
สารพอลิเมอร์และการใช้ประโยชน์

- 4.1 สารพอลิเมอร์
- 4.2 ประเภทของสารพอลิเมอร์
- 4.3 คุณสมบัติทางกายภาพของสารพลาสติกพอลิเมอร์ การย่อยสลายและการนำกลับมาใช้ใหม่

บทนำ

สารพอลิเมอร์ คือ โมเลกุลขนาดใหญ่มากประกอบด้วยอะตอมเป็นจำนวนหลายร้อยหลายพันอะตอม นักเคมีได้สังเคราะห์สารพอลิเมอร์ขึ้นหลายชนิดพอลิเมอร์ธรรมชาติเป็นพื้นฐานของขบวนการแห่งชีวิตทั้งหมด ตัวอย่างในธรรมชาติที่เป็นพอลิเมอร์ ได้แก่ ยางธรรมชาติ แป้ง โปรตีน และกรดนิวคลีอิกและตัวอย่างที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นได้แก่ พอลิสไตรีน (polystyrene) พอลิเอทิลีน (polyethylene) พอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride) หรือที่รู้จักกันว่า พีวีซี (PVC) เป็นต้น

4.1 สารพอลิเมอร์

สารพอลิเมอร์ (polymer) หรือมาโครโมเลกุล (macromolecule) หมายถึงโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยของโมเลกุลซ้ำกันมาต่อกันมากมายเป็นสายโซ่ยาว กรรมวิธีที่หน่วยย่อยต่างๆ มาต่อกันเรียกว่าการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) สารพอลิเมอร์บางชนิดเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น เส้นใยธรรมชาติ แป้งและ

เซลลูโลส การแบ่งประเภทชนิดของพอลิเมอร์สามารถแบ่งตามกรรมวิธีการผลิต ได้แก่ วิธีการสังเคราะห์ชนิดของโมโนเมอร์ที่ใช้ และลักษณะโครงสร้างของโมเลกุลที่นำมาใช้งาน

Degree of polymerization (D.P) คือจำนวน repeating units ในสารพอลิเมอร์

น้ำหนักโมเลกุลพอลิเมอร์ทั้งหมด = น้ำหนักโมเลกุลต่อ 1 หน่วย x D.P

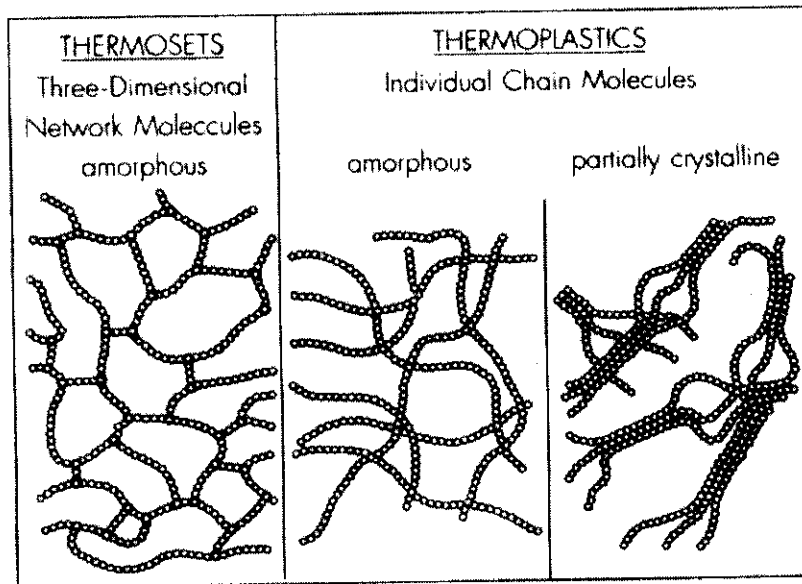
D.P = น้ำหนักโมเลกุลพอลิเมอร์ทั้งหมด / น้ำหนักโมเลกุลต่อ 1 หน่วย

ตัวอย่าง สารเซลลูโลส มีน้ำหนักโมเลกุลพอลิเมอร์ทั้งหมด = 486,000 และมีน้ำหนักโมเลกุลต่อ 1 หน่วย ($C_6H_{12}O_6 = 72 + 10 + 80$) = 162 ดังนั้นสารเซลลูโลส มี D.P = $486,000 / 162 = 3000$

ลักษณะสมบัติทางกายภาพของสารพอลิเมอร์

สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆคือ เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) และเทอร์โมเซตติงพลาสติก (thermosetting plastic)

1. เทอร์โมพลาสติก เป็นสารพอลิเมอร์ที่ละลายได้ในตัวทำละลายบางชนิดเมื่อถูกความร้อนสามารถหลอมตัวได้และจะแข็งตัวเมื่อเย็นลงจึงสามารถนำมาหลอมใหม่ได้หลายๆ ครั้งโดยคุณสมบัติทางเคมีไม่เปลี่ยนแปลง เทอร์โมพลาสติกโดยมากประกอบด้วยพวก long chain carbon atoms ที่เกิดพันธะโควาเลนต์เข้าด้วยกัน บางครั้งอาจมีธาตุไนโตรเจน ออกซิเจน หรือกำมะถันเข้าไปเกิดพันธะโควาเลนต์ในโมเลกุล และระหว่างโมเลกุลต่อโมเลกุลจะเกิดพันธะทุติยภูมิ (secondary bonds) กันอีกด้วย สารเหล่านี้ได้แก่พวกพอลิเอทิลีน (polyethylene) และพอลิอะคริลิกแอซิด (polyacrylic acid) พีวีซี (PVC) ดังรูป 4.1



รูปที่ 4.1 ความแตกต่างโครงสร้างโมเลกุลของเทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซตติงพลาสติก

