗機 : Belt Flex type (Firestone型) 160 rpm)

코드의 構造가 다르므로 엄밀하게 말하자면 比較될 수 없으나, 두 그림에 의하면 이러한 條件에서는 케블라 코드의 耐疲勞性이 좋지않음을 알 수 있다. 그러나 벨트用코드에서 比較해보면 過去 벨트用에 사용되었던 레이온과 비슷하다는 것을 알 수 있다.

Goodyear 社의 Callahan 등은 케블라를 Bias 타이어의 카카스에 사용하여 解析한바 疲勞耐久性에 問題가 있다고 報告하였다. 그러나 케블라의 耐疲勞性은 코드의 撚數를 늘임으로써 어느 정도 改善될 수 있으며, 또 케블라에는 지금까지 說明해온 바와 같이 다른 合成纖維에서는 볼 수 없는 여러가지의 優秀한 性能을 갖고 있으므로 고무 補強材로서 有望한 素材라고 볼 수 있다.

앞에서 說明한 De Mattia法 疲勞試驗 후 고무試料의 케블라코드 切斷面에 나타난 Fibril 化 現象을 보면 그림 8과 같다. 또 튜브 疲勞試驗 후에는 Fibril化와 필라멘트에 거의 直角으로 킁크밴드로 보이는 것이 나타났다.

그림 9는 道路를 長距離 走行한 타이어의 破



[그림 8] 케블라 타이어코드 (1500 d/2)의 DeMattia type 疲勞試驗후 切斷된 곳의 케블라 필라멘트의 Fibril 化



[그림 9] 道路를 長距離 走行한 타이어의 切斷部의 케블라 필라멘트의 Fibril 化

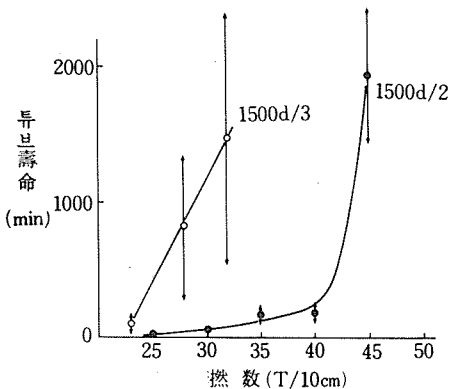
損部에서의 케블라 필라멘트의 Fibril化를 나타낸 것이다. 이들 寫眞으로부터 케블라는 고무속에서의 疲勞에 의해 Fibril化 됨을 알 수 있다.

Fibril化 現象에 대해 Callahan 氏 등은 Fibril化는 Tensile 과 週期的인 Stress 下에서 發生한다고 하였다. 또 어떤 研究陣에서는 乾熱 후 屈曲變形에 의해서도 쉽게 Fibril化된다고 한다. 그리고 引張切斷時에도 切斷部에서 Fibril化를 觀察할 수 있으나 湿·乾熱處理한 코드에서는 한층 Fibril化 現象이 甚하다.

그 原因은 湿·乾熱處理에 의해 電子密度의 差가 增加되므로 케블라 필라멘트中の 柱狀 microfibril間의 結合력이 低下되어 Fibril化되기 쉬운 狀態에 있기 때문인 것으로 推定된다. 또 Callahan에 의하면 Fibril化나 킹크밴드의 生成은 오히려 약해져서 破壞되지 않도록 하는 역할을 하게 되며 또 케블라가 高強力, 高彈性率 이면서 부서지지 않는 독특한 特色을 갖도록 한다고 한다.

(2) 케블라 코드의 撚數와 耐疲勞性 및 強伸長率과의 關係

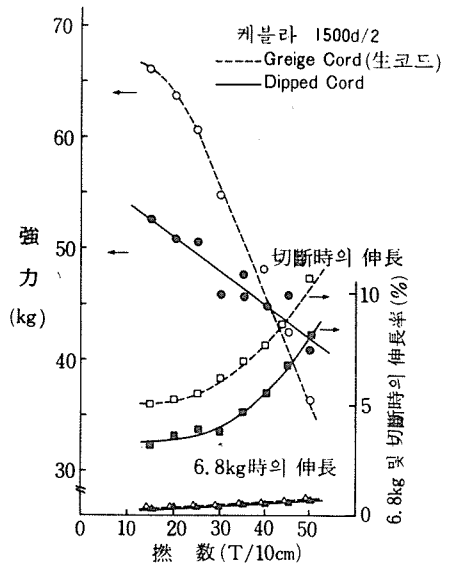
그림 10은 케블라 코드의 撚數와 Goodyear法 튜브 疲勞試驗機에 의한 튜브 疲勞壽命(튜브가 破裂되기까지의 時間:分)과의 關係를 나타낸 것이다. 1500 d/3 및 1500 d/2 構造는 다같이 撚數가 增加되면 疲勞壽命이 늘어남을 알 수 있다. 그러나 그림 11에서와 같이 撚數가 증가되면 伸



