

# บทที่ 7 เส้นใยสมรรถนะสูง (High-Performance Fibers)

ผศ.ดร.อภิชาติ สนธิสมบัติ

หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ธัญบุรี

# ไลโอเซล (Lyocell)



## กระบวนการผลิตเส้นใย

วัตถุดิบที่ใช้คือ เนื้อไม้ เอมีนออกไซด์ (**Amide Oxide**) เป็นตัวทำละลาย เพื่อจะละลายโซ่ของเซลลูโลสโดยตรง ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดการทำลายโซ่เซลลูโลส (เหมือนกับกระบวนการผลิตเรยอน) สารละลายที่ได้รับมีสีใส มีความหนืด สารที่มีความหนืดถูกกรอง แล้วจึงกดผ่านแว่นกดเส้นใยลงไปในสารละลายเอมีนออกไซด์ที่เจือจางทำให้เส้นเซลลูโลสที่กดผ่านออกมาตกตะกอนเป็นเส้นใยต่อไป

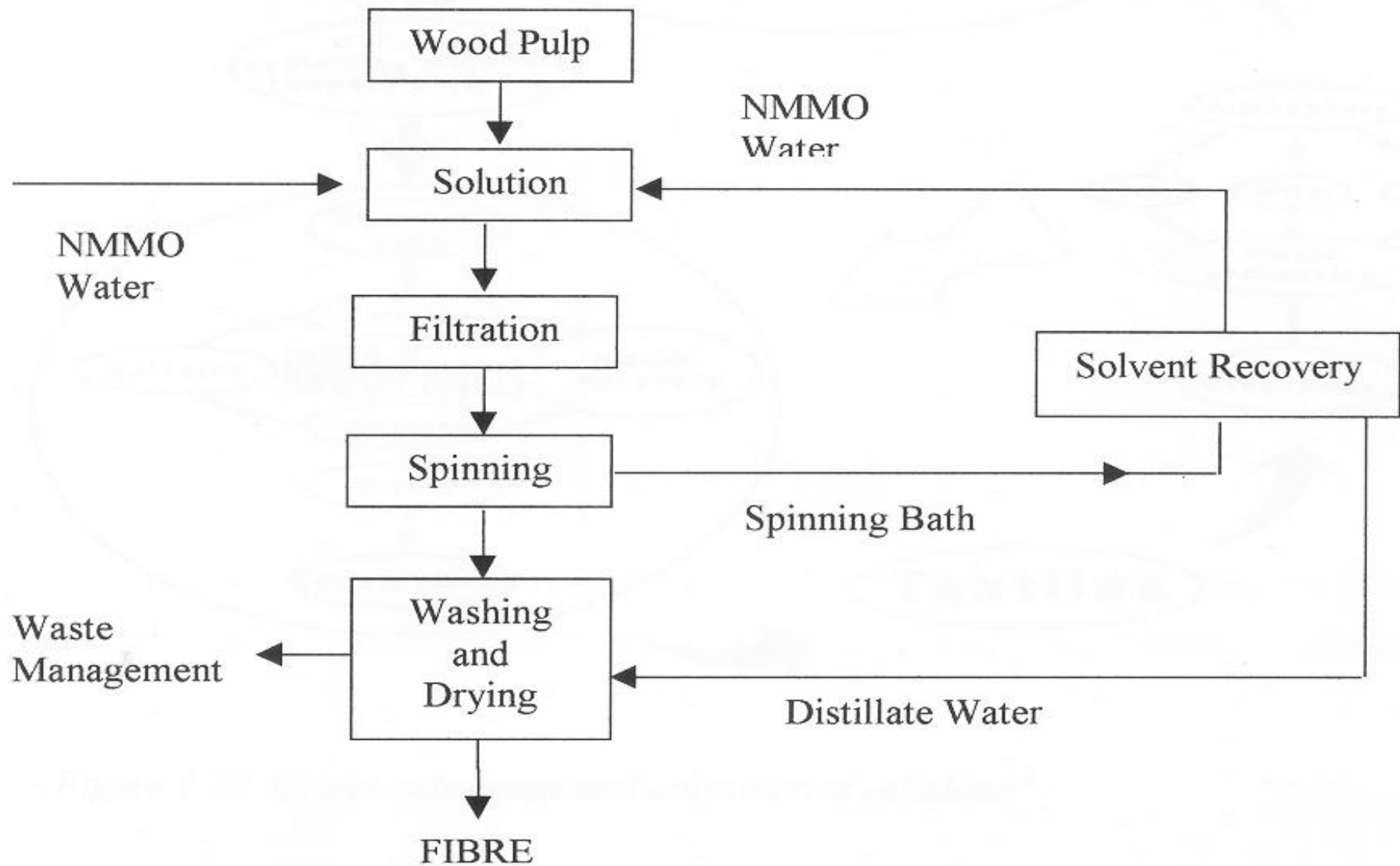


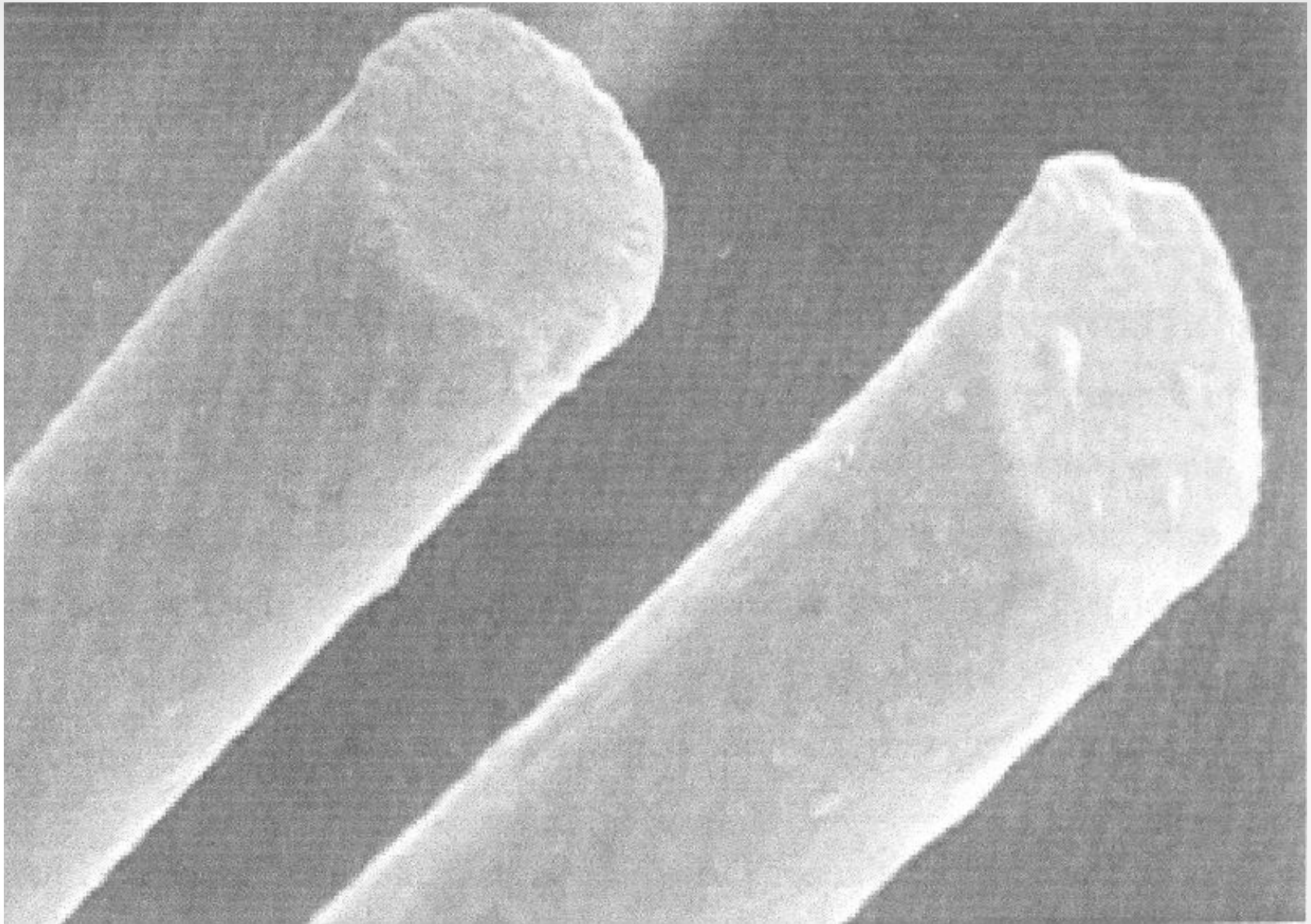
Figure 1.11: Processing diagram of lyocell process<sup>28</sup>.

## การใช้งาน

- 90% สามารถใช้ทำเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย บุรุษ และสตรี บางครั้งใช้กับเสื้อเชิ้ตสำหรับเล่นกอล์ฟ
- สามารถใช้กับเคหะสิ่งทอ หรือสิ่งทอเทคนิค เช่น ตัวกรอง ผ้าเคลือบผ้าชุดทหาร เชือก เป็นต้น
- นำไปใช้ทำก้นบุหรี่ ทำให้เกิด **Ultra-low tar Cigarettes**
- สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ระดับสูง และแบบไมโครไฟเบอร์

## ข้อแนะนำในการรักษา

เส้นใยไลโอเซลอาจจะถูกตกแต่งให้ซักล้าง หรือซักแห้งได้ แต่จะต้องดูแลรักษาเสื้อผ้าตามป้ายแนะนำ ในการซักล้างต้องซักล้างในสภาวะการซักในครัวเรือน ถ้าซักแห้งไม่ดีทำให้ผ้าหดตัวได้

