

고무용
纖維

폴리에스테르 (Polyester)

②

協會 李 光 宰

[概要]

PET (Polyethylene terephthalate) 타이어 코드는 강력, 탄성률, 피로성 등이 좋고 flat spot 성이 나일론보다 적으므로 現在 乘用車용 타이어의 카카스材料로는 大部分 PET를 사용하고 있으며, 호스, 벨트類, 고무引布 등에도 사용되고 있다. 또한 3大合纖 중에서는 生産量이 가장 많고, 더우기 原料面에서도 다른 合纖보다 有利하다. 그러나 PET의 問題點으로는 다음과 같은 것이 指摘되고 있다.

(1) 高温에서는 加水分解나 amine 分解되기 쉽다. 즉, 타이어의 加黃時나 使用中에 코드가 老化的인 경우가 있다.

(2) 나일론에 비해 Hysteresis loss가 많아서 發熱時에는 纖維가 老化的인 쉬우므로 使用中에 熱이 蓄積되어 溫度上昇이 많은 트럭·버스용 같은 大型타이어에는 거의 使用되지 않고 있다. 또한 레이온에 比하면 熱收縮性이 상당히 크므로 製品의 尺寸安定性이 좋지 않아서 타이어의 Uniformity (均一性)가 고르지 못하다.

이와같은 諸問題는 實用상 매우 重要的인 것이므로 世界的으로 많은 研究가 계속되고 있다.

1. PET의 老化的인

(1) PET 코드의 配合고무 속에서의 老化的인

PET 코드가 고무속에서 完全히 묻혀 있는 상태에서는 老化的인 경우가 있으며, 특히 加黃

한 경우에는 코드의 強력이 심하게 低下된다. 老化的인 要因으로는 다음 3가지를 들 수 있다.

① 加黃溫度와 時間

② 고무의 種類: 天然고무가 合成고무보다도 많이 老化的인다 (NR은 周知하는 바와 같이 少量의 蛋白質을 包含하고 있다).

③ 加黃促進劑의 種類와 濃度: 老化的인 促進劑의 增加에 따라 增加한다. 老化的인도 amine 型이 가장 強하고, 그 다음이 sulfoneamide thiazole 등이다.

[老化的인 메카니즘]

고무속에서 PET 코드의 強력을 低下시키는 主要 化學反應은 加水分解老化的인라는 것으로 確認되었다. 老化的인速度는 水素이온濃度에 依存된다. 活性水素과 함께 amine 이나 또는 nucleophiles (求核劑)가 있으면 反應速度가 현저히 增加된다. 그러므로 PET 타이어의 카카스配合을 設計할 때에는 amine 促進劑를 避하는 것이 좋다.

(2) 配合고무 内部에서 (加熱時) PET 코드의 強力 低下, 接着性 低下 등에 미치는 Amine의 影響

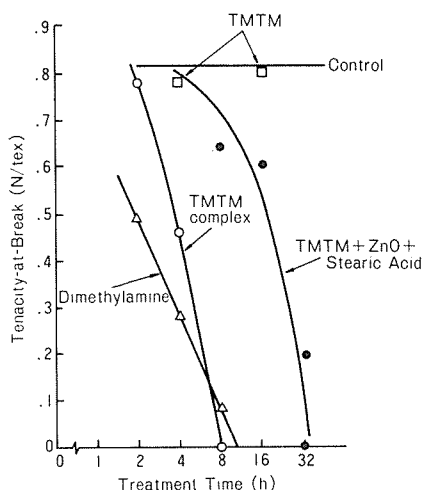
Iyengar는 PET 타이어 코드의 接着에 미치는 配合고무의 因子에 대한 研究에서, Sulfoneamide 加黃促進劑와 물은 高温加黃후의 PET 코드의 接着力 低下에 相乘效果가 있다고 하여, PET 코드의 接着, 切斷強力에는 다음과 같은 關係가 있다는 것을 指摘하였다.

