2001 220
Materials: Properties and Applications II

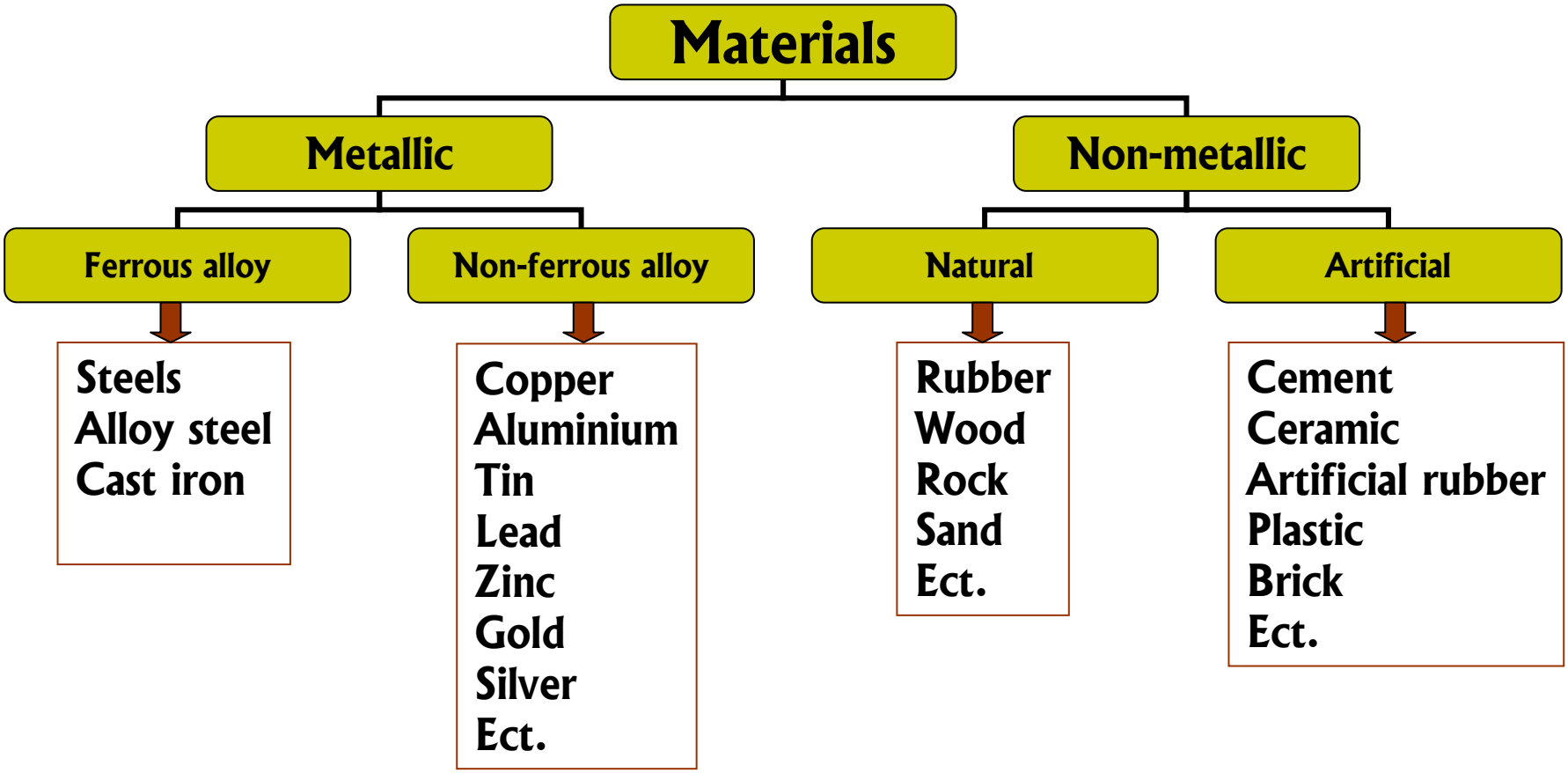
2/2550

ผู้สอน: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขอังคณา ลี

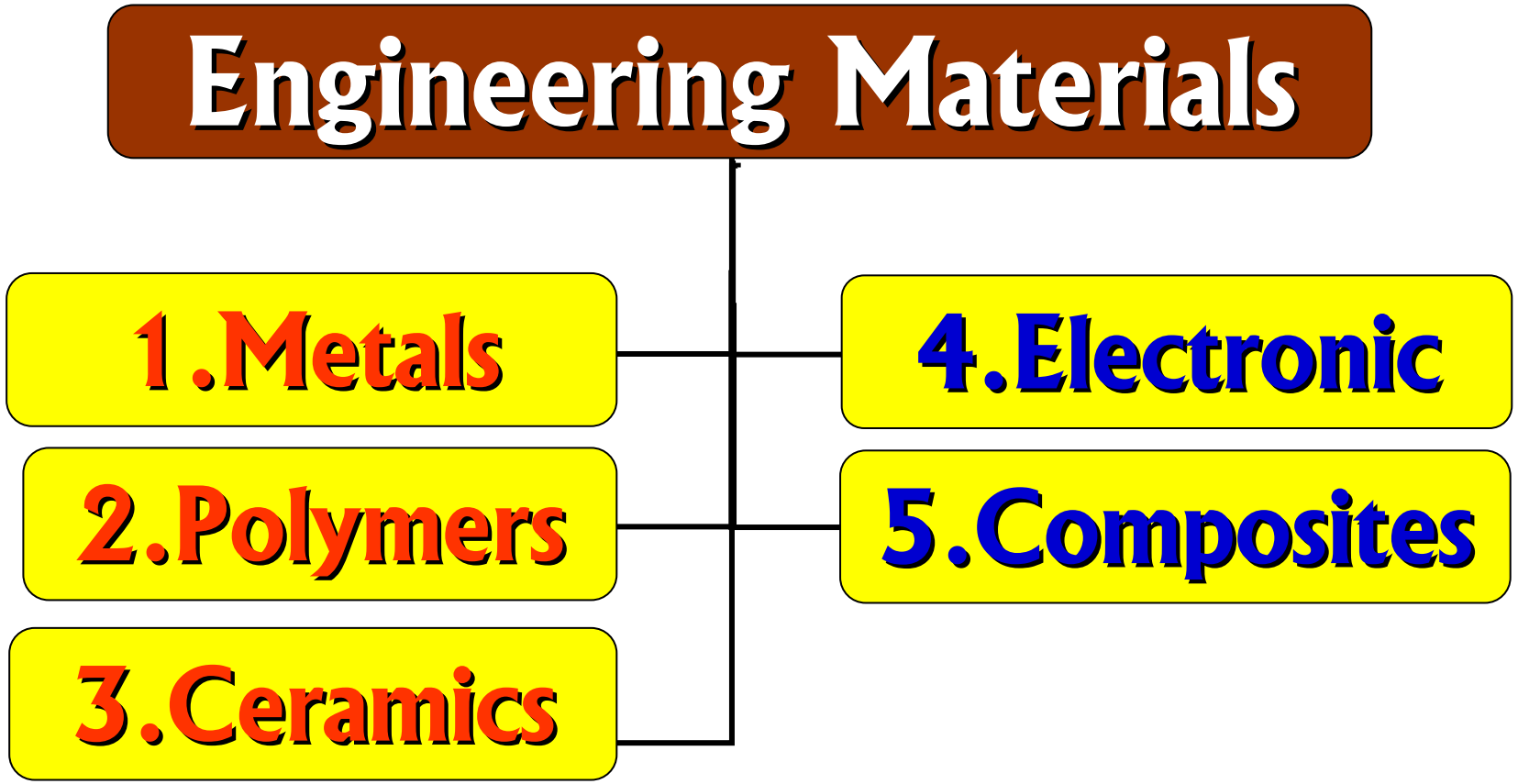
ห้องพัก EN5 ห้อง 526

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

การจำแนกวัสดุ



การจำแนกประเภทของวัสดุในทางวิศวกรรม



Metals: โลหะ

คุณลักษณะ

จะประกอบด้วยธาตุที่เป็นโลหะ หรืออโลหะปนอยู่เล็กน้อย มี Valence electrons อยู่ล้อมรอบเหมือนเป็น 'an electron sea' ที่ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวประจุบวกให้อยู่ด้วยกัน

คุณสมบัติ

1. นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดี
2. แสงส่องผ่านไม่ได้
3. มีความแข็งแรงสูง
4. สามารถขึ้นรูปได้
5. ผิวมีความมันวาว

Ceramics: เซรามิกส์

คุณลักษณะ

เป็นอนินทรีย์สารที่เป็นสารประกอบระหว่างธาตุโลหะและอโลหะโดยพันธะเคมี

เซรามิกส์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบออกไซด์ คาร์ไบด์ และไนไทรด์

คุณสมบัติ

1. เป็นฉนวนความร้อน และไฟฟ้า
2. ทนต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษมากกว่าโลหะและโพลิเมอร์