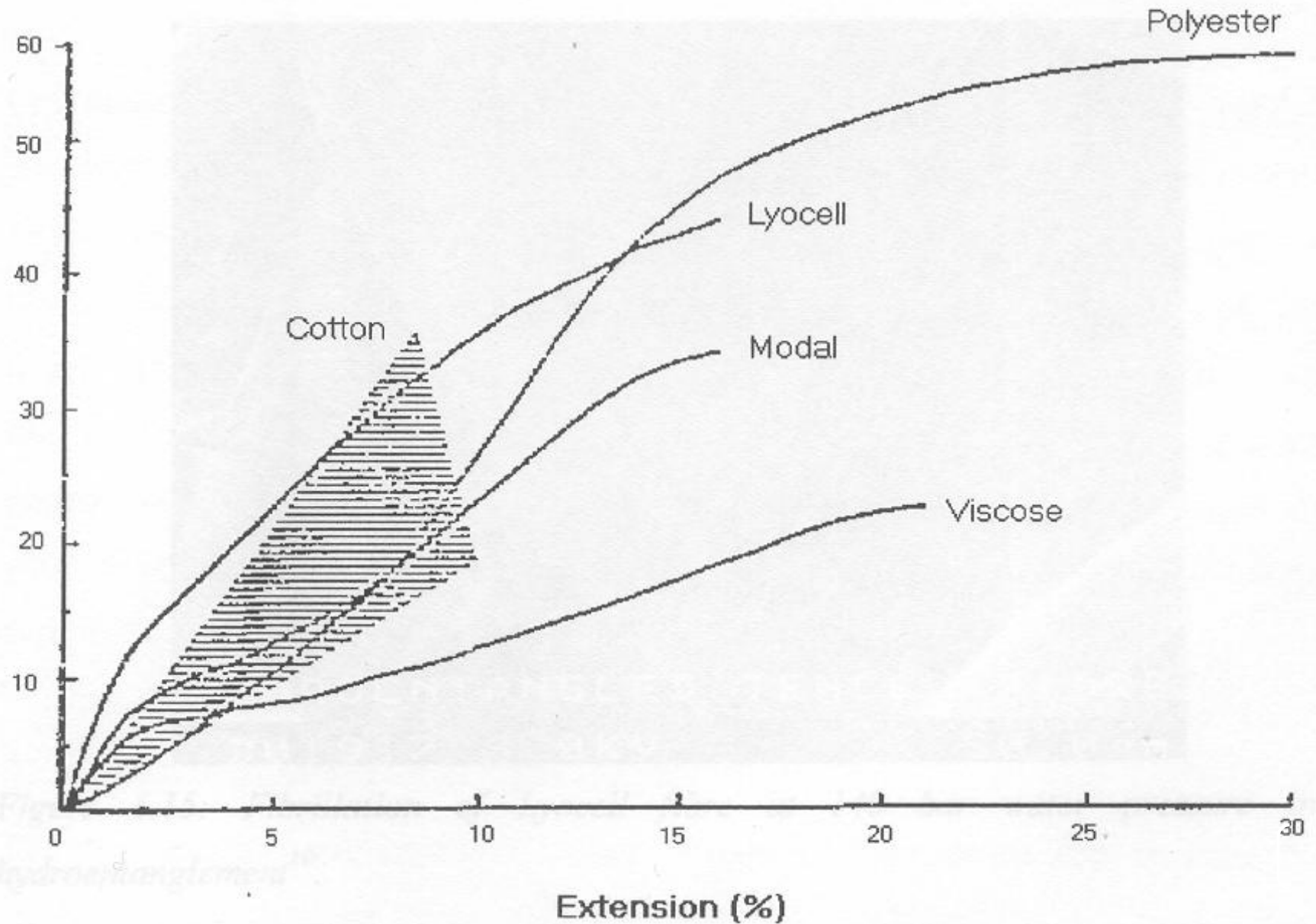


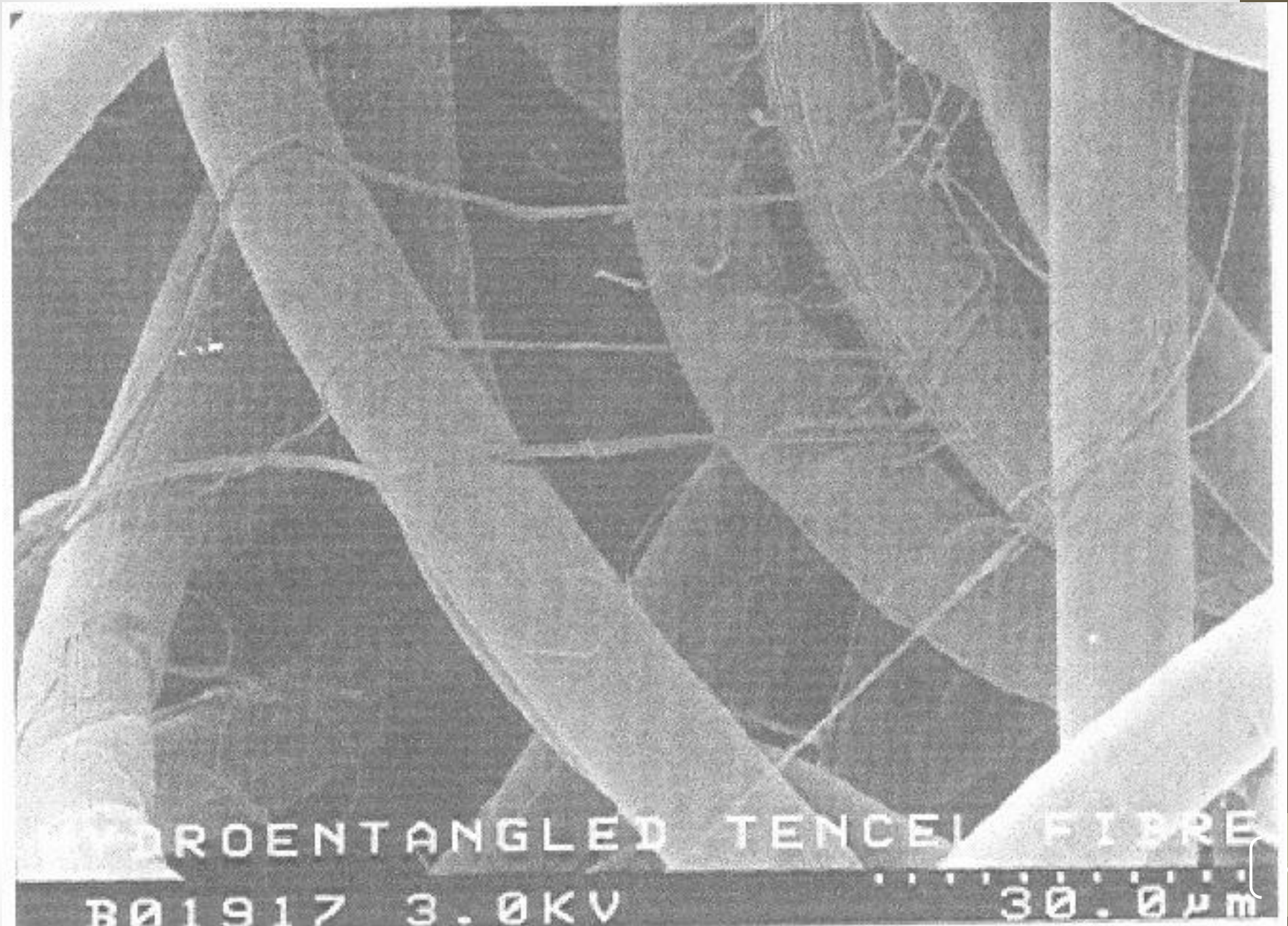
<http://sst.umd.edu.pk/newsite/courses/Fall2008/TX-322/Lyocell%20Fibres.pdf>



|                                          | <i>Lyocell</i> | <i>Viscose</i> | <i>Modal</i> | <i>Cotton</i> | <i>Polyester</i> |
|------------------------------------------|----------------|----------------|--------------|---------------|------------------|
| <i>Linear Density (dtex)</i>             | 1.7            | 1.7            | 1.7          |               | 1.7              |
| <i>Tenacity (cN/dtex)</i>                | 4.0 – 4.2      | 2.2 – 2.6      | 3.4 – 3.6    | 2.0 – 2.4     | 5.0 – 5.5        |
| <i>Elongation cond. (%)</i>              | 14 – 16        | 20 – 25        | 13 – 15      | 7 – 9         | 25 – 30          |
| <i>Wet Tenacity (cN/dtex)</i>            | 3.4 – 3.8      | 1.0 – 1.5      | 1.9 – 2.1    | 2.6 – 3.0     | 5.0 – 5.5        |
| <i>Wet Elongation (%)</i>                | 16 – 18        | 25 – 30        | 13 – 15      | 12 – 14       | 25 – 30          |
| <i>Wet Modulus (cN/tex @<br/>5% ext)</i> | 270            | 50             | 110          | 100           | 210              |
| <i>Cellulose D.P.</i>                    | 550 – 600      | 290– 320       | 400 – 450    | 2 - 3000      | -                |
| <i>Moisture Regain (%)</i>               | 11.5           | 13             | 12.5         | 8             | 0.4              |
| <i>Water imbibition (%)</i>              | 65             | 90             | 75           | 50            | -                |

Load (cN/tex)







