

繭絲의 彈性的性質에 관한 研究

II. 引張速度 및 膨潤에 따른 破壞強伸度の 變化

南 重 熙

(서울大學校農科大學)

Reological Studies on Cocoon Filament

II. Changes of strength and elongation at breaking related to the stretching speed and swelling degree

J. H. Nahm

(College of Agri., Seoul National Univ.)

Summary

The effects of the stretching speed and the swelling degree of cocoon filaments on load-elongation curve were tested by tensilon with special attachments.

The values of breaking strength, elongation at break and initial tensile strength obtained from load elongation curves are summarized as follows;

1. The breaking strength of the swollen cocoon filament appeared to increase at the high stretching speed, while elongation at break decreased.
2. Load-elongation curve became crinkled at the low speed of stretching. It suggests that both slip and break of the microfibrils may occur in swelling of cocoon bave.
3. Breaking strength appeared to considerably decrease and elongation at break not to increase in swelling test at 90°C for 60 min.
4. The initial tensile strength was influenced by the stretching speed and swelling degree of cocoon filaments.

I. 緒 言

絹纖維는 原料繭의 繭絲에서 부터 精練, 染色等 加工에 이르기 까지 溫水中에 침지처리되는 일이 많다. 따라서 水中에서의 絹纖維의 強度, 伸度 및 彈性的性質의 變化에 대하여는 과거부터 많은 研究^{1,2,3,7)}가 發表되었다.

이와같은 實驗은 대개가 生絲 혹은 精練絲를 對象으로 測定되었는데 이와같은 이유는 短絲長의 繭絲織度測定機具가 不合理한 까닭이라고 생각된다.

生絲는 繭絲工程을 거치는 동안 이미 물에 의한 處理는 물론, 張力을 받았고 多數繭絲의 集合體로서 構成된 과 동시에 抱合(cohesion)이 加해져 있기 때문에 單纖維의 性質上으로는 繭絲와 根本的으로 差異가 있는 것이다.

특히 繭絲工程에 있어서 單繭絲의 強度, 伸度 및 彈性的性質은 繭絲의 回轉速度와 熱湯處理條件에 따라 影響될것이 期待된다.

이와같은 의미에서 繭絲의 膨潤時에 있어서 引張速度의 依存性과 膨潤程度를 달리한 경우에 있어서 繭絲의 強度, 伸度 및 彈性的性質과의 關係를 檢討한바를 報告한다.

本實驗을 遂行함에 있어서 편의를 베풀어 주었던 京都工藝纖維大學纖維學部 有本肇박사, 青木一三教官에게 감사드리고 同時에 原稿校閱을 指導하신 서울大學校 農科大學 崔炳熙박사에게 謝意를 表하는 바이다.

II. 實驗材料 및 方法

1. 材 料

1971年度 京都工藝纖維大學附屬農場産繭(春嶺×鍾月)를 乾繭한후 실험에 供하였다.

試料의 採取에 當하여서는 고치를 길이방향으로 二切한 繭層을 예리한 핀셋을 사용하여 二等分程度 찢어 잡아 다닐 경우에 풀려나온 繭絲를 확대경으로 檢鏡하여 異常部가 없는것만을 選別하여 試料로 하였다.

2. 方 法

A. 繭絲織度の 測定 및 膨潤處理

試料繭絲의 織度測定은 前報⁽⁴⁾에서와 同一한 方法에 따라 測定하였고, 引張試驗 및 膨潤試驗別 織度는 다음 Tab. 1 및 Tab. 2에서와 같다.

Tab. 1. Denier of sample for tensile property test by stretching speed.

Stretching speed (mm/min.)	4	10	20	40
Denier (d)	3.61	3.69	3.69	3.61
Swelling treatment	90°C 15 min.			

Tab. 2. Denier of sample for tensile property test by swelling degree.