3. แข็งแต่เปราะ

Polymers: โพลิเมอร์

คุณลักษณะ

ส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ กล่าวคือมีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ, มีโมเลกุลใหญ่ และไม่มีผลึก (บางชนิดเป็นแบบผสมระหว่างมีผลึกกับไม่มีผลึก) รวมถึงพลาสติกและยาง

คุณสมบัติ

1. ไม่นำไฟฟ้า
2. บางชนิดเป็นฉนวนความร้อน
3. มีความยืดหยุ่นสูง
4. ความหนาแน่นน้อย

Composites: วัสดุผสม

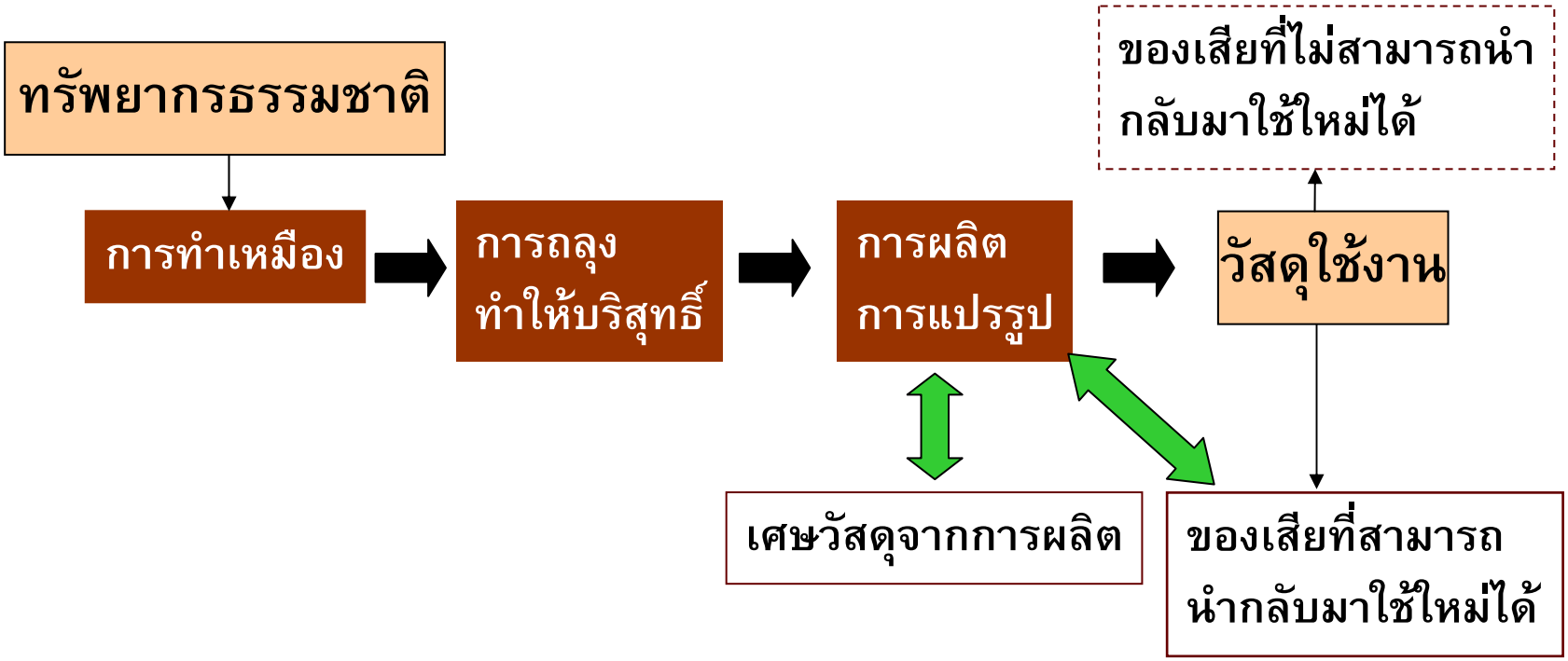
คุณลักษณะ

เป็นวัสดุผสมตั้งแต่ 2 กลุ่มวัสดุหลักขึ้นไป โดยที่วัสดุผสมจะต้องไม่ละลายซึ่งกันและกัน ตัวอย่าง: ไฟเบอร์กลาส (ได้ความแข็งของเส้นใยแก้วผสมความยืดหยุ่นของโพลิเมอร์)

คุณสมบัติ

จะเป็นการรวม<u>คุณสมบัติที่ดี</u>ของวัสดุแต่ละชนิดที่ใส่เข้าไป

แหล่งกำเนิดวัสดุ



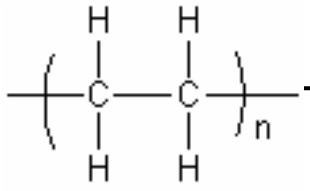
polymer

- **Polymer เป็นวัตถุอินทรีย์ที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีสังเคราะห์ จากน้ำมันดิบ กาซธรรมชาติ และถ่านหิน**
- **โครงสร้างโมเลกุลใหญ่ และซับซ้อน เกิดจากการรวมตัวกันของธาตุ C, N, O, H, S, Si, F and Cl**

