บทที่ 9
เซรามิกส์

Ceramics

1302 212 Engineering materials

Assistant Professor Sukangkana Lee

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สามารถอธิบายคุณสมบัติของเซรามิกส์
2. สามารถอธิบายโครงสร้างอย่างง่ายของเซรามิกส์ได้
3. สามารถอธิบายถึงชนิดของเซรามิกส์ และการใช้งานของเซรามิกส์แต่ละชนิด
4. ตะหนักถึงความสำคัญของวัสดุเซรามิกส์ ในงานทางด้านวิศวกรรม

Ceramics

Ceramic มาจากภาษากรีกโบราณ **Keramos** แปลว่า เครื่องปั้นดินเผา แต่ปัจจุบัน นำมาใช้เรียกวัสดุอนินทรีย์ ที่มีโครงสร้างประกอบไปด้วยอะตอมของธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะ ที่มีพันธะ ionic และ/หรือ covalent ร่วมกัน

สารประกอบเซรามิกส์มักเกิดพันธะ ionic หรือ covalent หรือ ผสมระหว่าง ionic และ covalent เช่น

Materials	Bonding
SiC	Covalent
Si_3N_4	Covalent
NaCl	Ionic
MgO	Ionic
Al_2O_3	Covalent-Ionic
SiO_2 (quartz)	Covalent-Ionic

ตัวอย่าง Al_2O_3 เป็นการรวมตัวกันของอิออน กลายเป็นของแข็งไอออนิก ทำให้พลังงานของอะตอมต่ำลง และประจุเป็นกลาง

- อะตอมที่ จ่ายอิเลกตรอน จะเป็น ขั้วบวก ส่วนมากจะเป็นโลหะ
- อะตอมที่ รับอิเลกตรอน จะเป็น ขั้วลบ ส่วนมากจะเป็นอโลหะ

สูตรทางเคมีจึงเป็นอัตราส่วนของประจุ เช่น Al^{3+}จับกับ O ซึ่งแต่ละตัวจะมีประจุ O^{2-} รวมเป็น Al_2O_3

คุณสมบัติทั่วไปของ Ceramics

1. แข็งแต่เปราะ
2. มีความต้านทานต่อแรงกดดี แต่ความต้านทานแรงดึงต่ำ
3. มีค่าความยืดหยุ่น และ Toughness ต่ำ
4. บางชนิดมีความแข็งแรงสูงทั้งที่อุณหภูมิต่ำและสูง

คุณสมบัติทั่วไปของ Ceramics

5. เป็นฉนวนไฟฟ้า(Dielectric) และฉนวนความร้อน เพราะไม่มี e^- เป็นตัวนำ เหมาะสำหรับเป็นตัวเก็บประจุ
6. จุดหลอมเหลวสูง
7. ทนการกัดกร่อนจากสารเคมีได้ดี เพราะมีพันธะเคมีแข็งแรง

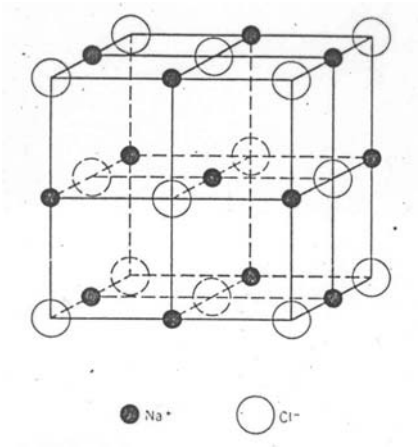
โครงสร้างผลึกอย่างง่ายของเซรามิกส์

- โครงสร้างจะมีทั้งที่เป็นผลึก, ที่เป็นสารประกอบอย่างง่ายและแบบผลึกโครงสร้างซับซ้อน
- Ceramic ที่ไม่มีผลึก ได้แก่ แก้ว เพราะเกิดจากการเย็นตัวของเหลว(สารประกอบออกไซด์) เป็นโครงสร้าง “อสัณฐาน” ไม่เกิดผลึก
- โครงสร้างของเซรามิกส์ส่วนใหญ่ค่อนข้างซับซ้อน เพราะเป็นการรวมตัวกับของอะตอมธาตุโลหะและอโลหะที่มีขนาดแตกต่างกันค่อนข้างมาก และในขณะเดียวกันต้องให้ผลึกมีความเป็นกลางทางไฟฟ้าด้วย

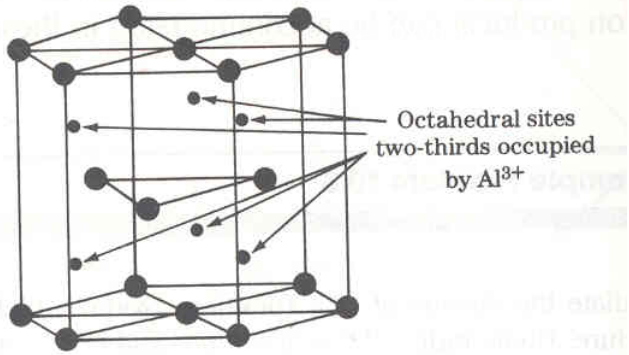
ตัวอย่างโครงสร้างผลึก

ประจุบวก:ประจุลบ

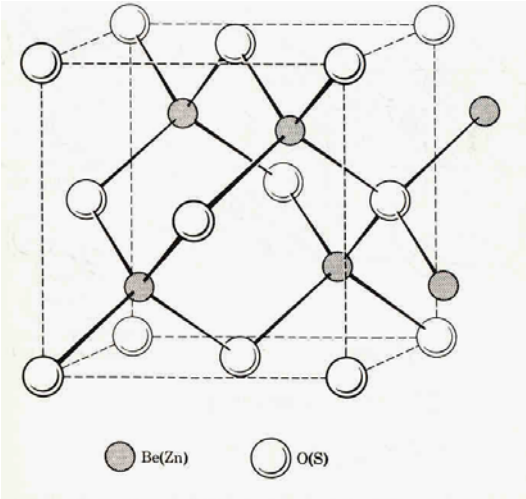
Structure name	Anion Packing	สัดส่วน M:O	Examples
Rocksalt	Cubic close-packed	6:6	NaCl, MgO, FeO



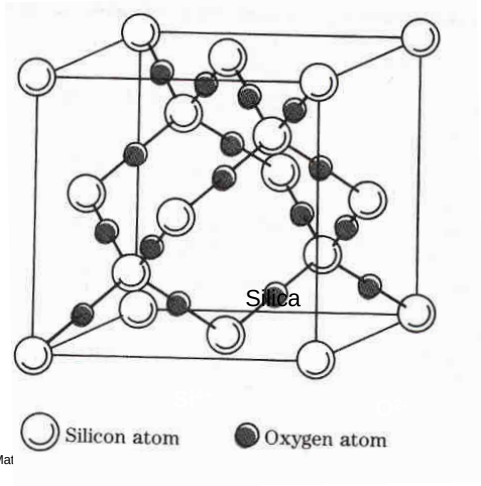
Structure name	Anion Packing	สัดส่วน M:O	Examples
Corundum	Hexagonal close-packed	4:4	Al_2O_3, Fe_2O_3



Structure name	Anion Packing	สัดส่วน M:O	Examples
Zinc Blende	Cubic close-packed	4:4	ZnS, BeO, SiC

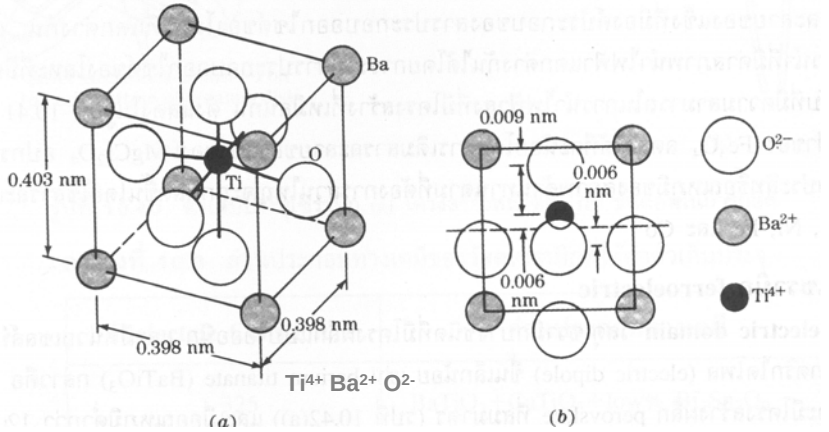


Structure name	Anion Packing	สัดส่วน M:O	Examples
Cristobalite	Cubic close-packed	1:2	Quartz, SiO_2



เป็นโครงสร้าง **Silicate** ของ ดิน หิน ทราย

Structure name	Anion Packing	สัดส่วน M:O	Examples
Perovskite	Cubic close-packed	12:6:6	$BaTiO_3$, $SrTiO_3$



