

เส้นใยสมรรถนะสูง (ต่อ)

ผศ.ดร.อภิชาติ สอนธิสมบัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เส้นใยแก้ว (Glass Fibers)

บทนำ

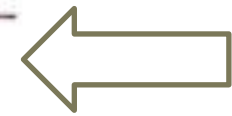
แก้วเป็นวัสดุที่ใช้กันมานานมาก แต่การทำให้แก้วมีความแข็งแรง (เสริมแรง) เป็นแนวความคิดใหม่ ในปี พ.ศ. 2463 เป็นครั้งแรกที่มีความพยายามในการทำให้เกิดเส้นใยแก้ว (เสริมแรง) โดยปกติเส้นใยแก้ว จะประกอบด้วย ซิลิกอนไดออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ อะลูมิเนียมออกไซด์ โบรอนออกไซด์ และโลหะออกไซด์จำนวนเล็กน้อย ปกติแก้วจะเป็นรูปร่างเหสามมิติชนิด isotropic ซึ่งมีเหลี่ยมของอะตอมออกซิเจน 4 อะตอมรอบๆ อะตอมซิลิกอน แต่ทำให้ไม่ปกติ และเป็นส่วนไม่เป็นผลึก (ไม่เป็นระเบียบ) ด้วยอิออนของโลหะ เดียวนี้บริษัท Owens Corning, Ventrotex, Ahlstrom และ Pilkington เป็นบริษัทชั้นนำในการผลิตเส้นใยแก้ว (เสริมแรง)

ชนิดของเส้นใย และองค์ประกอบ

1. แก้วชนิด A (A glass) มีส่วนประกอบของแก้วที่มีด่างอัลคาไลน์ บางที่ใช้สำหรับการผลิตเส้นใย
2. แก้วชนิด AR (AR glass) แก้วทนด่างอัลคาไลน์ใช้ในการฟอร์มตัวของเส้นใย
3. แก้วชนิด C (C glass) เป็นแก้วทนสารเคมี สำหรับใช้ในการผลิตเส้นใย
4. แก้วชนิด E (E glass) เป็นสูตรที่เรียกว่าสารพัดประโยชน์ และเป็นเส้นใยมาตรฐานใช้สำหรับการผลิตเส้นใย ตัวอักษร E หมายถึง สำหรับไฟฟ้า เนื่องจากทนต่อกระแสไฟฟ้าสูง
5. แก้วชนิด HS (HS glass) เป็นแก้วผสมระหว่างแมกนีเซียม-อะลูมินา-ซิลิกา แต่ประกอบด้วยจำนวนเล็กน้อยของออกไซด์ชนิดอื่นๆ ตัวอักษร HS หมายถึง ความแข็งแรงสูง
6. แก้วชนิด S (S glass) เป็นแก้วที่มีองค์ประกอบเหมือนแก้วชนิด HS ในรูปของเส้นใย มีความแข็งแรงสูง ใช้สำหรับผสมในงานเส้นใยผสม

Composition of Glass Fibres (Wt %)

Components	AR-glass	C-glass	E-glass	S-glass
SiO ₂	62.2	65	55.2	65
ZrO ₂	16.7	—	—	—
TiO ₂	0.1	—	—	—
Al ₂ O ₃	0.74	4	14.8	25
Fe ₂ O ₃	0.09	0.3	0.3	—
B ₂ O ₃	—	5	7.3	—
CaO	5.2	14	18.7	—
MgO	0.16	3	3.3	10
Na ₂ O	14.3	8.5	0.3	—
K ₂ O	0.4	—	0.2	—
LiO ₂	—	—	—	—
F ₂	—	—	0.3	—



Source: Various

ตาราง ส่วนประกอบของเส้นใยแก้ว (เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก)

ชนิดของเส้นใย แบ่งตาม ASTM เส้นใยแก้วแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เส้นใยที่มีราคาถูกใช้สำหรับงานทั่วไป และเส้นใยชนิดพิเศษสูงสุด เส้นใยแก้วเกือบประมาณ 90% เป็นเส้นใยสำหรับใช้งานทั่วไป ซึ่งมักเรียกว่า เส้นใยแก้วชนิด E สำหรับการจำแนกเส้นใยแก้วตาม ASTM ใช้คำย่อแทนสมบัติดังต่อไปนี้

E = ไฟฟ้า	การนำไฟฟ้าต่ำ
S = ความแข็งแรง	ความแข็งแรงสูง
C = เคมี	ทนต่อสารเคมีสูง
M = ค่าโมดูลัส	ความเหนียวสูง
A = ต่างอัลคาไลน์	ทนต่อด่างสูง หรือแก้วโซดาไลม์ (Soda Lime Glass)
D = ไดอิเล็กตริก	มีค่าไดอิเล็กตริกต่ำ

ตาราง แสดงการจำแนกเส้นใยแก้วตามสมบัติของเส้นใย

Fiber	Log 3 forming temperature(a)		Liquidus temperature		Softening temperature		Annealing temperature		Straining temperature		Bulk density, annealed glass, g/cm ³
	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	
General-purpose fibers											
Boron-containing E-glass	1160–1196	2120–2185	1065–1077	1950–1970	830–860	1525–1580	657	1215	616	1140	2.54–2.55
Boron-free E-glass	1260	2300	1200	2190	916	1680	736	1355	691	1275	2.62
Special-purpose fibers											
ECR-glass	1213	2215	1159	2120	880	1615	728	1342	691	1275	2.66–2.68
D-glass	...	...	...	...	770	1420	...	...	475	885	2.16
S-glass	1565	2850	1500	2730	1056	1935	...	...	760	1400	2.48–2.49
Silica/quartz	>2300	>4170	1670	3038	...	...	...	...	...	...	2.15

Fiber	Coefficient of linear expansion, 10 ⁻⁶ /°C	Specific heat, cal/g/°C	Dielectric constant at room temperature and 1 MHz	Dielectric strength, kV/cm	Volume resistivity at room temperature log ₁₀ (Ω cm)	Refractive index (bulk)	Weight loss in 24 h in 10% H ₂ SO ₄ , %	Tensile strength at 23 °C (73 °F)		Young's modulus		Filament elongation at break, %
								MPa	ksi	GPa	10 ⁶ psi	
General-purpose fibers												
Boron-containing E-glass	4.9–6.0	0.192	5.86–6.6	103	22.7–28.6	1.547	~41	3100–3800	450–551	76–78	11.0–11.3	4.5–4.9
Boron-free E-glass	6.0	...	7.0	102	28.1	1.560	~6	3100–3800	450–551	80–81	11.6–11.7	4.6
Special-purpose fibers												
ECR-glass	5.9	...	...	...	...	1.576	5	3100–3800	450–551	80–81	11.6–11.7	4.5–4.9
D-glass	3.1	0.175	3.56–3.62	...	...	1.47	...	2410	349	...	...	...
S-glass	2.9	0.176	4.53–4.6	130	...	1.523	...	4380–4590	635–666	88–91	12.8–13.2	5.4–5.8
Silica/quartz	0.54	...	3.78	...	...	1.4585	...	3400	493	69	10.0	5

(a) The log 3 forming temperature is the temperature of a melt at a reference viscosity of 100 Pa · s (1000 P). Source: Ref 2, 7–10, 11

ตาราง แสดงสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของเส้นใยแก้วที่ผลิตในท้องถิ่น

เส้นใยแก้วที่ใช้ในจุดประสงค์พิเศษ

ชนิดของเส้นใยชนิดพิเศษ ใช้ในตลาดเป็นจำนวนมาก โดยมีแก้วชนิด ECR (ทนต่อการกัดกร่อนสูง) แก้วชนิด S, R และ Te (ความแข็งแรงสูง) และแก้วชนิด D (ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกต่ำ) ชนิดความแข็งแรงสูง และมีซิลิกาบริสุทธิ์ หรือเส้นใยควอตซ์ ใช้ในงานที่ทนอุณหภูมิสูงมากๆ

แก้วชนิด ECR เป็นเส้นใยแก้วที่ทนทานการกัดกร่อนโดยจำแนกตามโครงสร้างทางเคมี แก้วชนิด E (ปราศจากโบรอน) ที่มาจากควอตซ์หรือ SiO_2 - Al_2O_3 - CaO - MgO จะทนทานต่อสารเคมีได้สูงกว่าแก้วชนิด E (ที่มีโบรอน) ที่มาจากเทอร์นารี SiO_2 - Al_2O_3 - CaO - MgO อย่างไรก็ตาม แก้วชนิด ECR จะทนกรดได้เป็นเวลายาวนาน แต่จะทนด่างได้เป็นระยะเวลาสั้นๆ