乾 amine 無 > 乾 amine > 湿 amine 無 > 湿 amine

즉, 湿 amine 은 強力 및 接着性을 심하게 低下시킨다. 또 Iyengar 는 amine 의 影響을 確認하기 위하여 amine 이 없는 促進劑, 예컨대, LD-071, phosphoryl disulfide 와 合成고무로 amine 이 없는 配合고무를 만들어서, 이것과 試作한 低 carboxyl 含量의 PET 코드를 組合하여 만든 타이어는, amine 이 含有된 配合고무를 쓴 標準PET 코드 타이어보다도 走行距離가 350% 나 늘어났다고 한다. 또 配合고무 속의 amine 含有량이 줄어들수록 타이어의 耐久性이 增加한다고 報告하였다.

ICI (Interial Chemical Industries) 社는 配合고무 속의 PET 코드의 熱老化를 防止하기 위하여 2-chloro-4, 6-diamino-S-triazine, STD ("Negodeg" PE) 를 選定하였다.

Weigmann 은 加黃促進劑單獨보다도 實제의 配合고무 속에서 PET 코드의 老化가 큰 것을 發見하고, 促進劑, 예컨대 TMTM (Tetramethyl Thiuram Monosulfide) 과 ZnO 및 Stearic acid 로 만든 複合體 (complex) 는 促進劑 自体보다도 熱



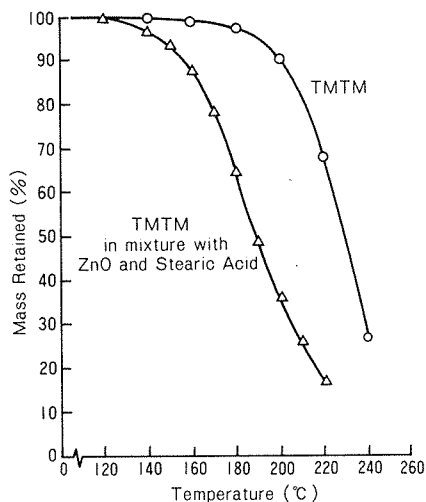
[그림 1] TMTM, TMTM 複合體, Dimethylamine 및 TMTM + ZnO + Stearic acid 混合物의 dekalin 0.1M 溶液中에서 PET 纖維의 150°C 處理後 纖維의 切斷強度

安定性이 낮고, 보다 低温에서 amine 을 放出하여 PET 를 老化시킨다는 것을 밝혔다. 즉 그림 1 에 表示된 바와 같이 dekalin 에 TMTM 만을 加하여 150°C 에서 處理하여도 PET 코드의 強度는 低下되지 않았다. 그러나 dekalin 에 TMTM 複合體*나 TMTM + ZnO + Stearic acid 混合物를 加하여 加熱하면 Dimethylamine 만큼은 加혹하지 않으나 加熱時間에 따라 強力이 현저하게 低下된다는 것을 알았다(그림 1).

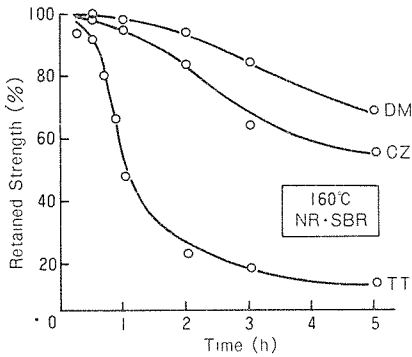
이것은 TMTM 의 複合體나 混合物의 添加가 確實히 TMTM 의 熱安定性에 影響을 주어 서서히 dimethylamine 을 放出하고 있다는 것을 나타내는 것이다. 한편 TMTM 混合物의 加熱分解로 인한 重量低下는 TMTM 自体보다도 低温에서 심하다는 것을 그림 2 에서 알 수 있다.

또 그림 1 에서와 같이 처음부터 複合體로 되어 있지 않은 TMTM + ZnO + Stearic acid 混合物의 強力低下가 TMTM 複合體의 경우보다 늦은(적은) 것은 dekalin 溶液中에서 複合體의 生成에 時間이 많이 걸리기 때문이다(固相과 液相에서 不均一反應을 하기 때문에 時間이 걸린다).

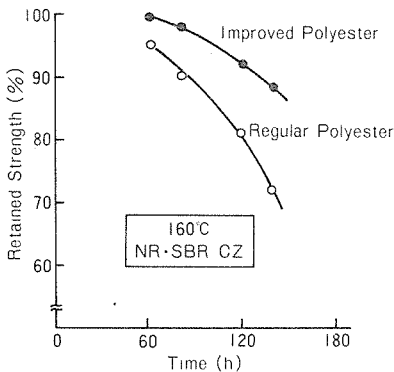
* TMTM, ZnO, Stearic acid 를 4 : 4 : 2 의 比率로 混合하여 처음부터 完全한 複合體로 만든 것.