Items	Denier (d)				
	20	50	70	90	
Soaking temp. (°C)					
Soaking period(min.)	10	3.90	3.77	4.10	3.61
	30	3.61	3.80	4.37	4.10
	60	3.88	3.90	4.29	4.11

B. 強度 및 伸度測定條件

引張速度 및 膨潤處理別 試料의 強度 및 伸度測定에 있어서 引張速度(Cross head) 및 Chart速度는 Tab. 3에 표시한 바와 같다.

Tab. 3. The conditions of loading and recording in testing.

Items	treatment	cross head speed (H.S)	chart speed(C.S)	H.S/C.S
Test of tensile property by various stretching speed.	1	4 mm/min.	100mm/min.	0.04
	2	10 "	100 "	0.10
	3	20 "	100 "	0.20
	4	40 "	100 "	0.40
Test of tensile property by swelling degree		20mm/min.	100 "	0.20

C. 膨潤處理

[A]項에서 준비된 시료는 前報⁽⁴⁾에서와 같은 試料片을 만들어 恒溫槽를 사용하여 上記 Tab. 1과 2의 條件에 따라 處理하였으며 引張時까지는 當該溫度의 물에 보존하면서 測定하였다.

測定에 當하여서는 測定機에 設置된 유리管의 물을 바꾸어 가면서 膨潤時의 水溫과 一致시켰다.

D. 測定結果의 整理

強力는 Chart에서 直接 算出하였으며 初期引張抵抗度는 前報⁽⁴⁾의 算出式에 따랐고 伸度는 다음 式으로 計算하였다.

$$E(\%) = \frac{S(\text{mm}) \times \frac{H.S}{C.S}}{L(\text{mm}) + R(\text{mm}) \times \frac{H.S}{C.S}} \times 100\%$$

S; strain at breaking point.
 H.S; cross head speed.
 C.S; chart speed.
 L; test piece length.
 R; relaxation.

III. 實驗 結果

I) 引張速度變化와 強伸度 및 彈性的性質과의 關係에 對한 試驗

Fig. 1에서와 같이 引張速度가 每分, 4, 10, 20, 40mm로 變化시켜 측정한 결과, 切斷強度에 있어서는 速度의 增加에 따라서 切斷強度는 增加하는 경향이되지는 切斷伸度는 強度와는 反對로 引張速度의 增加에 의하여 切斷伸度는 減少의 경향을 나타내고 있다.

切斷強度의 變化는 一定한 傾向을 가지고 增加하고 있지만, 切斷伸度는 4mm/分인 때에 가장 크게 되나, 引張速度의 增加에 따라 急激히 減少하고, 10mm/分 以上에 있어서 引張速度增加率에 對한 切斷伸度の 減少率은 완만한 曲線狀을 나타내고 있다.

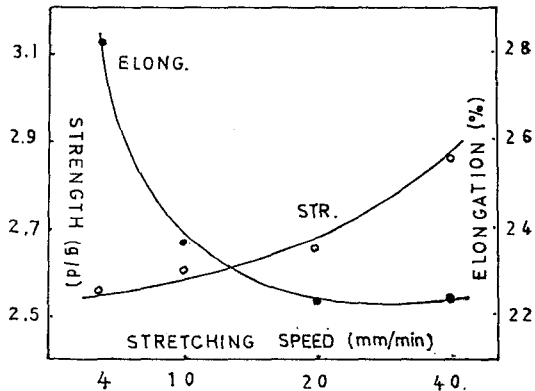


Fig. 1. Curves of breaking strength and elongation by stretching speed.

Fig. 2는 chart 上의 引張速度別 荷重伸長曲線을 同一 引張速度로 換算한 때의 試料 10本平均의 荷重伸長曲線이다.

4mm/分の 引張速度下에서는 relaxation의 길이가 高速度의 경우보다 길게 나타나 있고 10mm/分 以上區에서는 나타나 있지않았다.

한편 引張速度의 增加에 따라 伸長軸과 이문 角은 커져서 引張速度의 增加에 따라 初期引張抵抗度가 커지는 결과를 얻었다.