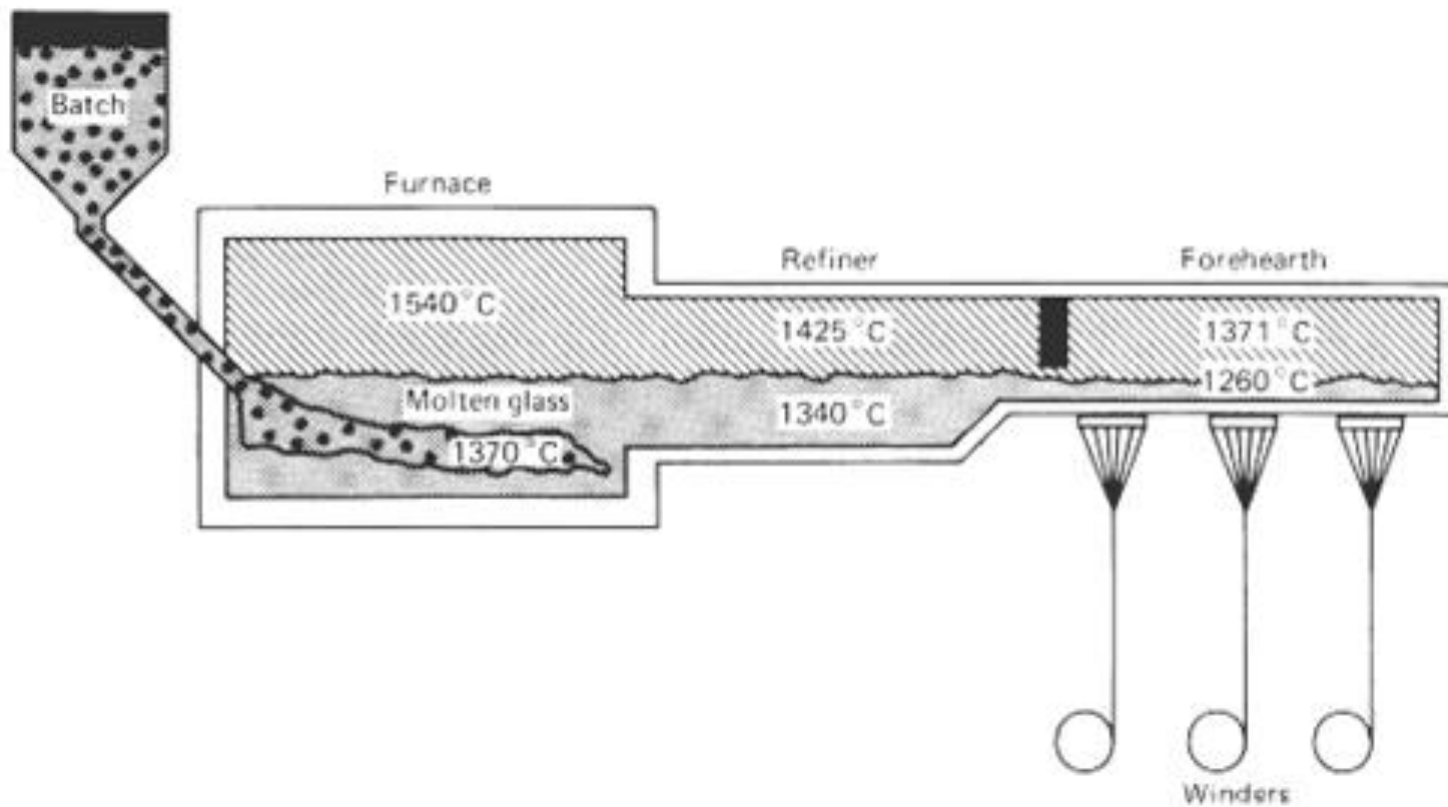
แก้วชนิด S, R และ Te มีใช้สำหรับงานการทหาร เนื่องจากทนต่ออุณหภูมิที่จะต้องการใช้ได้ แต่เนื่องจากต้องผลิตเพื่อใช้ในการทหารจะต้องมีกระบวนการผลิตที่เข้มงวด และราคาแพง

แก้วชนิด S, Te ได้รับจากเทอร์นารี $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ ส่วนแก้วชนิด R ได้รับจากควอเทอร์นารี $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-MgO}$ ส่วนแก้วชนิด S และ S-2 เป็นแก้วที่แตกต่างกันเนื่องจากการเคลือบ โดยอุณหภูมิในการฟอร์มตัวจะสูงกว่าแก้วชนิด E อย่างไรก็ตามเนื่องจากทนความร้อนสูงจะทำให้กระบวนการมีราคาแพงมากขึ้น

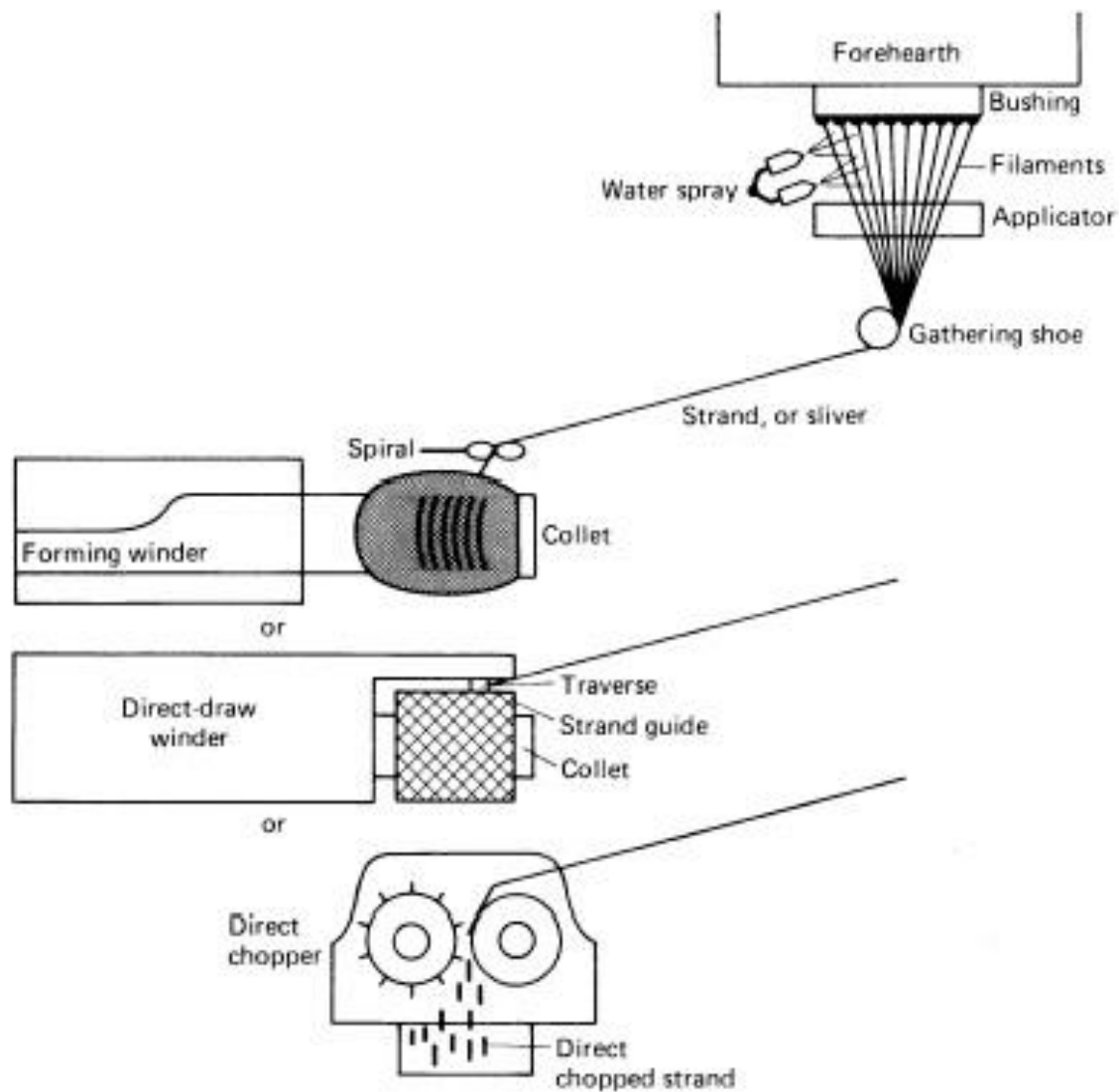
เส้นใยซิลิกา/ควอทซ์ เส้นใยแก้วที่ต้องการการใช้งานในอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ จะต้องมีส่วนผสมของ SiO_2 เส้นใยที่มีซิลิกาสูง (95% SiO_2) เป็นเส้นใยแก้วที่มีส่วนไม่เป็นระเบียบ ดังนั้นใช้ในงาน ฝ้ายฉนวนกันความร้อน ที่ทนความร้อนได้สูงสุด $1,040^\circ\text{C}$ เส้นใยซิลิกาที่บริสุทธิ์ที่สุด หรือเส้นใยควอทซ์ จะมี SiO_2 เป็นส่วนประกอบถึง 99.99% SiO_2

