

บทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโพลีเมอร์

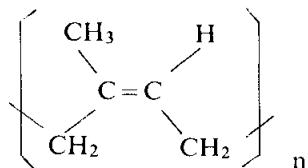
จุดประสงค์ เมื่อศึกษาบทนี้จบแล้ว นักศึกษาควรจะสามารถ

1. บอกความเป็นมาของสารโพลีเมอร์ ที่ในธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์ได้
2. อธิบายแรงยึดเหนี่ยวภายในสายโซ่ไม่เลกุล และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่ไม่เลกุลของโพลีเมอร์ได้
3. บอกความหมายของคำว่า ฟังก์ชันແນລລິຕີได้
4. จำแนกประเภทของโพลีเมอร์ออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อสะดวกในการศึกษาได้
5. บอกวัตถุดินที่สำคัญที่จะนำมาผลิตสารโพลีเมอร์ได้
6. อธิบายคุณสมบัติของสารโพลีเมอร์ที่นำไปใช้งานในลักษณะที่ต่างกันได้

1.1) วิวัฒนาการของโพลีเมอร์

ในอดีตที่ผ่านมา มนุษย์เราในสมัยโบราณไม่มีครรภ์จักคำว่าโพลีเมอร์ ทั้งๆ ที่ได้มีการนำวัตถุดังกล่าวมาใช้งาน เช่น ขนสัตร์ ใช้ทำเป็นเครื่องนุ่งห่ม และปูพื้นที่อยู่อาศัย เส้นจากสัตร์ เช่น ไหม และเส้นจากพืช เช่น ฝ้าย, ปอ ถูกนำมาใช้ประโยชน์ไม่ต่ำกว่า 5000 ปีล่วงมาแล้ว โดยที่ฝ้ายใช้ทำเสื้อผ้าในเมก็ซิโกก่อนพุทธศักราช 2500 ปี อีกทั้งยังมีการค้นพบผ้าฝ้ายในเมก็ซิโก ซึ่งเชื่อว่าอายุไม่ต่ำกว่า 7000 ปี นอกจากนี้ยังพบผ้าไหมในจีน ผ้าลินินที่ทำจากปอใช้ห่อแมมีในอียิปต์ ประมาณกว่า 5000 ปีมาแล้ว น้ำมันดินที่ใช้เชื่อว่า ชไลม์ (slime) ก็มีก่อสร้างไว้ในหนังสือคัมภีร์ว่าด้วยกำเนิดมนุษย์ และการอพยพของชาวบ้านจากอียิปต์ เชลลัค (shellac) ใช้สำหรับเคลือบผิวเพื่อความสวยงาม ก็ใช้มาแล้วกว่า 3000 ปี นักเขียนโบราณก็รู้จักใช้อำพันสำหรับดูดผุ่มมาแล้วก่อนคริสตศักราช

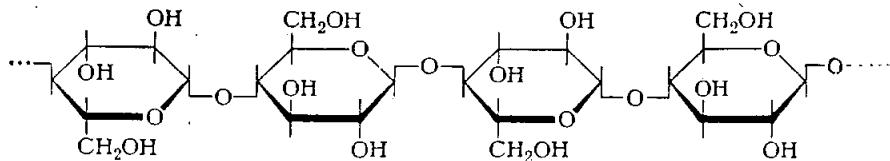
โคลัมบัสและนักสำรวจอื่น ๆ พบร่วมกับการใช้ยาง จากต้นยาง (Hevea brasiliensis) ในอเมริกาใต้ ทำลูกบอลงาชนะบรรจุสิ่งของ รองเท้ายางกันน้ำ ตั้งแต่ตอนที่เขามาสำรวจพบอเมริกาใต้ใหม่ ๆ ซึ่งส่วนประกอบหลักของยางนี้คือ ซิส-โพลีไอโซพรีน (cis-polyisoprene) มีโครงสร้างเป็น



กัตตา-เบอร์ชา (Gutta-percha) ซึ่งเป็นพลาสติกที่ได้จากต้นไม้ในมาเลเซีย ใช้ประโยชน์ทำสายเคเบิลในเรือดำน้ำมาตั้งแต่ตอนต้นศตวรรษที่ 19 ในปี 1839 ชาร์ล กูดเยียร์ (Charles Goodyear) ได้นำยางธรรมชาติตามการทำปฏิกิริยา กับกำมะถัน ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติดีขึ้น แข็งแรง ทนทานต่อการใช้งานเรียกว่าขบวนการวัลคา-ไนเซชัน (vulcanization) และเรียกยางนั้นว่ายางที่ผ่านการวัลคาไนซ์แล้ว (vulcanized rubber) ซึ่งเขาได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ไว้ในปี 1844 ที่สหรัฐอเมริกา หลังจากนั้นน้องชายของเขาริชาร์ด แนลสัน (Nelson) ได้ใช้กำมะถันผสมจำนวนมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นยางที่แข็งมากเรียก อิโบไนต์ (ebonite) ซึ่งเขาจดทะเบียนไว้ในปี 1851