# เส้นใยอะรามิด (Aramid Fibers)

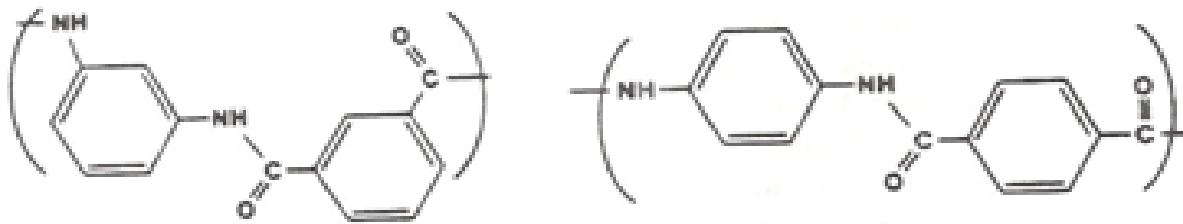
## บทนำ

คำว่า “อะรามิด (Aramid)” ได้ถูกกำหนดขึ้น โดย The Federal Trade Commission ของประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2517 เนื่องจากเป็นเส้นใยที่ได้มาจากอะโรเมติกพอลิเอไมด์อย่างน้อย 85% ต่อด้วยเบนซีนริงทั้งสองด้าน (แทนที่จะเป็นโมเลกุลไซโตรงๆ – คล้ายเบนซีนริงในพอลิเอสเตอ์) แทนที่จะเป็นเส้นใยที่มาจากไซโมเลกุลตรงๆ แบบ ไนล่อน

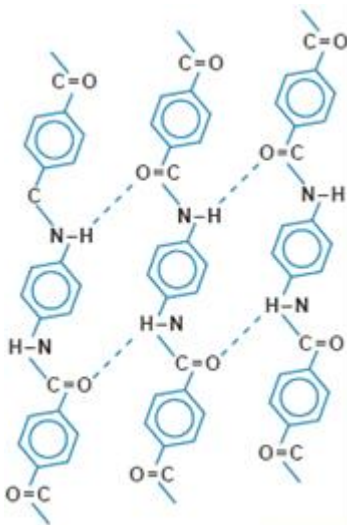
เส้นใยอะรามิด ตัวแรกได้รับจากบริษัท ดูปองท์ เริ่มออกวางตลาดในปี พ.ศ. 2508 โดยมีชื่อว่า “นอเม็กซ์ (Nomex)”

ในตลาดปัจจุบัน พบว่ามีเส้นใยอะรามิดอยู่ 2 ชนิด ซึ่งทั้ง 2 ชนิดถือว่าเป็นเส้นใยสมรรถนะสูง โดยที่ชนิดแรก มีสมบัติในการทนทานความร้อน ซึ่งมีหมู่เมต้า-อะรามิดอยู่ แต่มีสมบัติความเหนียวปานกลาง และมีค่าโมดูลัสต่ำ อย่างไรก็ตามทนทานต่อความร้อนดีเลิศ (ทนได้ 600-800°C) ใช้สำหรับเป็นเสื้อผ้าทนความร้อน และสมบัติเป็นฉนวนกันกระแสไฟฟ้า ตัวอย่าง เช่น เส้นใยนอเม็กซ์ (บริษัท ดูปองท์) และเส้นใยโคเน็กซ์ (บริษัท เทยีน)

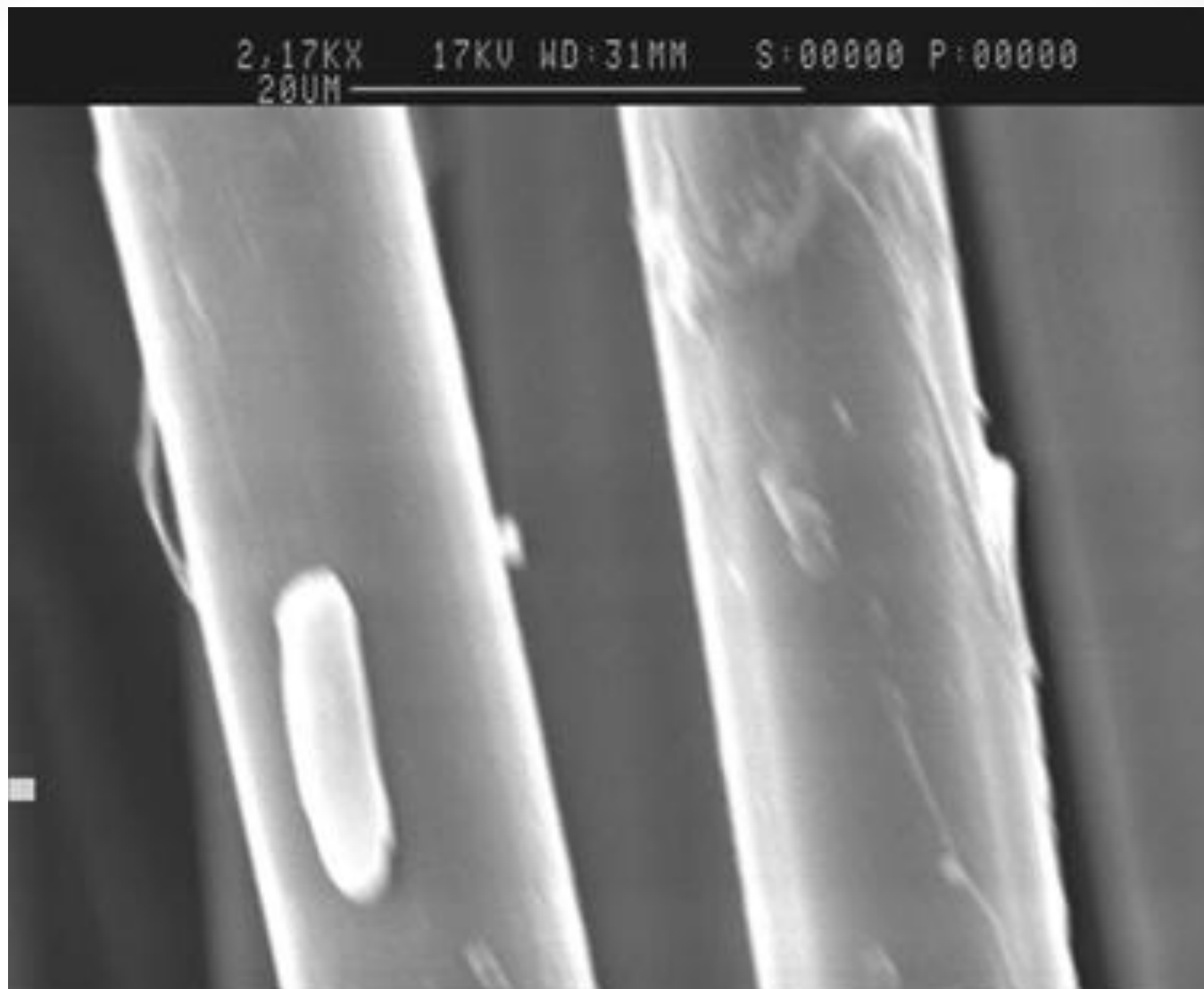
ชนิดสอง ในช่วง 2513-2523 บริษัท ดูปองท์ ได้ออกเส้นใยชนิดที่สองในตระกูลนี้ โดยมีชื่อว่า “เคฟลาร์ (Kevlar)” เส้นใยใหม่นี้มีหมู่พารา-อะรามิด ทำให้เกิดสมบัติที่ดีขึ้นหลายประการ เช่น ความแข็งแรงสูง ค่าโมดูลัสสูง มีความคงทนต่อความร้อนสูง