สำหรับเส้นใยซิลิกาที่บริสุทธิ์ที่สุด นิยมนำไปใช้ในเส้นด้าย และผสมกับวัสดุอื่นในงานต่างๆ โดยที่ถ้าเป็นเส้นด้ายที่มีซิลิกาสูง ทนความร้อนได้ $1,040^\circ\text{C}$ เส้นด้ายที่มีซิลิกาบริสุทธิ์ที่สุด ทนความร้อนได้ถึง $1,090^\circ\text{C}$ ส่วนเส้นใยแก้วชนิด S, R และ Te ทนความร้อนได้สูงสุด 815°C

เส้นใยแก้วชนิด D เป็นเส้นใยแก้วที่มีสมบัติเกี่ยวกับไฟฟ้า เช่น ความต้านทานไฟฟ้า การนำไฟฟ้าที่ผิวหน้า ค่าไดอิเล็กตริก และค่าการสูญเสียเมื่อกระแสไฟไหลผ่าน นิยมนำไปผสมทำให้แผงวงจรไฟฟ้าแข็งแรงขึ้น เส้นใยแก้วชนิด D นี้จะมีชนิดของ B_2O_3 ในช่วงตั้งแต่ 20-26% มีค่าไดอิเล็กตริกต่ำกว่าเส้นใยแก้วชนิด E (มีค่า 4.10-3.56 เทียบกับ 6.86-7.00)



ภาพ แสดงเตาหลอมละลายแก้ว



ภาพ แสดงหัวแวนกดเส้นใย → ม้วนเข้าเก็บ หรือตัดเป็นเส้นใยสั้น

การนำไปใช้งาน

การใช้งานของเส้นใยแก้วมักจะเป็นพลาสติกเสริมแรง เช่น อากาศยาน และ อวกาศ เครื่องมือเครื่องใช้ การก่อสร้าง สินค้าต่างๆ ผลิตภัณฑ์ที่ป้องกันการกัดกร่อน เป็นต้น อีกประเภทใช้ในงานเส้นใยแก้วเสริมแรงในพลาสติก เพื่อใช้ด้านอุตสาหกรรม และรถยนต์ บางส่วนใช้ในกิจกรรมด้านกีฬา และการพักผ่อนหย่อนใจ เช่น เครื่องบินเล็ก เป็นต้น ในปัจจุบันเส้นใยแก้วถูกนำมาใช้แทนเส้นใยหิน เนื่องจากเส้นใยแก้วไม่ไหม้ไฟ ทนต่อจุลินทรีย์ มีความเสถียรภาพ และไม่มีพิษต่อร่างกาย

เส้นใยแก้วชนิด S เป็นเส้นใยที่ใช้ในงานเสริมแรงเช่นกัน เนื่องจากมีสมบัติความแข็งแรงสูง และมีค่าโมดูลัสสูงกว่าแก้วชนิด E และเนื่องจากเส้นใยแก้วชนิด S ไม่นำไฟฟ้า และสะท้อนเรดาร์ต่ำ ดังนั้นจึงนำมาใช้สำหรับเฮลิคอปเตอร์ โดยที่ศัตรูตรวจจับด้วยเรดาร์ได้ยากมาก



<http://www.allproducts.com/manufacture97/jedhappy/product5.html>

<http://cnbm2007.en.made-in-china.com/product/EeoQFmLJFnIf/China-Textured-Fiberglass-Textiles.html>

<http://www.youtube.com/watch?v=rX6wBzR1cho>

<http://www.enotes.com/how-products-encyclopedia/fiberglass> ด

รายละเอียด



LD Plast

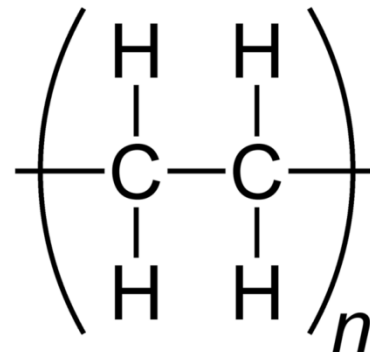


เส้นใยพอลิเอทิลีน (Polyethylene)

เส้นใยพอลิเอทิลีนโมเลกุลสูงยิ่ง หรือเส้นใยพอลิเอทิลีนที่มีค่าโมดูลัสสูงยิ่ง (Ultra-high-modulus of PE fiber; UHMPE) ได้รับการใช้งาน เพราะเป็นเส้นใยมีความแข็งแรงสูง และเหนียว แฉมน้ำหนักเบา ดังนั้นจึงทำให้มีหลายบริษัทผลิตเส้นใยนี้ สมบัติของเส้นใยได้มาจาก

1. การเชื่อมต่อกันของหน่วยของเอทิลีน (-CH₂-) ดังนั้นทำให้เพิ่มความแข็งแรงเป็นระเบียนมากขึ้น และมีการจัดเรียงตัวตามแนวแกนเส้นใยที่ดี
2. เนื่องจากโมเลกุลสามารถยืดหยุ่นตัวได้สูง และไม่มีการหักพับของโซ่โมเลกุล (ดังนั้นจึงทำให้เกิดความเป็นระเบียบโดยที่ไม่แข็งแกร่ง)
3. มีในรูปของพอลิเมอร์แบบเชิงเส้น ทำให้น้ำหนักโมเลกุลที่ค่อนข้างสูงยิ่ง

ชื่อการค้าของเส้นใยพอลิเอทิลีนโมเลกุลสูงยิ่ง เช่น DYNEEMA (บริษัท Dutch State Mines (DSM)) SPECTRA (บริษัท Allied-Signal) TEKMILON (บริษัท Mitsui) เป็นต้น



<http://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene>

กระบวนการผลิตเส้นใย

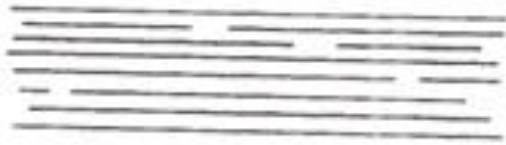
กระบวนการผลิตเส้นใยพอลิเอทิลีนที่มีความแข็งแรงสูง และโมดูลัสสูง คือ

กระบวนการปั่นแบบหลอมละลาย หรือแบบสารละลาย

วิธีแรกใช้พอลิเมอร์ที่มีค่าน้ำหนักโมเลกุลต่ำนำมาผ่านกระบวนการฉีดที่ผลิตแบบพิเศษ หรืออีกแบบใช้วิธีการปั่นแบบสารละลายโดยใช้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (1-5 ล้าน) มาใช้ บางครั้งก็จะเรียกว่า “การปั่นแบบเจล” มาจากกระบวนการที่คิดค้นโดยนักวิจัยของ Groningen University และได้จดสิทธิบัตรโดยบริษัท DSM ในเวลาต่อมา เนื่องจากเส้นใยยาวที่ผลิตได้มีลักษณะคล้ายเจล หลังจากการปั่นด้าย และทำให้เย็น จึงเรียกว่า การปั่นแบบเจล ซึ่งมี 3 ขั้นตอนคือ

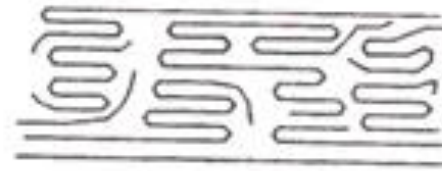
- 1.1 การฉีดอย่างต่อเนื่องของสารละลายของพอลิเอทิลีนน้ำหนักโมเลกุลสูงยิ่ง
- 1.2 การปั่นสารละลายโดยการทำให้เกิดเจล/ส่วนที่เป็นระเบียบ โดยการทำให้เย็น หรือทำให้ตัวทำละลายระเหย และ
- 1.3 การดึงรีดลดขนาดแบบสูงยิ่ง (Ultra-drawing) และกำจัดตัวทำละลายที่หลงเหลืออยู่