ตัวอย่าง polymerization of Polyethylene

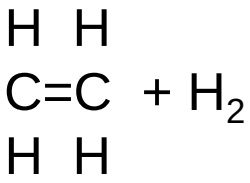
1. สังเคราะห์โมโนเมอร์

Ethane Gas



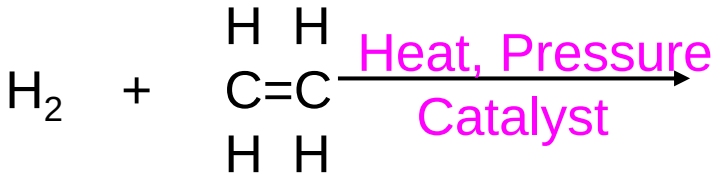
Heat, Pressure

Ethylene monomer



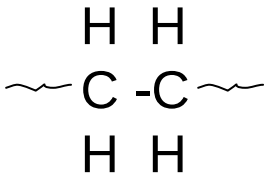
2.

Ethylene monomer

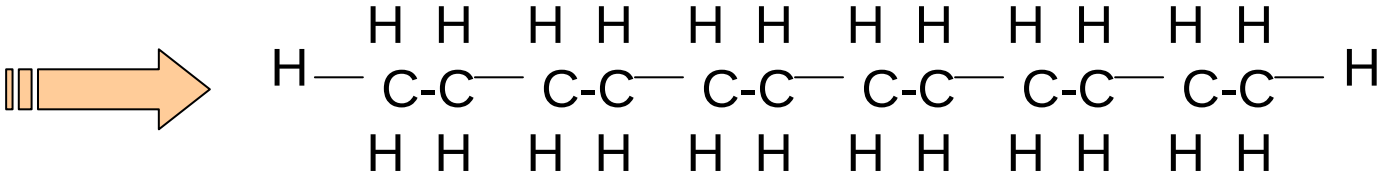


Heat, Pressure
Catalyst

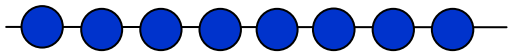
Rearrangement of double bond



Polyethylene

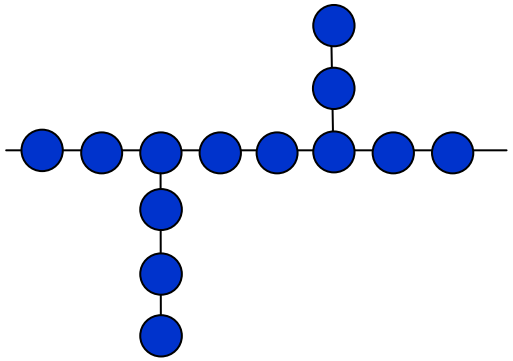


โมเลกุลของ Polymer



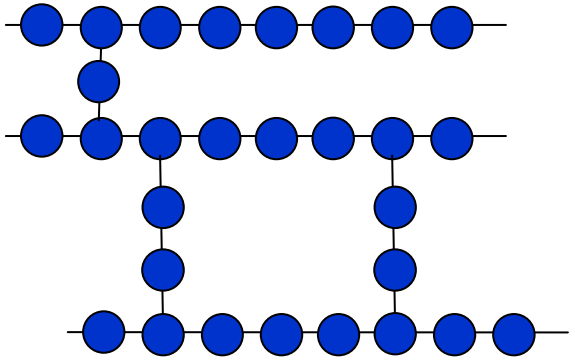
(a) สายยาว

(Linear polymer chain)



(b) สายยาวและมีสาขา

(Branched polymer chain)



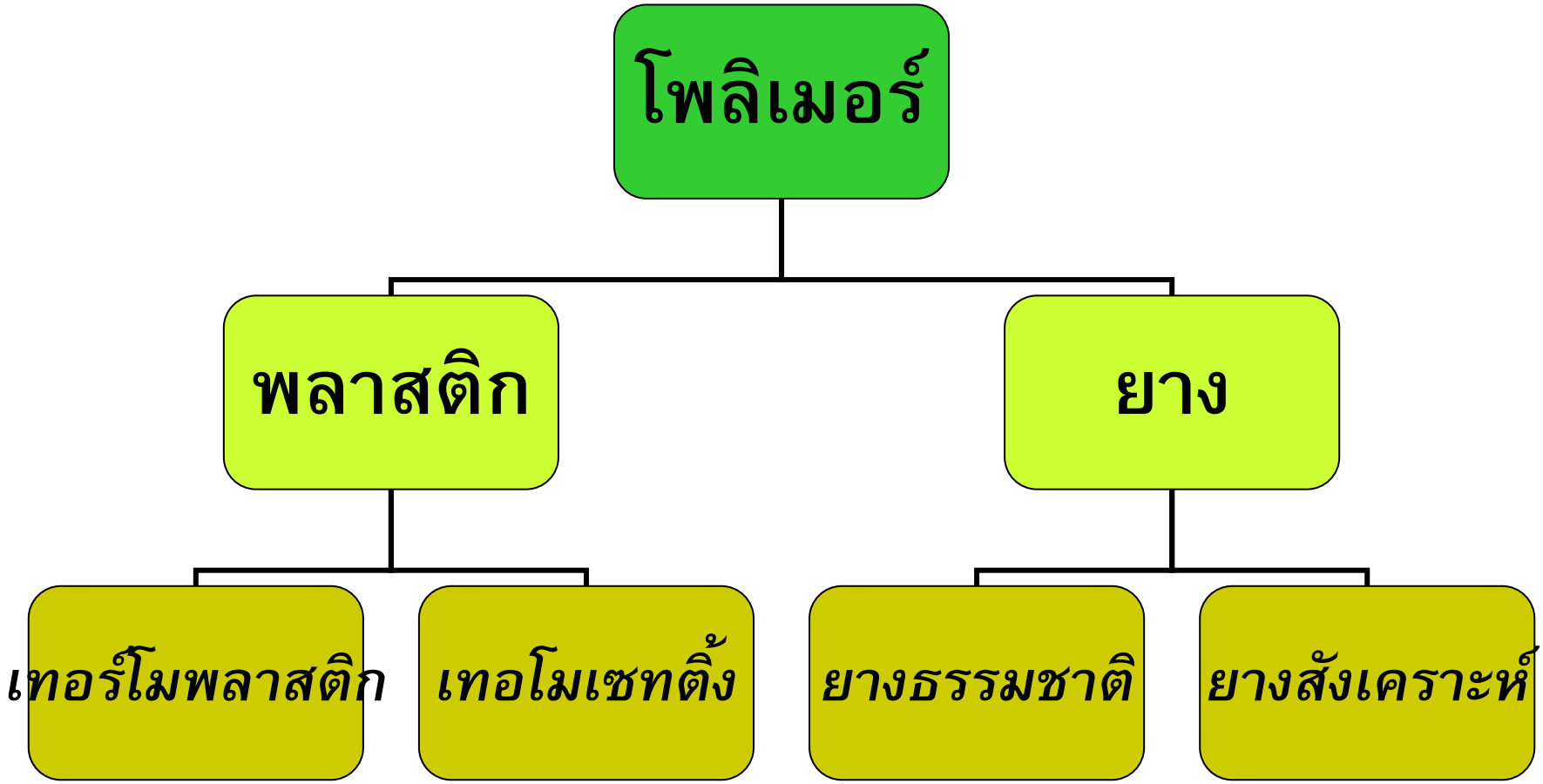
(c)ตาข่าย 3 มิติ

(Cross-linked polymer)