[그림 2] TMTM 및 TMTM, ZnO, Stearic acid 混合物를 加熱速度 5°C/分으로 加熱했을 때의 重量損失 (TGA)



[그림 3] Polyester의 고무中加熱에 의한 老化—加黃促進劑의 影響



[그림 4] Polyester의 고무中加熱에 의한 老化—Polyester의 改質

이와같은 研究結果는 두꺼운 트럭用타이어의 走行(發熱)壽命, 타이어의 加黃으로 인한 PET 코드의 強力低下 및 配合고무의 混合(Compounding)技術 등에서 중요한 意味를 갖게 된다.

한편 岡田氏에 의한 그림 3에 따르면 PET 코드를 고무 속에서 加熱하면 加黃促進劑의 종류에 따라 코드強力이 많이 低下된다. 그러나 어떤 改善策을 쓴 結果 그림 4에서와 같이 耐加水分解性과 耐 amine 分解性이 向上되었다고 한다.

2. 低發熱性, 低熱收縮性, 耐疲勞性向上 및 低 Carboxyl 基 polyester 의 研究

(1) 矢吹氏 特許의 概略

矢吹氏는 폴리에스테르 纖維의 發熱性을 減

少시키고 耐疲勞性을 向上시키기 위해서는 非晶部分의 拘束力을 減少시킬 必要가 있다는 것을 發見하고, Polyethylene terephthalate(PET)에 低 glass 轉移點인 polyester 類(表 1)를 添加하여 效果가 있음을 알게 되었다.

그러나 이와같은 物質을 添加하면 末端 Carboxyl 基量은 增加되는 傾向이 있다. 表 2에 表示된 바와 같이 末端 Carboxyl 基가 增加하게 되면 Polyester 纖維의 耐加水分解性이나 耐 amine 分解性에 나쁜 影響을 주게 되어 強力損失이 커진다. 그래서 이것을 防止하고 化學的으로도 보다 安定되고 耐疲勞性이 良好한 纖維

〈表 1〉 Polyester와 glass 轉移點(T_g)

Polytetramethyleneterephthalate	25°C
Polyethyleneisophthalate	51°C
Polyethylenesuccinate	-1°C
Polyethylenesebacate	-30°C

※ 이들 添加 Polyester 類는 모두 基質 PET의 非晶部內에 基質PET 分子와 結合한 形 또는 結合되지 않은 그대로의 形으로 들어가서 非晶部 分子 類의 拘束力을 低下시키는 役割을 한다.

〈表 2〉 고무속에 들어있는 Polyester Cord의 熱老化 (145°C, 64時間)

測定 試料	COOH 含量當量/t	強力損失 %	
高 carboxyl	No. 1	26	60
	" 2	25	45
	" 3	30	49
	" 4	43	60
	" 5	55	77
低 carboxyl	" 6	14	27
	" 7	5	24
	" 8	4	20
	" 9	8	23
	" 10	12	29

〈表 3〉 末端 Carboxyl 基 封鎖劑

- ① isocyanate 類 또는 blocked isocyanate, polyurethane 등의 isocyanate 發生劑
- ② carbodiimid 類
- ③ epoxy 化合物
- ④ 其他 isocyanurate 類, ethyleneimine 類 등

特許 實施例의 比較用 PET 의 特性值 (疲勞試驗結果)

(表 4)

試 料	原 糸				熱 處 理 糸		튜브疲勞試驗	
	強力 (kg)	伸長率 (%)	融點 (°C)	carboxyl基量 (cq/10°g)	熱收縮率* (%)	T _g ** (°C)	表面溫度 (°C)	壽命 (分)
本特許試料	13.0	11.7	258	1	4.0	146	86.0	1300
PET(比較用)	12.5	11.4	262	18	4.3	155	90.3	735

* 150°C 空氣中에서, 初荷重 0.05g/d 條件으로 30分間放置 후의 收縮率.