2. เทอร์โมเซตติงพลาสติก พอลิเมอร์นี้จะมีรูปทรงถาวร เมื่อผ่านขบวนการผลิตโดยใช้ความร้อนหรือความดัน ผลผลิตที่ได้ไม่สามารถนำมาหลอมละลายได้อีกและไม่สามารถเปลี่ยนรูปร่างใหม่ได้ ถ้าให้ความร้อนมากๆ จะไหม้เกรียมและคุณสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนไปจากเดิม โดยมากเทอร์โมเซตติงพลาสติกประกอบด้วยคาร์บอนอะตอมที่เกิดพันธะโควาเลนต์เข้าด้วยกันเป็นโครงข่ายได้เป็นของแข็งบางครั้งในโครงข่ายนั้นจะมีอะตอมของธาตุไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน หรืออะตอมอื่นๆ เข้าไปเกิดพันธะโควาเลนต์ร่วมด้วย สารพวกนี้ได้แก่ อีพอกซีเรซิน (epoxy resin) ฟีนอลิกเรซิน (phenolic resin) ยูเรีย - ฟอรัมาลดีไฮด์เรซิน (urea - formaldehyde resin) เมลามีน - ฟอรัมาลดีไฮด์เรซิน (melamine formaldehyde resin) ดังรูป 4.1

ลักษณะการจัดตัวของสารพอลิเมอร์

สามารถแบ่งตามชนิดของการเกิด การจัดตัวของสารโมโนเมอร์และตามชนิดของโครงสร้างโมเลกุล

1. แบ่งตามชนิดการเกิดสารพอลิเมอร์ สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทดังนี้
พอลิเมอร์ธรรมชาติ เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น โปรตีน ไขมัน เซลลูโลสและยางธรรมชาติ

พอลิเมอร์สังเคราะห์ เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากการสังเคราะห์เพื่อใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น พลาสติก ไนลอน คาร์บอน และลูโซด์

2. แบ่งชนิดการจัดตัวของสารโมโนเมอร์

โฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymers) เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ชนิดเดียวกัน คือในสารโซ่โมเลกุลจะเป็น A-A-A-A-A เช่น แป้ง พอลิเอทิลีน หรือ PVC

โคพอลิเมอร์ (Copolymers) เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เช่น โปรตีน พอลิเอสเทอร์ กรณีของโคพอลิเมอร์ที่มาจากโมโนเมอร์ 2 ชนิด สามารถแบ่งได้ตามลักษณะการจัดเรียงตัวของโมโนเมอร์ คือ

โคพอลิเมอร์แบบสลับ (Alternating copolymers) ในสารโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ประกอบด้วยโมโนเมอร์ A และโมโนเมอร์ B เรียงสลับกันไปอย่างมีระเบียบ คือ



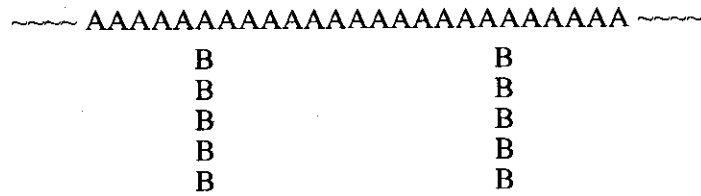
โคพอลิเมอร์แบบสุ่ม (Random copolymers) ในสารโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์ประกอบด้วยโมโนเมอร์ A และโมโนเมอร์ B ปะปนกันอย่างไม่มีระเบียบ คือ



โคพอลิเมอร์แบบบล็อก (Block copolymers) ในสารโซ่โมเลกุลพอลิเมอร์ ประกอบด้วยโมโนเมอร์ A และโมโนเมอร์ B ซึ่งแต่ละโมโนเมอร์ทั้ง 2 ชนิดพบว่า อยู่กันเป็นกลุ่มๆในสารโซ่พอลิเมอร์ คือ



โคพอลิเมอร์แบบกราฟท์ (Graft copolymers) ในสารโซ่โมเลกุลพอลิเมอร์ ประกอบด้วยโมโนเมอร์ A และโมโนเมอร์ B ซึ่งอาจจะมีสายโซ่พอลิเมอร์ A เป็นหลักและมีสายโซ่พอลิเมอร์ B แยกเป็นกิ่งออกไป คือ

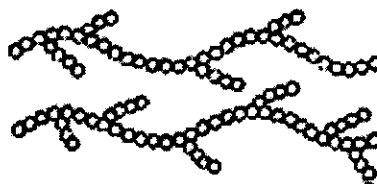


3. แบ่งตามชนิดของโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

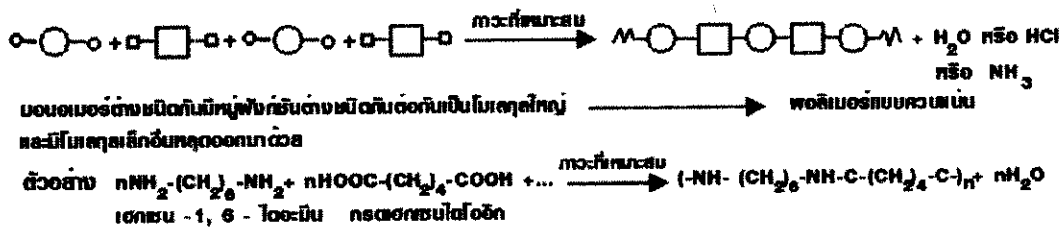
พอลิเมอร์แบบเส้น (Linear polymers) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากโมโนเมอร์ สร้างพันธะต่อกันเป็นสายยาวไม่มีกิ่งหรือสาขาแยกออกไป มีลักษณะดังนี้



พอลิเมอร์แบบกิ่ง (Branched polymers) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากโมโนเมอร์ยึดกันแตกกิ่งก้านสาขาแยกออกไปจากพอลิเมอร์ของโซ่หลัก มีลักษณะดังนี้



ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ชนิดควบแน่น (Condensation polymer) เป็นวิธีการที่จะสังเคราะห์สารพอลิเมอร์ขึ้นโดยการควบแน่น วิธีนี้จะทำให้โมโนเมอร์แต่ละโมเลกุลที่มีหมู่ฟังก์ชันอย่างน้อย 2 หมู่มาทำปฏิกิริยาควบแน่นกัน พร้อมกับมีการกำจัดโมเลกุลขนาดเล็กออกมาซึ่งได้แก่ น้ำ แอมโมเนียหรือกรดเกลือ ตัวอย่างสารพอลิเมอร์ชนิดนี้ได้แก่ พอลีเอสเตอร์ (polyester) พอลิยูรีเทน (polyurethane) และพอลิอะไมด์ (polyamide)



4.2 ประเภทของสารพอลิเมอร์

ประเภทของสารพอลิเมอร์สามารถแบ่งประเภทออกได้เป็น 3 ชนิด

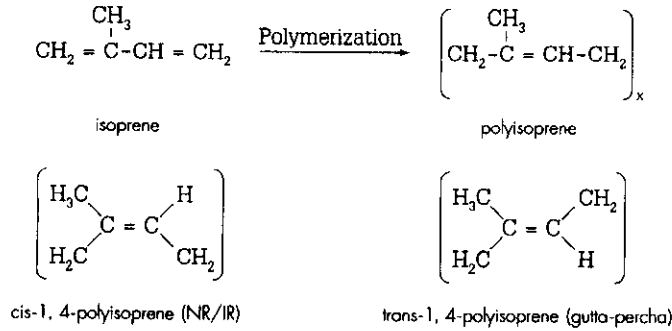
1. ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์
2. สารพลาสติก
3. เส้นใยสังเคราะห์

ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์

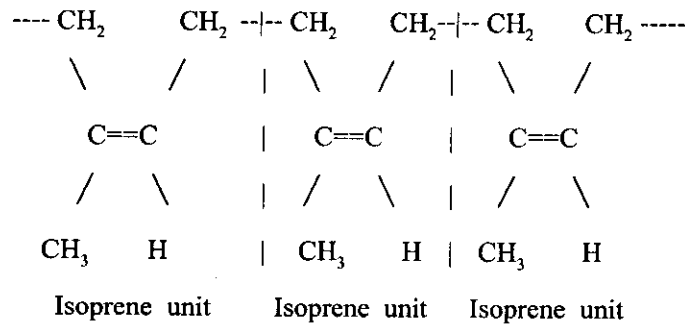
1. **ยางธรรมชาติ** เป็นสารพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งซึ่งได้มาจากต้นไม้ น้ำยางธรรมชาติจะมีลักษณะเป็นสีขาวเหมือนน้ำมันและมีเนื้อยางประมาณ 25 - 40 % มีความหนืด 12 - 15 centipois มีความเป็นกรด - ด่าง pH ที่ 6.5 - 7.0 มีความหนาแน่นประมาณ 0.975 - 0.980 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เรียกสภาพนี้ว่าน้ำยาง ถ้าใส่กรดฟอร์มิก 2 % w/v ในอัตราส่วน 0.4 - 0.6 % ลงไปน้ำยางจะรวมตัวกันเป็นก้อนและมีเนื้อยางประมาณ 90.95 % นอกนั้นเป็นสารมลทินได้แก่ กรดอินทรีย์และน้ำตาล สาร

62 ♦ สารพอลิเมอร์และการใช้ประโยชน์

โมโนเมอร์ของยางธรรมชาติมีชื่อว่าไอโซพรีน (isoprene) มีได้ 2 รูปแบบคือ แบบ cis และ trans ดังรูป

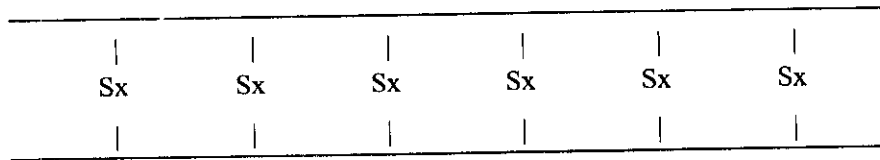


พอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ เกิดจากโมเลกุลของไอโซพรีนหลาย ๆ โมเลกุลมาต่อกันเป็นสายพอลิเมอร์



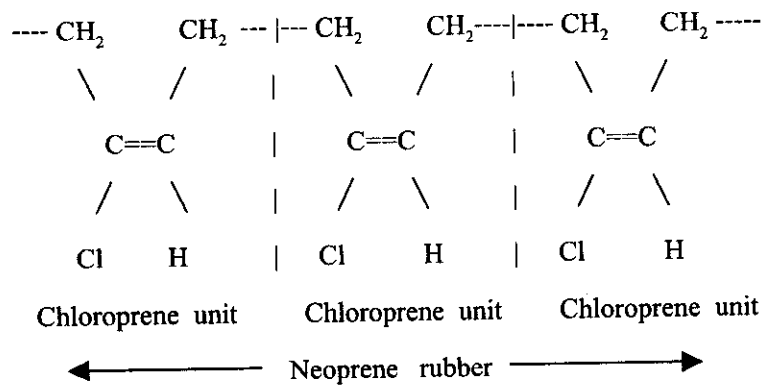
ขบวนการผลิตยางธรรมชาติที่ได้จากการกรีดยางพาราซึ่งจะได้น้ำยางที่เรียกว่า latex ตามปกติถ้าปล่อยให้ทิ้งไว้ตามธรรมชาติ เซลล์แบคทีเรียที่อยู่ในน้ำยางที่ทำปฏิกิริยาย่อยสารพวกแป้ง น้ำตาลและองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีอยู่ในน้ำยาง ผลสุดท้ายจะเกิดกรดแอสติก (acetic acid) หรือกรดน้ำส้มในน้ำยางขึ้น วิธีการที่จะยับยั้งไม่ให้แบคทีเรียเจริญเติบโตในน้ำยางคือจะเติมสารแอมโมเนีย (NH₃) ลงในน้ำยาง สารแอมโมเนียจะไปเพิ่มค่า pH ประมาณ 9 – 10 ซึ่งเป็นสภาพเบสที่แบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ส่วนกรดน้ำส้มซึ่งอาจมีอยู่ก็จะกลายสภาพที่เป็นกลาง