คุณสมบัติทั่วไป

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

การจำแนกประเภทของโพลิเมอร์



วิวัฒนาการของพลาสติก

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

1.เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

- เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) หรือเรซิน เป็นพลาสติกที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด
- เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ Polymerization
- โครงสร้างจะเป็น อสัณฐาน (Amorphous) คือโมเลกุลเดี่ยวต่อกันเป็นลูกโซ่ยาว
- พลาสติกชนิดนี้จะอ่อนตัวและสามารถขึ้นรูปได้เมื่ออุณหภูมิสูง
- มีสมบัติพิเศษ คือ เมื่อหลอมแล้วสามารถนำมาขึ้นรูปกลับมาใช้ใหม่ได้

โพลิเอทิลีน (Polyethylene: PE)

- เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แต่อากาศผ่านเข้าออกได้ มีลักษณะขุ่นและทนความร้อนได้พอควร เป็นพลาสติกที่นำมาใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรม มี 3 เกรด

1) **Low Density Polyethylene (LDPE)**
มีความต้านทานการกัดกร่อนดี กันความชื้นได้ดี ความแข็งแรงต่ำ และมีความยืดหยุ่นสูง นิยมใช้ในการผลิต **bags, bottles, and liners.**

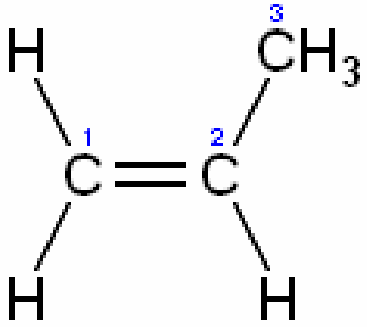
2) **High Density Polyethylene (HDPE)**
เป็นกลุ่มที่นิยมใช้มากที่สุด รับแรงกระแทกได้ดี น้ำหนักเบา ดูดซับความชื้นน้อย มีความแข็งแรงสูง ไม่เป็นพิษ บรรจุอาหารได้

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

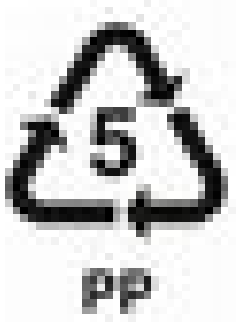
โพลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP)

- เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แข็งกว่าโพลิเอทิลีน ทนต่อสารไขมันและความร้อนสูง แต่เปราะที่อุณหภูมิต่ำ ใช้ทำแผ่นพลาสติถุงพลาสติกบรรจุอาหารที่ทนร้อน หลอดดูดพลาสติก เป็นต้น

ได้จากกระบวนการ **polymerization** ของ **Propylene** (C_3H_6)



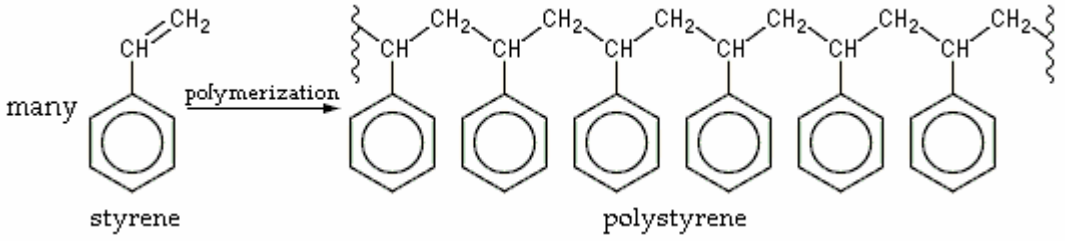
Propylene



สัญลักษณ์การนำกลับมาใช้ใหม่

โพลิสไตรีน (Polystyrene: PS)

- Polystyrene was discovered in 1839 by Eduard Simon
- มีลักษณะโปร่งใส เปราะ ทนต่อกรดและด่าง ไอน้ำและอากาศซึมผ่านได้พอควร ใช้ทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้สำนักงาน เป็นต้น



Properties	
Density	1050 kg/m³
Specific Gravity	1.05
Electrical conductivity (s)	10^{-16} S/m
Thermal conductivity (k)	0.08 W/(m·K)
Young's modulus (*E*)	3000-3600 MPa
Tensile strength (s_t)	46–60 MPa
Elongation at break	3–4%
Notch test	2–5 kJ/m²

Properties	
Glass temperature	95 °C
Melting point[1]	240 °C
Heat transfer coefficient (*Q*)	0.17 W/(m² K)
Linear expansion coefficient (a)	8×10^{-5} /K
Specific heat (*c*)	1.3 kJ/(kg·K)
Water absorption (ASTM)	0.03–0.1
Decomposition	± 2000 years

- Expanded polystyrene is produced from a mixture of about 90-95% polystyrene and 5-10% gaseous blowing agent, The solid plastic is expanded into a foam through the use of heat, usually steam.

- Extruded polystyrene (XPS), or Styrofoam has low thermal conductivity. It is widely used as a thermal insulator in the building.