** 空氣中에서 溫度를 上昇시키면서 力學的損失 tan δ를 測定하고, 그 溫度分散을 구했을 때, 非晶部에 기인되는 것으로 생각되는 主分散 最高溫度.

로 만들기 위하여 다시 末端 Carboxyl 基 封鎖劑 (表 3)를 添加하였다.

그 結果 表 4 에서와 같이 末端 Carboxyl 基가 많이 減少되는 동시에 疲勞試驗에 의한 發熱溫度가 低下되어 耐疲勞性이 改善된 고무補強用 高強力 폴리에스테르를 얻게 되었다.

(2) Celanese 社 特許의 概略

Celanese社에서는 從來의 方法보다는 高應力紡糸를 하여, 高配向非晶으로 된 未延伸糸 (이른바 POY……Partially Oriented Yarn)로 만들고, 이것을 延伸함으로써 低非晶配向(非結晶部의 配向度, 즉 無定形配位函數 f_a가 從來의 것보다 낮다) 纖維를 얻었다.

本特許에 의한 纖維는 보통 纖維보다도 初期彈性率이 크고, 熱收縮이 작으며, Hysteresis loss가 매우 적다고 한다. 熱收縮이 적고, 耐疲勞性이 높은 것은 앞에서 말한 f_a가 낮은데에 관련된 것으로 생각된다.

이 方法은 앞으로의 고무補強用 Polyester 製法의 主流가 될 것으로 보인다. 또 Enka社의 資料에 의하면 低 Hysteresis loss와 높은 初期彈性率은 非結晶領域의 特殊한 構造에 관련되며 低非晶配向은 低 Hysteresis loss의 原因이 되고 있다.

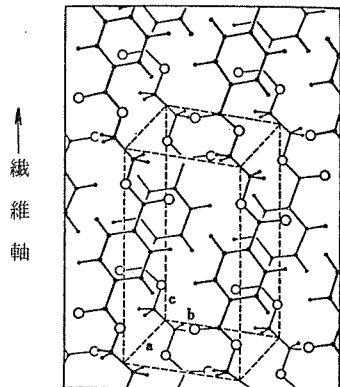
[參 考] 위에서 말한 高配向非晶으로 된 未延伸糸 (POY)를 延伸, 熱處理하여 纖維를 얻는 方法은 매우 重要하다. POY는 일반적으로 高速紡糸에 의해 얻게 되나 polymer의 粘度, 單纖維의 굵기, 冷却風 등의 영향을 받으며, 技術的, 學術적으로 매우 重要하다.

3. 加水分解에 의한 強力低下의 研究

PET 코드를 水分이 있는 상태에서 加熱하면 加水分解가 일어나 強力이 많이 低下된다는 것은 앞에서 說明하였다. 濕氣가 많은(특히 夏節) 地域에서는 이 問題가 실제로 큰 問題이다. 다음에는 PET 코드나 또는 필라멘트를 緊張 또는 無緊張下에서 70°C~200°C로 濕熱 및 乾熱處理(1 時間)한 후, 諸物性이나 微細構造變化 등을 測定하여 比較檢討하고 水分의 영향이 얼마나 큰지를 살펴보기로 한다.

(1) 實驗 法

試料로는 1100d/2, 強力 15.9kg의 PET 타이어 코드를 사용하였고, 實驗法은 나일론의 경우와 같이 하였다. 極限粘度數[η] (重合度, 分子量에 對應)는 Phenoletanetetrachloride (60/40) 溶液粘度로 計算하였고, 또 結晶化率은 密度勾配管法(Toluene-CCl₄)으로 하였다.



[그림 5] Polyethyleneterephthalate 의 結晶構造 (C軸이 纖維軸方向)

[參考] PET의 座標軸은 그림 5와 같이 C軸을 纖維軸方向으로 하였다. 따라서, 例컨대 面(100), (010) 등은 纖維軸에 平行한 面으로서 X線回折寫眞(그림 9, 10)과 같이 赤道線上에 對稱으로 強하게 나타난다. 또 PET의 結晶構造나 格子常數 등에 대해서는 앞에서 說明하였으므로 參照하기 바람.