ปกติยางธรรมชาติใช้ประโยชน์ได้น้อย เนื่องจากมีคุณสมบัติไม่ดีคือ จะเกิดความเหนียวเมื่ออากาศร้อนและจะเปราะแตกง่ายเมื่ออากาศเย็นลง ต่อมาได้มีการนำเอายางธรรมชาติมาปรับปรุงให้ใช้งานได้ดีขึ้น โดยนำเอายางธรรมชาติมาผสมกับกำมะถันซึ่งเรียกขบวนการนี้ว่า การเกิดวคาไนเซชัน (vulcanization) จะได้สายโซ่ของพอลิเมอร์ที่ยาว การเชื่อมโยง (crosslink) ด้วยกำมะถันทำให้ยางมีประโยชน์ในการใช้งานได้มากขึ้น



Vulcanization rubber Sx = จำนวนกำมะถันที่เชื่อมโยงในสาย

ในบางครั้งอาจต้องผสมสารเคมีบางชนิดที่ทำให้คุณภาพของยางมีประสิทธิภาพการใช้งานดีขึ้น จึงมีการใส่สารเคมีหลายประเภทตามหน้าที่ของสารแต่ละตัวดังตารางที่ 4.1 ต่อมาในปี ค.ศ. 1932 นักวิทยาศาสตร์ได้สังเคราะห์ยางขึ้นมาให้เหมือนกับยางธรรมชาติที่มีความทนทานต่อทุกสภาวะอากาศและความทนต่อน้ำมัน ยางที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ชื่อว่านีโอพรีน (neoprene) โมโนเมอร์ของนีโอพรีนคือคลอโรพรีน (chloroprene)

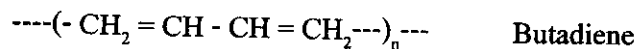


สารนีโอพรีนมีคุณสมบัติดีกว่ายางไอโซพรีนคือ มีความยืดหยุ่น ทนต่อน้ำมัน ทนแดด และมีความเหนียว

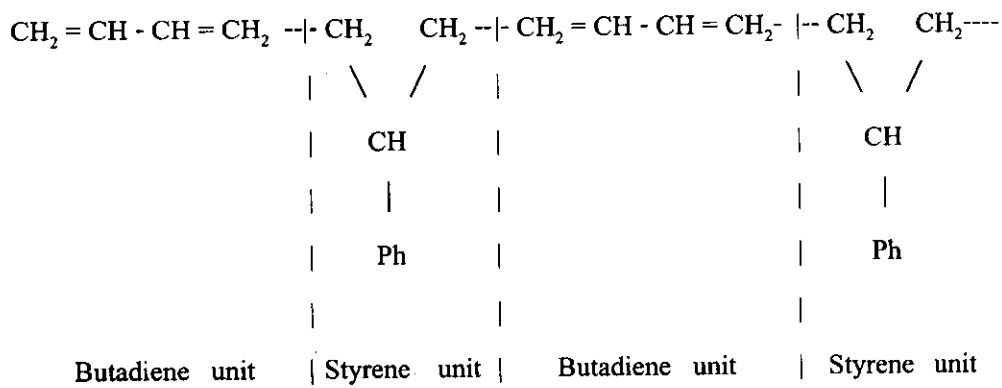
ตารางที่ 4.1 ประเภทสารเคมีที่ใช้ในการผลิตยางและหน้าที่ต่าง ๆ

ประเภทของสาร	หน้าที่	ตัวอย่าง
กำมะถัน	วัลคาไนซ์ยาง	Dicymyl peroxide (DCP)
ออกไซด์โลหะ	วัลคาไนซ์ยาง	ZnO, MgO
สารตัวเร่ง (Accelerator)	ช่วยให้ยางวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถันได้เร็วขึ้น	Marcaptobanzothiazole Diethyldithiocarbamate (ZDEC)
สารกระตุ้นตัวเร่ง (Activator)	ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสารตัวเร่ง	Diphenyl guanidine (DPG) Stearic acid, Zinc oxide ใช้ร่วมกัน
สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant)	ช่วยลดการเสื่อมสภาพของยางเนื่องจากออกซิเดชัน	Phenyl-β-naphthylamine- Substituted phenols
สารต้านโอโซน (Antiozonants)	ช่วยลดการเสื่อมสภาพของยางเนื่องจากโอโซน	Substituted p-phenylenediamines
สารเติมแต่ง (Additive)	เสริมความแข็งแรงความทนต่อการฉีกขาดการสึกกร่อนของยาง	Carbon black Silica high-styrene resin
สารเพิ่มเนื้อ (Fillers)	เพิ่มเนื้อผลิตภัณฑ์เพื่อลดต้นทุนการผลิต	CaCO ₃ Clay เขม่าดำ ซิลิกา
สารช่วยการแปรรูป	ช่วยให้ยางแปรรูปง่ายขึ้น เช่น ลดความหนืด ช่วยการไหล	Paraffin/aromatic oils Stearic acid Zinc stearate Factice
อื่น ๆ	สารที่ให้สี สารลดการติดไฟ	TiO ₂ pigments Antimony trioxide