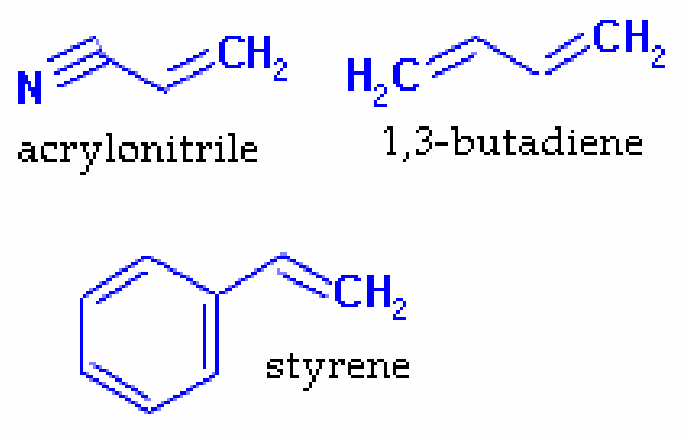
โพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC)

- ไม่มีสี ย้อมสีได้ ทนต่อน้ำมัน จารบี กรด และด่าง
- ผสมสารเพิ่มความอ่อนตัวจะฉีดขึ้นรูปและปาดผิวได้ ถ้าเติมสารที่ทำให้อ่อนตัวมากจะกลายเป็น PVC อ่อน หรือหนังเทียม
- ผลิตภัณฑ์ เช่น ขวดน้ำมันพืช ขวดบรรจุเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เช่น ไวน์ เบียร์

- ไนลอน (Nylon) เป็นพลาสติกที่มีความเหนียวมาก คงทนต่อการเพิ่มอุณหภูมิ ทำแผ่นแลมิเนตสำหรับทำถุงพลาสติกบรรจุอาหารแบบสุญญากาศ
- โพลิคาร์บอเนต (Polycarbonate: PC) มีลักษณะโปร่งใส แข็ง ทนแรงยึดและแรงกระแทกได้ดี ทนความร้อนสูง ทนกรด แต่ไม่ทนด่าง เป็นรอยหรือคราบอาหาร จับยาก ใช้ทำถ้วย จาน ชาม ขวดนมเด็ก และขวดบรรจุอาหารเด็ก

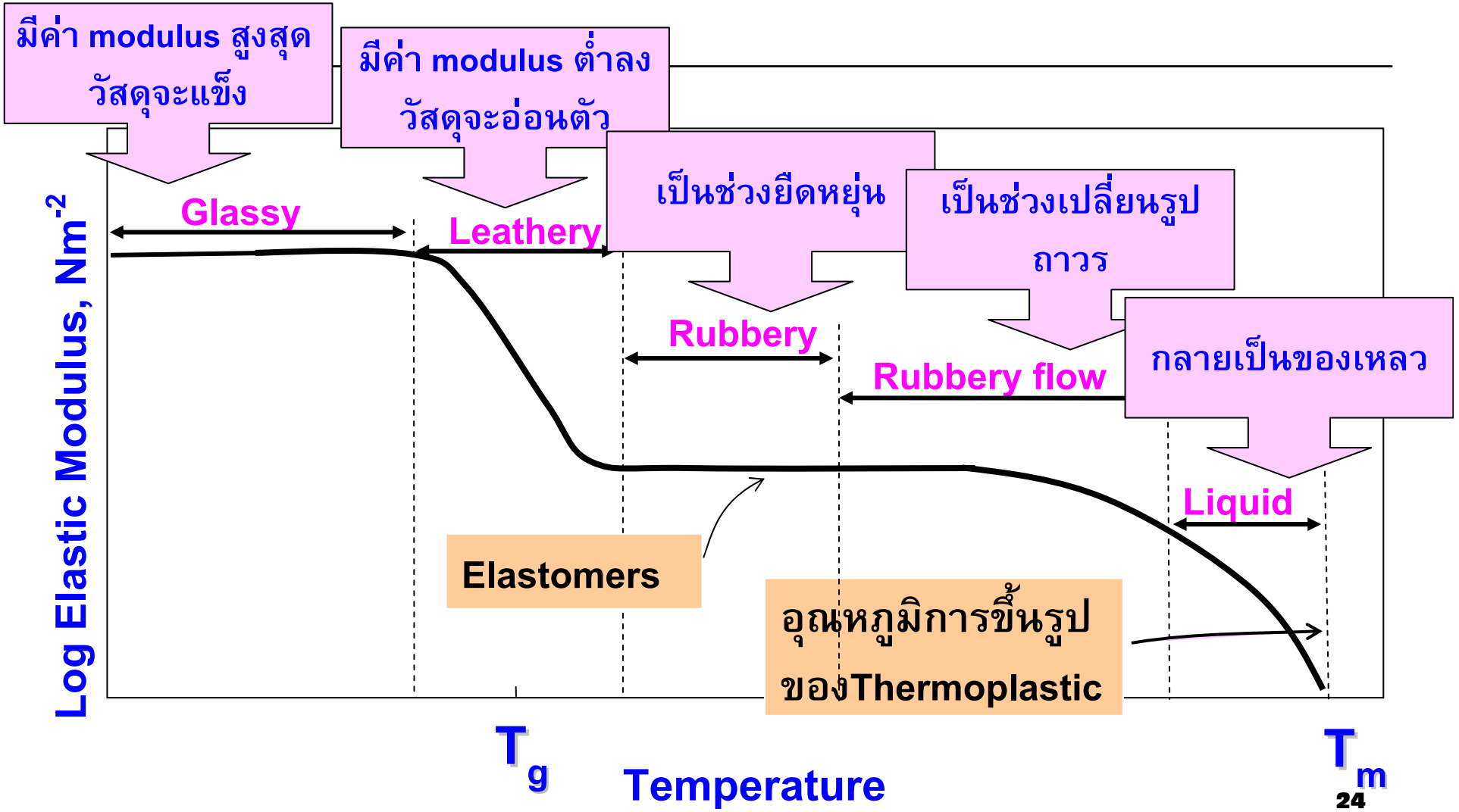
ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene)

- มีสมบัติคล้ายโพลิสไตรีน แต่ทนสารเคมีดีกว่า มีความเหนียวมาก เบา มีความแข็งแรง มีความทนทานสูง
- ผลิตภัณฑ์ เช่น ถ้วย ถาด ท่อสีดำ หมวกกันนอก เป็นต้น



Acrylonitrile is a synthetic monomer produced from propylene and ammonia; butadiene is a petroleum hydrocarbon obtained from butane; and styrene monomers, derived from coal.

กระบวนการเปลี่ยนรูปของโพลิเมอร์



2. Thermosetting Plastics

- เกิดจากการนำโมเลกุลเดี่ยวชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดมาทำปฏิกิริยาแยกน้ำออก ภายใต้ความดันและอุณหภูมิ เรียกว่า **'Polycondensation'**
- **Polycondensation** ประกอบด้วยการหลอมพลาสติกและ การทำให้พลาสติกแข็งตัว เรียกว่า **Curing**
- The curing process transforms the resin into a plastic or rubber by a cross-linking process.

- ปลายของโซ่โมเลกุลชนิดนี้จะยังสามารถทำปฏิกิริยาได้อีก และกลายเป็นโมเลกุลตาข่าย 3 มิติไขว้กัน จะทำให้ได้พลาสติกที่มีพันธะที่แข็งแรง และคงรูป หลังจากการเย็นตัว

- The cross-linking process forms a molecule with a larger molecular weight, resulting in a material with a higher melting point.