EXTENDED CHAIN FIBER



- VERY HIGH MOLECULAR WEIGHT
- VERY HIGH DEGREE OF ORIENTATION
- MINIMUM CHAIN FOLDING

CONVENTIONAL FIBER



- RELATIVELY LOW MOLECULAR WEIGHT
- MODERATE ORIENTATION
- CRYSTALLINE REGIONS CHAIN FOLDED

ภาพ แสดงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นใยพอลิเอทิลีนระหว่างการดึงรีดลดขนาดแบบสูงยิ่ง

Some Useful Properties of High-performance Polyethylene Fibres

Parameters	Fibre type	
	Gel-spun	Melt-spun
Tensile Strength (GPa)	2.6–2.7	1.3
Tenacity (g/den)	30.0	18.0–21.0
Modulus (GPa)	87.0–117.0	60.0
Specific Modulus (g/den)	1000–1400	400–600
Elongation at Break (%)	3.5	5.0
Density (g/cm ³)	0.97	0.96

ตาราง แสดงสมบัติบางอย่างที่จำเป็นของเส้นใยพอลิเอทิลีนที่มีสมรรถนะสูง

การใช้งานและการพัฒนาใหม่ๆ

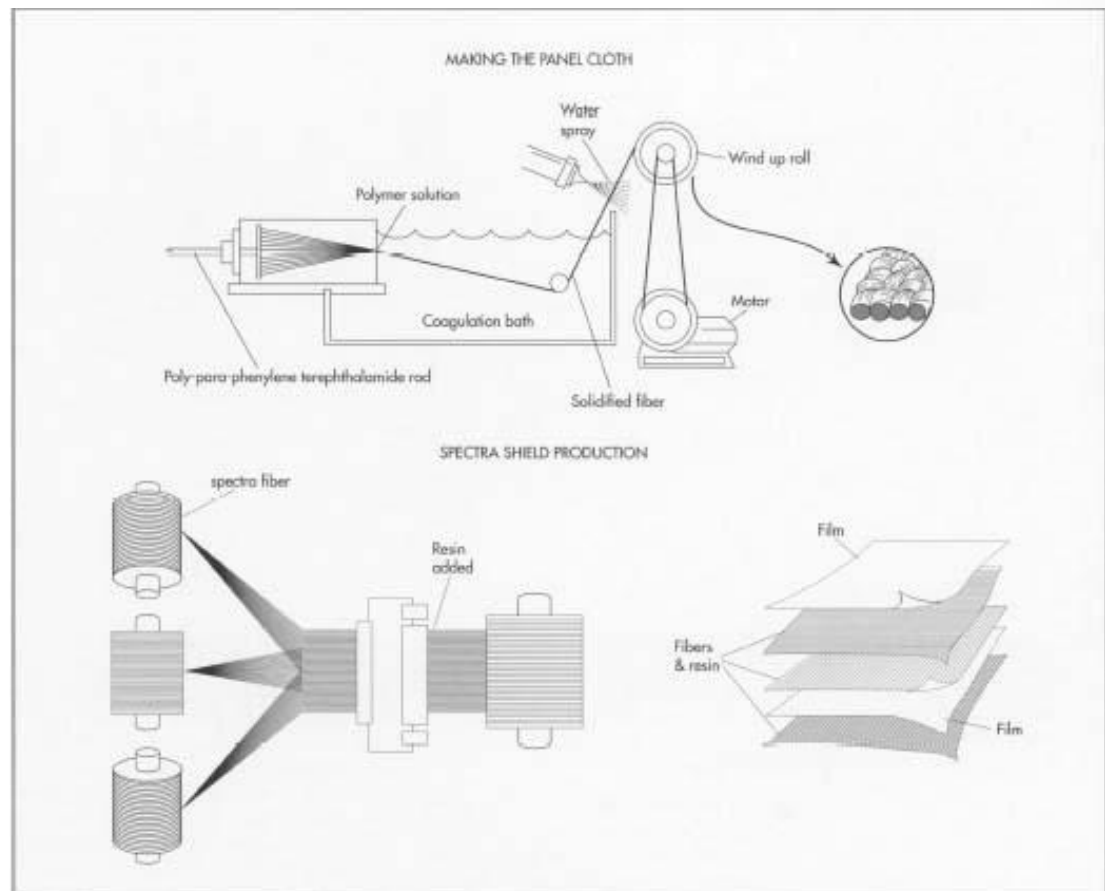
การใช้งาน เช่น

- โบเรือ
- เชือก และสายเคเบิลสำหรับเรือเดินทะเล
- เสื้อผ้าป้องกันอันตราย
- นำไปผสมกับสิ่งอื่นๆ เช่น อุปกรณ์กีฬา อุปกรณ์เก็บความดัน เสื่อเรือ

และเกราะป้องกันการกระแทก เป็นต้น

- นำไปเสริมแรงในคอนกรีต
- การผ่าตัด และด้านการแพทย์ ฯลฯ





เส้นใยไม้ไผ่

บทนำ

เส้นใยไม้ไผ่ผลิตจากประเทศในแถบเอเชีย โดยถือว่าเป็นเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ (คล้ายเส้นใยวิสโคส) โดยมีกระบวนการผลิตแบบใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เนื้อไม้ไผ่ และเยื่อไผ่ ได้มาจากมณฑลยูนนาน และซีเจียน ประเทศจีน (ที่ปราศจากมลพิษ) เยื่อไม้ที่มีลักษณะเป็นแป้งได้มาจากลำต้นของไม้ไผ่ และใบไม้ ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิส-อัลคาไลซ์เซชัน (Hydrolysis-alkalization) และการฟอกขาวหลายเที่ยว จากนั้นโรงงานผลิตเส้นใยทางเคมีจึงทำให้เป็นเส้นใยไม้ไผ่





<http://www.swicofil.com/bamboo.pdf>


SWICOFIL

Item¶		Reference data¶
Dry tensile strength¶	(cN/dtex)¶	2.33¶
Wet tensile strength¶	(cN/dtex)¶	1.37¶
Dry elongation at break¶	%¶	23.8¶
Linear density percentage of deviation¶	%¶	-1.8¶
Percentage of length deviation¶	%¶	-1.8¶
Over length staple fibers¶	%¶	0.2¶
Over cut fibers¶	(mg/100g)¶	6.2¶
Residual sulfur¶	(mg/100g)¶	9.2¶
Defects¶	(mg/100g)¶	6.4¶
Oil-stained fibers¶	(mg/100g)¶	0¶
Coefficient of dry tenacity variation (CV)¶	%¶	13.42¶
Whiteness¶	%¶	69.6¶
Oil content¶	%¶	0.17¶
Moisture regain¶	%¶	13.03¶
Rate¶	¶	Grade A¶

สมบัติ

จากการวิเคราะห์ของบริษัท Swicofil จำกัด ผู้ผลิตเส้นใยนี้พบว่าความละเอียด และความขาว ของเส้นใยไม่แพ้มีค่าใกล้เคียงกับเส้นใยวิสโคส และมีความคงทน และเสถียรภาพ รวมทั้งความเหนียวสูง

เส้นใยสามารถทนการขัดถู และทำให้สามารถปั่นด้ายได้อย่างสมบูรณ์ เส้นด้าย และผ้าที่มาจากเส้นใยนี้เป็นเส้นใยที่ได้รับรองคุณภาพว่าเป็นเส้นใยที่ดีทุกสมบัติที่เกี่ยวข้องกับเส้นใย

เส้นใยไม่ไผ่เป็นเส้นใยที่ผลิตมาด้วยเยื่อไม้ไผ่ 100% ดังนั้นจึงสามารถดูความชื้น สามารถถูกน้ำแทรกซึมได้ดีเยี่ยม มีความนุ่มนวล ง่ายต่อการการทำให้เป็นเส้นตรง และติดสีได้ดีไม่ว่าจะย้อมสี หรือพิมพ์ เป็นเส้นใยที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมคล้ายกับเยื่อไม้

ผ้าขนหนู และชุดคลุมตัวสำหรับอาบน้ำที่ผลิตด้วยเส้นใยนี้ จะมีความนุ่มนวล และสวมใส่สบายตัว และมีความมันเงาพิเศษ เมื่อถูกย้อมสีจะมีความมันเงา และสวยงาม และชอบน้ำมาก อีกทั้งแบบที่เรียบไม่สามารถจะขยายพันธุ์ได้