2. ยางสังเคราะห์ เกิดจากกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันให้โมเลกุลใหญ่ โมโนเมอร์ที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตยางสังเคราะห์ส่วนใหญ่ผลิตจากปิโตรเลียม เช่น ยางบิวตาไดอีน (Butadiene) เกิดจากสาร โมโนเมอร์ของสารบิวตาไดอีนมาต่อกันหลายโมเลกุล



ยางเอสบิอาร์ (Styrene butadiene rubber, SBR) ยางเอสบิอาร์ เกิดจากการผสมของ styrene 25 % และ butadiene 75 % สารพอลิเมอร์ชนิดนี้มี ประโยชน์มาก ยืดหยุ่นและทนต่อการแตกสลายได้ดี ยางชนิดนี้ส่วนใหญ่ใช้ทำอุปกรณ์ กีฬาและผสมทำยางรถยนต์



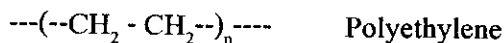
ยางไนไตรล์บิวตาไดอีน (Nitrile butadiene rubber, NBR) เป็นสาร ประกอบของไนไตรล์และบิวตาไดอีนมาผสมกัน ยางชนิดนี้มีคุณสมบัติในการทนต่อ น้ำมัน

สารพลาสติก

สารพลาสติกเป็นสารพอลิเมอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเกิดจากโมโนเมอร์ตั้งแต่ 2 โมโนเมอร์มาทำปฏิกิริยากันแบบพอลิเมอร์ไรเซชัน สารพลาสติกพอลิเมอร์สามารถแบ่ง ออกได้เป็น 2 ชนิดได้แก่ คือ เทอร์โมพลาสติก และเทอร์โมเซตติงพลาสติก

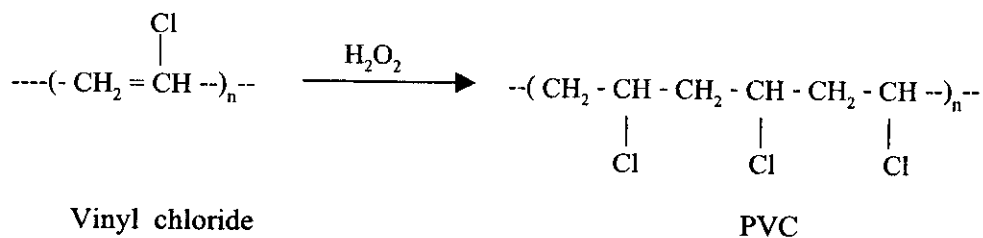
ประเภทของสารเทอร์โมพลาสติก มีดังนี้

1. พอลิเอทิลีน (Polyethylene , PE) เป็นผลพลอยได้ (by-product) ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ประโยชน์ของสารพอลิเอทิลีนมีมากมาย เช่น ทำถุงพลาสติกหรือทำตุ๊กตา ใช้เป็นส่วนประกอบของรถยนต์และฉนวนกันความร้อน



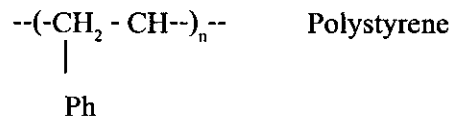
สารพอลิเอทิลีนที่ผลิตได้มี 2 รูปแบบคือ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (high density polyethylene , HDPE) และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene , LDPE)

2. พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride , PVC) สารพอลิไวนิลคลอไรด์หรือสารพีวีซี ซึ่งสามารถสังเคราะห์จากสารโมโนเมอร์ของสารไวนิลคลอไรด์ (vinyl chloride)



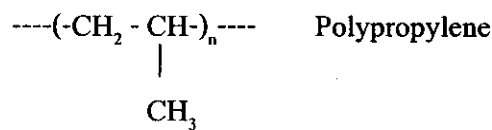
สารพีวีซีจะมีสภาพแข็งเปราะและไม่ยืดหยุ่น สมบัติเช่นนี้ใช้ทำท่อน้ำ มีน้ำหนักเบา ทนต่อสารเคมี ทำหนังสือพิมพ์ ฉนวนหุ้มไฟฟ้า ขวดน้ำ รองเท้า อุปกรณ์ทางการแพทย์ และแผ่นเสียง ความเปราะของสารพีวีซีจะลดลงได้โดยการเติมสารประเภทเอสเทอร์ลงไป สารพอลิเมอร์ชนิดนี้ไม่ควรจะนำมาบรรจุอาหารหรือทำขวดพลาสติก เพราะอาจมีสารพลาสติกไซเซอร์ (plastiziser) เช่น ลีหรือสารหล่อลื่นปนออกมา ถ้านำมาเผากับสังกะสีจะเกิดดีคลอริเนต (dechlorinate) คือเกิดการขจัดสารคลอรีนออกได้

3. พอลีสไตรีน (Polystyrene, PS) สารพอลีสไตรีนเตรียมได้จากการนำสารเบนซีนมาทำปฏิกิริยากับ 3 โมเลกุลของเอทิลีนจะได้สไตรีน หลังจากนั้นจะเกิดพอลิเมอร์โซ่เป็นสารพอลีสไตรีน

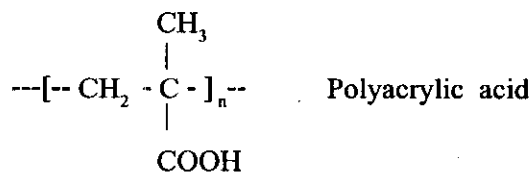


สารพอลีสไตรีนมีความทนต่อกรดและเบส ใช้เป็นฉนวนในส่วนประกอบของตู้เย็นเป็นสารไม่นำไฟฟ้าและใช้ในงานขึ้นรูปโดยการฉีดได้ง่าย

3. พอลีพอฟีน (Polypropylene, PP) คุณสมบัติใช้ทำแผ่นฟิล์มสำหรับหุ้มภาชนะ ถูพลาสติกใส่ของร้อน เชือกพอลาสติก ก่องเบตเตอร์ ถังขยะและชิ้นส่วนของตู้เย็น