- เมื่อได้รับความร้อนจะยืดหยุ่น แต่ถ้าสูงเกินไป หรือนานเกินไป จะทำให้โมเลกุลขาดจากกัน และแข็งเปราะ ไม่สามารถขึ้นรูปได้

ตัวอย่าง Thermosetting Plastics

Unsaturated Polyester เรียกย่อว่า UP

- ไม่มีสี ผิวเป็นมันเงา มีทั้งที่ยืดหยุ่นได้ และแข็งเปราะ
- Ex. ชิ้นส่วนตัวถังรถยนต์ และตัวเรือ

Epoxy Resin เรียกย่อว่า **EP**

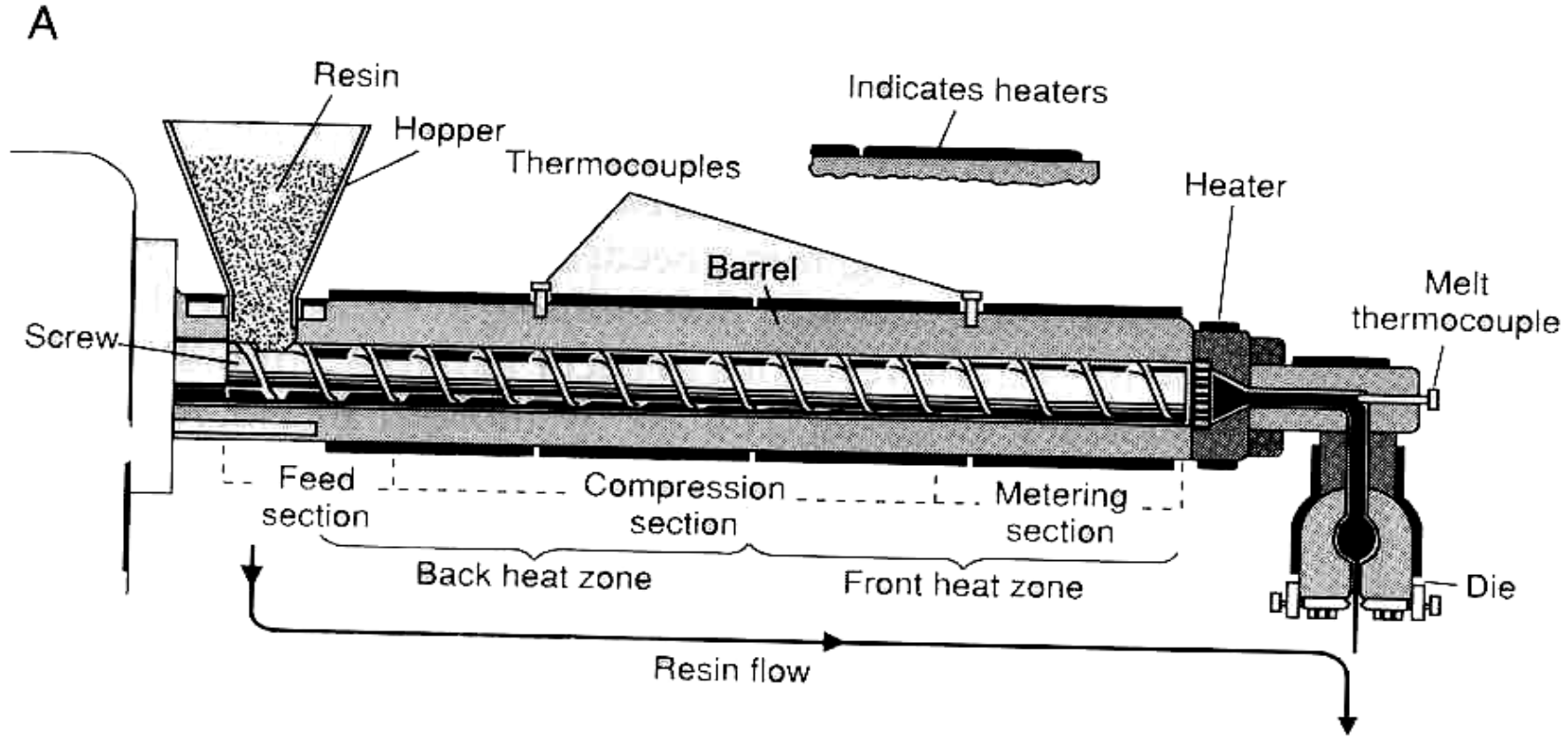
- ไม่มีสี และมีสีออกเหลืองเหมือนน้ำผึ้ง แข็งและเหนียว จับเกาะวัสดุทุกชนิด
- ทนการกัดกร่อนได้ดีมาก
- **Ex.** ชิ้นส่วนเครื่องบิน กาว

Polyurethane เรียกย่อว่า **PUR**

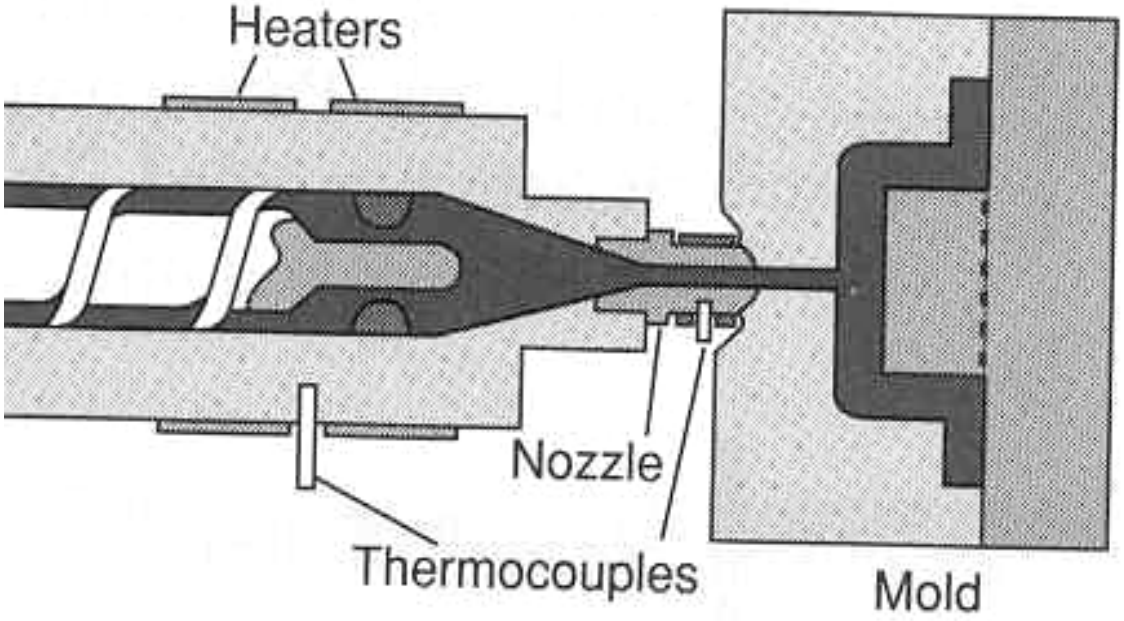
- โปร่งใส สีเหลืองเหนียว และอ่อนเหมือนยาง
- **Ex.** โพรียูลีเทนแข็งใช้ทำเฟือง เปลือกรองเพลา
- โพรียูลีเทนอ่อนใช้ทำ ฟองน้ำเฟอร์นิเจอร์
- โพรียูลีเทนเหลวใช้ทำเคลือบเงา