ภาพ แสดงโครงสร้างทางเคมีของเมต้า-อะรามิด (ซ้าย) และพารา-อะรามิด (ขวา)



ภาพ แสดงการเกาะตัวกันของโซ่โมเลกุลของเคฟลาร์ (เส้นประ หมายถึง พันธะไฮโดรเจน)



ภาพ แสดงภาพตามยาวของเส้นใยเคฟลาร์ จากกล้อง SEM

[www.eng.ysu.edu/~mtegr/largesems/Kevlar.jpg](http://www.eng.ysu.edu/~mtegr/largesems/Kevlar.jpg)

## Several grades of Kevlar are available:

1. Kevlar K-29 – in industrial applications, such as cables, asbestos replacement, brake linings, and body/vehicle armor.
2. Kevlar K49 – high modulus used in cable and rope products.
3. Kevlar K100 – colored version of Kevlar
4. Kevlar K119 – higher-elongation, flexible and more fatigue resistant.
5. Kevlar K129 – higher tenacity for ballistic applications.
6. Kevlar AP – has 15% higher tenacity than K-29
7. Kevlar XP – lighter weight resin and KM2 plus fiber combination
8. Kevlar KM2 – enhanced ballistic resistance for armor applications



| สมบัติ                               | Kevlar (Dupont) | Twaron (AKZO)  | Technora (Teijin) |
|--------------------------------------|-----------------|----------------|-------------------|
| ความแข็งแรง<br>(gpd/GPa)             | 21-25/5.65-3.2  | 21-23/2.6-2.85 | 24-28/3.0-3.4     |
| โมดูลัส (gpd/GPa)                    | 450-1000/57-127 | 440-800/54-99  | 450-850/55-104    |
| ความยาวเมื่อดึงยืด (%)               | 2-4             | 3.2-3.8        | 4.4-4.6           |
| $T_g(^{\circ}\text{C})$              | 360             | -              | -                 |
| $T_m(^{\circ}\text{C})$ เริ่มสลายตัว | 560             | -              | >500              |
| ความถ่วงจำเพาะ                       | 1.44            | 1.4            | 1.39              |
| ความเป็นผลึก (%)                     | 72              | 71             | 73                |
| การจัดเรียงตัว (%)                   | 91              | 91             | 92                |
| ขนาดของผลึก (nO)                     | 49              | -              | 23                |

ตาราง แสดงสมบัติต่างๆ ของเส้นใยพารา-อะรามิด

## สมบัติที่เด่นของเส้นใย

- ปกติจะมีสีเหลืองตามธรรมชาติของมัน
- ความหนาแน่นต่ำ ทำให้ผ้าน้ำหนักเบา
- ความแข็งแรงสูง
- ความคงทนต่อการกระแทกดี
- ความคงทนต่อการขีดถูดี
- ความคงทนต่อสารเคมีดี
- ความคงทนต่อการสลายตัวด้วยความร้อน
- เส้นใยเคฟลาร์บางเกรด อาจจะถูกทำลาย หรือสลายตัวด้วยรังสี

## อัลตราไวโอเลตได้

- ความคงทนต่อการถูกตัด (เหมาะสำหรับทำเสื้อป้องกันการถูกแทงสำหรับตำรวจ)

- กันไฟได้ดี เมื่อติดไฟ จะดับเอง
- การนำไฟฟ้าต่ำ (เหมาะกับการทำสายเคเบิล) ฯลฯ

## การนำไปใช้งาน

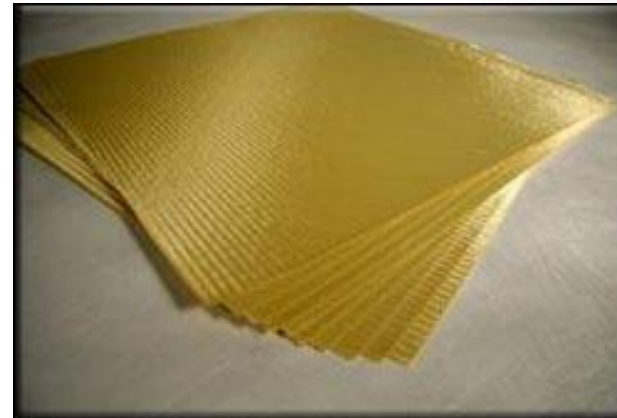
- ทำเสื้อเกราะกันกระสุน
- ทำถุงมือ เสื้อผ้าสำหรับนักขับเครื่องบิน
- ทำใบเรือ สำหรับเรือใบ
- สายเคเบิลสำหรับไฟเบอร์ออฟติก
- ชิ้นส่วนของเครื่องบิน
- เสื้อผ้ากันไฟ หมวกกันไฟ สำหรับนักแข่งรถยนต์สูตร 1 หรือนัก

## ผลคุณประโยชน์

- เชือก - ยางรถยนต์ ฯลฯ



ภาพ แสดงตัวอย่างการนำเคโวลีนไปใช้งาน [29]



DuPont Kevlar XP consistently stops bullets within the first three layers of a vest designed with a total of 11 layers.