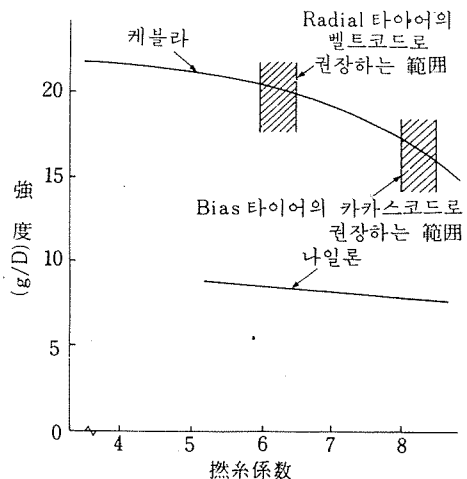
[그림 10] 튜브 壽命에 미치는 코드撚數의 影響 (케블라타이어코드)

長率은 增加되나 強力은 훨씬 低下된다(다음 參考 참조).

그래서 實際로는 強力이나 伸長率 등과 耐疲勞性과의 妥協點을 찾는 것이 필요하나 Du Pont社에서는 그림 12에서와 같이 케블라 코드의 撚糸係數를 Radial타이어의 벨트用 코드에서는 6.5 附近, Bias타이어의 카카스用코드에는 8 附近을 권하고 있다.



[그림 11] 케블라 타이어코드의 撚數와 強力, 伸長率과의 關係



[그림 12] 撚糸係數와 強度의 關係

撚糸係數 (Twist multiplier)는 다음 式으로 計算한다.

$$\text{撚糸係數} = \frac{\text{回数} / \text{meter} \sqrt{\text{denier}}}{2870}$$

즉, 耐屈曲性이 특히 필요한 카카스部에는 벨트部보다도 코드의 撚數를 늘릴 需要가 있다.

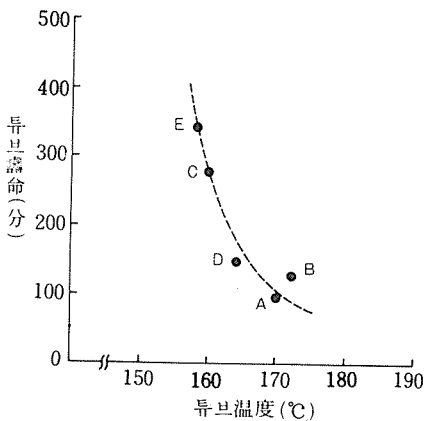
《參考》撚糸時에 彈性率에 높고 伸長이 적은 纖維는 強力利用率이 크게 低下된다. 케블라의 彈性率은 대단히 높으므로 나일론이나 폴리에스테르보다도 強力利用率이 작다.

(3) 케블라 코드의 튜브 疲勞壽命과 튜브內 發熱溫度의 關係

그림 13은 1000 d/3 및 1500 d/2 構造의 케블라 코드의 튜브 疲勞壽命과 疲勞試驗(回轉)중인 튜브의 内部溫度와의 關係를 나타낸 것이다. 이들 構造의 코드는 다같이 튜브의 内部溫度가 上昇함에 따라 튜브의 疲勞壽命은 低下된다. 그러므로 溫度가 耐疲勞性에 대해 重要한 因子임을 알 수 있다. 따라서 發熱 등에 의한 溫度上昇은 될 수 있는 限 피하지 않으면 안된다.