Plastics Manufacturing process

1. การฉีดพลาสติก (Plastic Injection molding) ใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วน หรือชิ้นงานจากเม็ดพลาสติก

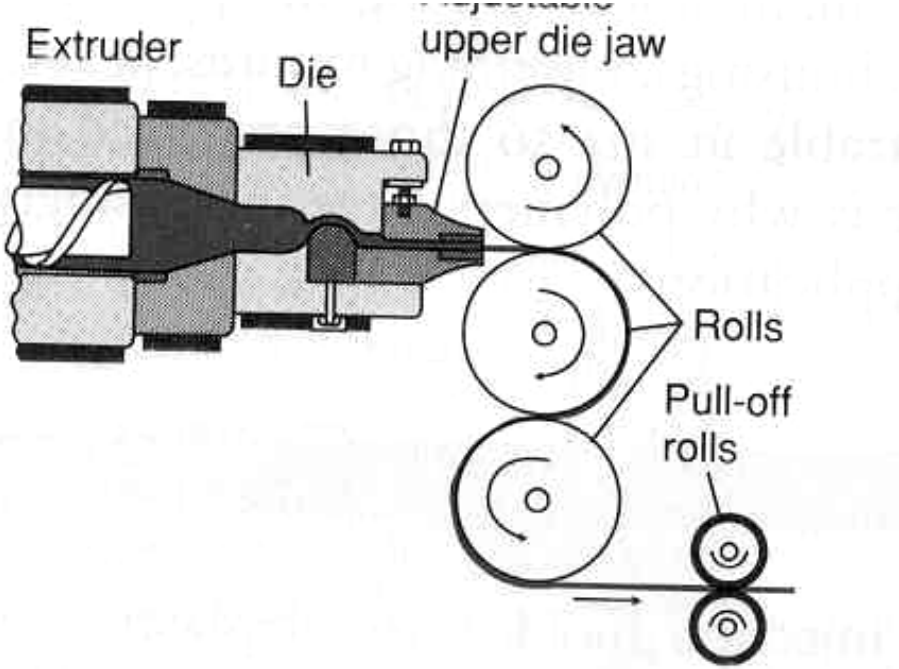


Plastic Injection molding

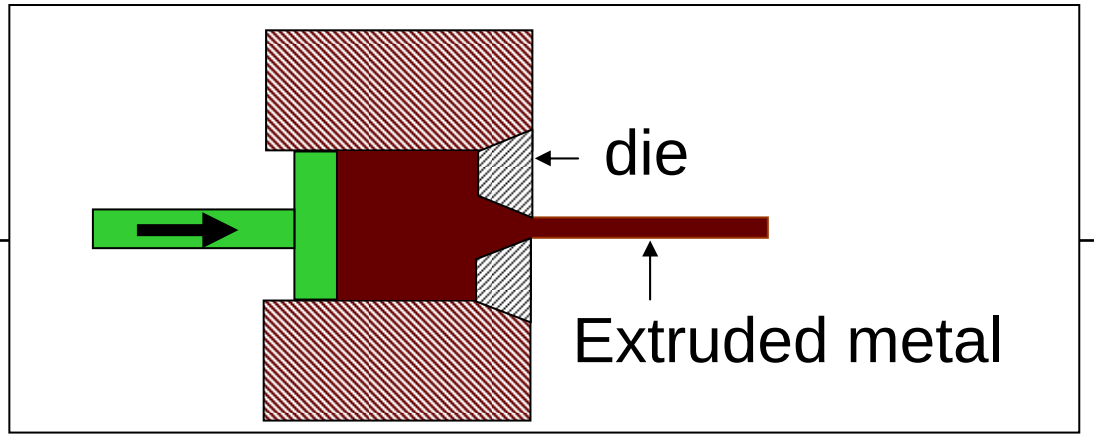


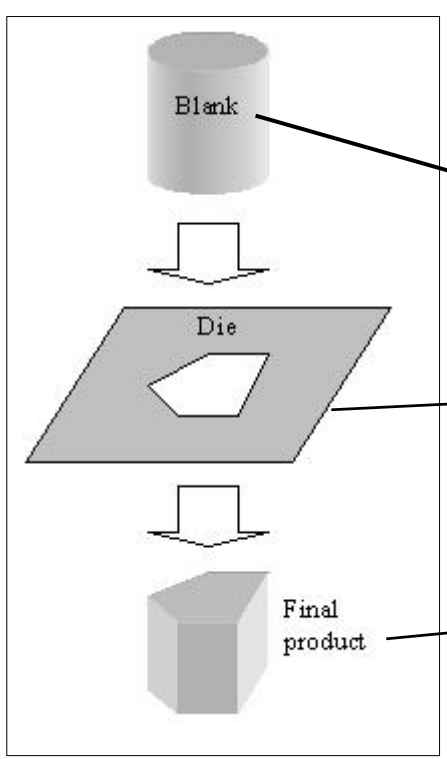
การอัดรีด (Extrusion)

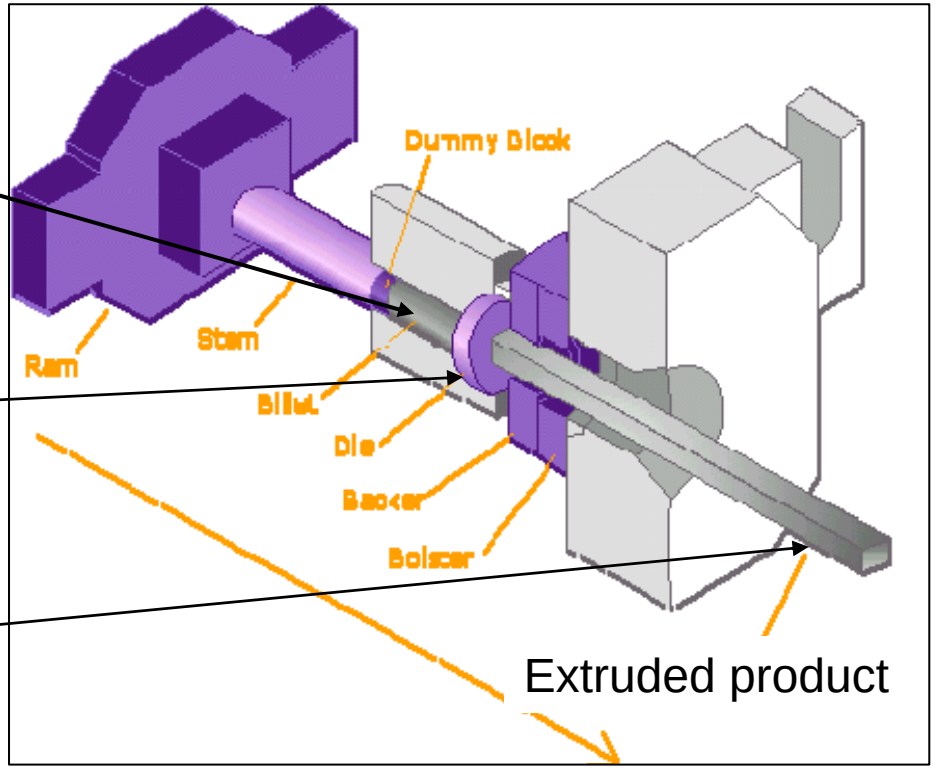
- สำหรับขึ้นรูปพลาสติกอ่อน ใช้ขึ้นรูปท่อ แผ่น หรือรูปพรรณต่าง ๆ