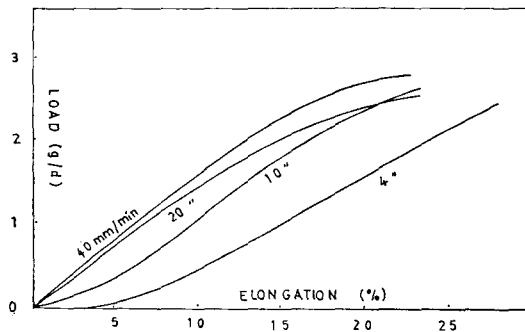


Fig. 2. Load-elongation curves of the swollen cocoon filaments by stretching speed.

上記 荷重伸長曲線에서 引張速度의 變化에 따라, 初期引張抵抗度가 如何히 變化하는가를 調査하기 위하여 Fig. 2에서 初期引張抵抗度を 산출한바는 Fig. 3과 같다.

즉 引張速度의 增加에 의하여 初期引張抵抗度は 比例하여 增加하고 伸長率과 引張抵抗度は 直線의關係에 있음을 알수있다.

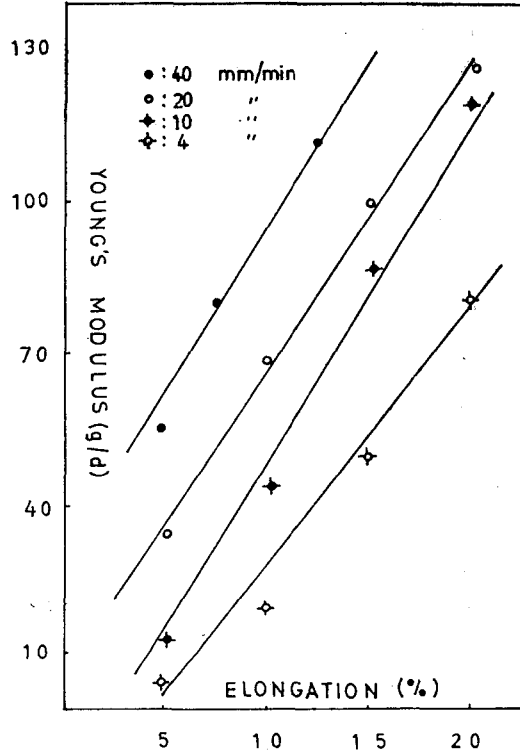


Fig. 3. Relations of young's modulus and elongation by stretching speed.

II) 膨潤程度와 強伸度 및 彈性的性質과의 關係에 對한 試驗

Fig. 4는 引張 直前 試料絲를 물에 침지시킬때 물의 溫度 및 침지시간을 變化할 경우의 切斷點의 強度를 나

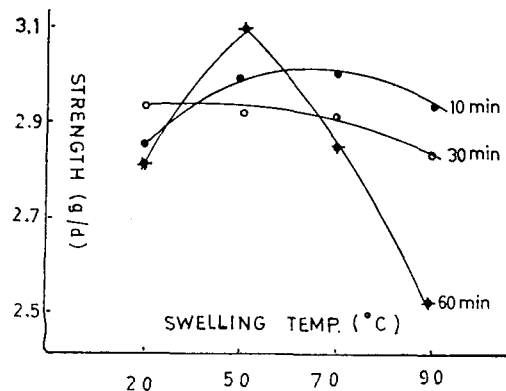


Fig. 4. Influence of swelling degree of cocoon filament on breaking strength.

타내고 있다.

먼저 溫度의 上昇에 따른 強度는 70°C以下인 때는 침지시간에 關係없이 約 2.9g/d 内外로서 크게 變化하지 않았다.

그러나 90°C로 60分間 침지하였을 경우 현저히 減少한 결과를 얻었다.

切斷伸度を 보면 20°C에서 10%内外로서 가장 적었으나 膨潤溫度와 時間增加와 더불어 增加의 경향이나 그 增加量은 一定하지 않았다.