(4) 케블라, 폴리에스테르, 나일론 6 코드의 Hysteresis에 의한 發熱比較

케블라, 나일론 6, 폴리에스테르 등을 각각



A : 1500 D/2 40×40 D : 1000 D/3 40×40
 B : 1500 D/2 45×45 E : 1000 D/3 45×45
 C : 1500 D/2 50×50

[그림 13] 튜브溫度와 튜브壽命의 關係 (케블라 타이어코드)

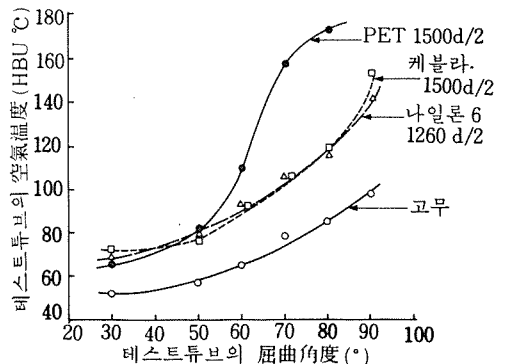
사용한 고무튜브 試料를 Goodyear法 疲勞試驗 機로 튜브 角度를 각각 變化시켜서 回轉中인 튜브의 内部溫度를 測定하였는데 그 結果는 그림 14와 같다. 여기서 폴리에스테르는 케블라나 나일론 6 코드보다도 高角度域에서의 發熱溫度가 높고 그리고 케블라와 나일론 6은 같음을 알 수 있다.

따라서 케블라는 타이어의 發熱을 考慮할 때 有利한 材料임을 알 수 있다. 케블라의 發熱溫度가 낮은 것은 tan δ (損失正接)가 낮기 때문이라고 한다(다음의 動的 粘彈性 참조).

(5) 케블라의 耐疲勞性 改善

앞에서 說明한 바와 같이 케블라의 耐疲勞性에는 問題가 있다. 즉, 耐疲勞性을 向上시키기 위해서는 코드의 撚數를 늘려야 하는데, 그렇게 되면 強力이 상당히 줄어들게 되기 때문이다(케블라의 撚糸強力利用率은 낮다). 그러므로 케블라의 뛰어난 力學的性質을 그대로 維持하면서 耐疲勞性을 向上시키기 위하여 많은 研究가 계속되었다.

예컨대, Piperazine 등을 共重合 diamine 成分으로 한 Poly(p-phenylene terephthalamide) 共重合纖維의 結晶은 Paracrystal의 으로, 柱狀 microfibril 構造가 消失되어 強度는 같은 水準이나 耐疲勞性이 改善되었다고 한다.



[그림 14] 各種 튜브의 發熱性에 미치는 荷重의 影響 (空氣壓 : 2.0 kg/cm², 840 rpm)