วัตถุดิบของการผลิต Ceramics

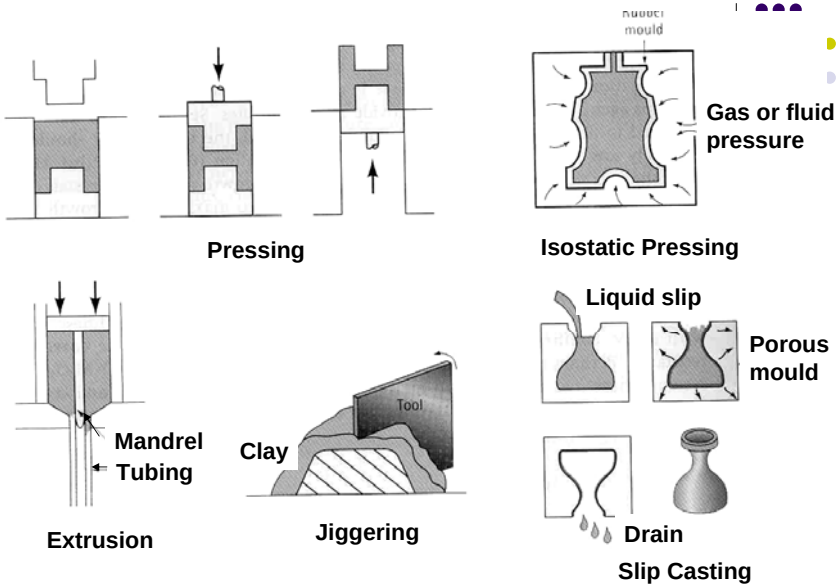
- วัตถุดิบส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ และมีผลึก มีส่วนผสมที่เกิดจากกระบวนการทางธรณีวิทยา
- เนื่องจากธาตุที่อยู่ในดินกว่า 90% คือ Oxygen, Silicon และ Aluminium ดังนั้นวัตถุดิบจึงอยู่ในรูปของ Silicates and Aluminium Silicates ซึ่งหาได้ทั่วไป

- วัตถุดิบที่นิยมใช้ทั่วไปคือ ดินเหนียว (Aluminium Silicate) คุณสมบัติเด่นคือ
  - มีขนาดผงละเอียด ขนาดของผงจะกระจายประมาณ 10-200 μm
  - ยืดหยุ่นเมื่อผสมน้ำ
  - และไม่หดตัวมากเมื่อแห้ง
- วัตถุดิบในงานชั้นสูงต้องการความบริสุทธิ์ และส่วนผสมที่เหมาะสม และขนาดของผงต้องเล็กละเอียด (น้อยกว่า 1 μm)

Ceramics Processes

กระบวนการผลิต และขึ้นรูป Ceramics ที่สำคัญ มีอยู่ 2 กระบวนการ ดังนี้

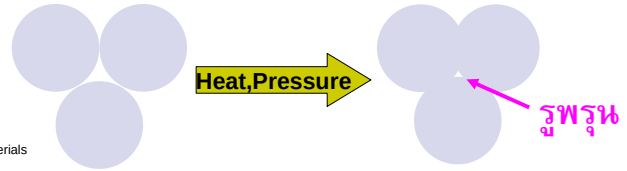
1. การขึ้นรูปผง เป็นการผสมผงเซรามิกส์ เข้ากับตัวประสาน เพื่อให้มีคุณสมบัติในการขึ้นรูป ขึ้นรูปโดยใช้ความดันจากนั้นนำไปผ่านกระบวนการทางความร้อน เพื่อให้ผงเซรามิกส์ยึดติดกัน
2. การหลอมให้ละลาย แล้วเท หรือ หล่อขึ้นรูป



Processes for shaping ceramics

การขึ้นรูปผง

- เป็นการปั้นขึ้นรูปแบบดั้งเดิม หลังจากขึ้นรูปแล้ว จะต้องให้แห้งอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันการแตกร้าว
- หลังจากชิ้นงานแห้งทั้งหมดแล้ว จึงนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงได้ ซึ่งในระหว่างเผา จะเกิดการเชื่อมกันของผง และจำนวนรูพรุนลดลง



- ความสามารถในการขึ้นรูป จะแปรผกผันกับ ขนาดของผง (Particle size)
- แต่ถ้าหากขนาดของผงมีขนาดเดียว ก็อาจจะไม่ได้ชิ้นงานที่มีความหนาแน่นสูง (รูพรุนมาก) ดังนั้น จึงมักผสมผงที่มีขนาดต่างกัน ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เช่น การผสมผง 2 ขนาด คือหยาบ และละเอียด ในอัตราส่วน 7:3

คุณสมบัติของ ceramic จะขึ้นกับ เฟสที่มีผลึก, ส่วนผสมทางเคมีที่หลากหลาย รวมทั้ง รูพรุน (Porosity) ในสัดส่วนต่าง ๆ เช่น

- % porosity สามารถเปลี่ยน ceramic จาก โปร่งแสง เป็น โปร่งใส
- รูปร่างของรูพรุน สามารถเปลี่ยน ceramic จาก อากาศผ่านได้ เป็นผ่านไม่ได้
- ขนาดเกรนที่ลดลง สามารถเปลี่ยน ceramic จาก เปราะ เป็นแข็งแรงได้
- การเรียงตัวของเฟสต่างกัน สามารถเปลี่ยน ceramic จาก ฉนวนไปเป็นตัวนำได้

ประเภทของวัสดุเซรามิกส์

1. **เซรามิกส์โบราณ (Traditional Ceramics)**

   มีส่วนประกอบหลักคือดินเหนียว หรือ ซิลิกา (SiO_2) จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ เครื่องปั้นดินเผาที่เก่าแก่ที่สุดมีอายุ *22,000* B.C.[1] และเริ่มมีการซื้อขายเป็นสินค้าเมื่อ 4500 B.C., งานแก้ว และงานกระจกพบเป็นครั้งแรกใน Egypt เมื่อ 1500 B.C. ส่วนซีเมนต์พบหลักฐานการเริ่มใช้ในสมัย Roman

[1] M.Ohring, Engineering Materials Science,Acagemic press,USA,1995

ประเภทของเซรามิกส์โบราณ

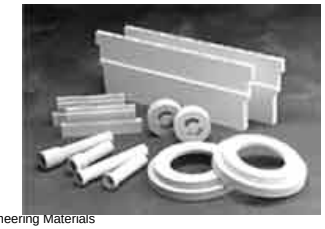
1. **Stone** ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหิน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติ ส่วนใหญ่ใช้ในงานก่อสร้าง และสถาปนิก ตกแต่ง

   เช่น กรานิต หินปูน หินอ่อน ปูน เป็นต้น

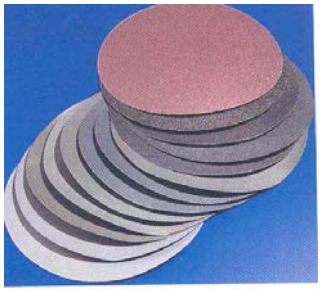
2. **Glass products** ผลิตภัณฑ์แก้วและกระจก ซึ่งเป็นเซรามิกที่โปร่งใส เป็นอุตสาหกรรมที่ใหญ่ที่สุดในกลุ่มเซรามิกส์โบราณ

3. **Clay products** ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากดิน ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีต่าง ๆกัน เช่น เครื่องเคลือบดินเผา (Pottery) ภาชนะกระเบื้อง(Porcelain) อิฐ (Brick) กระเบื้องปูพื้น (Tiles) เป็นต้น

4. **Refractories** ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ทนไฟ ได้แก่ ฉนวนความร้อน เบ้าหลอม และอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการหล่อหลอมโลหะ และงานที่อุณหภูมิสูง



5. **Abrasives** ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานขัด ขัดมัน เจียรไน ตัดแต่งเป็นต้น วัสดุที่ใช้ได้แก่ silicon carbide, Tungsten carbide, Alumina, Silica and Diamond Dust.