**KEVLAR**  
**Brakes**

[http://www.likecool.com/Kevlar\\_Gloves--Other--Gear.html](http://www.likecool.com/Kevlar_Gloves--Other--Gear.html)

<http://www.miluniform.com/index.asp?PageAction=VIEWPROD&ProdID=3969>

<http://www.defensereview.com/duPont-kevlar-xp-next-gen-lightweight-aramid-ballistic-fiber-for-body-armor/>

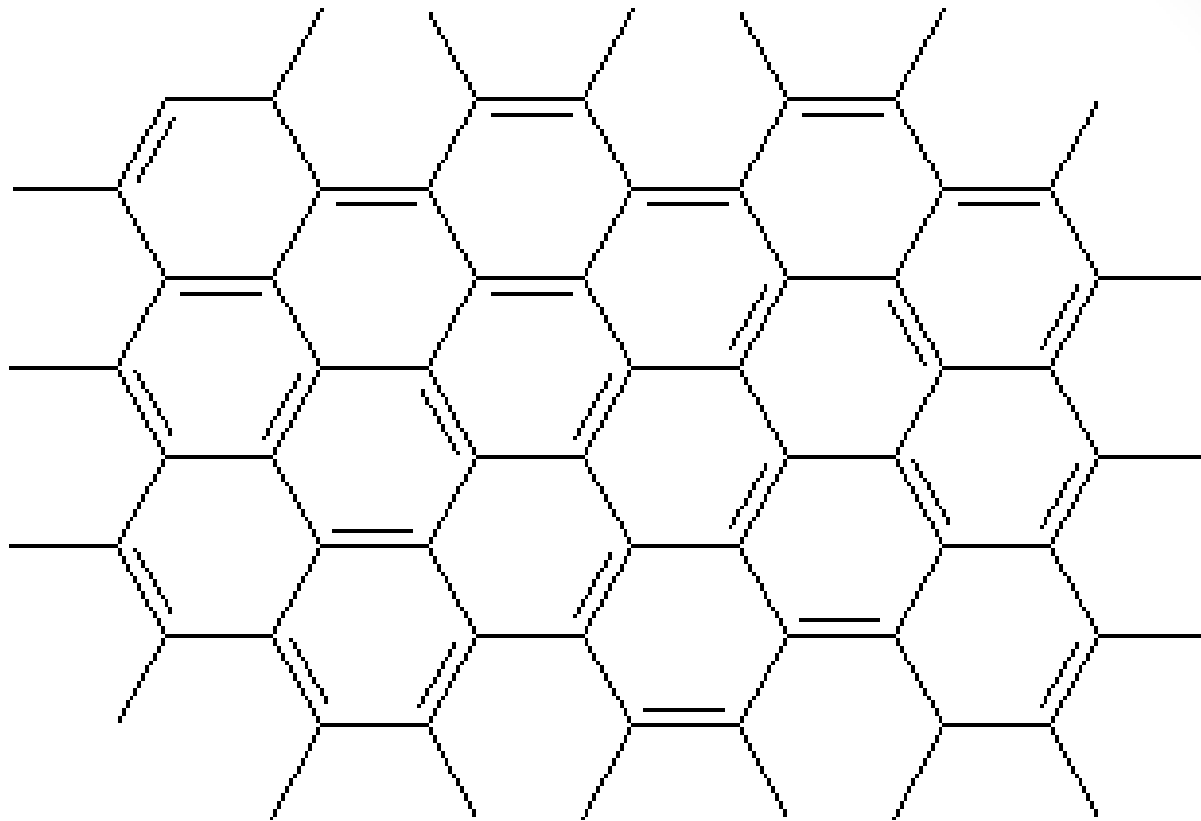
# เส้นใยคาร์บอน (Carbon Fibers)

ในปี พ.ศ. 2422 Edison เป็นผู้จดสิทธิบัตรเส้นใยคาร์บอนเป็นครั้งแรกของโลก โดยในครั้งนั้นเป็นการผลิตไส้หลอดไฟแสงสว่าง อย่างไรก็ตามในช่วงปี พ.ศ. 2493-2503 เมื่อมีความต้องการวัสดุที่มีน้ำหนักเบากว่าเดิมเพื่อใช้ในยานอวกาศ โดย William Watt และทีมงานของ Royal Aircraft Establishments ณ เมือง Farnborough ในสหราชอาณาจักร

ในขณะนี้ประเทศที่ผลิตเส้นใยคาร์บอน เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา ยุโรป ญี่ปุ่น เป็นต้น จากหนังสือ Textile Terms and Definitions ให้คำจำกัดความว่า “เป็นเส้นใยที่มีส่วนประกอบของคาร์บอน (โดยการควบคุมการเผาไหม้ของเส้นใยที่เหมาะสม) อย่างน้อย 90%”

เส้นใยนี้เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยกราไฟท์ (Graphite) ซึ่งเป็นฟอร์มของคาร์บอนบริสุทธิ์ ประกอบด้วยวงแหวน 6 เหลี่ยมต่อกันเป็นรังผึ้ง