การเปรียบเทียบพบว่าเส้นด้ายจากเส้นใยไม้ไผ่มีราคาใกล้เคียงกับเส้นใยฝ้าย เส้นด้ายที่มาจากเส้นใยไม้ไผ่จะมีความยืดหยุ่นเกือบ 20% ดังนั้นมีนักวิจัยบางคนบอกว่าไม่จำเป็นต้องใส่เส้นด้ายยางยืดมาช่วย
เส้นใยไม้ไผ่มีความนุ่มนวลเกือบจะเท่ากับเส้นใยเทนเซล และพบว่าต้องการสีย้อมน้อยกว่าฝ้าย โหมดัล หรือวิสโคส ทำให้ประหยัดสีย้อมในการย้อมเส้นใยชนิดนี้ได้
แถมติดสีเร็วกว่าด้วย

ขณะนี้ผู้ผลิตสามารถปั่นด้ายเบอร์ Ne 50/1 และคิดว่าจะทำให้ละเอียดกว่านี้ต่อไป ขณะนี้บริษัท Bambrotex จำกัด สามารถปั่นด้ายเกือบถึงเบอร์ Ne 60/1 ได้

กระบวนการ

สมบัติที่ดีอีกประการหนึ่งของเส้นใยไม้ไผ่ คือ ความสามารถในการหายใจได้ (เหมาะสมกับอากาศร้อนในช่วงฤดูร้อน)

การนำไปใช้งาน

1. เส้นใยไม้ไผ่ที่เป็นเส้นใยชั้นใน เช่น เส้นใยสเวตเตอร์ ผ้าขนหนู ผ้าเช็ดตัว ชุดอาบน้ำ ผ้าห่ม มีสีอ่อนสวยงาม และมันเงาดี และสดใส ดูน้ำได้ดี เนื่องจากเส้นใยสามารถป้องกันแบคทีเรียได้ จึงเหมาะสำหรับการใช้งานเป็นเส้นใยชั้นใน เส้นใยที่แนบตัว และถุงเท้า สามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต ดังนั้นสามารถป้องกันเด็กทารก และสตรีมีครรภ์ เพื่อป้องกันการแทรกซึมของรังสีอัลตราไวโอเลต
2. ผ้าไม่ทอจากเส้นใยไม้ไผ่ ผลิตจากเยื่อไม้ไผ่ มีสมบัติคล้ายเส้นใยวิสโคส อย่างไรก็ตามเส้นใยไม้ไผ่มีสมบัติที่สามารถใช้ในงานสุขอนามัยได้ เช่น ผ้าอนามัย ผ้าอ้อมเด็ก ที่ปิดจุก ผ้าปิดอาหาร เพราะสามารถป้องกันแบคทีเรียได้
3. วัสดุด้านสุขอนามัย เช่น ผ้าพันแผล หน้ากาก ผ้าสำหรับงานผ่าตัด ชุดพยาบาล เป็นต้น เนื่องจากโดยธรรมชาติเส้นใยสามารถป้องกันแบคทีเรียได้

4. ชุุดตกแต่งบ้าน เนื่องจากมีสมบัติด้านระงับการเจริญเติบโต ป้องกันแบคทีเรีย และป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต จึงนำมาใช้ในงานตกแต่งบ้านได้ เนื่องจากหากนำไปทำผ้า màn เส้นใยไม้ไผ่สามารถดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี ดังนั้นเมื่อนำมาทำผ้า màn วอลล์เปเปอร์ จะไม่มีปัญหาดังกล่าว

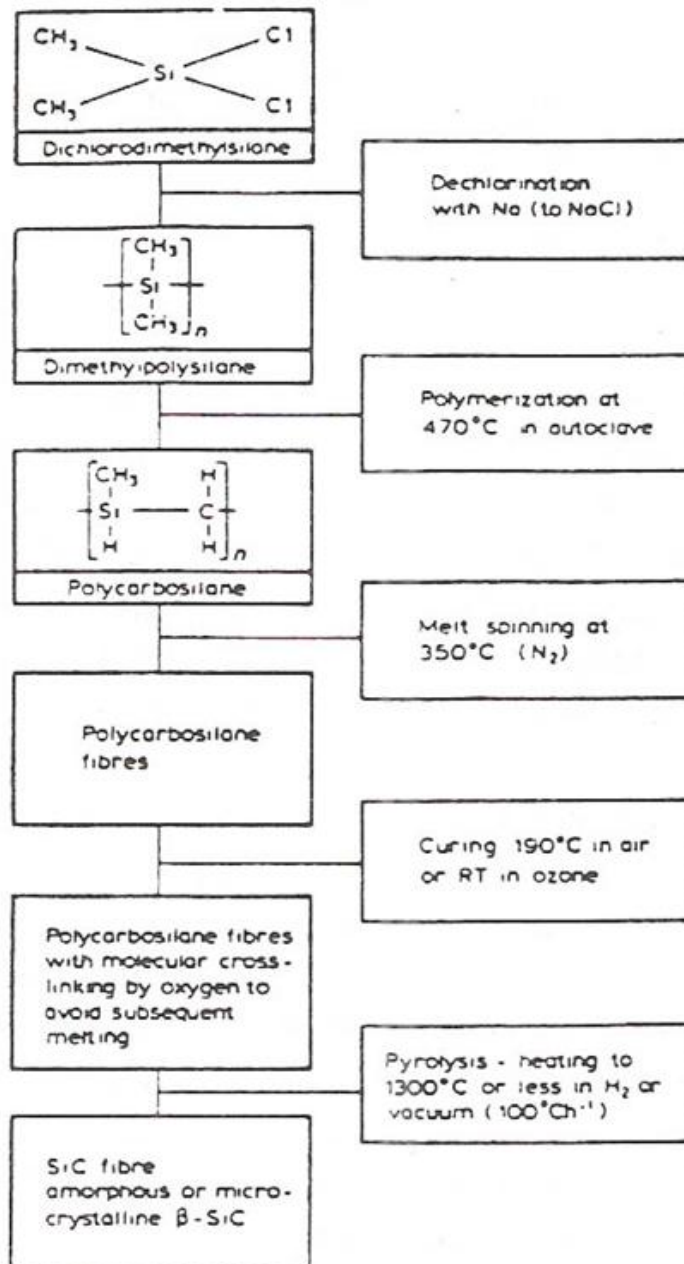
5. ชุุดสำหรับห้องอาบน้ำ เนื่องจากดูความชื้นดีมาก มีความนุ่มนวล และสีที่สดใสดี แกมป้องกันแบคทีเรียได้ ดังนั้นใช้ในงานเคหะสิ่งทอ แกมเมื่อเปียกชื้นไม่มีกลิ่นอับชื้น เพราะแบคทีเรียเจริญเติบโตอีกด้วย

หมายเหตุ เนื่องจากเส้นใยดังกล่าวผู้ผลิตไม่เปิดเผยข้อมูลมากนัก

เส้นใยเซรามิก (Ceramic Fibers)

บทนำ

เส้นใยเซรามิกเป็นเส้นใยประเภทพอลิคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) ประกอบด้วยออกไซด์ของโลหะ คาร์ไบน์ของโลหะ ไนไตรด์ของโลหะ หรือส่วนผสมอื่นๆ ในกรณีนี้ถือว่าซิลิกอน และโบรอน ใน พ.ศ. 2493-2503 เริ่มมีการนำไปใช้กับงานด้านอวกาศ นิวเคลียร์ โรงงานเคมี เพราะงานเหล่านี้ต้องการเส้นใยที่ทนความร้อนสูง และมีความคงทนต่อความร้อนมากกว่าเส้นใยแก้ว อีกประการมีความต้องการสร้างวัสดุที่มีสมรรถนะด้านเชิงกลที่ดีเยี่ยม เบา แต่แข็งแรง และทนความร้อนสูง ดังนั้นจึงนำมาซึ่งการใช้ซิลิกอนคาร์ไบน์ ซิลิกอนไนไตรด์ อะลูมินา/อะลูมิโน-ซิลิเกต ใน พ.ศ. 2523-2533 ได้มีการเปลี่ยนมาทำการวิจัยเกี่ยวกับอะลูมินา หรืออะลูมิโน-ซิลิเกต หรือ ซิลิกอนคาร์ไบน์ บริษัทที่เป็นผู้ผลิตเส้นใยเซรามิกที่มีส่วนผสมของอะลูมินา มีบริษัท ICI 3M Dupont และ Sumitomo ส่วนผู้ผลิตเส้นใยเซรามิกที่มีองค์ประกอบซิลิกอน เช่น บริษัท Nippon Carbon Dow Corning/Celanese เป็นต้น ซึ่งจะเน้นเฉพาะเส้นใยที่มีองค์ประกอบอะลูมินา และซิลิกอนคาร์ไบน์เท่านั้น