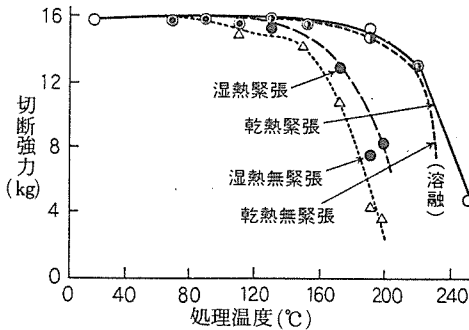
(2) 結果 및 考察

緊張 또는 無緊張下의 濕熱熱處理溫度와 PET 코드의 諸物性, 微細構造變化 등의 關係를 比較하여 說明하기로 한다.

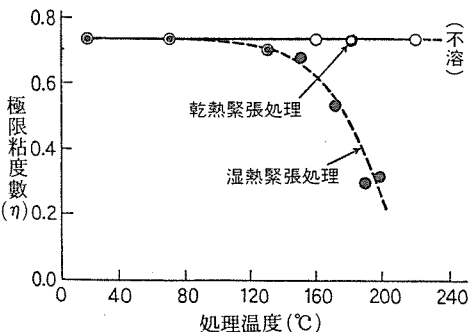
① 強 力

PET 코드의 切斷強力과 熱處理溫度와의 關係를 보면 그림 6과 같다.

a. 緊張處理에서는 乾熱의 경우, 190°C 부근에서 強力이 低下되었으나, 濕熱에서는 150°C 부근에서 현저히 低下되어, 強力이 低下되기 시작하는 溫度는 乾熱에 비해 約 40°C 정도 差가



[그림 6] Polyester 타이어코드의 切斷強力과 熱處理溫도의 關係



[그림 7] Polyester 타이어코드의 極限粘度數와 處理溫도의 關係

난다.

b. 無緊張處理에서도 같은 傾向이 나타난다. 同一溫度下의 強力値는 緊張處理에 비해 상당히 낮았다. 이것은 配向度가 많이 低下되기 때문인 것으로 생각된다(나일론의 경우와 같은 傾向임). 따라서 無緊張下의 濕熱에는 充分히 注意하지 않으면 안된다는 것을 알 수 있다.

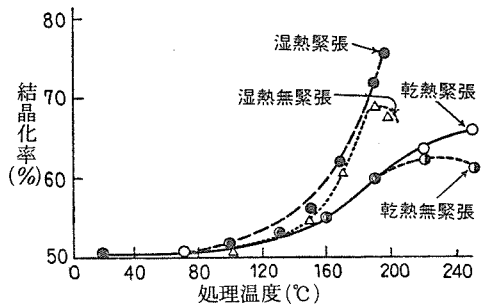
② 極限粘度數(η) (重合度에 對應함)

PET는 濕熱에 의한 加水分解 때문에 重合度가 低下됨을 알 수 있다. 그림 7은 [η]와 處理溫度와의 關係를 나타낸 것이다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 濕熱의 경우 [η]는 強力이 低下되는 150°C 부근에서 많이 低下되어 그림 6에서의 強力低下의 傾向과 잘 一致하였다. 따라서 濕熱處理에 의한 重合度(分子量) 低下는 強力低下의 要因이라고 생각된다. 즉, 結晶間을 연결하여 纖維의 強力에 기여하고 있는 非結晶領域中的 tie molecule (連結分子)이 加水分解에 의해 切斷되어 強力이 低下되는 것으로 보인다.

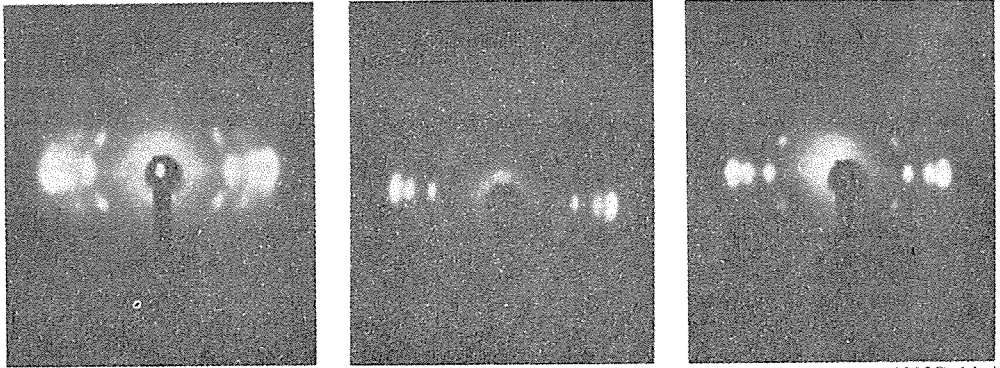
한편 乾熱에서는 그림 7에서와 같이 [η]는 220°C까지 處理하여도 거의 低下되지 않는다. 이것은 물이 없어서 加水分解가 일어나지 않기 때문이며, 濕熱處理의 경우와는 다른 傾向을 나타냈다.