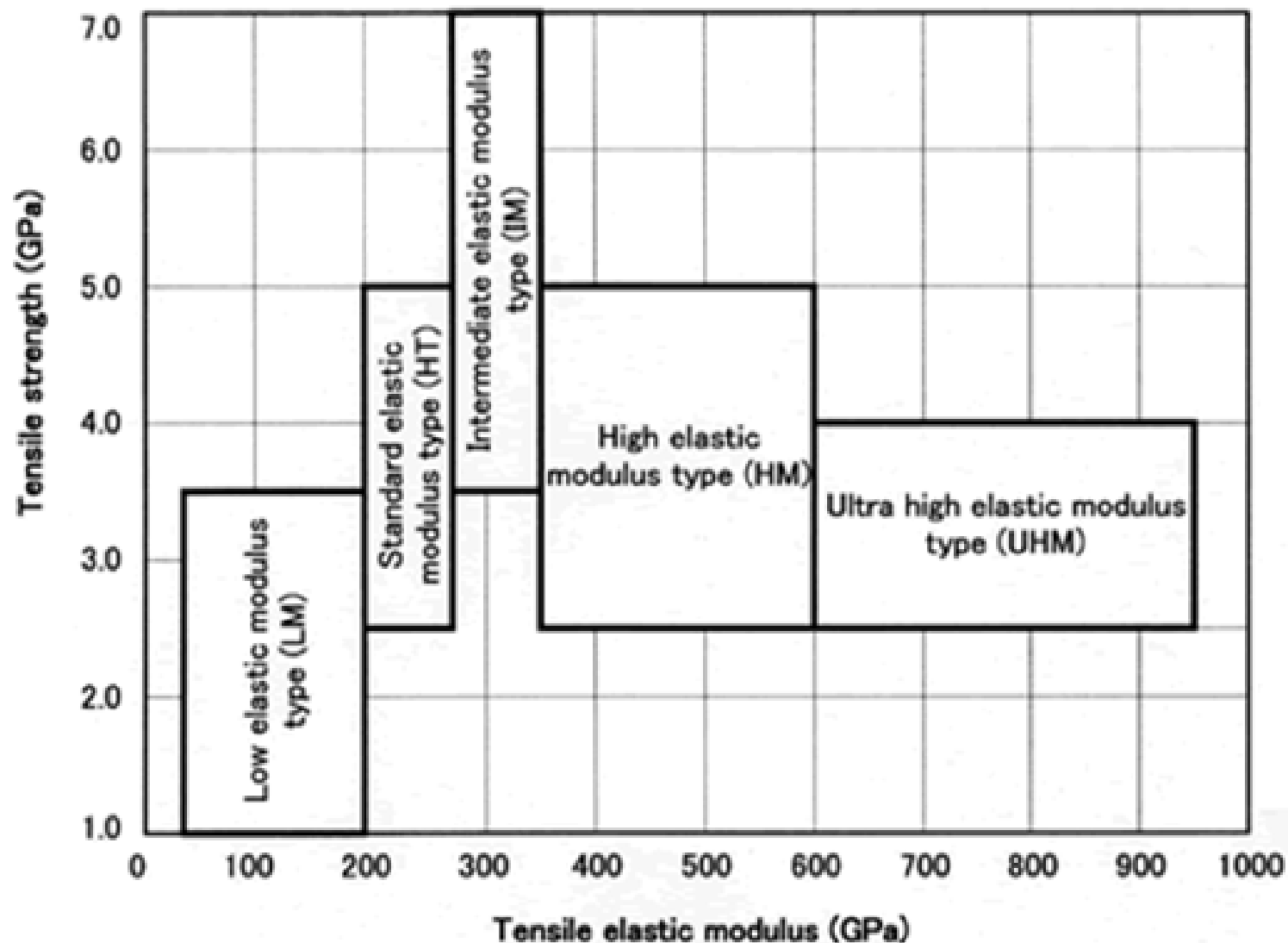


**a section of a sheet of graphite**

ภาพ แสดงส่วนหนึ่งของกราไฟท์

<http://www.carbonfiber.gr.jp/english/>

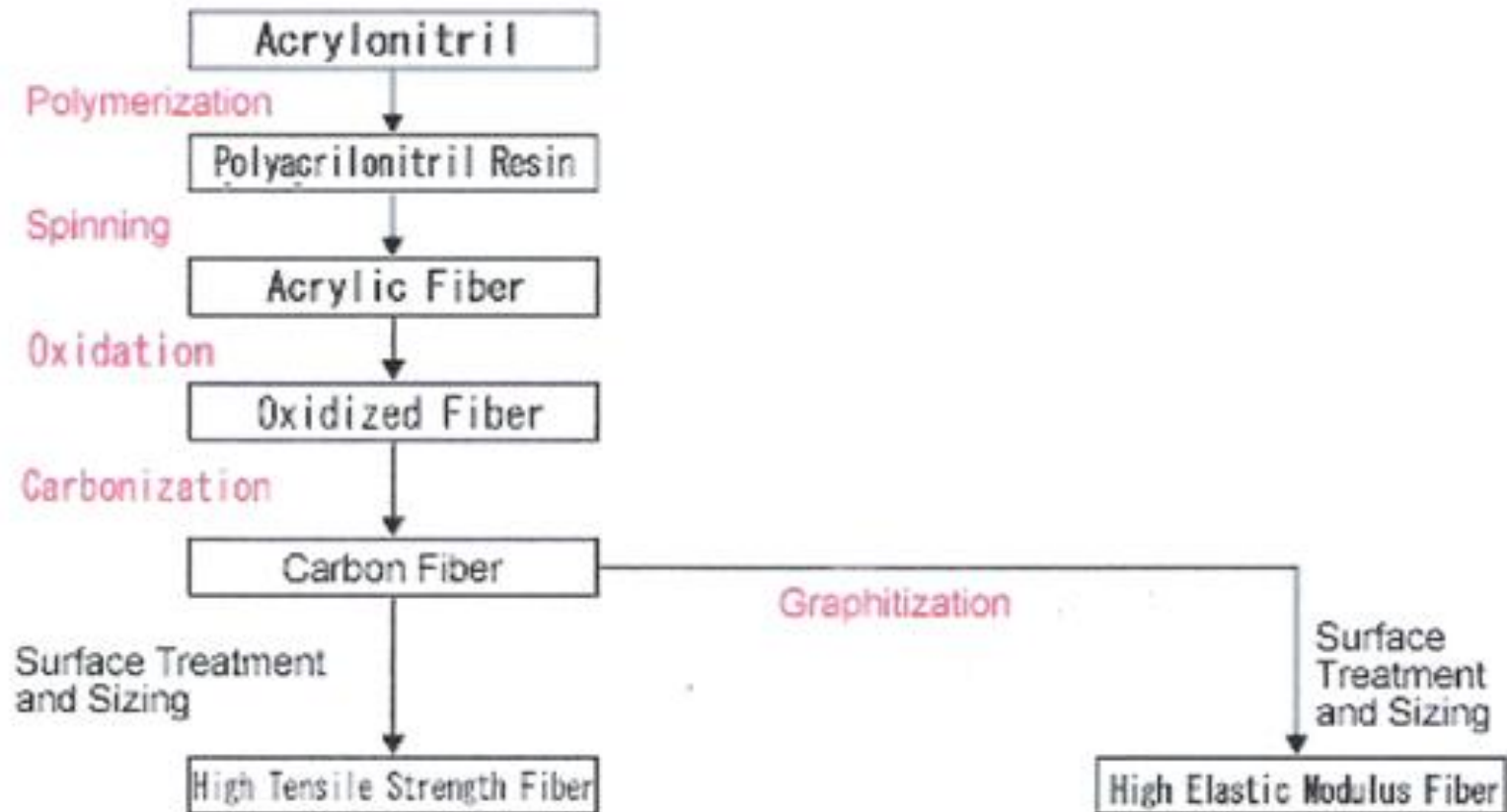
Carbon Fibers: Product types by Mechanical Performances