ภาพ แสดงไดอะแกรมของกระบวนการผลิตเส้นใยเซรามิก

สมบัติ

เส้นใยเซรามิกจะมีความแข็งแรงสูง มีโมดูลัสสูง มีการนำไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ และทนทานต่อความร้อน และการสลายตัวเมื่อถูกความร้อนสูง ในบางกรณีเส้นใยเซรามิกสามารถทนความร้อนได้ถึง $1,800^{\circ}\text{C}$ และสามารถอยู่ในสภาวะที่ถูกออกซิไดส์ และไม่ถูกออกซิไดส์ บางครั้งอาจใช้คุณสมบัติใกล้เคียงกับคุณสมบัติที่ถูกหลอมละลายโดยไม่ถูกทำลาย

Maximum Use of Temperatures with Ceramic Fibres

Fibre Type	Maximum Use Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		
	Oxidizing atmosphere	Non-oxidizing atmosphere	Melting Temperature ($^{\circ}\text{C}$)
Al_2O_3	1540	1600	2040
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$	1300	1300	1760
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$	1427	1427	1740
SiC	1800	1800	2690
Si_3N_4	1300	1800	1900

ตาราง แสดงอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้งานของเส้นใยเซรามิก

การนำไปใช้งาน และการพัฒนาใหม่ ๆ

เส้นใยเซรามิค สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. เทคโนโลยีการผสมวัสดุ ทำให้เกิดความแข็งแรงสูง ความเหนียว และทนอุณหภูมิได้สูงตามต้องการ

2. ฉนวนกันความร้อนแบบใช้งานหนัก และตัวกรองก๊าซที่อุณหภูมิสูง เป็นต้น

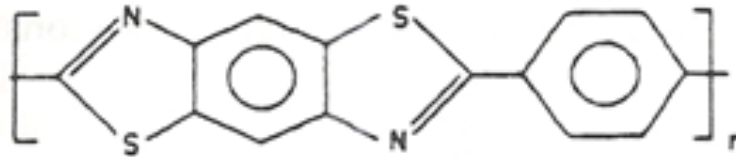
เส้นใยเซรามิคได้ถูกนำไปผสมกับเส้นใยโลหะทำให้เป็นเส้นใยผสมที่เหมาะสมกับงานอวกาศ และโรงงานเคมี เพราะทนต่อการกัดกร่อน ทนความร้อนสูงมาก



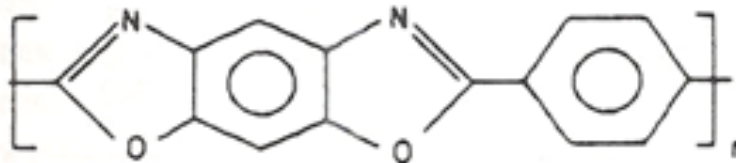
เส้นใย PBZT และ PBO

เส้นใยนี้เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์แบบ heterocyclic (ดูที่ภาพ) ทำให้เกิดเส้นใยที่มีความแข็งแรง และมีสมบัติที่ดี โดยเส้นใยจากพอลิเมอร์ดังกล่าว คือ พอลิ (พารา-ฟีนิลีน เบนโซบิสไธอะโซล) (Poly (p-phenylene benzobis-thiazole)) (PBZT) และ พอลิ (พารา-ฟีนิลีน เบนโซบิสออกซาโซล) (Poly (p-phenylene benzobisoxazole)) (PBO)

- POLY-P-PHENYLENE BENZOBISTHIAZOLE (trans-PBZT)



- POLY-P-PHENYLENE BENZOBISOXAZOLE (cis-PBO)



ภาพ แสดงโครงสร้างทางเคมีของเส้นใย PBZT และ PBO

เส้นใยทั้งสองนี้ถูกปั่นทำให้เกิดความว่องไวต่ออุณหภูมิ และแสดงการลดของสมบัติต่างๆ จนถึงอุณหภูมิ 300°C หลังจากนั้นจะแสดงสมบัติที่ดีขึ้น เส้นใยทั้งสองตัวมีความทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต และทนปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้ดี

Various Properties of PBZT and PBO Fibres

	PBZT	PBO
Tenacity (g/denier)	25–30	28
Tensile Strength (GPa)	4.0–4.6	5.7
Breaking Elongation (%)	1.0–1.4	1.8
Sp.Modulus (g/denier)	2100–2400	1600+
Modulus (GPa)	320–340	360
Density (g/cm ³)	1.6	1.57

ตาราง แสดงสมบัติต่างๆ ของเส้นใย PBZT และ PBO

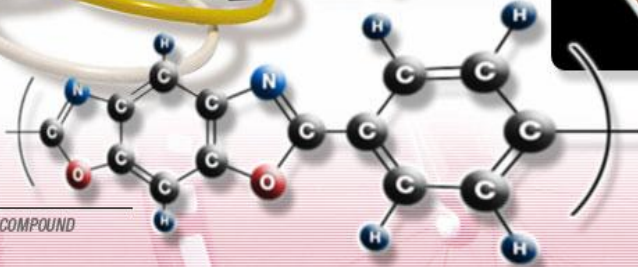
PBO SPOKE TECHNOLOGY

PBO SPOKE COLORS



PBO SPOKE FIBERS

PBO SPOKE CHEMICAL COMPOUND



http://www.spinergy.com/catalog/tech_special_feature_v2.php

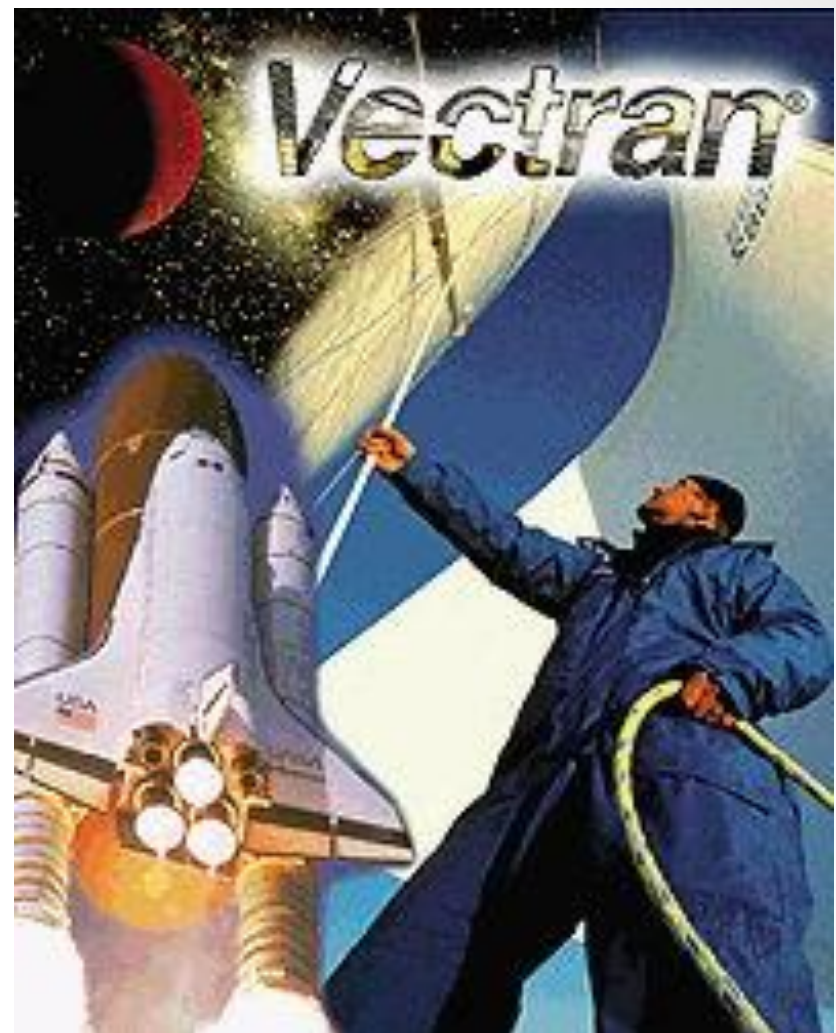


เส้นใยโคพอลิเมอร์ระหว่างพอลิเอสเตอ์กับเว็กต้า/เว็กแตน

เส้นใยเว็กต้า/เว็กแตน (เป็นเส้นใยชนิดเดียวกัน คือ เป็นโคพอลิเมอร์ของ hydroxybenzoic acid และ hydroxyl-naphtholic acid) ซึ่งการค้าชื่อแรกเป็นของบริษัท Hoechst Celanese ส่วนตัวหลังเป็นของบริษัท Kuraray ของประเทศญี่ปุ่น เส้นใยถูกปั่นโดยการหลอมละลาย และมีโมโครไฟบิลขนาด 5 ไมครอน ดังนั้นทำให้ความแข็งแรงสูง และสามารถทนความร้อนได้ดี (โครงสร้างคล้ายกับเส้นใยขนสัตว์)