ในปี 1846 เชินไบบ์ (Schönbein) ผลิตเชลลูโลสในเตรตขึ้นมาจาก เส้นใยเชลลูโลส กับกรดไนต์ริก เรียกในตระเชลลูโลส หรือ gun cotton และเมนาร์ด (Menard)

นำไปละลายในเอทานอล และเอธิลเออร์ ซึ่งสารละลายนี้ถูกนำไปทำเป็นเซลลูโลย์ โดย จอห์น เวสเลย์ ไฮแอต (John Wesley Hyatt) ในปี 1868 โดยผสมสารละลายนี้ กับ การบูร (camphor) ผลิตผลที่ได้นำไปทำลูกบิลเลียด แทนงาช้างซึ่งหายากขึ้นทุกวัน นอกจากนี้สารละลายดังกล่าวยังมีผู้นำไปผลิตเป็นเส้นไหม คือ ชาร์ดอนเนต (Chardonnet) เขานำสารละลายนี้ไปผ่านกระบวนการบันไดผลิตภัณฑ์เป็นเส้นไหมเซลลูโลส



เซลลูโลส

ความจริงแล้วได้มีการผลิตโพลีไวนิลคลอไรด์ และเซลลูโลสในเตratมาก่อน อิโบไนต์ แต่ไม่มีผู้ใดนำผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์เป็นพลาสติก จนกระทั่งผลิต อิโบไนต์ได้ จึงได้นำอิโบไนต์ไปใช้ประโยชน์ก่อน อย่างไรก็ได้ผลิตภัณฑ์โพลีเมอร์ที่ใช้ ในการการค้าขั้นตอนนี้ก็ล้วนแล้วแต่เป็นโพลีเมอร์ในธรรมชาติทั้งสิ้น เช่น อะพัน, น้ำมันดิน, เซลลูโลส, กัตตา-เบอร์ชา, อิโบไนต์ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์โพลีเมอร์สังเคราะห์ชนิดแรก เตรียมโดยแบกเคลลันเดอร์ (Baekeland) ในตอนต้นศตวรรษที่ 20 เข้าใช้พินอล (phenol) ทำปฏิกิริยาควบแน่นกับฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่าแบกเคลล์ลิต (Bakelite) เป็นพลาสติกชนิดแรกที่ สังเคราะห์ขึ้นใช้ในทางการค้า ความจริงแล้วมีพลาสติกสังเคราะห์อื่น ๆ เกิดขึ้นก่อนแล้ว ก็มี เช่น ยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน เอธิลเซลลูโลส เป็นต้น แต่ไม่ได้ใช้ในทางการค้า

1.2) จุดเริ่มต้นของวิทยาศาสตร์ทางโพลีเมอร์

แม้ว่าโพลีเมอร์จะถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นเวลานานมาแล้ว แต่นักวิทยาศาสตร์ ก็ยังไม่เข้าใจโครงสร้างที่แท้จริงของโพลีเมอร์ จนกระทั่งปี 1920 สตอยดิงเจอร์ (Staudinger) ได้เสนอสมมุติฐานเกี่ยวกับโพลีเมอร์ว่าเป็นสารโมเลกุลใหญ่ที่มีสายโซ่ยาว (long-chain) เช่น โพลีสไตรีน, ยาง, โพลีออกซิเมธิลีน (polyoxymethylene) จากนั้น ก็ได้มีการศึกษาต่อมาโดยแครโรเธอร์ (Carothers) ในปี 1929 ทำให้เชื่อได้ว่าสมมุติฐาน ของสตอยดิงเจอร์เป็นจริง รวมทั้งโพลีเมอร์ตัวอื่น ๆ ก็มีสมบัติเช่นนั้น ด้วยเหตุนี้จึงถือ ได้ว่าสตอยดิงเจอร์เป็นผู้บุกเบิกวิทยาศาสตร์ทางโพลีเมอร์ และทำให้เขาได้รับรางวัล โนเบลในปี 1953