〈表 1〉

高強力 · 高彈性率纖維

Repeating Unit of Polymer	Company	Solution	Spinning	Drawing temp (ratio)	Tenacity g/de	Elongation %	Modulus g/de
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{CO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{\text{PPTA}}$	Du Pont (KEVLAR)	H ₂ SO ₄ aniso.	Dryjet-wet	— 450 (1.0)	25 23	4 3	500 1000
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{CO} \right]$	Du Pont (PRD-49)	TMU-LiCl aniso.	Dry	525 (1.0)	17	2	1000
$\left[\text{N} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{CO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{11} \left[\text{PPTA} \right]_{89}$	Asahi C.	H ₂ SO ₄ aniso.	Wet	500 (1.7)	15.6	5.3	480
$\left[\text{HNCH}_2 \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{CH}_2\text{HNCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{32} \left[\text{PPTA} \right]_{68}$	Asahi C.	H ₂ SO ₄ aniso.	Wet	440 (1.3)	20.4	4.9	450
$\left[\text{HNCH}_2\text{CH}_2\text{HNCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{26} \left[\text{PPTA} \right]_{74}$	Asahi C.	H ₂ SO ₄ aniso.	Wet	490 (1.35)	19.6	4.8	520
$\left[\text{HNNHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{CONHNHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{13} \left[\text{PPTA} \right]_{85}$	Teijin	H ₂ SO ₄ aniso.	Wet	—	11.1	4.3	550
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{N} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{13} \left[\text{PPTA} \right]_{87}$	Toray	H ₂ SO ₄ aniso.	Dryjet-wet	—	26.3	4.5	750
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{CONHCH}_2\text{CH}_2\text{HNCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{15} \left[\text{PPTA} \right]_{85}$	Toyobo	H ₂ SO ₄ aniso.	Dryjet-wet	—	20.9	5.1	420
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{20} \left[\text{PPTA} \right]_{80}$	Asahi C.	H ₂ SO ₄ aniso.	Dryjet-wet	510 (1.0)	25.0	—	1820
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{20} \left[\text{PPTA} \right]_{80}$	Ube Kosan	H ₂ SO ₄ aniso.	Dryjet-wet	— 500 (1.0)	17.7 31.5	5.4 3.0	429 917
$\left[\text{OC} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{CONH} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]$	Ube Kosan	H ₂ SO ₄ aniso.	Dryjet-wet	— 450 (1.0)	12.5 25.5	3.3 2.3	426 1092
$\left[\text{OC} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{CONH} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{SO}_2 \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NH} \right]_{20} \left[\text{PPTA} \right]_{80}$	Ube Kosan	H ₂ SO ₄ aniso.	Dryjet-wet	— 450 (1.0)	26.1 37.5	4.9 3.9	525 971
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{CH}_3 \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{SO}_2 \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{20} \left[\text{PPTA} \right]_{80}$	Ube Kosan	H ₂ SO ₄ aniso.	Dryjet-wet	— 500 (1.0)	24.1 35.0	5.3 3.7	490 807
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{O} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]$	Bayer	NMP-LiCl iso.	Wet	410 (7.5)	7.9	2.0	750
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{O} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{50} \left[\text{PPTA} \right]_{50}$	Teijin	NMP-CaCl ₂ iso.	Wet	470 (8.5)	25.0	4.7	550
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{50} \left[\text{PPTA} \right]_{50}$	Teijin	NMP-CaCl ₂ iso.	Wet	—	17.5	3.5	560
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{O} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{O} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{30} \left[\text{PPTA} \right]_{70}$ (Cl-Subst.)	Toray	NMP-CaCl ₂ iso.	Wet	400 (9.2)	19.2	4.0	570
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{O} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NH} \right]_{30} \left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{Cl} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NH} \right]_{35} \left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{NH} \right]_{35} \left[\text{OC} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{OC} \right]_{100}$	Toray	NMP-LiCl iso.	Wet	500 (12.7) 400 (1.0)	26.1	4.3	542
$\left[\begin{array}{c} \text{N-N} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{CONHN(CH}_3\text{)CO} \right]$	Monsanto	H ₂ SO ₄ iso.	Dryjet-wet	350 (22.8)	18.2	5.9	408
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{CONHNHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]$	Monsanto (X-500)	DMAc-LiCl iso.	Dryjet-wet	350 (1.5)	17.0	4.0	600
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{CONHNHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]_{30} \left[\text{PPTA} \right]_{30}$	Toray	NMP-LiCl iso.	Wet	320 (2.0) 380 (1.2)	21.4	2.9	814
$\left[\text{HN} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{N} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{C} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \text{NHCO} \begin{array}{c} \diagdown \\ \diagup \end{array} \right]$	USSR	DMAc-LiCl iso.	Wet	400	19.0	3	950

3. 케블라의 動的 粘彈性

多少 專門의 이긴 하나 參考의 結果의 概略을 살펴보기로 한다.

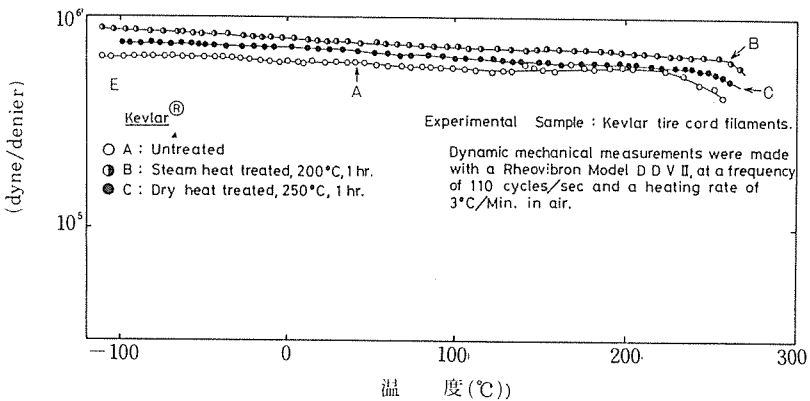
(1) 그림 15에 表示된 바와 같이 E' (貯藏彈性率) 레벨은 熱處理에 따라 增加된다. 어떤 코드도 高温에서의 彈性率維持率は 良好하다.