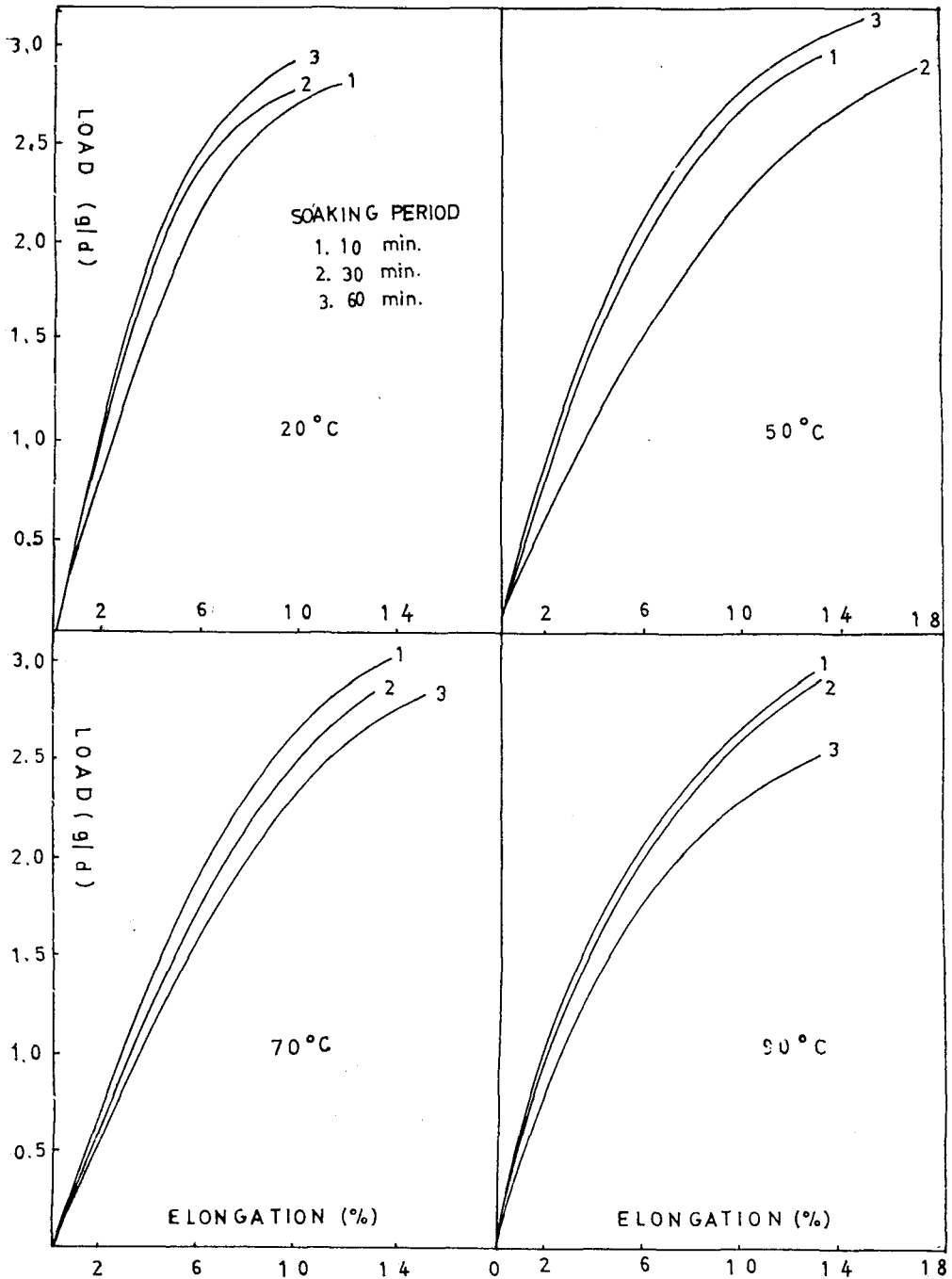


Fig. 5. Load-elongation curves of the cocoon filaments by swelling degree.