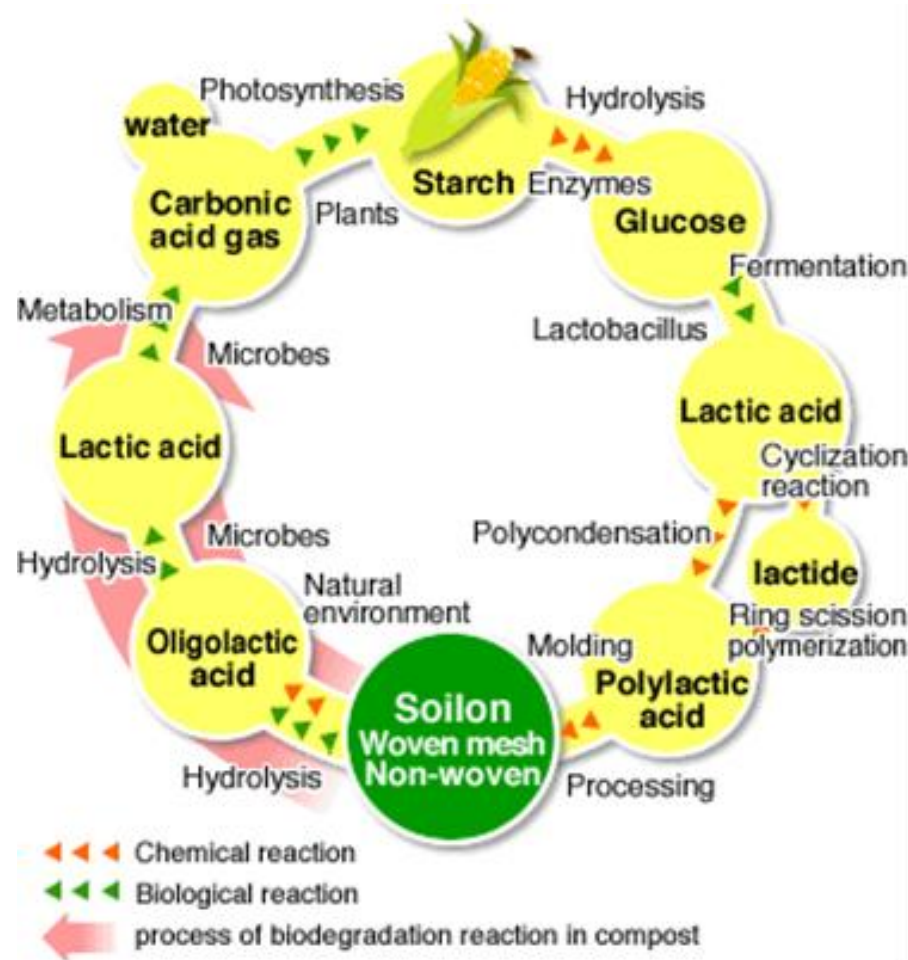
เส้นใยนี้สามารถทนต่อน้ำ และไม่ค่อยมีการคืบเท่าไร ดังนั้นจึงนำไปทำเคเบิลของไฟเบอร์ออปติก หรือแกนความร้อนของหลอดความร้อนในพรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นที่กั้นเลนของสระว่ายนํ้า ใช้เป็นแหวน หรือในพาราไทดิ่ง อุปกรณ์ป้องกันอันตรายสำหรับชุดทำงานของคนทำงานในที่เสี่ยงภัย ทำใบเรือ แคนนู เรือยอท์ และเรือต่างๆ

Vectran®
BREAKER

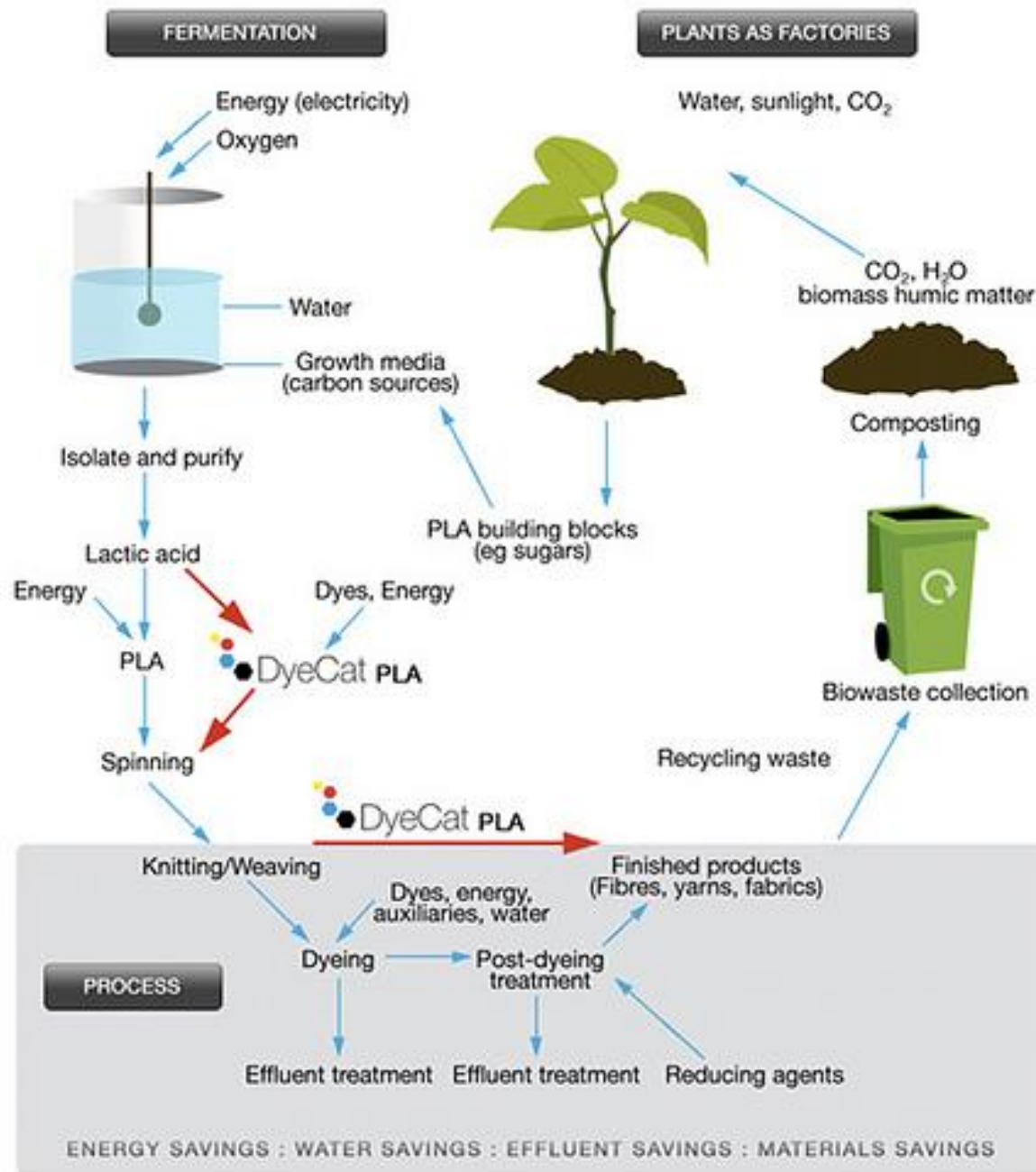


พอลิแลกติกแอซิด (Polylactic acid; PLA)

พอลิแลกติกแอซิด เป็นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ที่ผลิตเชิงพาณิชย์ในประเทศสหรัฐอเมริกา และในญี่ปุ่น