③ 結晶化率(比重法)

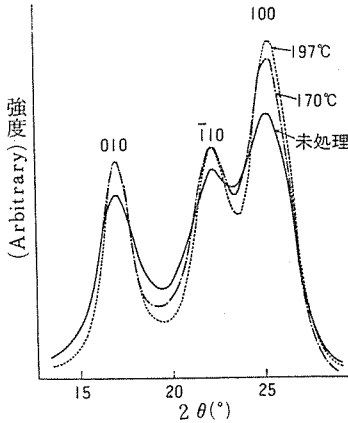
結晶化率과 處理溫度와의 關係를 보면 그림 8과 같다. 濕·乾熱處理에서는 다같이 100°C 부근에서 結晶化되고, 處理溫도의 上昇에 따라



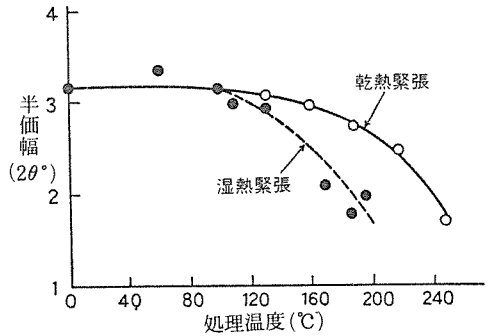
[그림 8] Polyester 타이어코드의 結晶化率과 熱處理溫도의 關係



① 未处理 ② 湿熱处理 (緊張下, 170°C, 1 hr) ③ 乾熱处理 (緊張下, 220°C, 1 hr)
 [그림 9] Polyester (PET) Filament의 X線 回折寫眞 (Cu-K α)



[그림 10] 湿熱緊張处理된 Polyester filament의 赤道 X線回折強度分布



[그림 11] Polyester filament의 半幅과 处理温度의 關係

結晶化率도 增加되는데, 150°C 부근에서 增加現象이 현저하게 나타난다. 이 때 湿熱處理는 乾熱處理에 비해 結晶化率의 增加率이 훨씬 더 크다. 이것은 湿熱의 경우, 물의 分子가 PET 分子의 micro-Brown 運動을 增加시켜 結晶化를 促進시킨 것으로 보인다.

④ X線 廣角回折에 의한 結晶粒子徑 및 配向率变化 등의 研究

그림 9는 未處理 및 緊張下에서 湿·乾熱处理한 PET filament의 X線回折寫眞이다. 熱处理에 의해 回折像이 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다.

a. X線回折強度分布의 变化

湿熱緊張處理된 PET filament의 赤道 X線回折強度分布를 보면 그림 10과 같다. 이 그림

에서 알 수 있는 바와 같이 $2\theta = 25^\circ, 22.2^\circ, 17^\circ$ 에 각각 (100), (110), (010)의 3개의 피크가 나타났으며, 2θ 는 處理温度가 높아지면, 약간 高 θ 쪽으로 移動하였다. 또 強度가 커짐에 따라 매우 狹窄하게 되었다. 즉, 半幅이 減少하였고, 이러한 傾向은 170°C 以上에서 특히 현저하였다. 半幅은 結晶粒子의 크기에 反比例한다. 이 傾向을 다시 밝히기 위해 纖維軸에 平行한 面에서 強度가 가장 강한 (100) 피크의 半幅을 測定하고 乾熱의 경우와 比較하여 그림 11에 表示하였다.