Tab. 4. Elongation at break point. (%)

Soaking period (min.)	swelling temperature (C)			
	20	50	70	90
10 min.	11.6	13.1	10.2	13.1
30 min.	9.7	14.5	12.9	13.0
60 min.	8.8	14.7	15.0	17.2

膨潤程度에 따른 各處理區의 荷重伸長曲線 (g/d)은 Fig. 5와 같다.

處理溫度別 荷重伸長曲線의 特徵을 보면 20°C인 低溫에서는 處理時間에 關係없이 彈性限界點이 (elastic limit) 나타나 있으나, 溫度上昇에 따라서는 彈性限界點이 점차 消失되는 結果를 얻었다.

한편 50°C 以上の 處理區에서는 膨潤處理時間이 길어지게 되면 伸長軸에 荷重伸長曲線이 移動하여 伸長軸과 이룬 角은 減少의 傾向을 나타내고 있다.

이상과 같은 膨潤處理條件에 따라서 初期引張抵抗이 어떻게 變化하는가를 알고자 Fig. 5에서 算出한 初期引張抵抗度는 Fig. 6에 표시한 바와 같다.

즉 20°C에서 부터 90°C까지 4區로 plot하여 보면 20°C에서 引張抵抗度가 제일 크게 되고 그 以上の 膨潤溫度에서는 溫度의 上昇과 더불어 引張抵抗度는 減少하는 結果를 얻었다.

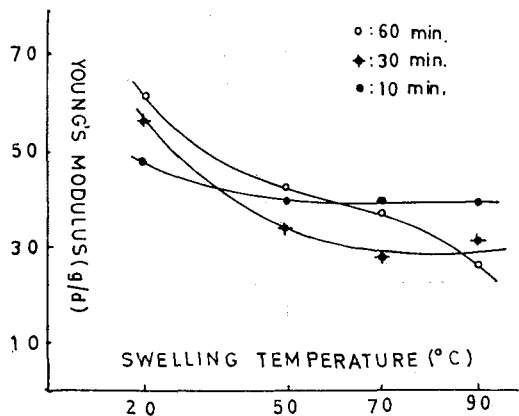


Fig. 6. Relation of young's modulus and swelling temperature.

IV. 考 察

1. 引張速度와 切斷強度 및 伸度

引張速度와 衝激破壞 Energy와의 關係를 塑性變化로서 考察하여 보기로 한다.

即 試料의 길이 방향에 對하여 引張速度가 늦어서 파괴까지의 時間에 衝激波(引張力)가 材料內를 왕복할수 있을 程度로 늦어지면 破壞는 材料의 外部에서 부터 內部에 이르러 發生⁽⁶⁾하게 된다.

위와같은 條件에서는 衝激波의 流動速度가 材料의 變形을 일으키고, 反對로 流動速度가 빨라지면 變形은 일어나지 않는다.

前者의 경우와 같이 塑性變形이 일어나는 引張速度下(V_0)에서는 延性破壞가 일어나며, 塑性變形을 일으키지 않는 그 以上の 引張速度(V_t) 下에서는 脆性破壞가 일어난다.

脆性破壞가 일어나는 速度 즉 衝激限界速度, (V_t)에서 破壞 Energy는 最大로 되는데 纖維의 衝激限界速度 (V_t)는 1m/sec⁽⁶⁾로 알려져 있다.

따라서 延性破壞에서 脆性破壞로 옮겨져가는 過程에서 考察할 때 本試驗結果는 衝激限界速度內에 있으므로 切斷強度는 引張速度의 增加와 더불어 높아졌다고 생각된다.

한편 切斷伸度는 引張速度가 增加하므로서 繭絲를 構成한 fibril의 slip가 따르지 못하여 單位纖度當의 引張抵抗이 커짐과 同時에 材料의 延性變形이 따르지 못하고 脆性破壞가 나타남으로써 本試驗結果는 引張速度의 增加에 따라 減少된것으로 생각된다.