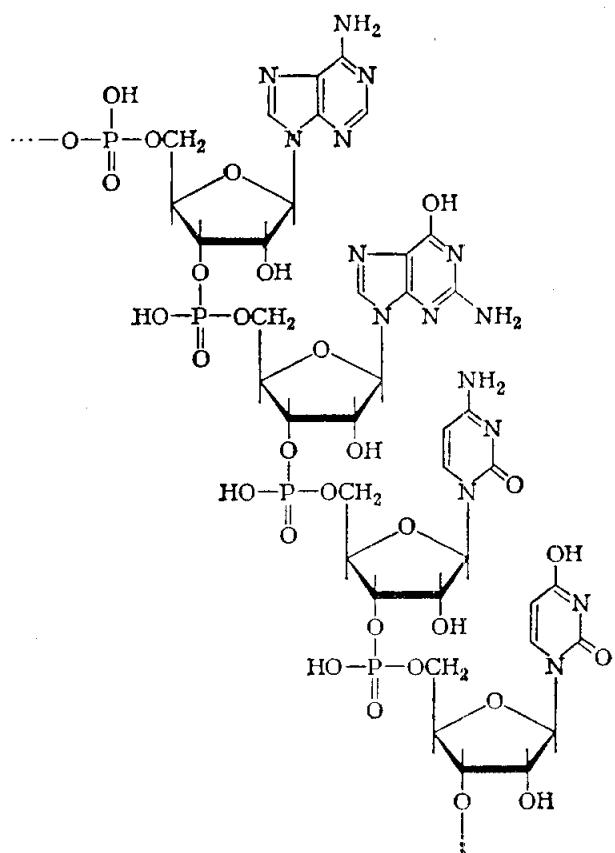
สิ่งหนึ่งที่เป็นปัญหาในทฤษฎีทางโพลีเมอร์ที่ขบคิดกันก็คือปลายโมเลกุลของสายโซ่จะเป็นอย่างไร เพราะว่าดีกรีของโพลีเมอไรเซชัน (degree of polymerisation, \overline{DP}) หรือหน่วยที่ซ้ำ ๆ กัน (repeating unit) นั้นอย่างน้อยก็เป็นร้อย ๆ หน่วยขึ้นไป การตรวจหมู่สุดท้าย (end groups) ในระยะแรก ๆ จึงไม่ประสบผลสำเร็จ ในปี 1925 สตอยดิงเจอร์เสนอว่าหมู่สุดท้ายของสายโซ่ที่ยาว ๆ นั้นไม่จำเป็นต้องมีเวลเนซ์ที่อิมตัว ซึ่งจะทำให้มันไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา แต่มันอาจไม่ว่องไวเนื่องจากขนาดของโมเลกุลที่ใหญ่ก็เป็นได้ หรือไม่ก็อาจมีโครงสร้างเป็นวงขนาดใหญ่ก็ได้ ซึ่งสมมุติฐานนี้เป็นที่ยอมรับกันมานานหลายปี จนกระทั่งปี 1937 ฟลอรี (Flory) ได้ชี้ให้เห็นว่าหมู่สุดท้ายปลายสายโซ่นั้นจะประกอบด้วยโครงสร้างปกติธรรมดามิมีอะไรมพิเศษ

ความหมายจริง ๆ ของโพลีเมอร์ก็คือ เป็นโมเลกุลที่ประกอบกันขึ้น ด้วยหน่วยซ้ำ ๆ กัน ที่เรียกว่าเมอร์ (mer) หรือ โมโนเมอร์ (monomer) ซึ่งเป็นคำกริอก โพลี แปลว่า มากหลาย และ เมอร์ แปลว่า หน่วยหรือส่วน เพราะฉะนั้น โพลีเมอร์จึงเป็นสารที่มีโมเลกุลยาวมาก บางกรณี เป็น สายตรง (linear) บางกรณี ก็เป็นกิ่งก้านสาขา (branched) หน่วยที่ซ้ำ ๆ กันของโพลีเมอร์ปกติแล้วจะเหมือน หรือเกือบเหมือนโมโนเมอร์ เช่น โพลีไวนิลคลอไรด์ มีโครงสร้างเป็น $-[\text{CH}_2\text{CHCl}]_n$ มาจากโมโนเมอร์ คือ ไวนิลคลอไรด์ ซึ่งมีโครงสร้างเป็น CH_2CHCl เป็นต้น