2. เซรามิกส์ใหม่ (New Ceramics)

จะประกอบไปด้วยสารบริสุทธิ์ของสารประกอบออกไซด์ คาร์ไบด์ และไนไตรด์ ซึ่งมีขนาดละเอียด ใช้ในงานเทคโนโลยีชั้นสูง เช่น

1. Nuclear Fuels เชื้องเพลิงนิวเคลียร ได้แก่ UO_2
2. Electro-optic ceramics ใช้ในการแปลงสัณญาณแสง สีเป็นสัณญาณไฟฟ้า(และกลับกัน) เลเซอร์
3. Magnetic ceramic ใช้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ และงาน microwave
4. dielectric ceramic ตัวเก็บประจุ
5. Aerospace application ชิ้นส่วนยานอวกาศ

Applications for the new ceramic materials

Materials	T_m(°C)	Application
TiC ไทเทเนียมคาร์ไบด์ (คาร์ไบด์ที่แข็งที่สุด)	3120	มีดกลึง, cutting tools
SiC ซิลิกอนคาร์ไบด์	2500	เตาเผา,เตาหลอม,ชิ้นส่วนเครื่องยนต์
MgO แมกนีเซียมออกไซด์	2798	เตาเผา,เตาหลอม
Al_2O_3	2050	วัสดุทนการเสียดสี, ชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์, วัสดุทางการแพทย์
$NiFe_2O_4$ (Nickel ferrite) $SrTiO_3$, $BaTiO_3$		Magnetic ตัวเก็บประจุ

การประยุกต์ใช้งานด้านแม่เหล็ก

1. **Soft Ferrite**

- เป็นสารประกอบของ $MO.Fe_2O_3$ โดย M อาจเป็นไอออนของเหล็ก แมงกานีส (Mn^{2+}) หรือนิกเกิล (Ni^{2+})
- สมบัติทางแม่เหล็กที่สำคัญ คือ ทำให้มีสภาพแม่เหล็ก และทำลายสภาวะแม่เหล็กได้ง่ายเหมือนแม่เหล็กโลหะ มีความต้านทานสูง จึงนิยมใช้เป็นชิ้นส่วนในอุปกรณ์ที่ต้องการความถี่สูง เช่น ไมโครเวฟ และ หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น
- ตัวอย่าง ได้แก่ แมงกานีสซิงก์เฟอร์ไรต์ ($Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$) นิกเกิลซิงก์เฟอร์ไรต์ ($Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$)
- ตัวอย่าง Soft ferrite magnetic (www.magdev.co.uk)

2. Hard ferrite

- มีองค์ประกอบพื้นฐานคือ $MO.{}_6Fe_2O_3$ เมื่อ M คือไอออนของแบเรียม (Ba) และสตรอนเตียม (Sr)
- สมบัติเด่น คือ เหนี่ยวนำให้เป็นแม่เหล็กได้ยาก หรือหมดสภาพได้ยากกว่า จึงนิยมใช้เป็นแม่เหล็กถาวรในอุปกรณ์ต่าง ๆ อาทิ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า รีเลย์ มอเตอร์ และเทปแม่เหล็ก
- ตัวอย่างได้แก่ แบเรียมเฟอร์ไรต์ ($BaO.{}_6Fe_2O_3$) และ สตรอนเตียมเฟอร์ไรต์ ($SrO.{}_6Fe_2O_3$)
- (ที่มา: www.material.chula.co.th)

SOFT FERRITE

HARD FERRITE

การประยุกต์ใช้งานด้านอวกาศ

คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถนำมาใช้กับยานอวกาศจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถทนความร้อนได้สูง อาจสูงถึง 1,600 ^{o}C
2. วัสดุที่อยู่ด้านนอกของตัวยาน ต้องทนต่อการกระแทกจากอุกกาบาต และสิ่งอื่น ๆ ที่ล่องลอยอยู่ในอวกาศ
3. มีน้ำหนักเบาเพื่อให้น้ำหนักของยานอวกาศต่ำ สามารถบรรทุกสัมภาระต่าง ๆ ได้มากขึ้น
4. สามารถซ่อมแซมได้ง่ายเมื่อเกิดการชำรุด

เส้นใย Nextel

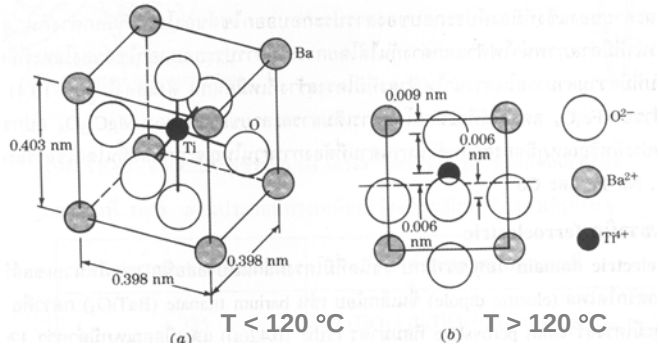
- Stronger than aluminum, fireproof and able to withstand meteoroids
- Nextel is the wonder ceramic fabric that protects NASA's Space Shuttles and keeps satellites from getting smashed to pieces.

การประยุกต์ใช้งานด้านอิเลคทรอนิกส์

1. Ferroelectric

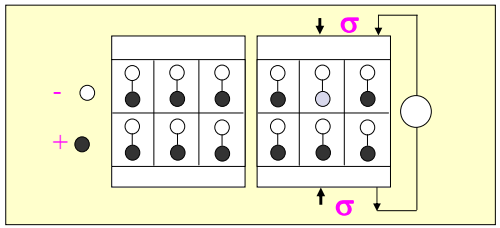
- เซรามิกส์ที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นเซรามิกส์ที่มีสภาพขั้วไฟฟ้าถาวรถึงแม้ว่าจะไม่มีสนามไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากความอสมมาตรของประจุบวกและประจุลบภายในโครงสร้างผลึก
- การจัดเรียงตัวแบบอสมมาตรทำให้กลายเป็นขั้วสองขั้วที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนและสามารถแทนด้วยสัญลักษณ์ “0” และ “1” ในหน่วยความจำที่ทำด้วยวัสดุแม่เหล็กไฟฟ้า

- ตัวอย่าง วัสดุชนิดนี้คือ แบเรียมไททาเนต (barium titanate, $BaTiO_3$), ที่มีประจุ Ti^{4+} อยู่กึ่งกลางใน Unit cell และมี 4 ประจุของ O^{2-} อยู่ที่กึ่งกลางของด้านทั้ง 4 แต่จะอยู่เยื้องกันเล็กน้อย ทำให้เกิด Electric dipole moment เล็กน้อย และเมื่อขั้วไฟฟ้าของแต่ละผลึกหันไปทางเดียวกันก็จะมีค่า Electric dipole moment ของวัสดุนั้นสูงด้วย



2. Piezoelectricity

- **Piezoelectricity** คือ มีการไหลของกระแสไฟฟ้าเนื่องจากความดัน
- วัสดุชนิดนี้จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขั้ว และเมื่อมีแรงกลกระทำภายนอกจะเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า และเมื่อเราสลับทิศทางของแรงกระทำ เช่นจากแรงดึงเป็นแรงกด ก็จะทำให้ทิศทางของการไหลของกระแสกลับด้านด้วย



- วัสดุชนิดนี้ เช่น ไททาเนตของแบเรียมและตะกั่วเซอร์โคเนต ($PbZrO_3$) เป็นต้น
- การนำไปใช้งาน เช่นใน Transducers ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแรงกล หรือ เปลี่ยนแรงกลเป็นพลังงานไฟฟ้าได้, ไมโครโฟน, ลำโพง ชิ้นส่วนเครื่องอัลตราโซนิกส์

บทที่ 10
โพลิเมอร์

Polymers

1302 212 Engineering materials

Assistant Professor Sukangkana Lee

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของ **Polymers** และสามารถยกตัวอย่างวัสดุดังกล่าวที่ใช้ งานในชีวิตประจำวัน และงานวิศวกรรมได้
2. วาดแสดงโครงสร้าง และ พันธะ ของวัสดุ **Polymers**
3. อธิบายสมบัติทางกล และ สมบัติทั่วไป ของวัสดุวิศวกรรม **Polymers**
4. เข้าใจและอธิบายกระบวนการผลิตของวัสดุวิศวกรรม **Polymers**

วิวัฒนาการของพลาสติก

- พ.ศ. 2411 **John Wesley Hyatt** ค้นพบเทอร์โมพลาสติกชนิดแรกในโลก คือ **Celluloid** (การบูร+เซลลูโลสไนเตรท) ปัจจุบันนิยมนำมาผลิต ลูกปิงปอง, กีตาร์ปิก แผ่นฟิล์มภาพยนตร์ เป็นต้น
- พ.ศ. 2452 เบกคาไลท์ หรือ **Phenol formadehyde (Thermosetting)** ค้นพบโดย **Leo Baekeland** ปัจจุบันนิยมนำมาผลิต หูกระทะ ด้ามทัพพี เป็นต้น

1. Introduction

- **Polymer** เป็นวัตถุอินทรีย์สังเคราะห์ เกิดจากการรวมตัวกันของ **C, N, O, H, S, Si, F and Cl** เป็นโมเลกุลใหญ่ และโครงสร้างซับซ้อน
- เป็นผลผลิตจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีด้วยวิธีการสังเคราะห์จากน้ำมันดิบ กาซธรรมชาติ และถ่านหิน