(2) 그림 16, 17 에서와 같이 E'' (損失彈性率), $\tan \delta$ (損失正接)는 室温附近과 120°C 以上에서 2개의 피크가 觀察되었다. 高柳教授(日本) 등은 低温側의 피크를 β 緩和, 高温側의 피크를 β^* 緩和라 하고, β 緩和는 非結晶領域, β^* 緩和는 結晶領域의 分子鎖熱運動에 각각 關係된다고 하였다. 그림 16, 17에 表示된 바와 같이 熱處

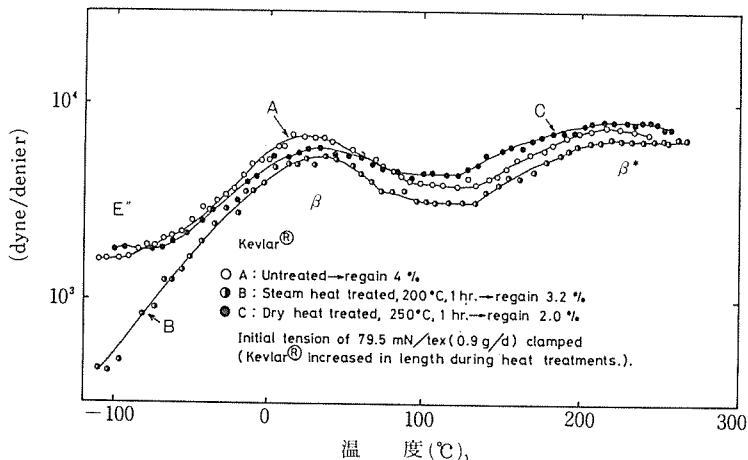
理에 의해 β 피크 水準이 低下되고 피크 溫度가 높아졌다. β 피크 水準이 低下되는 原因은 위에서 말한 β 緩和가 非結晶部에 의한 것으로 생각되므로 熱處理에 의해 非結晶部가 減少되고 結晶部가 增加되었기 때문이라고 생각된다.

또 피크 溫度가 높아지는 것은 可塑劑로서 作用하는 含有水分量의 減少 때문인 것으로 推定된다(그림 16에 表示된 것과 같이 未處理試料의 含有水分率은 熱處理에 의해 減少된다). 이와 關聯하여 高柳教授 등은 $\tan \delta$ 極大溫度가 低下되는 것은 吸着한 물의 可塑劑의 效果에 의한 것이라고 하였다.

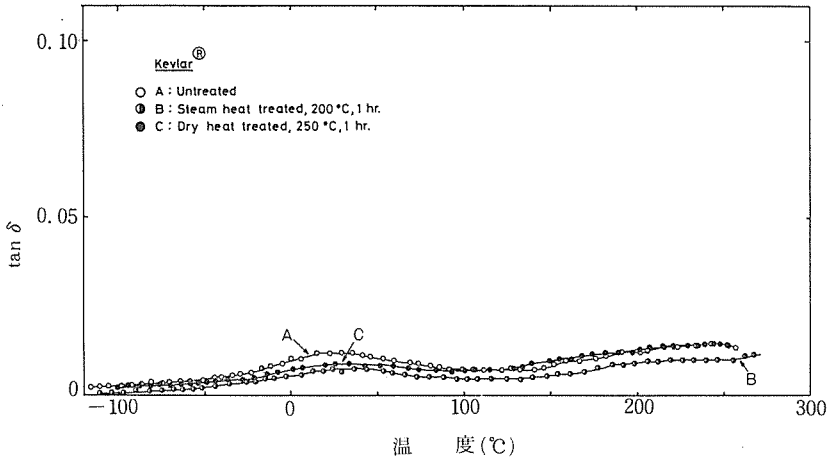
(3) 그림 17에서와 같이 케블라의 $\tan \delta$ 는 모두가 低水準으로 폴리에스테르의 $\tan \delta$ (文獻值)보다 훨씬 낮다. 즉, Hysteresis loss에 따른



[그림 15] 溫度와 E' 의 關係(케블라)



[그림 16] 溫度와 E'' 의 關係(케블라)



[그림 17] 温度와 tan δ의 關係(케블라)

發熱이 적으므로 고무製品에는 有利하다. (튜브 内 發熱 참조)

또한, E' , E'' , $\tan \delta$ 에는 다음과 같은 關係가 있다.

$$\tan \delta = \frac{E''}{E'}$$

[追補]

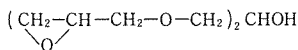
케블라와 고무의 充分한 接着力을 얻기 위해 서는 2浴處理를 해야 한다는 것은 앞(前號)에 서 說明하였다. 參考的으로 Du Pont 社에 의한 Subcoat(1浴제의... Epoxy系) 溶液組成 2種과 Topcoat(2浴제의... RFL系) 溶液組成을 表示하면 表 2, 3과 같다.