Extrusion

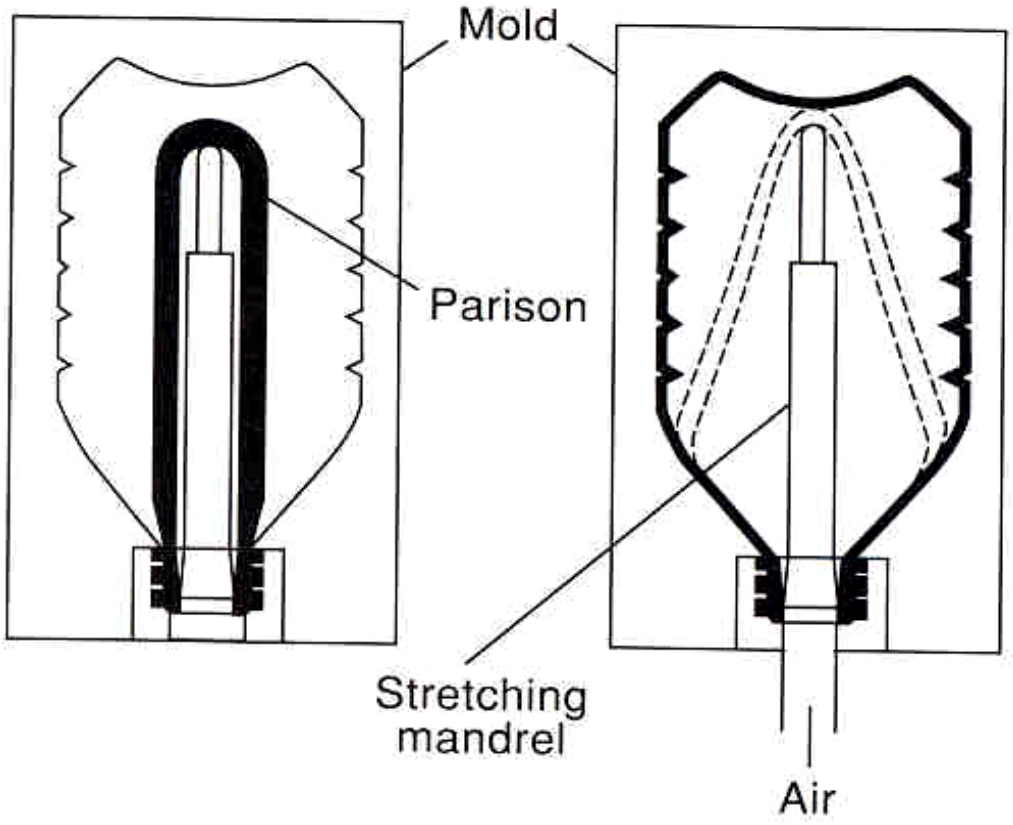

die
Extruded metal


Blank
Die
Final product


Dummy Block
Ram
Stem
Billet
Die
Backer
Bolster
Extruded product

เป่าขึ้นรูป (Blow moulding)

- สำหรับทำถุงพลาสติก ขวด และถัง



- http://www.bpf.co.uk/bpfindustry/process_plastics.cfm
- ส่งงานอาทิตย์หน้า วันอังคาร ที่ 11 ธันวาคม 2550

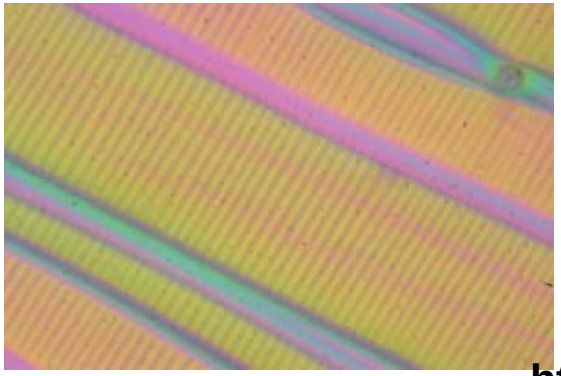
Speciality Polymers

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 $^{\circ}$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



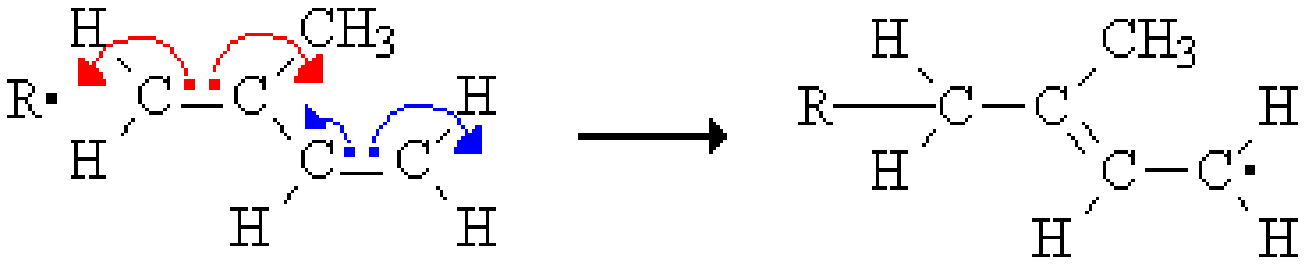
http://www.sharpsma.com/lcd/lcdguide/Primer/tn.php

- ผลิตภัณฑ์ คือ
- พลาสติกที่ใช้ คือ
- จุดหลอมเหลว คือ
- อธิบายกระบวนการขึ้นรูปโดยสังเขป

3. Elastomer พลาสติกยืดหยุ่น

เป็น Elastic hydrocarbon polymer มีโครงสร้างโมเลกุลที่มีตาข่ายกว้าง ความยืดหยุ่นจะลดลงที่อุณหภูมิต่ำ จะมีสองประเภทคือ

- ยางธรรมชาติ คุณสมบัติจะเสื่อมเมื่อสัมผัสเบนซิน



cis-1, 4 polyisoprene