กระบวนการผลิต **Polymer** มี <u>สอง</u> ขั้นตอนคือ

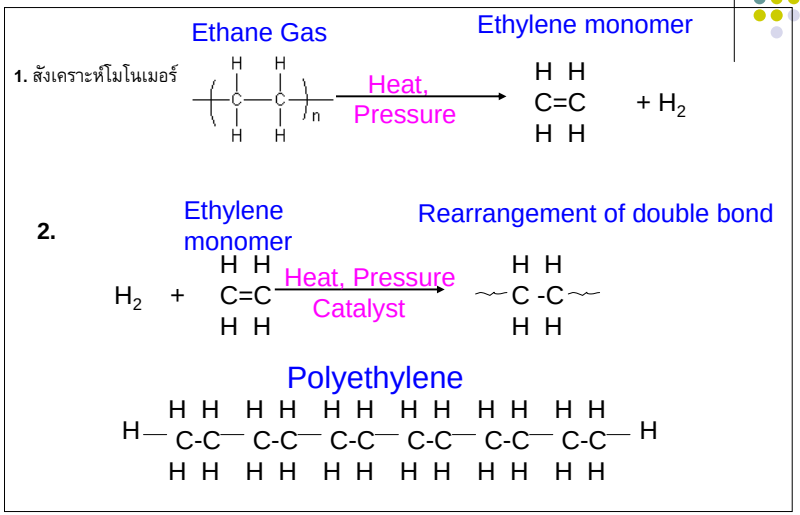
1. สังเคราะห์โมโนเมอร์ **(Monomer)** สารโมเลกุลเดี่ยวจากวัตุดิบ
2. การทำปฏิกิริยาทางเคมีเพื่อให้โมเลกุลเดี่ยวรวมตัวกันเป็นมหโมเลกุล หรือ ไฮโพลิเมอร์ **(High Polymer)**

Polymerization

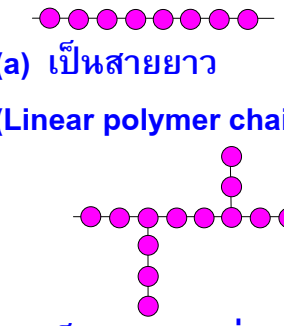
<u>วิธีการ</u>

- เติม **Monomer** หลายล้านโมเลกุล และ ตัวเร่งปฏิกิริยา ในเตา **Reactor** จากนั้นให้ความร้อน และความดันเพื่อทำลายพันธะคู่ ของแต่ละ **Monomer** ให้เป็นพันธะเดี่ยว เพื่อให้เกิดพันธะเดี่ยวใหม่กับโมเลกุลอื่น ต่อเป็นสายยาว
- ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันหลายล้านโมเลกุล จนกว่า **Monomer** จะหมดไป
- ความยาวของ **Polymer** ที่ได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ **H atom**

ตัวอย่าง polymerization of Polyethylene

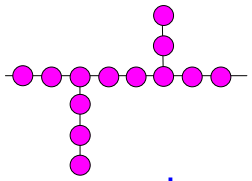


โมเลกุลของ Polymer



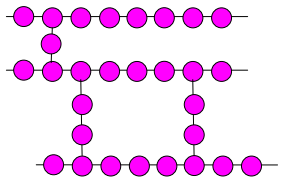
(a) เป็นสายยาว

(Linear polymer chain)



(b) เป็นสายยาวที่มีสาขา

(Branched polymer chain)



(c)เป็นตาข่าย 3 มิติ

(Cross-linked polymer)

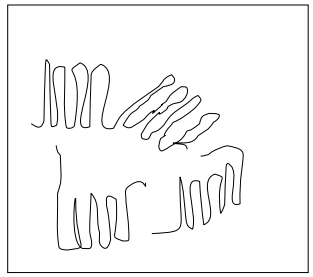
โครงสร้างของ Polymer

1. แบบอสัณฐาน (Amorphous)

- โครงสร้างโดยรวมเป็นเพียงการรวมกันของโมเลกุลสายยาว ไม่มีสมมาตร เป็นการจัดเรียงตัวของอะตอมที่ไม่แน่นอน เหมือนของเหลว
- เมื่อเราให้ความร้อนแก่โพลิเมอร์ที่มีโครงสร้างของแข็งแบบ อสัณฐาน (Amorphous) จะไม่ปรากฏจุดหลอมเหลวที่ชัดเจน แต่จะค่อย ๆ กลายเป็นของเหลว

2. แบบกึ่งผลึก (Partially crystalline)

- สายโมเลกุลรวมกันแบบมีสมมาตรบางส่วน ซึ่งมักจะเกิดกับโมเลกุลที่มีสาขา เพราะสาขาเล็ก ๆ จะไม่สามารถอยู่บิดเบี้ยวได้
- เมื่อให้ความร้อน ความเป็นผลึกจะเสียไป กลายเป็นโพลิเมอร์ที่นิ่ม
- จุดหลอมเหลว คือ อุณหภูมิที่ทำให้การจัดเรียงตัวแบบผลึกหายไป



Folded linear amorphous

ปริมาณความเป็นผลึก (%Crystallinity)

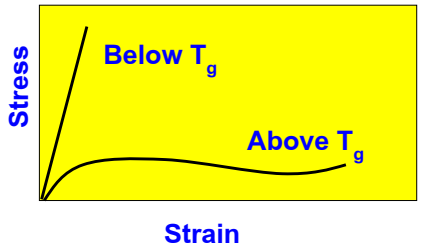
- จะส่งผลถึงสมบัติทางกลของโพลิเมอร์ กล่าวคือ ถ้าเป็นผลึกมาก ก็จะมีค่า **Modulus of Elasticity** มากตามไปด้วย
- โพลิเมอร์ที่มี **%crystallinity** มาก จะมีความแข็งแกร่งมาก เพราะอะตอมจะอยู่ชิดกันมากกว่าโพลิเมอร์ที่มี **%crystallinity** น้อย
- โพลิเมอร์ที่มี **%crystallinity** น้อย จะสามารถดัด แอ่น ได้มาก และมี **Modulus of Elasticity** น้อย

2. คุณสมบัติทั่วไปของ Plastics

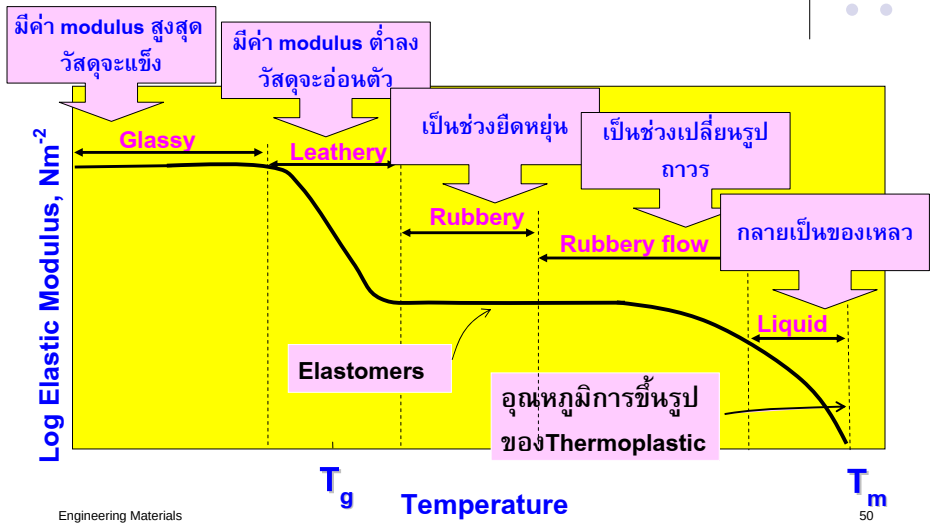
1. ความหนาแน่นต่ำประมาณ **0.9-1.5 g/cm^3**
2. ทนต่อสารเคมีได้ดี ทนต่อเกลือ กรด ด่าง ได้หลายชนิด
3. ไม่ทนความร้อน พลาสติกส่วนมากจะละลายที่ **150-250 °C** (ยกเว้น ซิลิโคน)
4. เป็นฉนวนไฟฟ้า และฉนวนความร้อน
5. คุณสมบัติทางกลจะแตกต่างกัน ขึ้นกับสารเสริมที่เติมลงไป
6. **Thermosetting plastic** จะคงรูปที่อุณหภูมิสูง
7. **Thermoplastic** จะขึ้นรูปที่อุณหภูมิต่าง ๆได้
8. **Elastomer** จะมีความยืดหยุ่นสูงที่อุณหภูมิห้อง

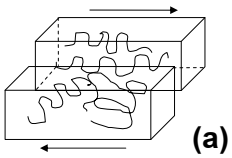
3. อิทธิพลของอุณหภูมิต่อสมบัติทางกล

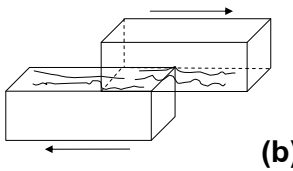
- โดยทั่วไป ที่อุณหภูมิต่ำ โพลิเมอร์จะมีคุณสมบัติเป็นของแข็ง
- เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จะกลายเป็น อ่อน เหนียว คล้ายยาง
- อุณหภูมิ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยน จาก แข็งคล้ายแก้ว ไปเป็น เหนียว คล้ายยาง เรียกว่า **'Glass transition temperature, T_g'** (เช่นเดียวกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนจากเหนียวเป็นเปราะ ในเหล็ก)