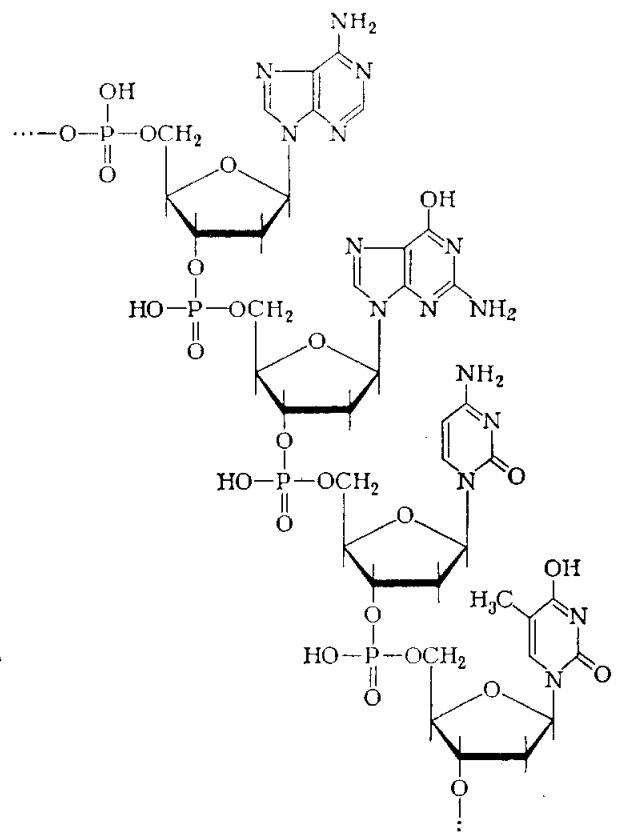
ความยาวของสายโซ่โพลีเมอร์ จะถูกกำหนดโดยจำนวนของหน่วยที่ซ้ำ ๆ กันในสายโซ่ เรียกว่าดีกรีของโพลีเมอไรเซชัน (\overline{DP}) น้ำหนักโมเลกุลของโพลีเมอร์จะเป็นผลคูณของน้ำหนักโมเลกุลจากหน่วยที่ซ้ำ ๆ กัน กับดีกรีของโพลีเมอไรเซชันนั้นเอง เช่น โพลีไวนิลคลอไรด์มีดีกรีของโพลีเมอไรเซชันเท่ากับ 1000 น้ำหนักโมเลกุลของหน่วยที่ซ้ำ ๆ กัน คือ โมโนเมอร์ไวนิลคลอไรด์เท่ากับ 63 เพราะฉะนั้นน้ำหนักโมเลกุลของโพลีไวนิลคลอไรด์ตัวนี้จะเท่ากับ $1000 \times 63 = 63000$ โพลีเมอร์ส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ประโยชน์มักจะมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 10,000 ถึง 1,000,000 หรือมากกว่า

มีศัพท์อีกคำหนึ่งที่มักเข้าใจสับสนในความหมายของมัน คือ มาโครโมเลกุล (macromolecule) หรือสารโมเลกุลใหญ่ ซึ่งหมายถึงสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีความหมายครอบคลุมทั้งโพลีเมอร์ และสารที่ไม่เป็นโพลีเมอร์แต่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ด้วย เพราะสารโมเลกุลใหญ่อาจไม่มีหน่วยที่ซ้ำ ๆ กันก็ได้ หรือมีก็ได้ แต่ถ้าโพลีเมอร์ต้องมีหน่วยที่ซ้ำ ๆ กันแน่นอน ดังนั้นโพลีเมอร์เป็นสารโมเลกุลใหญ่ได้ แต่สารโมเลกุล

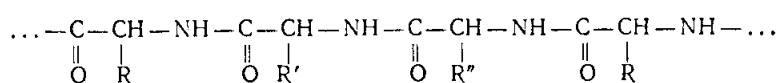
ใหญ่อาจเป็นหรือไม่เป็นโพลีเมอร์ก็ได้ พวกรสโนเลกุลใหญ่ที่มีโครงสร้างซับซ้อน เช่น กรดนิวคลีอิก (DNA, RNA) โปรตีน และเอนไซม์ต่าง ๆ เป็นต้น



RNA



DNA



โปรตีน

R , R' , R'' ในโปรตีน เป็นหมู่ที่ต่างกันในกรด α -อะมิโน ซึ่งมีแตกต่างกันถึง 20 ชนิด เช่น ไกลีซีน (glycine) และอานีน (alanine) แوالีน (valine) ฯลฯ เป็นต้น

น้ำหนักโมเลกุลของโพลีเมอร์นั้น 佔อยดิจิตร์พบว่า มีส่วนสัมพันธ์กับขนาดของโมเลกุล ถ้าหากน้ำหนักโมเลกุลสูงขนาดจะใหญ่ และสามารถหาได้จากวิธีการหล่ายอย่างเช่นวัดความหนืดของสารละลายโพลีเมอร์เจือจาง นอกจากนี้เขายังพบอีกว่าโพลีเมอร์ สังเคราะห์จะมีน้ำหนักโมเลกุลในแต่ละโมเลกุลไม่เท่ากันและมีแตกต่างกันมาก many เรียกว่าโพลีดิสเพอร์ส (polydisperse) แต่กรณีน้ำหนักโมเลกุลของสารโมเลกุลเล็ก ๆ เช่น น้ำเป็นโมโนดิสเพอร์ส (monodisperse) เพราะทุกโมเลกุลมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันหมด

ส่วนการจัดเรียงตัวของอะตอมในสายโซ่โพลีเมอร์ 佔อยดิจิตร์ก็เป็นผู้ศึกษา ก่อนใคร ๆ และพบว่า หมู่ฟีนิล (phenyl groups) ในโพลีสไตรีนจะเกาะอยู่อย่างสลับกัน กับอะตอมคาร์บอน ซึ่งเรียกว่าการเรียงตัวแบบหัวต่อหาง (head-to-tail configuration) และพบว่าพวกไวนิลโพลีเมอร์ส่วนใหญ่จะมีการเรียงตัวแบบนี้ พลอรี ได้ศึกษากลไก การเกิดกิ่งก้านสาขาในโพลีเมอร์ แต่ก็ยังไม่ได้รายละเอียดมากนัก ต่อมาปี 1955 แนตตา (Natta) ได้พบวิธีเตรียมโพลีเมอร์พวกไวนิลโพลีเมอร์โดยสามารถควบคุมความ เป็นระเบียบในการเรียงตัวได้ ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ จะศึกษาได้ในบทต่อ ๆ ไป

1.3) แรงระหว่างโมเลกุลและพันธะเคมีในโพลีเมอร์

โดยปกติแล้วโมเลกุลจะประกอบขึ้นด้วยอะตอม ซึ่งยึดกันไว้ด้วยพันธะ โดยที่ อะตอมจะประกอบด้วยนิวเคลียสเล็ก ๆ มีประจุบวกอยู่ตรงกลาง และล้อมรอบด้วยกลุ่ม อิเล็กตรอน สำหรับอิเล็กตรอนรอบนอกที่เรียกว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอน (valence electrons) นั้นจะเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเกิดพันธะปฐมภูมิ (primary bond)

1.3.1) พันธะปฐมภูมิ มีด้วยกันหลายประเภทคือ

ก) พันธะอิออนิก (ionic bond) เกิดจากอะตอมหนึ่งให้อิเล็กตรอนกับ อีกอะตอมหนึ่งทำให้เกิดประจุบวกและลบกับอะตอมทั้งสอง ดังนั้น อะตอมทั้งสองจึงยึด กันด้วยแรงทางไฟฟ้า เช่น



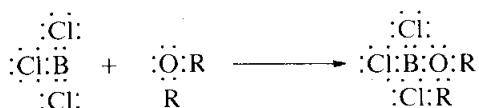
การเรียงตัวของอิเล็กตรอนในลักษณะเช่นนี้ จะมีความเสถียรมากที่สุด และพบมากในพลีกเกลือไฮด์รอก แต่พันธะเหล่านี้ปกติจะไม่ค่อยพบในสารพากโพลีเมอร์ จะมีอยู่บ้างก็ในโพลีเมอร์ที่เรียกว่าอิโโนเมอร์ (ionomers) ซึ่งเป็นโคโพลีเมอร์ของแอลฟ้า-โอลีฟิน (α -olefins) กับโมโนเมอร์กรดคาร์บอชิลิก เช่น กรดเมทาไครลิก (methacrylic acid) และทำให้เป็นกลวงด้วยอิออนบวกของโลหะ ดังนั้น การเกิดโครงสร้างแบบเชื่อมโยง (crosslinking) จะเกิดผ่านโลหะ กับหมุนการบอชิล โพลีเมอร์พากนี้จะใช้ในงาน ที่ต้องการความ ischemic และยืดหยุ่น

ข) พันธะโควาเลนท์ (covalent bond) พันธะประเภทนี้เกิดจากเวเลนซ์ อิเล็กตรอน 1 คู่ หรือมากกว่า 1 คู่ นาร่วมกันระหว่างอะตอม 2 อะตอม ทำให้เกิดโมเลกุลที่เสถียร เช่น



พันธะประเภทนี้เป็นพันธะที่สำคัญในการเกิดโพลีเมอร์

ก) พันธะโโคออร์ดิเนต (coordinate bond) ลักษณะของพันธะประเภทนี้คล้ายๆ กับพันธะโควาเลนซ์ ที่อิเล็กตรอนเข้าร่วมกันเพื่อให้เกิดเสถียรภาพ เพียงแต่ว่าในพันธะโโคออร์ดิเนตนี้อิเล็กตรอนที่เข้าร่วมจะมาจากการหนึ่งอะตอมได้ทั้ง 2 อิเล็กตรอน เช่น



จะเห็นได้ว่าอะตอมที่ให้อิเล็กตรอนไปทั้งคู่เลยคืออะตอมออกซิเจน ส่วนอะตอมที่รับอิเล็กตรอนทั้งคู่คืออะตอม硼อน