2. 引張速度와 荷重伸長曲線

荷重伸長曲線의 速度依存性에 關하여는 Nylon, Viscose Rayon 및 glass 纖維의 測定結果와 本實驗結果는 一致하고 있다.

즉 荷重伸長曲線의 初期傾斜는 速度의 增加와 同時에 커졌는데 이와 같은 結果는 破壞速度에 關係된 問題로서 材料의 微細의 破壞가 發生해서 부터 破壞되기 까지의 材料의 變形에 起因되었다고 생각된다.

이와같은 이유로서 Fig. 7은 引張速度가 제일 늦은 경우(4mm/min)의 荷重伸長曲線이 波形을 나타낸것으로 推察된다.

즉 繭絲를 構成하고 있는 fibril이 本實驗에서 膨潤處理(95°C, 15分) 되었기 때문에 微細纖維束이 分離되었고, 이 分離된 繭絲의 纖維束이 低速度引張時에는 fibril 各各의 slip 내지는 破壞가 chart 上에 기록되었으나, 引張速度가 높아짐에 따라서는 各 fibril의 破壞가 同時에 일어남으로써 引張抵抗力이 커졌기 때문에 伸長軸과 荷重曲線과 이룬 角이 커진것으로 생각된다.

이상과 같은 이유로서 Fig. 2에서 산출한 初期引張抵抗度(fig. 3)는 相對的으로 引張速度의 增加에 의해 커진 것으로 생각된다.

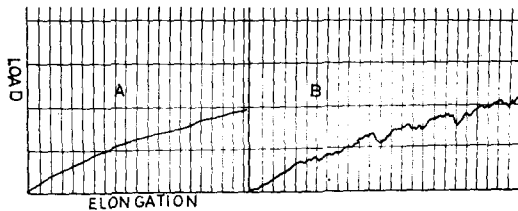


Fig. 7. Load-elongation curve at different stretching speed.

A: 10mm/min B: 4mm/min

3. 膨潤程度의 差異가 切斷時 強度와 伸도에 미치는 영향

水溫變化에 의한 침지시간의 長短은 繭絲의 膨潤度에 關係가 있으리라 생각되는 동시에 繭絲構成 macrofibril의 分離에도 影響될것으로 기대된다.

이상과 같은 의미에서 측정된 結果는 20, 50, 70°C의 처리구는 침지시간에 關係 없이 큰 차이가 인정되지 않으나 90°C 침지처리에서는 침지시간의 增加에 따라 切斷強度의 현저한 감소현상을 나타내고 있는데 이와 같은 이유는 90°C以上の 침지온도에서는 繭絲를 皮복하고 있는 sericin의 膨潤溶解가 促進⁽⁵⁾된 點에 있다고 생각된다.

進士安治⁽⁷⁾ 및 森本武夫等^(2,3)의 生絲 및 精練絲의 引張試驗結果에 따르면 空氣中에서 보다 水中에서 引張될경우는 強度의 減少를 나타내는데 水溫別 減少特性은 0°C~20°C範圍內의 水溫에서 強度의 減少가 현저하였는데 이와같은 현상은 低溫에서 引張되더라도 絹은 水和를 일으키는 때문이라고 하였다.

또 絹의 水和現象은 20°C 以內의 低溫에서 부터 短時間에 일어나고 그 以上에서는 水和程度가 一定하다고 하였다.

이러한 의미에서 고찰 할때 20, 50 및 70°C의 각 처리구에서는 水和程度의 차이가 크게 나타나지 않았는데 切斷強度의 큰 變化를 초래하지 않았으나, 90°C 처리구에서는 繭絲 sericin의 水和, 팽윤 및 용해가 촉진⁽⁵⁾된 때문에 처리시간이 길어지면서 強度가 감소되었다고 생각된다.