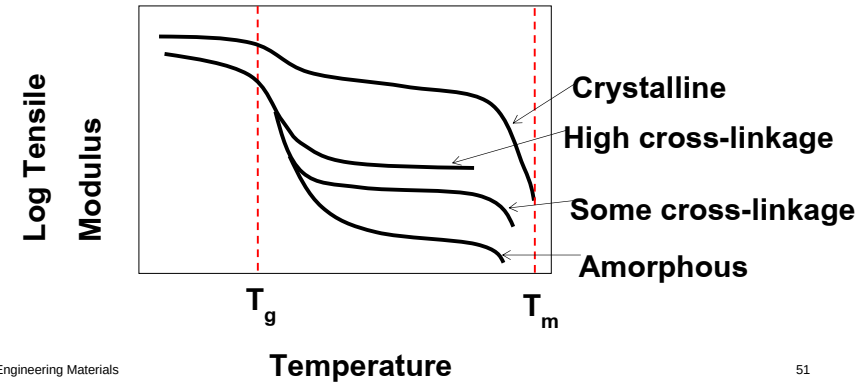


กระบวนการเปลี่ยนรูปของโพลิเมอร์

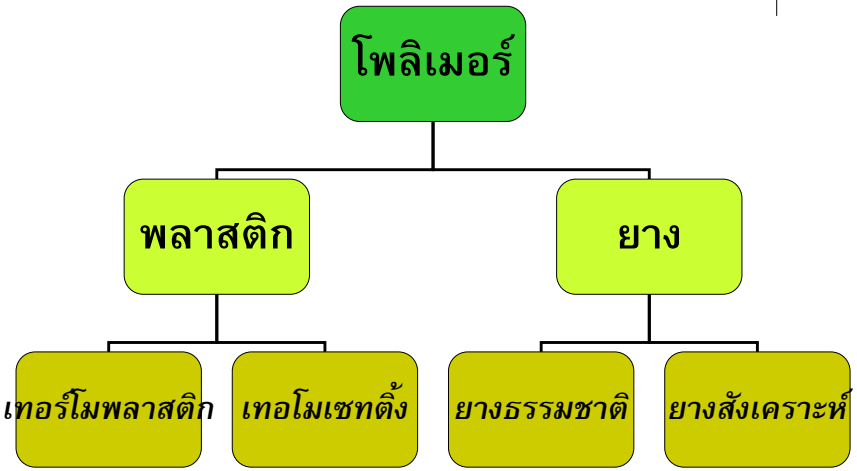








การจำแนกประเภทของโพลิเมอร์



4. ประเภทของพลาสติก

1. Thermoplastics

- เกิดจากกระบวนการ **Polymerization** โครงสร้างจะเป็น อสัณฐาน (**Amorphous**) คือโมเลกุลเดี่ยวต่อกันเป็นลูกโซ่ยาว พลาสติกชนิดนี้จะอ่อนตัวและสามารถขึ้นรูปได้เมื่ออุณหภูมิสูง

- ถ้าหากลูกโซ่โมเลกุลมีการเรียงตัว**ขนานกันและอัดกันแน่น**ด้วย แรง **Van der Waal's force** (ปลายของแต่ละลูกโซ่จะไม่ต่อกัน) มีความหนาแน่นสูง พลาสติกชนิดนี้จะมีสีใสเหมือนแก้ว **จะเหนียว และแข็งแรง รับแรงกระแทกได้ดี**
- ถ้าหากแนวโมเลกุลเรียง**ขนานกันบางช่วง** ทำให้ความหนาแน่นต่ำ แรงระหว่างโมเลกุลลดลง จะมีสีขุ่น ทึบแสง **รับแรงกระแทกได้น้อย**

ตัวอย่าง Thermoplastics

1. Polyethylene (โพลีเอทิลีน) เรียกย่อว่า **PE** มีความยืดหยุ่นดี มีทั้งแบบอ่อน และแบบแข็ง ได้แก่

1) **Low Density Polyethylene (LDPE)**

มีความต้านทานการกัดกร่อนดี กันความชื้นได้ดี ความแข็งแรงต่ำ และมีความยืดหยุ่นสูง นิยมใช้ในการผลิต **bags, bottles, and liners.**

2) **High Density Polyethylene (HDPE)**

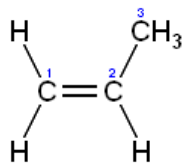
เป็นกลุ่มที่นิยมใช้มากที่สุด รับแรงกระแทกได้ดี น้ำหนักเบา ดูดซับความชื้นน้อย มีความแข็งแรงสูง ไม่เป็นพิษ บรรจุอาหารได้

3) **Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMW PE)**
น้ำหนักเบา มีความแข็งแรงสูง กลึงไสได้เช่นเดียวกับไม้ ใช้ในงานเครื่องจักกลที่ทนต่อการสึกหรอ ต้านทานต่อแรงขัดสี และการกัดกร่อน

2. Polyvinyl Chloride เรียกย่อว่า **PVC** ไม่มีสี ย้อมสีได้ ทนต่อน้ำมัน จารบี กรด และด่าง ปกติ **PVC** จะแข็ง แต่เมื่อผสมสารที่ทำให้อ่อนตัวจะฉีดขึ้นรูปและปาดผิวได้ ถ้าเติมสารที่ทำให้อ่อนตัวมากจะกลายเป็น **PVC** อ่อน หรือหนังเทียม

Ex. ท่อน้ำ, แผ่นพลาสติกบาง, แผ่นเสียง, ของเด็กเล่น

3. **Polypropylene** เรียกย่อว่า **PP** มีคุณสมบัติคล้ายกับ PE แต่ทนความร้อนได้สูงกว่า แต่เปราะที่อุณหภูมิต่ำ ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ชิ้นส่วนรถยนต์ ได้จากกระบวนการ polymerization ของ Propylene (C_3H_6)



Propylene

สัญลักษณ์การนำกลับมาใช้ใหม่

4. **Acrylonitrile-Butadiene-Stryrene** เรียกย่อว่า **ABS** เหนียว ทนต่อการกระแทกได้ดีความต้านแรงดึงสูง ใช้ทำใบพัดลม หมวกกันน็อค อุปกรณ์สุขภัณฑ์

5. **Polymethylmethacrylate** เรียกย่อว่า **PMMA** หรือ **plexiglass** ทนแดด ทนต่อบรรยากาศ แข็งและเหนียว รอยแตกไม่แหลมคม จึงนิยมนำมานำแผ่นแก้วนิรภัย ฝาครอบไฟท้าย ไฟเลี้ยวยานยนต์

2. Thermosetting Plastics

- เกิดจากการนำโมเลกุลเดี่ยวชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดมาทำปฏิกิริยาแยกน้ำออก ภายใต้ความดันและอุณหภูมิ เรียกว่า **'Polycondensation'** ปลายของโซ่โมเลกุลชนิดนี้จะยังสามารถทำปฏิกิริยาได้อีก และกลายเป็นไฮโมเลกุลรูปตาข่าย **3 มิติไขว้กัน** จะทำให้ได้พลาสติกที่มีพันธะที่ **แข็งแรง และคงรูป** หลังจากการเย็นตัว
- เมื่อได้รับความร้อนจะยืดหยุ่น แต่ถ้าสูงเกินไป หรือนานเกินไป จะทำให้**โมเลกุลขาดจากกัน** และ**แข็งเปราะ** ไม่สามารถขึ้นรูปได้

ตัวอย่าง Thermosetting Plastics

1. **Unsaturated Polyester** เรียกย่อว่า **UP** ไม่มีสี ผิวเป็นมันเงา มีทั้งที่ยืดหยุ่นได้ และแข็งเปราะ **Ex.** ชิ้นส่วนตัวถังรถยนต์ และตัวเรือ
2. **Epoxy Resin** เรียกย่อว่า **EP** ไม่มีสี และมีสีออกเหลือง เหมือนน้ำผึ้ง แข็งและเหนียว จับเกาะวัสดุทุกชนิด ทนการกัดกร่อนได้ดีมาก **Ex.** ชิ้นส่วนเครื่องบิน กาว
3. **Polyurethane** เรียกย่อว่า **PUR** โปร่งใส สีเหลืองเหนียวและอ่อนเหมือนยาง **Ex.** โพรียูลีเทนแข็งใช้ทำเฟือง เปลือกรองเพลา โพรียูลีเทนอ่อนใช้ทำ ฟองน้ำเฟอร์นิเจอร์ โพรียูลีเทนเหลวใช้ทำเคลือบเงา

Elastomer

ยางจัดเป็น พลาสติกยืดหยุ่น (Elastic hydrocarbon polymer) มีความยืดหยุ่นและความเหนียวสูง แต่ความยืดหยุ่นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า -72 °C

ยางมี สอง ประเภท คือ

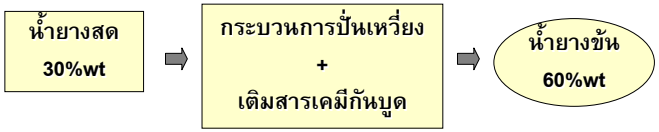
1. ยางธรรมชาติ (Natural rubber) ได้จากต้นพืช
2. ยางสังเคราะห์ (Synthetic rubber) ได้จากกระบวนการ Polymerization

ยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR)

- ส่วนมากได้จากยางพารา สายพันธ์ Hevea Braziliensis มีต้นกำเนิดจากทวีปอเมริกาใต้
- น้ำยางสด (Latex) เมื่อกรีดออกมาจากต้นมีเนื้อยางแห้ง 30%โดยน้ำหนัก แขวนลอยอยู่ในน้ำ
- ยางธรรมชาติที่มีขายในท้องตลาด มี 2 รูปแบบ คือ น้ำยาง และ ยางแห้ง

Website สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร
http://www.rubberthai.com/

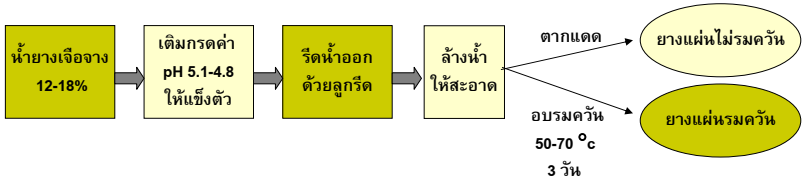
1. น้ำยาง (Latex) : ได้จากการนำน้ำยางสดมาผ่านกระบวนการเหวี่ยงแยกน้ำออกโดยมีเนื้อยาง 60%โดยน้ำหนัก เรียกว่า *น้ำยางข้น*



- ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางข้น ได้แก่ ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง จุกนม ที่นอน เบ้าหล่อปูนพลาสเตอร์ เป็นต้น

2. ยางแห้ง ได้จากการนำน้ำยางมาเติมกรด ทำให้เนื้อยางจับตัวและแยกตัวออกมาจากน้ำ แล้วจึงทำการไล่ความชื้นออก ได้แก่

2.1 ยางแผ่น (Rubber Sheet) แบ่งเป็น ยางแผ่นรมควัน และยางแผ่นไม่รมควัน



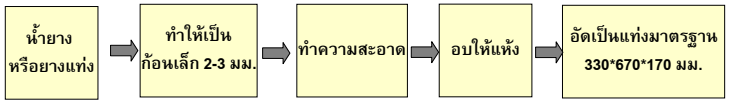
- ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoked Sheet, RSS) มี 5 ชั้น คุณภาพ
- ใช้มากที่สุดคือ ชั้นที่ 3
- ผลิตภัณฑ์ของยางแผ่นรมควัน เช่น ยางล้อรถยนต์ สายพาน ท่อน้ำ รองเท้า อะไหล่รถยนต์ เป็นต้น

2.2 ยางเครฟ (Crepe Rubber)

- เป็นยางที่ได้จากการนำเศษยางไปรีดด้วยเครื่อง Creping machine แล้วนำไปผึ่งลมให้แห้ง
- สีของยางจะเข้ม และมีความบริสุทธิ์แตกต่างกัน

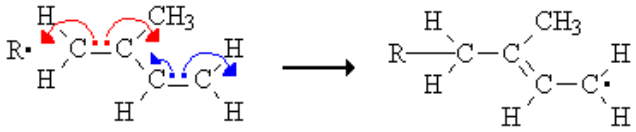
2.3 ยางแท่ง (Technically classified rubber)

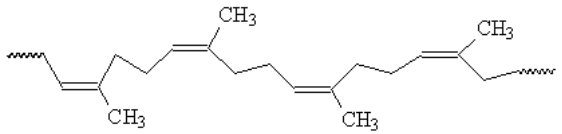
ยางแท่งจะมีคุณภาพสม่ำเสมอมากกว่ายางแผ่น และยางเครฟ แต่ราคาจะสูง



โครงสร้างของยางธรรมชาติ

โครงสร้างเป็นโมเลกุลตาข่าย ชื่อเคมี คือ cis-1, 4 polyisoprene





สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ

ข้อดี

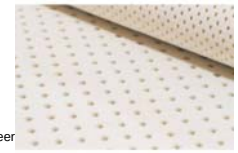
- มีความยืดหยุ่นสูง
- มีความเหนียวติดกันได้ดี
- มีความต้านทานแรงดึงสูงโดยไม่ต้องใช้สารเพิ่มเสริมแรง
- มีความต้านทานการฉีกขาดทั้งที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิสูง
- มีความต้านทานการขัดถูดี
- เป็นฉนวนไฟฟ้า
- มีความร้อนสะสมต่ำ เหมาะเป็นผลิตภัณฑ์ยางขนาดใหญ่

ข้อเสีย

- ไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียม, กรดไนตริก, กรดกำมะถันเข้มข้น
- มีช่วงอุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ -55 °C ถึง 70 °C
- มีความต้านทานแรงกดต่ำ
- มีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดรอยแตกร้าว
- หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำนานจะเกิดการเสื่องสภาพ

การใช้งาน (Applications)

- ทนต่อแรงดึงสูง →ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความยืดหยุ่นสูง เช่น ถุงมือยาง ลูกโป่ง ยางรัดของ ที่นอนยางพารา เป็นต้น
- มีการสะสมความร้อนต่ำ เหนียวติดกันดี → ยางรถบรรทุก, ยางล้อเครื่องบิน, ยางกันกระแทกเรือ เป็นต้น
- ทนต่อการฉีกขาดสูงทั้งที่อุณหภูมิต่ำและสูง →ยางกระเป๋าน้ำร้อนแบบพิมพ์ปูนพลาสเตอร์ เป็นต้น



ผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ	วัตถุดิบที่สำคัญ
1. ยางรถยนต์และยางใน	ยางเครพ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง
2. ยางจักรยาน จักรยานยนต์และยางใน	ยางเครพ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง
3. หล่อดอกยางรถยนต์	ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง
4. สายพาน	ยางแผ่นรมควันชั้น 3
5. พื้นรองเท้า	ยางแผ่นรมควัน ยางจากหางน้ำยาง
6. ท่อยาง	ยางแผ่นรมควัน
7. อะหลั่ยรถยนต์	ยางแผ่น ยางแท่ง
8. ยางขัดสีข้าว	ยางแผ่นชั้น 1,2
9. เปลือกหม้อแบตเตอรี่	ยางแผ่นรมควัน ชั้น 3,4 ยางแท่ง STR 20
10. รองเท้าผ้าใบ	ยางแผ่น ยางแท่ง ยางเครพ ยางหางน้ำยาง
11. รองเท้าฟองน้ำ	ยางแผ่น ยางแท่ง ยางเครพ
12. ยางรัดของ	ยางแท่ง 5 แอล ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครพขาว
13. ยางยืด	ยางแผ่น ยางแท่ง ยางเครพขาว
14. ยางปูพื้น ถังขยะ ฯลฯ	ยางที่ใช้แล้วจากผลิตภัณฑ์ยาง (รีเครม)
15. ยางอัดขอบกระจกรถยนต์	ยางแผ่นรมควันชั้น 3,4,5
16. กาว เทปพันสายไฟ	ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง
17. ยางรองคอสะพาน	ยางเครพ ยางแท่ง ยางแผ่น

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง

วิธีการผลิตจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตที่สำคัญ ได้แก่

- การจุ่มแบบพิมพ์ (Dipping Process)
- การผลิตยางยืด (Treading Process)
- การผลิตยางฟองน้ำ (Foaming Process)
- การหล่อเบ้าพิมพ์(Casting process)

สารเคมีสำหรับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง

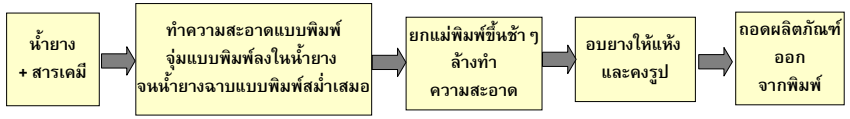
- สารเคมีที่ใช้ผสมลงไปในน้ำยางเป็นตัวช่วยในกระบวน การแปรรูป ให้ยางมีขอบเขตการใช้งานกว้างขึ้นและเพื่อลดต้นทุนการผลิต เป็นต้น
- แต่อย่างไรก็ตามหลักการสำคัญควรใช้สารเคมีน้อยที่สุดเพื่อให้เหลือสารเคมีที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ให้น้อยที่สุด
- โดยทั่วไปแล้วควรล้างผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ด้วยน้ำร้อน เพื่อเป็นการปลอดภัยต่อผู้อุปโภค

<u>สารเคมีสำหรับผสมน้ำยางประกอบด้วย</u>

1. สารช่วยความเสถียร 2. สารวัลคาไนซ์
3. สารกระตุ้นปฏิกิริยา 4. สารเร่งปฏิกิริยาคงรูป
5. สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ 6. สารตัวเติม
7. สารที่ทำให้เกิดเจล 8. สารช่วยให้ยางมีสีสวย