ง) พันธะโลหะ (metallic bond) พันธะประเภทนี้จะมีลักษณะที่ประจุบวกอัดแน่นกันอยู่และมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปได้อย่างอิสระ ดังนั้น จึงมีสภาพนำไฟฟ้าสูง เป็นลักษณะที่โลหะกับโลหะมาร่วมพันธะกัน พันธะประเภทนี้ยังไม่พบในโพลีเมอร์

แต่พันธะระหว่างโลหะกับสารอินทรีย์กำลังศึกษา กันอยู่ จัดประเภทเป็นโพลีเมอร์ที่เรียกว่า เมทอลโลซีน (metallocene)

พวกพันธะปฐมภูมิเหล่านี้จะมีความแข็งแรงมากและเกี่ยวข้องกับความยาวของพันธะด้วย ถ้าความยาวน้อย พลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะก็สูงมาก ถ้าความยาวเพิ่มขึ้น พลังงานก็จะต่ำลง เช่น C-C มีความยาวพันธะ 1.54 Å มีพลังงานในการสลายพันธะ 83 kcal. mole⁻¹ ถ้าเป็น C=C มีความยาวพันธะ 1.34 Å พลังงานสลายพันธะจะเพิ่มเป็น 146 kcal.mole⁻¹ เป็นต้น

1.3.2) พันธะทุติยภูมิ (Secondary bond) พันธะประเภทนี้เกิดจากแรงดึงดันระหว่างโมเลกุล (intermolecular forces) ซึ่งอาจเรียกว่าแรงวนเดอร์วัล (van der Waals forces) ก็ได้เนื่องจาก วาน เดอร์ วัล เป็นผู้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ ซึ่งอาจแยกประเภทย่อย ๆ ได้อีกหลายประเภท คือ

ก) แรงไนโตรเพล (dipole forces) เกิดจากแรงทางไฟฟ้าของอะตอมต่างชนิดกันในโมเลกุลหนึ่ง ๆ ทำให้เกิดความไม่สมดุล ซึ่งเรียกว่า มีสภาพข้าว (polar) หรือมีไนโตรโมเมนต์ (dipole moment) เกิดขึ้น เมื่อโมเลกุลเหล่านี้มาอยู่ใกล้กัน จะทำให้เกิดมีแรงกระทำต่อกันได้

ข) พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) เป็นพันธะที่เกิดจากอะตอมไฮโดรเจนกับอะตอมอื่น ๆ 2 อะตอม ซึ่งมีพบมากในโพลีเมอร์ พันธะไฮโดรเจนนี้จะเกิดระหว่าง 2 หมู่ฟังก์ชัน (functional group) ในโมเลกุลเดียวกัน หรือต่างโมเลกุลกัน ซึ่งปกติแล้วพันธะประเภทนี้จะเกิดจากอะตอมไฮโดรเจนเกาะอยู่ระหว่างหมู่ที่ให้ปร่อง (proton donor) เช่น หมู่ไฮดรอกซิล, คาร์บօกซิล, เอมีน, เอไมิด (amide) กับหมู่ที่รับปร่อง (proton acceptor) เช่น ออกซิเจนในคาร์บอนิล, อีเชอร์ และ ไฮดรอกซิล ในไฮโดรเจนไนโมีน, เอไมิด หรืออาจเป็นยาโลเจนก็ได้ โมเลกุลที่มีสภาพข้าว ที่เกี่ยวข้องกับพันธะชนิดนี้ เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ กรดไฮโดรฟลูออริก เป็นต้น พวกโพลีเมอร์ที่มีสภาพข้าวจะทำให้มีผลต่อโครงสร้าง เช่น ในลอน, เซลลูโลส, และโปรตีน ซึ่งมีผลมาจากพันธะไฮโดรเจนด้วยเช่นกัน ความยาวพันธะไฮโดรเจน จะประมาณ 2.4 ถึง 3.2 Å และมีพลังงานการสลายพันธะอยู่ระหว่าง 3-7 kcal.mole⁻¹ สำหรับอะตอมที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มีเพียง ฟลูออรีน, ไฮโดรเจน, ออกซิเจน และคลอรีน เท่านั้นที่มีอิเล็กโตรเนกาติวิตี้เพียงพอ

ก) แรงเหนี่ยวนำ (induction forces) บางครั้งพวากโมเลกุลที่มีส่วนข้าว กสามารถมีอิทธิพลต่อมोเลกุลข้างเคียงและทำให้เหนี่ยวนำให้เกิดได้โดยได้เหมือนกันแม้ว่าจะไม่ถาวร และเมื่อเหนี่ยวนำได้ก็ทำให้เกิดแรงกระทำระหว่างโมเลกุลที่เป็นได้โดยถาวร กับโมเลกุลที่เป็นได้โดยไม่ถาวร ซึ่งถูกเหนี่ยวนำ แรงที่เกิดนี้เรียกว่า แรงเหนี่ยวนำ ซึ่งโดยปกติจะเป็นแรงอ่อน ๆ และไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ

แรงที่เกิดจากพันธะทุติยภูมิเหล่านี้ จะมีผลอย่างสำคัญต่อการรวมกลุ่มของโมเลกุลในสถานะของแข็ง และของเหลว ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของโพลีเมอร์ เช่น การละลาย ความหนืด แรงตึงผิว ฯ เป็นต้น

1.4) พังก์ชันแอลลิตี (Functionality)

ในปฏิกิริยาการเกิดโพลีเมอร์ จะมีการเชื่อมโยงโมเลกุลตัวหนึ่งกับโมเลกุลตัวอื่น ๆ ไปเรื่อย ๆ ซึ่งการจะเกิดการเชื่อมโยงกันได้ต้องมีหมู่พังก์ชันของอะตอมในแต่ละโมเลกุลที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา ดังนั้น พังก์ชันแอลลิตีของโมเลกุลจึงหมายถึงจำนวนของหมู่พังก์ชันที่จะเกิดการเชื่อมโยงกับโมเลกุลอื่น ๆ หรืออาจจะพิจารณาจำนวนโมเลกุล อื่น ๆ ที่เข้าร่วมกับโมเลกุลนั้นก็ได้ พังก์ชันแอลลิตีจะสัมพันธ์กับรูปแบบของปฏิกิริยา เนพาะอย่างเสมอ คือจะขึ้นกับสภาพของปฏิกิริยานั้น ๆ ด้วย เช่น โมเลกุลหนึ่งอาจจะมีพังก์ชันแอลลิตีเท่ากับหนึ่งในสภาพปฏิกิริยาแบบหนึ่ง และอาจจะมีพังก์ชันแอลลิตีเปลี่ยนไป เมื่อสภาพของปฏิกิริยาเปลี่ยนไป

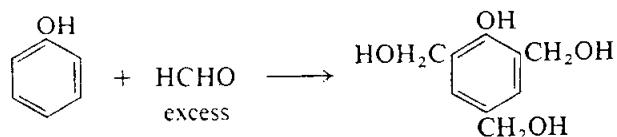
พิจารณาตัวอย่างในปฏิกิริยาเอสเทอราฟิเคชัน (esterification) ระหว่างกรดคาร์บอคซิลิก กับแอลกอฮอล์ เช่น กรดอะซิติก, CH_3COOH กรดไพรูวิก, CH_3COCOOH กรดอันเดโคอิก, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$ กับ เมทานอล, CH_3OH 丙榴พานอล, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ และเอมิลแอลกอฮอล์, $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ ซึ่งทั้งหมดนี้มีพังก์ชันแอลลิตีเท่ากับหนึ่ง ถ้าเป็นกรดแลกติก, $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ เอธิลีนไกลคอล, $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ มีพังก์ชันแอลลิตีเท่ากับสอง พวากลีเซอรอล, $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$ กรดเบนซีนไตรкарบอคซิลิก, $\text{C}_6\text{H}_5(\text{COOH})_3$ มีพังก์ชันแอลลิตีเท่ากับสาม เป็นต้น

ปฏิกิริยาการเกิดโพลีเมอร์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง ที่ควรพิจารณาถึงคือ การที่โมโนเมอร์มีพันธะคู่ เช่น เอธิลีน เวลาเกิดปฏิกิริยาจะมีลักษณะเป็น

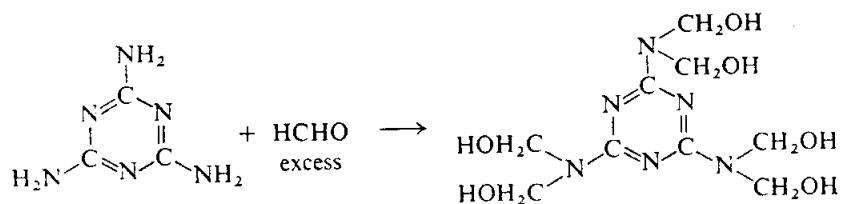


กรณีนี้เรียกว่าการเกิดโพลีเมอไรเซชันแบบรวมตัว (addition polymerisation) และโมโนเมอร์ที่มีพันธะคู่ 1 คู่ เช่น เอธิลีนนี้ จัดเป็นประเภทที่มีพังก์ชันแอลลิติเท่ากับสอง ถ้าเป็นบิวตัลไดอีน, $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{HC}=\text{CH}_2$ หรือ ไอโซพรีน, $\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{HC}=\text{CH}_2$ พวกนี้จะมีพังก์ชันแอลลิติเท่ากับสี่ แต่บางทีก็มีเพียงสอง แล้วแต่สภาวะของปฏิกิริยา