침지온도와 切斷伸度와의 關係는 처리온도가 높아지면(0~50°C) 절단신도가 다소⁽²⁾감소한다고 한다.

본 실험결과에서는 각각의 처리온도에 있어서 30분 以下の 처리구는 일정한 경향이 인정되지 않았으나 90°C 처리구는 침지시간이 길어짐으로써 절단신도가 增加된 結果는 高溫(90°C)에서는 시료의 膨潤軟化⁽⁵⁾에 起因되었다고 생각된다.

그러나 30分以下の 침지온도별 절단신도의 차이가 나타나지 않은것은 앞으로 再檢討를 要한다.

4. 膨潤程度에 따른 荷重伸長曲線

침지온도 및 시간변화에 따라 荷重伸長曲線의 彈性限界點이 消失되고 伸長軸과 이룬 角이 적어 지는것은 他人의^{12,7)} 結果와 一致하였다.

즉 荷重伸長曲線이 伸長軸과 이루는 角은 0°C부터 水溫의 上昇에 따라 감소하고 20°C以上으로 되면서 부터는 第1次 彎曲部는 消滅¹²⁾한다고 한다.

이와같은 結果는 Fig. 5에서 보는 바와 같고 伸長軸과의 角이 감소됨으로써 初期引張抵抗度가 減少됨은 Fig. 6에서 立證하고 있다.

이상의 실험결과를 종합할때 침지에 의하여 強度, 伸度, 荷重伸長曲線 및 引張抵抗度가 變化하는 것은 繭絲의 膨潤, 軟化에 起因하는 絹의 本質的인 性質이라고 생각된다.

V. 摘 要

膨潤繭絲를 水中에서 引張시킬 경우, 引張速度 및 膨潤程度의 差異가 繭絲의 荷重伸長曲線에 미치는 影響을 조사하였다.

引張試驗은 Tensilon을 사용하였고, 切斷時의 強度, 伸度 및 引張抵抗度を 조사한바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 膨潤繭絲의 切斷強度는 引張速度의 增加와 더불어 높아지나 切斷伸度는 減少하였다.
 2. 繭絲를 평윤(90°, 15分)시켜 低速(4mm/分)으로 引張하면 繭絲의 macrofibril의 分離切斷狀態가 chart 1.에 기록되었다.
 3. 90°C로 長時間 膨潤處理(60分)하면 切斷強度는 현저히 감소하고, 切斷伸度는 增加의 경향을 보였다.
 4. 初期引張抵抗度는 引張速度 및 膨潤程度의 差異에 의하여 영향된다.
- 즉 高速引張은 初期引張抵抗度を 높이지만 膨潤度의 增加는 減少시켰다.

參 考 文 獻

1. 近藤成敏, 鈴木富子(1970): 萬能引張試驗機による生絲の強伸度について, 日本製絲絹研究發表集錄 20, 29~35.
2. 森本武夫, 進士安治, 有本肇(1954): 水中に於ける絹纖維の抗張性, (1) 水溫變化に伴う生絲の抗張性の變化について, 京都工藝纖維大學學術報告, 第1卷 第(1號), 150~155.
3. 森本武夫, 進士安治, 有本肇(1955): 水中に於ける絹纖維の抗張性. (2) 水溫變化に伴う練絹の抗張性の變化について, 京都工藝纖維大學學術報告, 第1卷 第(2號), 335~338.
4. 南重熙(1972): 繭絲의 彈性的性質에 관한 研究, 繭層部位別繭絲의 抗張性, 韓國蠶絲學會誌 第14卷 第(1), 號 43~47.
5. 南重熙, 有本肇, 青木一三(1971): 繭層의 膨潤ならびに溶解に關する研究, 日本蠶絲學會關西支部研究 發表會講演要旨集 3
6. 日本纖維學會編(1962): 纖維物理學, 丸善(株) 205, 300~302
7. 進士安治(1965) 絹纖維の抗張性に關する研究, 京都工藝學術報告 第4卷 第(3)號, 443~454.