Heat set의 温度, 時間, 張力 등은 Litzler

〈表 2〉 Kevlar®(aramid)의 1浴時 組成

(1) IPD-31	
Diglycidyl ether of glycerol*	= 2.22
10% NaOH	= 0.28
5% 'Aerosol' OT (75% solids)	= 0.56
water	= 96.94
	100.00

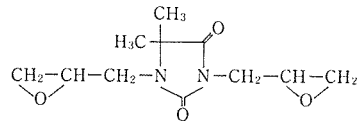
*Diglycidyl ether of glycerol (Nagase, NER-010A).



(2) IPD-34

Difunctional Hydantoin epoxide**	= 2.23
5% 'Aerosol' OT (75% solids)	= 0.56
water	= 97.21
	100.00

**Dimethylhydantoin based diepoxide (Ciba Geigy, XB-2793).



〈表 3〉 2浴時 組成

	Parts	
	Wet	(Dry)
I. Water	141	
Ammonium Hydroxide (28%)	6.1	
Preformed RF Resin* (75%)	22	(16.5)
II. Vinylpyridine Latex**	244	(100)
III. Formaldehyde (37%)	11	(4.1)
Water	58	
IV. HAF Black Dispersion (25%)	60.3	(15.1)
	542.4	(135.7)

Materials used: * "Penacolite" R-2170

** "Gen-Tac" FS

의 報告에 의하면 일반적으로 約 245°C, 1분이 고 張力은 코드의 構造나 燃糸係數에 따라 다르나, 1000/2, 1500/2, 1500/3에서 燃糸係數가 6.0, 6.5, 8.0인 경우 코드 1本當 1段째가 5.3~10.5 pounds, 2段째가 1.5~3.0 pounds이다. 以上과 같은 接着, heat set 處理 등으로 現在 實用上으로는 支障이 없는 接着力을 얻고 있다.

4. 結 言

케블라는 특히 強力, 彈性率, 耐熱性, 치數安定性 등이 뛰어난 纖維이며, 補強材로 使用하면 가볍고(輕量)도 性能이 우수한 고무製品을 만들 수 있다.

앞에서도 說明한 바와 같이 現在 問題點으로 되고 있는 것은 價格이 높다는 것이다. 앞으로 곧 Enka社에서도 Aramid 纖維의 工業生産이 豫想되고 있으며 其他動向으로 보아서도 展望은 밝을 것으로 보이나, 자세한 것은 알 수 없다.

일반적으로 알려진 바와 같이 고무工業에서도 製品의 輕量化, 性能向上, 省에너지 등은 앞으로 큰 問題로 대두되고 있으므로 이러한 傾向에 따라 高強力, 高彈性率 Aramid 纖維는 고무工業에서도 큰 關心을 갖게 되었다. 따라서 内外를 막론하고 뛰어난 研究開發, 原價節減 등이 크게 期待되고 있다. 競合은 要件대, 品質과 價格에 의해 成敗가 나기 때문이다.

☆

☆

☆

■ 타이어 소비자 불만신고소 이용안내 ■

신고요령

1. 신고대상 : 일반 시중에서 구입한 타이어 불량품
2. 신고접수처 : 대한 타이어 공업협회 (전화 : ☎ 4136)
주소 : 서울·중구회현동 2가 10-1 (무역회관 1806호)
3. 신고방법 : ○ 전화 신고 ○ 우편 신고 ○ 직접 방문 신고
4. 신고내용

신고자	주소(전화번호)	성명
신고사항	<ul style="list-style-type: none"> • 품명(규격) • 제조업체 및 주소(전화번호) • 구입처 및 주소(전화번호) 	<ul style="list-style-type: none"> • 구입일시 • 불량내용 점