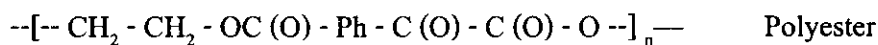


5. พอลีอะคริลิกแอซิด (Polyacrylic acid) เป็นสารพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นสายโซ่ตรง ชื่อทางการค้าว่า Plexiglass, lucite หรือ polyglass มีลักษณะใส ทนต่อกรดและเบส ประโยชน์ใช้ทำเลนส์ โคมไฟ แวนตาและที่ใช้มากที่สุดคือในรถยนต์โดยใช้ทำไฟข้างหน้า ไฟท้าย ไฟเลี้ยวรวมทั้งพวงมาลัย ป้ายโฆษณา ฟันปลอมและหน้าต่างบนเครื่องบิน

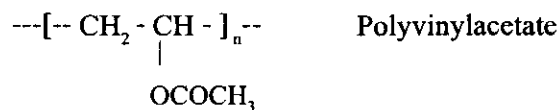


6. พอลิอะไมด์ (Polyamide) ได้แก่สาร Nylon 6, Nylon 6-6, Nylon 6-10, Nylon 7, Nylon 11 และ Nylon 12 สารพวก Nylon 6 และ Nylon 6-6 ดูดน้ำได้ดีจึงใช้ทำพวกถุงเท้า เสื้อกั๊กและเสื้อกีฬา ส่วนพวก Nylon 6, 11, 12 ยึดหยุ่นดี ไม่ดูดน้ำจึงนำไปทำขนแปรงสีฟันและเอ็นตราข่ายเบตบินตัน

7. พอลิเอสเทอร์ (Polyester) มีชื่อทางการค้าคือ polyacetal หรือ polyoxymethylene และ polyglycol เป็นสารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว ใช้ทำเทปบันทึกเสียง ทำเส้นใยเสื้อผ้าที่ทรงดีไม่ค่อยยับแต่ต้องผสมฝ้ายจากธรรมชาติลงไปเพราะมันกระด้างเกินไป



8. พอลิไวนิลอะซิเตท (Polyvinylacetate) เตรียมได้จากอะเซตธีลีนทำปฏิกิริยากับกรดน้ำส้ม (acetic acid) ประโยชน์ใช้ทำกระจกนิรภัย ทนทานต่อจารบีและน้ำมัน นิยมใช้ทำกาวลาเท็กซ์ ทำฟิล์มเคลือบผิววัสดุ เคลือบพื้นและทำสีน้ำ



ประเภทของสารเทอร์โมเซต มีดังนี้

1. อีพอกซีเรซิน (Epoxy resin) เตรียมได้จากการนำเอาสารฟีนอลมาทำปฏิกิริยากับสารละลายอะซิโตน สารเรซินพวกนี้จะมีคุณสมบัติเหนียวใช้ฉีครอยรั้วต่าง ๆ ได้ดี ถ้านำเอาสารอีพอกซีเรซินมารวมกับใยแก้ว (fiber glass) จะทำให้มีลักษณะแข็งขึ้น

2. ยูเรีย - ฟอรัมาลดีไฮด์เรซิน (Urea - formaldehyde resin) ลักษณะโครงสร้างเป็นร่างแหจึงมีคุณสมบัติที่แข็ง ไม่หลอมละลายง่าย มีลักษณะใสและทนต่อสารอินทรีย์ดีมาก ไม่ทนต่อกรดและเบส แต่ทนต่อแรงดึง แรงกระแทก ดูดซึมน้ำได้เล็กน้อยและเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี

3. เมลามีน - ฟอรัมาลดีไฮด์เรซิน (Melamine - formaldehyde resin) มีลักษณะแข็งแรงมาก ไม่หลอมละลาย มีผิวหน้าที่แข็งทนต่อการขีดข่วนและทนต่อการเกาะของคราบน้ำจากกาแฟได้ดี ดังนั้นจึงนิยมนำมาทำภาชนะพวกจานชามต่าง ๆ

3. พอลิยูรีเทน (Polyurethane) นิยมใช้ทำโฟมชนิดยืดหยุ่นและโฟมชนิดแข็ง จึงใช้เป็นฉนวนในกระติกน้ำแข็งหรือผนังตู้เย็น ทำส่วนประกอบของเรือเพื่อให้การลอยตัวดีขึ้นและทำน้ำยาเคลือบผิววัสดุป้องกันรอยขีดข่วนได้ดี

เส้นใยสังเคราะห์

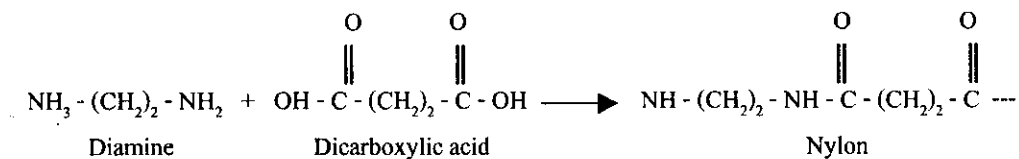
มนุษย์ได้รับเส้นใยธรรมชาติจากไหม ขนสัตว์หรือฝ้าย ต่อมาได้มีการค้นคิดเส้นใยสังเคราะห์ขึ้นมาจากสารอินทรีย์ 2 ชนิดได้แก่ อะมีนกับกรดคาร์บอกซิลิก จากนั้นมนุษย์ได้สังเคราะห์เรยอน (rayon) จากการนำเอาเซลลูโลสมาทำปฏิกิริยากับกรดแอซิติคในกรดซัลฟิวริกจะได้เส้นใยที่เรียกว่า เรยอนอะซีเตท (rayon acetate) มนุษย์ได้ใช้ลักษณะของเส้นใยสังเคราะห์มาใช้เป็นประโยชน์ดังนี้