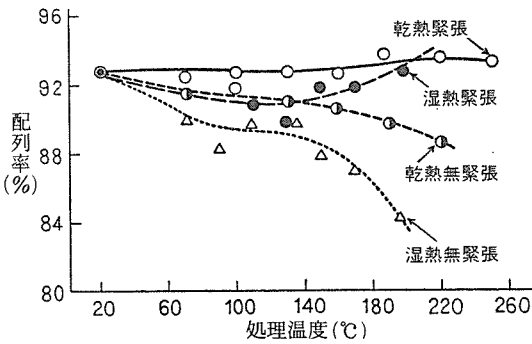
그림 11에서 半幅의 低下率은 湿熱处理의 경우가 乾熱의 경우보다 훨씬 심하다는 것을 알 수 있다. 이것은 물이 結晶의 成長을 促進시킨가 또 再配列되어 變形을 감소시키기 때문이

라고 생각된다. 또한 그림11에서는, 強力이 低下되기 시작하는 150°C 附近에서 微細構造가 變化되기 시작하여 結晶粒子가 많이 成長함을 알 수 있다.

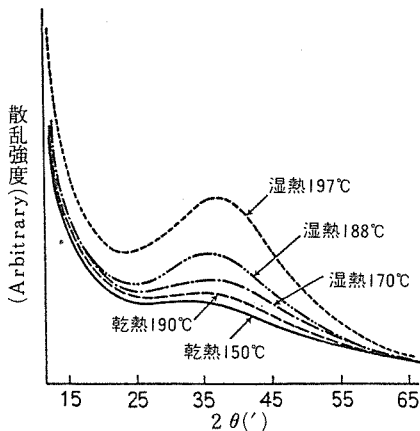
b. X線配向率

(100) 円周方向의 X線回折強度分布의 半價幅에서 求한 各處理 filament의 配向率을 그림 12에 表示하였다. 乾·濕熱處理는 다같이 緊張處理에서는 處理溫度가 上昇하여도 配向率은 별로 變하지 않으나, 濕熱의 경우 無緊張處理에서는 140°C 부근에서 配向率은 많이 低下되었다. 纖維는 配向率이 低下되면 強度가 低下된다.

따라서 濕熱, 無緊張處理 코드의 強力(그림 6



[그림 12] Polyester filament의 配列率과 處理溫度의 關係



[그림 13] Polyester filament의 子午線上 X線小角散亂強度分布

참조)이 緊張處理 코드의 強力보다 낮은 原因은 濕熱時의 結晶配向率의 低下가 심하다는 것이 原因이라고 생각된다. 또한 Nylon에서도 說明 하였지만, 濕熱時의 물의 分子는 micro-Brown 運動을 促進함과 同時에 可塑劑로서 作用하여 結晶回轉의 自由度를 增加시키고, 纖維가 收縮 함과 同時에 配向率이 低下되는 것으로 보인다.

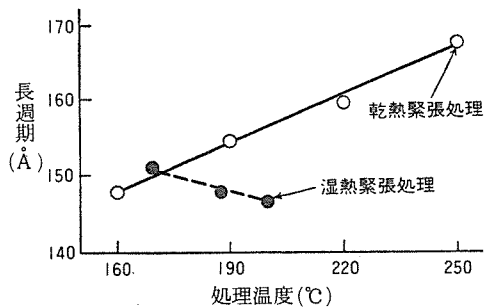
이러한 結果로, 濕·乾熱處理時에 無緊張으로 收縮시켜 配向率을 低下시키면 안된다는 것 을 알 수 있을 것이다. 특히 濕熱에서는 注意 하여야 한다. 配向率은 纖維의 物性에 크게 영향 을 미치게 된다.

⑤ X線小角回折에 의한 結晶性的 研究

그림13에는 濕·乾熱處理 filament의 子午線 上의 X線小角回折強度分布曲線을, 그리고 그림14에는 Bragg의 式에서 算出한 長週期和 處理溫度와의 關係를 表示하였다. 未處理에서는 그림13에서와 같이 極大部가 명확히 나타나지 는 않았으나, 濕熱 150°C 부근에서 $2\theta = 36'$ 附近에 小角子午線干涉의 極大部가 나타났고, 그 후 處理溫度가 높아짐에 따라 極大部強度는 커지는 동시에 回折 피크는 예리해졌다 (뾰족해 짐).

이러한 傾向은 乾熱處理의 경우보다도 크다. 즉, 그림13의 乾熱 190°C 處理試料과 濕熱 188°C 處理試料의 強度分布를 比較해보아도 알 수 있 는 바와 같이 濕熱의 영향이 확실히 크다.