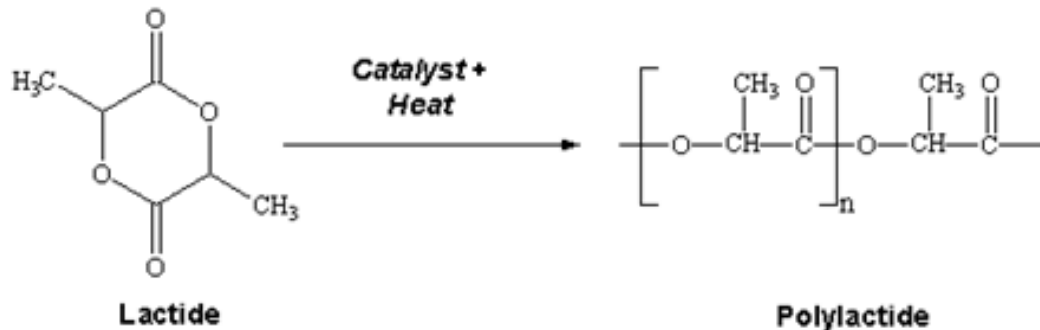
ภาพ แสดงวัฏจักรของการผลิตพอลิแลกติกแอซิด จนถึงการย่อยสลาย



การเพาะปลูกข้าวโพด และส่งข้าวโพดเข้าโรงงาน → ข้าวโพดถูกผ่านกระบวนการทำให้เป็นน้ำตาล → น้ำตาลถูกหมักด้วยแบคทีเรีย และเกิดเป็นแลกติกแอซิด → แลกติกแอซิดเปลี่ยนเป็นเทอร์โมพลาสติก

พอลิแลกติกแอซิดมีลักษณะเทอร์โมพลาสติก โครงสร้างคล้ายพอลิเอสเตอ์โซ่ยาว ได้มาจากแหล่งกำเนิดที่สามารถผลิตได้ทดแทน เช่น แป้งข้าวโพด (ในสหรัฐอเมริกา) หรือน้ำตาลจากอ้อย (การผลิตในโลก) ถึงแม้ว่าพอลิแลกติกแอซิดได้ถูกค้นพบมามากกว่า 10 ปีแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีบทบาทในฐานะพลาสติกที่ค่อนข้างใหม่ และเป็นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติ

การสังเคราะห์พอลิแลกติกแอซิด



ภาพ แสดงปฏิกิริยาการเปิดโซ่ของแลกไทด์ กลายเป็นพอลิแลกไทด์

การหมักด้วยแบคทีเรียจะนิยมใช้ในการผลิตแลกติกแอซิดจากแป้งข้าวโพด หรือน้ำตาลจากอ้อย อย่างไรก็ตามแลกติกแอซิดไม่สามารถจะพอลิเมอร์ไรซ์โดยตรง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้ เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์นั้นจะเกิดโมเลกุลของน้ำหนึ่ง โมเลกุล ทำให้เกิดการทำลายโซ่ของพอลิเมอร์ทำให้เกิดพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มากๆ แทน อย่างไรก็ตาม แลกติกแอซิดสามารถเกิดโพลิโกเมอร์ได้ ดังนั้นเมื่อกระตุ้นให้ เกิดไดเมอร์จะทำให้เกิดโซ่ปิดของมอนอเมอร์ของแลกไทด์ การเกิดไดเมอร์จะทำให้เกิดน้ำ ซึ่งสามารถแยกออกก่อนการพอลิเมอร์ไรซ์ได้ ดังนั้นจึงสามารถทำให้เกิดพอลิแลกติกได้ โดยปฏิกิริยาการเปิดโซ่ของแลกไทด์ กลายเป็นพอลิแลกไทด์ โดยใช้ตัวคะตะลิสต์ เช่น สแตนนัสออกโทเอต (Stannous Octoate) หรือ ทิน (II) คลอไรด์ เป็นต้น ซึ่งไม่ก่อให้เกิด น้ำเพิ่มเติม ดังนั้นจึงทำให้เกิดการพอลิเมอร์ไรซ์ได้น้ำหนักโมเลกุลมากขึ้น การพอลิเมอร์ ไรซ์ของการผสมระหว่าง L-แลกไทด์ และ D-แลกไทด์ ทำให้เกิดการสังเคราะห์ของ พอลิ- DL-แลกไทด์ (Poly-DL-lactide (PDLLA)) ซึ่งมักจะเป็นส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ การใช้คะ ตะลิสต์ที่เหมาะสม จะทำให้เกิด heterotactic PLA ทำให้เกิดส่วนที่เป็นระเบียบ อัตราส่วนการมีส่วนที่เป็นระเบียบ และทำให้เกิดสมบัติที่สำคัญๆ มากมาย โดยการ ควบคุมอัตราส่วนของ D และ L ที่ใช้

สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี

เนื่องจากสมบัติในธรรมชาติของแลกติกแอซิด มีอัตราการผสมระหว่าง poly-L-lactide (PLLA) เป็นผลมาจากการพอลิเมอไรส์ของ L,L-แลกไทด์ (หรือเรียกว่า L-แลกไทด์) PLLA มีส่วนที่เป็นระเบียบ ประมาณร้อยละ 37 โดยมีจุด Tg ระหว่าง 50-80 องศาเซลเซียส และจุดหลอมเหลว (Tm) ระหว่าง 173-178 องศาเซลเซียส

การนำเอาเส้นใย PLA มาใช้งานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ สามารถทำได้หลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานสิ่งทอเทคนิค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เป็นเสื้อผ้า และการใช้งานด้านสมรรถนะสูงๆ เช่น

- ดูดซึมความชื้นต่ำ และการซึมและส่งผ่านน้ำได้ดี ทำให้ใช้ในงานเสื้อผ้ากีฬา หรือเสื้อผ้าที่ต้องการสมรรถนะสูงๆ สวมใส่สบาย สบายตัว ไม่เหนียวตัว
- ติดไฟยาก และก่อให้เกิดควันน้อย
- ทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) ส่งผลทำให้ทนทานต่อการนำไปใช้ในสภาวะภายนอก และใช้กับเฟอร์นิเจอร์

- มีการดัดชนีการสะท้อนแสงต่ำ ทำให้เกิดสีที่ค่อนข้างดีเลิศ
- มีความถ่วงจำเพาะต่ำมาก ทำให้ PLA มีน้ำหนักเบากว่าเส้นใยชนิดอื่นๆ
- เส้นใยมานี้มาจากวัตถุดิบจากธรรมชาติ แต่สามารถนำมาหลอมละลาย-ปั่นหรือทำให้เป็นแผ่นฟิล์มทำให้สามารถขึ้นรูปได้หลายรูปแบบ (คล้ายเส้นใยสังเคราะห์)
- เส้นใยมีสมบัติเชิงกลที่คล้ายกับพอลิเมอร์ PETE แต่มีค่าต่ำกว่าเมื่อมี

อุณหภูมิมาเกี่ยวข้อง แบบต่อเนื่อง

- เส้นใยสามารถหลอมละลายของ PLLA สามารถเพิ่มขึ้นได้ 40-50 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสามารถเปลี่ยนแปลงจาก 60 ไปจนถึง 190 องศาเซลเซียสได้ ขึ้นกับการผสมพอลิเมอร์ด้วย PDLA (poly-D-lactide) PDLA และ PLLA เสถียรภาพของอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น เมื่อผสม 50:50

- PDLA จะถูกย่อยสลายตามธรรมชาติช้ากว่า PLA เนื่องจากมีส่วนที่เป็นระเบียบมากกว่า

- สามารถนำไปใช้เป็นชุดชั้นใน เสื้อผ้าที่สวมใส่แล้วทิ้ง ผ้าอนามัย และ
ผ้าอ้อมเด็ก

- อย่างไรก็ตาม PLA มักมีราคาแพงกว่าพลาสติกปกติที่อยู่ในท้องตลาด แต่
ราคา PLA น่าจะลดลงเมื่อมีการผลิตที่มากขึ้น แต่ขณะนี้มีการนำเอาข้าวโพดไปผลิต
เป็นไบโอเอทานอล (เชื้อเพลิง) ดังนั้นจำเป็นต้องเพิ่มการเพาะปลูกข้าวโพดให้มากขึ้น
ให้เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้

- PLA สามารถนำไปใช้ทำเป็นท่อแซนวิชในสหราชอาณาจักร หรือนำไปทำ
เป็นสารยึดติดกับเส้นใย ปานป่อในการสร้างบ้าน บางแห่งใช้ทำเป็นถ้วยสำหรับใส่
เครื่องดื่มเย็น หรือเครื่องดื่มร้อน หรือห่ออาหาร