1. เรยอน (Rayon) มนุษย์ได้มีการปรับปรุงเส้นใยเรยอนให้มีประสิทธิภาพการใช้งานให้ดีขึ้น โดยการนำเอาเซลลูโลสมาทำปฏิกิริยากับคาร์บอนซัลไฟด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (CS + NaOH) จะได้น้ำยาที่เหนียวซึ่งเรียกว่าวิโคส (vicose) หลังจากนั้นผ่านน้ำยาเข้มข้นไปยังกรดซัลฟิวริกจะได้สารเรยอนที่เส้นเล็ก คุณสมบัติของเส้นใยเรยอนคือใช้ทำผ้าตัดเสื้อ

2. ออลอนและอะไครแลน (Orlon and Acrilan) ออลอนเป็นชื่อทางการค้าของเส้นใยสังเคราะห์ ส่วนชื่อทางเคมีคือพอลิอะไครโลไนไตรล์ (polyacrylonitrile) ซึ่งโครงสร้างคล้ายกับไวนิลคลอไรด์ยกเว้นหมู่คลอไรด์ (-Cl) ถูกแทนที่ด้วยหมู่นไนไตรล์ ($-C \equiv N$) ประโยชน์ของสารชนิดนี้คือใช้ทำเสื้อสเวตเตอร์ ผ้าห่มและพรม

3. แดครอนและเทอรีลีน (Decron and Terylen) เป็นชื่อทางการค้า ส่วนทางเคมีคือ พอลิเอสเตอร์ ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของกรดเทอเร็ฟทาลิก (terephthalic acid) และสารไกลคอล (glycol) ดังนั้นใยชนิดนี้จึงมีคุณสมบัติทนต่อรอยขีดข่วน ทำให้เสื้อผ้าไม่ยับและรีดง่าย

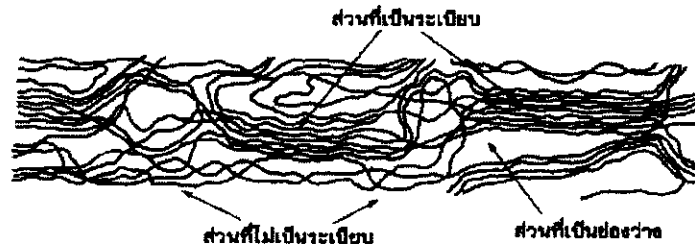
4. ไนลอน (Nylon) สารไนลอนเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนามาจากการสังเคราะห์ยาง องค์กรประกอบพื้นฐานของไนลอนเกิดจากสารอินทรีย์ 2 ชนิดมาทำปฏิกิริยากัน คือสารไดเอมีน (diamine) ทำปฏิกิริยากับกรดไดคาร์บอกซิลิก (dicarboxylic acid) เมื่อสาร 2 สารทำปฏิกิริยากัน จะเกิดการเชื่อมพันธะเหมือนกับพันธะเปปไทด์ของโปรตีน



ส่วนสารไนลอน 66 เกิดจาก hexamethylenediamine ทำปฏิกิริยากับ adipic acid ประโยชน์ของไนลอนสามารถใช้แทนผ้าไหม ทำเสื้อผ้า ใช้ทำพรม หวีแปรงผมและเครื่องใช้สุขภัณฑ์ต่าง ๆ

ลักษณะการจัดเรียงตัวภายในเส้นใย

1. บริเวณที่เป็นส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (Amorphous regions) เป็นบริเวณที่สามารถรับน้ำและความชื้น ดังนั้นจะเป็นบริเวณที่ยอมให้สีย้อมเข้าไปได้ แต่จะเป็นส่วนที่ไม่แข็งแรง
 2. บริเวณที่เป็นส่วนที่เป็นระเบียบ (Crystalline regions) เป็นบริเวณที่ไม่สามารถรับน้ำ และความชื้น เป็นส่วนที่แข็งแรงของเส้นใยเนื่องจากโซ่โมเลกุลเรียงตัวเป็นระเบียบ
 3. การจัดเรียงตัวของส่วนที่เป็นระเบียบตามแนวแกนเส้นใย (Orientation) เป็นบริเวณที่มีส่วนที่เป็นระเบียบเรียงตัวตามแนวแกนของเส้นใย ทำให้เพิ่มความแข็งแรงในด้านการทนแรงดึงตามแนวแกนเส้นใยได้
- ภาพแสดงลักษณะส่วนที่เป็นระเบียบ (ที่จัดเรียงตัวตามแนวแกนของเส้นใย) ส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ และส่วนที่เป็นช่องว่าง



4.3 คุณสมบัติทางกายภาพของสารพลาสติกพอลิเมอร์

การย่อยสลายและการนำกลับมาใช้ใหม่

อิทธิพลของการเชื่อมโยง คือ สายสารพอลิเมอร์จะมีการเชื่อมโยงซึ่งกันและกันระหว่างโมเลกุล ถ้าการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของสารพอลิเมอร์นั้นไม่มากพอจะทำให้โมเลกุลของตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าไปในโมเลกุลของสารพอลิเมอร์เหล่านั้น ซึ่งทำให้เกิดสภาพการพองตัวที่เรียกว่าวุ้น กรณีนี้สารพอลิเมอร์ต้องมีแรงดึงระหว่าง

สายโซ่โมเลกุลสูง แต่ถ้าแรงกระทำระหว่างตัวทำลายกับสารพอลิเมอร์มากกว่าแรงดึงดูดระหว่างสายโซ่โมเลกุลในสารพอลิเมอร์กันเอง จะทำให้สารพอลิเมอร์นั้นละลายในตัวทำลาย ซึ่งความสามารถในการละลายของสารพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับขนาดและน้ำหนักโมเลกุลของสารพอลิเมอร์