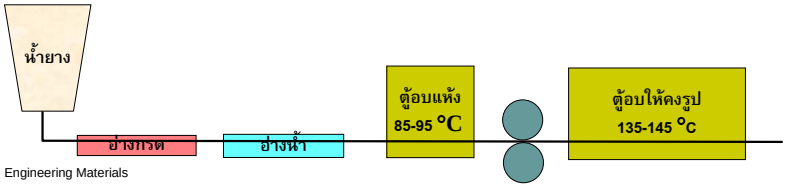
1. การจุ่มแบบพิมพ์ (Dipping Process)

- ***แบบพิมพ์*** จะผลิตด้วยวัสดุเซรามิกส์, แก้ว หรืออะลูมิเนียม
- ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เช่น ถุงมือยาง รองเท้าบูธยางไม่มีตะเข็บ ลูกโป่ง จุกนม ถุงยางอนามัย เป็นต้น



2. การผลิตยางยืด (Treading Process)

- เป็นการนำน้ำยางมาผสมสารเคมีแล้วให้ไหลไปตามท่อเล็กๆไปยังอ่างกรด (ทั่วไปนิยมใช้กรดอะซิตริกเข้มข้น 15-55%) เพื่อให้ยางจับตัวกัน จากนั้นดึงยางออกเป็นเส้นด้าย ล้างกรดออกด้วยน้ำ จากนั้นนำไปอบยางให้แห้งและอบคงรูป
- ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ยางยืดขอบกางเกง เป็นต้น



3. การผลิตยางฟองน้ำ (Foaming Process)

- ยางฟองน้ำจะมีรูพรุน ระบายอากาศได้ดี สามารถกดหรือบิดโดยไม่เสียรูป เช่นที่นอน เบาะเก้าอี้ หมอนหนุน เป็นต้น

<u>หลักการผลิตยางฟองน้ำ</u>

1. การทำให้ยางเกิดฟองอากาศขนาดต่าง ๆด้วยวิธีทางกลหรือเคมี
2. การทำให้น้ำยางที่เป็นฟองแล้วเปลี่ยนสถานะเป็นเจล(Gel)
3. การอบยางให้คงรูป

4. การหล่อเบ้าพิมพ์(Casting process)

- ผลิตภัณฑ์เช่น ตุ๊กตา ลูกบอล หน้ากาก หรือ หุ่นยาง ได้จากเป็นการเทน้ำยางที่ผสมสารเคมีแล้วลงในเบ้าที่ทำจากเซรามิกส์ หรืออะลูมิเนียม เมื่อยางจับตัวกันแล้วจึงถอดเบ้าออก
- ผิวด้านนอกจะเหมือนกับแบบพิมพ์

ยางสังเคราะห์ (Synthetic rubber)

- **ยางสังเคราะห์เป็นยางที่ได้จากการสังเคราะห์จากปฏิกิริยาเคมี polymerization โดยมีขั้นตอน ดังนี้**
  1. **สังเคราะห์โมโนเมอร์ยางจากอุตสาหกรรมปิโตเคมี**
  2. **นำโมโนเมอร์มาต่อกัน**

Homopolymer	Copolymer	Terpolymer
โมโนเมอร์ชนิดเดียวกัน เช่น โพลีบูตาดีน	โมโนเมอร์ 2 ชนิด เช่น สไตรีน-บูตาดีน	โมโนเมอร์ 3 ชนิด เช่น เอทิลีน-โพไพลีน-ไดอีน

- **ยางโพลีไอโซพรีน (Cis-1,4-Polyisoprene, Isoprene rubber, IR)**
  - **เป็นยางสังเคราะห์ที่มีโครงสร้างเคมีคล้ายยางธรรมชาติ แต่ทนการฉีกขาดได้ต่ำกว่า**
  - **สามารถใช้แทนยางธรรมชาติ แต่ราคาจะสูงกว่า**
  - **ใช้กันมากในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีคุณสมบัติสม่ำเสมอ สิ่งเจือปนน้อย สีสม่ำเสมอ**

- ยาง สไตรีน-บิวตาดีน (Styrene-Butadiene Rubber, SBR)
  - เป็นยางสังเคราะห์ที่ใช้กันมากที่สุด
  - ราคาไม่แพง
  - ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สายพาน พื้นรองเท้า ฉนวนหุ้มสายไฟ ท่อยาง
  - ผสมกับยางชนิดอื่นเพื่อผลิต ยางรถยนต์ขนาดเล็ก

- http://www.anubistfx.com/molding.htm

Vulcanization

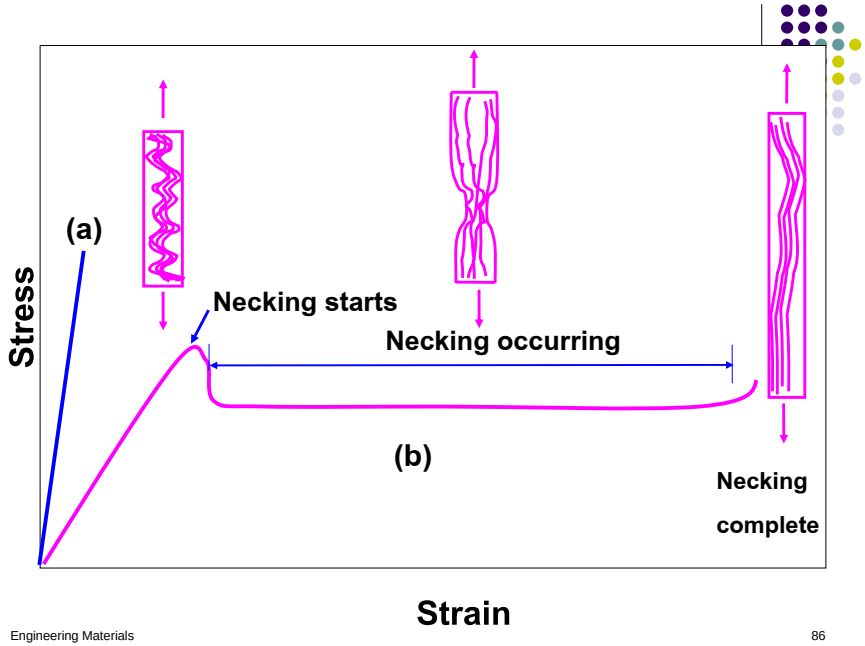
- เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิด **Cross-linking** ของ **Elastomer** โมเลกุลขึ้น โดยการเติม Sulfur (หรือ เติม peroxide-based substance) เพื่อให้เกิดพันธะอะตอมระหว่างโพลิเมอร์ เพื่อให้ได้ยางแท่งที่มีความแข็งแรง ทนต่อสารละลาย และมีความทนทานต่อการใช้งาน และสภาพแวดล้อม
- กระบวนการนี้ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า **Curing**

5. Additives

1. **Fillers:** สารเพิ่มความแข็งแรง เช่น glass fibers, Graphite
2. **Plasticizer:** สารเพิ่มความยืดหยุ่น
3. **Lubricants:** สารหล่อลื่น
4. **Pigment:** สี
5. **Flame retardant:** สารป้องกันการติดไฟ
6. **Stabilizer:** สารกันเสีย เพิ่มอายุการใช้งาน
7. **Antistate:** สารลดการเกิดประจุไฟฟ้า

6. Orientations

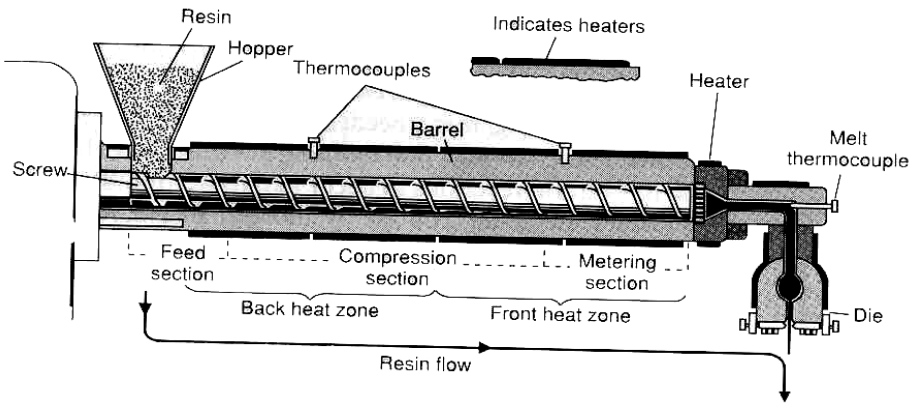
- โพลิเมอร์จะมีความแข็งแรงที่สุดในทิศทางขนานกับแนวเส้นใยโมเลกุล
- การดึงพลาสติกให้เกิดการยืดออกอย่างช้า ๆ หรือ การทำ **Cold drawn** เพื่อให้โมเลกุลจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบในทิศทางเดียวกัน หลังจากการเกิดคอคอดแล้ว พลาสติกจะเรียงตัวกันมากขึ้นทำให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่เท่ากัน ผลที่ได้เทียบได้กับการทำ **work hardening** ในโลหะ
- ใน **Amorphous polymer** การจัดเรียงตัวกันดังกล่าว สามารถทำได้เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า T_g