..... <p. 32에 계속>



[그림 14] Polyester filament의 長週期和 處理溫度의 關係

크(L, M, N...등, ISO規格에서 說明한 것)에 의해서 정해진 最高速에 따라 最高試驗速度를 定하는 것이다.

유럽 輸出의 關係도 있고해서, JATMA 에서는 乘用車用과 二輪自動車用타이어의 安全基準에는 高速耐久性試驗 B의 方法을 권장하고 있다. 또한 ECE規則이란 國聯經濟委員會에 의해 정해진 自動車全般의 安全基準에 關한 規則이며, 批准한 國家들은 西獨, 프랑스, 이태리, 英國 등을 비롯, 北歐, 東歐圈을 包含한 19個國(1979年度 現在)에 달했으며, 大陸으로 이어지는 유럽 諸國의 事情이 反映된 것으로도 볼 수 있다.

유럽공동체(EEC)에서도 自動車全般에 關한

安全基準을 별도로 定하고 있다. 內容은 거의 ECE와 類似하거나 아니면 同一한데, 加盟國들에게는 그 導入에 대한 法的인 拘束力이 있으므로, 앞으로 그 活潑한 制定活動이 잘 調和되어 더욱 重要性을 띄게 될 것으로 보인다.

濠洲 및 캐나다 등에서도 自動車全般에 대한 安全基準이 制定되어 각각 타이어에 關한 基準도 包含되어 있다.

끝으로 이와같은 安全基準으로 커버되고 있는 項目을 綜合해보면 表2와 같다.

最初에 말한 바와 같이 各國의 安全基準의 內容은 아직까지도 流動的이므로 실제의 일에 당해서는 항상 最新法規의 動向에 注目하는 것이 가장 중요한 일이다.

☆

☆

☆

〈p. 39의 계속〉.....

濕熱處理溫度가 높아짐에 따라 回折強度가 커지고 피크가 예리해지는 것은, 나일론의 경우에서도 말한 바와 같이 結晶과 非結晶과의 電子密度差가 커져서 微細構造에 差가 생긴 것으로 생각되나, 濕熱時의 물分子的 電子密度差에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다. 즉, 中間構造가 結晶化되어 減少되므로 結晶과 非結晶이 명확해지는 것으로 推定된다.

X線廣角回折에서도 그림 9에서와 같이 回折像이 뚜렷하며, 또 回折強度 피크가 그림 10과 같이 예리해짐으로써 마찬가지로 생각된다.

다음에 長週期에 있어서는 그림 14에서와 같이 乾熱에서는 處理溫도와 함께 長週期는 增加한다. 그러나 濕熱에서는 乾熱과는 달리 處理溫度에 따른 變化는 적으며, 長週期는 오히려 低下되는 傾向을 나타냈다. 이 原因은 명확하지는 않으나, 150°C 以上の 濕熱의 경우에는 解重合이 乾熱에 비해 많이 일어나므로 濕熱處理物의 重合度가 乾熱에 비해 낮기 때문에 그런 것이 아닌가 생각되나 확실하지는 않다.

以上으로 濕熱處理의 경우, 強力이 低下되는

原因은 重合度の 低下와 동시에 X線廣角 및 小角回折의 研究에서도 알 수 있는 바와 같이 微細構造가 많이 變化되었기 때문이라고 推定되나, 濕熱에서는 특히 그 變化率이 乾熱에 비해 심하다는 것이 명확해졌다.

(3) 總 括

PET 코드의 微細構造나 強力에 미치는 濕熱의 영향은 乾熱處理의 경우보다도 強하다는 것을 알게 되었다. 따라서 未加黃 配合고무 및 코드의 水分吸着은 될수록 避하는 동시에 無緊張熱處理를 하지 않도록 注意하여야 한다. 또 실제의 加黃時에는 加黃促進劑의 영향이 있으므로 促進劑의 種類나 使用量 등에 대해서는 특히 注意할 필요가 있다.

要件대, 고무製品에 多量으로 사용되고, 또 高價인 補強用纖維材料는 加黃, 熱延伸, 走行發熱 등으로 加熱되면, 強力이 低下되어 性能이 나빠지는 경우가 있으므로, 水分, 溫度, 促進劑 등의 添加物에는 充分한 注意와 管理가 요망된다. (完)