ภาพ แสดงการจำแนกเส้นใยคาร์บอน โดยใช้วิธีจำแนกสมบัติเชิงกล

<http://www.carbonfiber.gr.jp/english/>

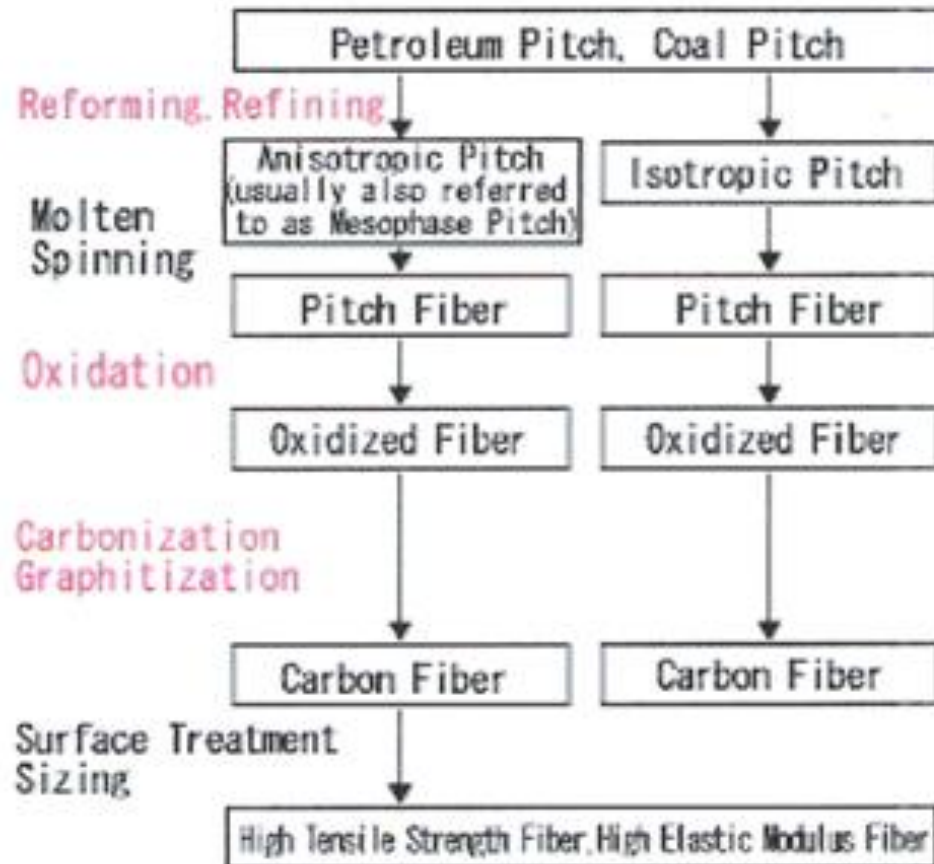
## Manufacturing Process of PAN Type Carbon Fiber



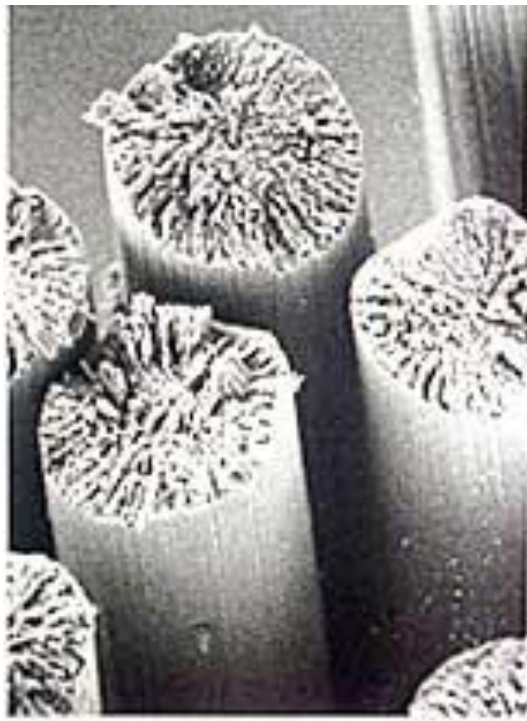
ภาพ แสดงกระบวนการผลิตเส้นใยคาร์บอนจากเส้นใยอะคริโลไนไท์

<http://www.carbonfiber.gr.jp/english/>

## Manufacturing Process of Pitch Type Carbon Fiber



ภาพ แสดงกระบวนการผลิตเส้นใยคาร์บอนชนิดพิตช์



X1,500



X3,000



X20,000

ภาพ แสดง SEM แสดงภาพตัดขวางของเส้นใยคาร์บอน

<http://www.carbonfiber.gr.jp/english/>





[http://www.ultimatemotorcycling.com/2009\\_HJC\\_Motorcycle\\_Helmet\\_Color\\_Carbon\\_Fiber](http://www.ultimatemotorcycling.com/2009_HJC_Motorcycle_Helmet_Color_Carbon_Fiber)

<http://www.thaicrazycar.com/?p=496>

<http://www.boeing.com/commercial/787family/index.html>

<http://www.yellowbullet.com/forum/showthread.php?t=185234>

# ข้อควรระมัดระวัง

## สมบัติของเส้นใย

1. เนื่องจากเส้นใยคาร์บอนเป็นเส้นใยที่เล็กมาก และสามารถแตกหักได้ง่าย โดยการยืด (ไม่เกิน 2% ของการยืด) เมื่อเส้นใยถูกบิด หรือทำให้สั้นลง จะเกิดฝุ่นผง ซึ่งง่ายมากในการกระจายไปทั่วบรรยากาศ
2. เนื่องจากเส้นใยมีค่าโมดูลัสสูง และละเอียดมาก เส้นใยไมโครไฟเบอร์ อาจจะติดกับผิวหนังมนุษย์ หรือเข้าไปในปอดได้ ทำให้เกิดการทิ่มแทง ทำให้เจ็บปวด ถ้าไม่ทิ้งเส้นใยคาร์บอนให้ถูกวิธี
3. เส้นใยคาร์บอนเป็นเส้นใยที่มีการนำไฟฟ้า ถ้ามีฝุ่นของเส้นใยกระจายไป อาจจะทำให้เกิดการช็อต ของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือไฟฟ้าช็อตในอุปกรณ์อื่นๆ ได้
4. เส้นใยคาร์บอนเป็นเส้นใยที่มีการเผามาแล้วที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นการเผาไหม้ธรรมดาไม่ทำลายได้
5. เมื่อเผาเส้นใยคาร์บอนจะเกิดเถ้าถ่าน จะต้องเก็บให้ถูกวิธี
6. เส้นใยคาร์บอนสามารถเข้ากันได้กับผิวหนังมนุษย์ ดังนั้นจึงสามารถใช้เป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนร่างกายมนุษย์ได้