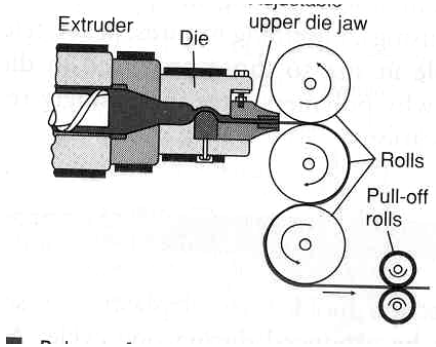
7. Plastics Manufacturing process

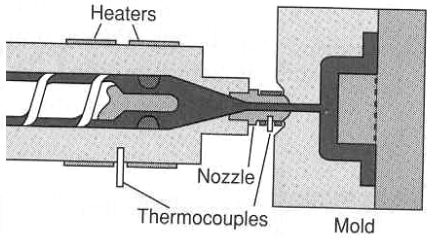
- การฉีดพลาสติก (**Plastic Injection molding**) ใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วน หรือชิ้นงานจากเม็ดพลาสติก

A



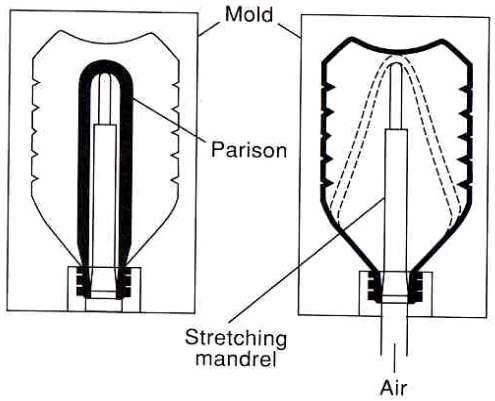
- การอัดรีด (**Extrusion**) สำหรับขึ้นรูปพลาสติกอ่อน ใช้ขึ้นรูปท่อ หรือรูปพรรณต่าง ๆ





Die casting

- การอัดรีดและเป่าขึ้นรูป สำหรับทำถุงพลาสติก ขวด และถัง



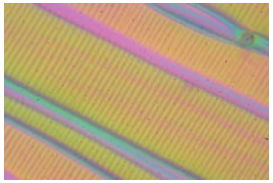
8. Speciality Polymers

1. High-performance polymers

- เป็นโพลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติดีหลาย ๆ อย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ high modulus, good temperature resistance and good toughness ซึ่งจะได้จากการที่มีพันธะหลักที่แข็งแรง
- ได้แก่ Polyimides (PI) และ Polyester ether ketone (PEEK) ที่เป็น Semicrystalline polymer มีจุดหลอมเหลว 330 ^{o}C
- ทั้งสองชนิดเป็น Metrix สำหรับ Carbon fiber composites
- มีคุณสมบัติในการเชื่อมติด ใช้เชื่อมชิ้นส่วนเครื่องบิน

2. Liquid-crystal (LC) polymers

- หมายถึงโพลิเมอร์เหลว (gel) ที่ยังมีบางส่วนที่ยังคงมีพันธะโควาเลนต์ที่แข็งแรง และไม่ละลาย และบริเวณที่ไม่ละลายดังกล่าวจะเป็นบริเวณที่มีการจัดเรียงตัวกันเป็นระเบียบ (Uniform orientation) มีขอบที่คม ใช้ในจอแสดงภาพโทรทัศน์, จอคอมพิวเตอร์ LCD



 http://www.sharpsma.com/lcd/lcdguide/Primer/tn.php

9. Asphalt

Asphalt หรือที่เรียกว่า ยางมะตอย หมายถึง “สารประกอบไฮโดรคาร์บอนมากมายหลายชนิดและสารอินทรีย์อื่น ๆ ซึ่งเรียกรวมกันว่า สารบิทูเมน (Bitumen) มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืดหรือกึ่งของแข็งกึ่งของเหลว สีดำ หรือสีน้ำตาลแก่ ทั้งที่เกิดเองตามธรรมชาติ และได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม”

Properties

เนื่องจากแอสฟัลท์มีความหนืดเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สามารถผสมกับสารชนิดอื่น และแข็งตัวเมื่อเย็น จะมีคุณสมบัติและการใช้งานทั่วไปดังนี้

- คุณสมบัติในการยึดประสาน (Connection) ดังนั้นจึงนิยมนำมาผสมกับหินเพื่อใช้ทำถนน ทางเท้า ลานจอดรถ เป็นต้น
- คุณสมบัติในการป้องกันน้ำซึม (Waterproofing) น้ำไม่สามารถไหลผ่านได้ จึงนำมาใช้เพื่อกันซึมตามรอยต่อต่าง ๆของอ่างเก็บน้ำ เขื่อน หลังคา เป็นส่วนประกอบของน้ำยาพ่นกันสนิมรถยนต์ เคลือบท่อกันสนิม เป็นต้น

ประเภทของ Asphalt

Asphalt สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทหลัก ดังนี้

1. **Asphalt Cement**

เรียกย่อว่า AC ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบ จะเป็นส่วนที่ข้นและหนักที่สุด ซึ่งก็จะมีหลายเกรดตามความอ่อน แข็ง ราคาถูก

2. Asphalt Emulsion

หรือยางมะตอยน้ำ คือยางแอสฟัลท์ที่ผลิตจากการนำยางแอสฟัลท์ มาตีให้กระจายเป็นอนุภาคเม็ดเล็ก ๆ อยู่ในน้ำ และเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้สารเคมีประเภทอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier)

- หลังจากใช้งาน น้ำในแอสฟัลท์อิมัลชั่น จะระเหยไป คงเหลือไว้แต่แอสฟัลท์ ให้เกาะตัวกันเป็นฟิล์มต่อเนื่อง เคลือบหุ้มวัสดุมวลรวมหรือพื้นผิวทาง

- ยางแอสฟัลท์อิมัลชั่นมีคุณสมบัติ คงรักษาความเหลวที่เหมาะสม กับการนำไปใช้ในงานประเภทต่าง ๆ

1. Asphalt emulsion is in liquid form at ambient temperature and there is no need for heating for all application unlike other types of asphalts.
2. There is no fire hazard since asphalt emulsion has no solvent component.
3. There is no pollution since it does not require heating.
4. Asphalt emulsion has excellent adhesion properties to most types of aggregates.

3. Cut-back Asphalt

ได้จากการผสมแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) กับ สารละลาย (Solvent) ให้เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อแข็งตัว สารละลายจะระเหยไป เหลือแต่แอสฟัลท์ซีเมนต์

ยางคัตแบกปกติใช้ในงานรองพื้น (Prime Coat) ก่อนที่จะลาดยาง เพื่อป้องกันการไหลซึมของน้ำลงไปที่พื้นดินที่อัดไว้ก่อนหน้านี้

ข้อเสีย

- เป็นอันตรายต่อบรรยากาศ เนื่องจาก the asphalt prime coat needs to be applied in a liquid state, it is blended with gasoline, kerosene or diesel. They evaporates as it cures, releasing volatile organic compounds (VOCs) (สารระเหย) into the atmosphere - contributing to air pollution levels.
- ไม่ควรใช้ในการป้องกันการซึมของอ่างเก็บน้ำ เพราะอาจทำให้น้ำมีสารปนเปื้อน

4. Polymer Modified Asphalt

- โพลิเมอร์โมดิฟายส์แอสฟัลท์ คือ ยางแอสฟัลท์เกรดพิเศษ ได้จากการผสมแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) กับโพลิเมอร์ชนิด SBS เป็นเนื้อเดียวกัน
- เมื่อนำมาผสมเป็นผิวทาง แอสฟัลท์คอนกรีตชนิดผสมร้อนให้คุณสมบัติที่เหนือกว่าผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีตทั่วไป

คุณสมบัติ

1. มีความต้านทานต่อการล้า (Fatigue resistance) ที่ดีกว่า
2. มีความต้านทานสูงต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวร (Pavement Deformation)
3. มีความยืดหยุ่นสูงที่อุณหภูมิต่ำมาก หรือสูงมาก
4. มีความต้านทานต่อการบิดตัว ระหว่างวัสดุมวลรวม กับวัสดุเชื่อมประสาน (Revelling)
5. มีความต้านทานต่อการหลุดลอก (Stripping resistance) ที่ดีกว่า
6. ไม่มีการไหลเยิ้ม(Bleeding resistance) ของวัสดุเชื่อมประสาน

After Class

1. อธิบายความหมายของ **Polymers** และสามารถยกตัวอย่างวัสดุดังกล่าวที่ใช้ งานในชีวิตประจำวัน และงานวิศวกรรมได้
2. อธิบายโครงสร้างอย่างง่ายของวัสดุ **Polymers**
3. อธิบายสมบัติทางกล และ สมบัติทั่วไป ของวัสดุวิศวกรรม **Polymers**
4. เข้าใจและอธิบายกระบวนการผลิตของวัสดุวิศวกรรม **Polymers**