การย่อยสลายสารพอลิเมอร์

การย่อยสลายสารพอลิเมอร์ เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในลักษณะที่มีการแตกออกของโครงสร้างหลังจากที่นำพอลิเมอร์นั้นไปใช้แล้ว การย่อยสลายในพอลิเมอร์สามารถแบ่งออกเป็น การย่อยสลายโดยใช้พลังงานความร้อน พลังงานกลและพลังงานจากรังสี

การย่อยสลายโดยใช้พลังงานความร้อน พอลิเมอร์ที่ใช้งานกับอุณหภูมิสูงๆ จะเกิดการย่อยสลายโดยสายโซ่โมเลกุลจะแตกออกหรือฉีกขาด ทำให้น้ำหนักโมเลกุลลดลง

การย่อยสลายโดยใช้พลังงานกล พอลิเมอร์ที่มีสายโซ่ยาวๆ บางครั้งเมื่อได้รับแรงกระทำภายนอกอาจทำให้เกิดการย่อยสลายได้ ซึ่งเป็นผลให้น้ำหนักโมเลกุลลดลง

การย่อยสลายโดยพลังงานจากรังสี พอลิเมอร์ที่นำไปใช้งานส่วนมากจะต้องถูกแสงเกือบทั้งสิ้น พลังงานรังสีเพียงพอที่จะสลายพันธะระหว่างคาร์บอนแล้วเกิดแรดคัลคิล (radical) ขึ้น ทำให้ผิวเปราะและแตกกระแหงในที่สุดก็จะหลุดเป็นผง

การนำสารพอลิเมอร์กลับมาใช้ใหม่

พอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติกโดยมากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ แต่พอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมเซตสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในรูปของสารเติม (fillers) ในวัสดุอื่นๆเท่านั้น ทั้งนี้หลักสำคัญในการนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อให้เกิดประสิทธิผลประกอบด้วยขั้นตอนการเก็บวัสดุที่ใช้แล้ว การแยกสิ่งเจือปน ออกได้ง่าย และการทำให้เกิดตลาดเพื่อให้วัสดุผ่านกระบวนการหรือนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้พลาสติกที่นำกลับมา

ใช้ใหม่ จะต้องมียุทธศาสตร์ แสดงชนิดของพลาสติกที่ใช้ โดยทำเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีลูกศรอยู่สามด้าน (three sided triangular arrow) เพื่อแยกพลาสติกที่แตกต่างออกจากกันมีตัวเลขอยู่ตรงกลางและมีตัวอักษรอยู่ข้างใต้ เพื่อแสดงเรซินที่ใช้ทำภาชนะนั้นดังแสดงในตาราง

รหัส	เรซิน	การนำไปใช้
1	PETE (polyethylene terephthalate)	ภาชนะสำหรับใส่เครื่องดื่ม ภาชนะสำหรับใส่อาหารร้อน เป็นต้น
2	HDPE (high density polyethylene)	ขวดใส่นม ขวดใส่น้ำยาซักผ้า ขวดใส่น้ำมัน ของเด็กเล่น และ ถูพลาสติก เป็นต้น
3	V (Vinyls)	ภาชนะห่ออาหาร และขวดใส่น้ำมันพืช เป็นต้น
4	LDPE (low density polyethylene)	ภาชนะห่ออาหารที่บิดตัวได้ ถูพลาสติก และ ถูใส่เสื้อผ้า เป็นต้น
5	PP (polypropylene)	ภาชนะสำหรับใส่เนยเทียมและโยเกิร์ต ถูใส่ของชำ, หมวก เสื้อที่ทำด้วยเส้นใย และภาชนะห่ออาหาร เป็นต้น
6	PS (polystyrene)	เครื่องใช้พลาสติก ไม้แขวนเสื้อ ถ้วยและจานโฟม เป็นต้น
7	อื่นๆ	พอลิเมอร์ผสมและพอลิเมอร์อื่นๆ เช่น PC, ABS เป็นต้น

ส่วนพลาสติกเป็นประเภทเทอร์โมเซต ไม่สามารถนำกลับมาหลอมใหม่ได้ แต่สามารถนำมาเป็นสารเติมทำให้สมบัติของพลาสติกผสมดีขึ้น โดยทั่วไปเมื่อพลาสติกที่นำมาผสมมีมากชนิดสมบัติที่ได้จึงแตกต่างกัน พลาสติกมีทั้งประเภทที่มีขี้ (เช่น ขวด PET เป็นต้น) และไม่มีขี้ (เช่น HDPE เป็นต้น) จึงไม่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ จำเป็นต้องเติมสารช่วยผสมลงไปเพื่อให้ผสมกันดีขึ้น

สารพอลิเมอร์ส่วนใหญ่จะใส่สารเติมแต่งประเภทสตาบิไลเซอร์ (Stabiliser) ลงไปเพื่อป้องกันการเสื่อมสลายของวัสดุพอลิเมอร์เมื่ออยู่ภายใต้ความร้อน รังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) และอากาศ การเสื่อมเหล่านี้สังเกตจากการเปลี่ยนสี สมบัติทางเชิงกลลดลง การเกิดรอยร้าวที่ผิววัสดุเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างของสารสตาบิไลเซอร์ได้แก่ สีผงซึ่งเป็นสารอินทรีย์ของโลหะออกไซด์และเกลือของโลหะเป็นหลัก จะมีความทึบแสงที่สุด ทนต่อความร้อนและแสงแดด เช่น ไทตาเนียมออกไซด์ (titanium oxide , TiO_2) iron oxide เพื่อให้สีเหลือง สีน้ำตาลและสีแดง หรือสารคาร์บอนแบล็ค (carbon black) ซึ่งเป็นตัวดูดซับการแผ่รังสีของอัลตราไวโอเลตสำหรับผลิตชิ้นงานที่ต้องการมีสีดำ