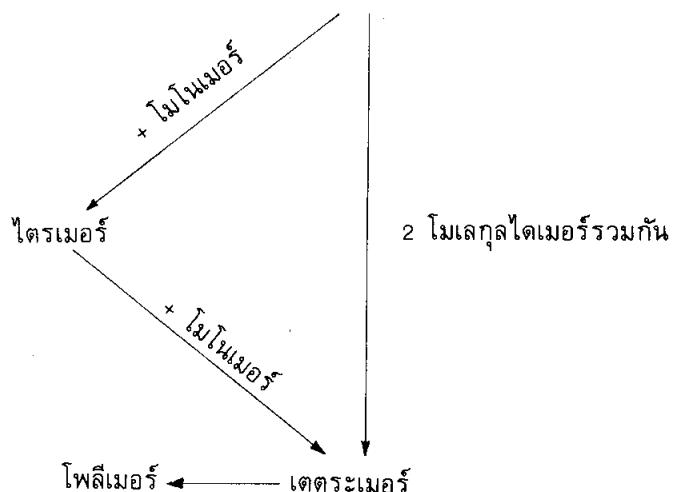
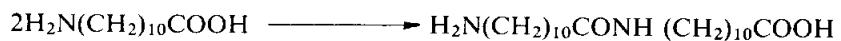
พิจารณาในโมเลกุล เช่น กรดมาลีอิก $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$ เวลาเกิดปฏิกิริยาเอสเทอราฟิเคลชัน จะเกิดผ่านพังก์ชันแอลลิติเพียง 2 ส่วนพันธะคู่จะเกิดได้โดยปฏิกิริยาร่วมตัว ซึ่งทำให้เกิดได้เช่นกัน และมีประโยชน์ในการเตรียมโพลีเอสเทอร์ชนิดร่างแห้งนำไปใช้ในงานไฟเบอร์กลาส (glass fiber) กรณีที่พังก์ชันแอลลิติไม่แน่นอนนี้อาจจะพบอีก เช่น ในปฏิกิริยาระหว่างฟีนอล กับฟอร์มาลดีไฮด์ โดยที่ฟอร์มาลดีไฮด์จะเข้าที่ตำแหน่ง พารา (para) หนึ่งตำแหน่ง และเข้าที่ตำแหน่งออร์โธ (ortho) สองตำแหน่ง รวมแล้วฟีนอลจะมีพังก์ชันแอลลิติเท่ากับ 3 ดังนี้



ในปฏิกิริยานี้ต้องใส่ฟอร์มาลดีไฮด์ให้มากเกินพอ และถ้าหากว่า ปฏิกิริยานี้ทำที่อุณหภูมิสูง ๆ พร้อมทั้งใช้ตัวเร่ง (catalysts) ฟอร์มาลดีไฮด์ก็อาจเข้าที่ตำแหน่งเมتا (meta) ได้ ตัวอย่างอีกอันคือ เมลามีน (melamine) ซึ่งตามทฤษฎีแล้วสามารถทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลดีไฮด์ได้ 6 โมเลกุล แต่จริง ๆ แล้วเวลาเตรียมเมลามีน-ฟอร์มาลดีไฮด์เรซินฟอร์มาลดีไฮด์จะเข้ารวมกับเมลามีนได้แค่เพียง 3-4 โมเลกุลเท่านั้น (ต่อเมลามีน 1 โมเลกุล) กรณีข้ารรวม 6 โมเลกุลจะเป็นดังนี้

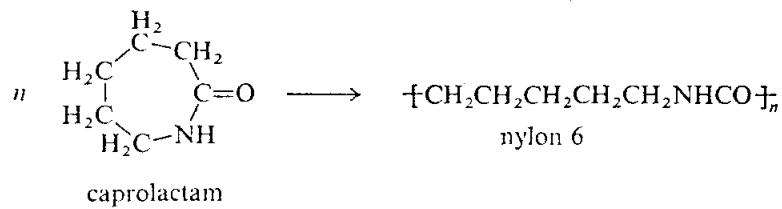


เมื่อพิจารณาถึงตอนนี้ จะเห็นได้ว่า ถ้าเราใช้โนโนเมอร์ที่มีพังก์ชันแอลลิติ เท่ากับหนึ่ง มาทำปฏิกิริยา กัน จะได้สารผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ คือ มีตัวสำา กว่าผลรวมน้ำหนักโมเลกุลของสารตั้งต้น 2 ตัวรวมกัน ถ้าใส่ตัวใดตัวหนึ่งลงไปมาก ในตอนสิ้นสุดปฏิกิริยา ก็จะเหลือตัวนันอยู่ด้วยแต่ถ้าสารตั้งต้นมีพังก์ชันแอลลิติเท่ากับ 2 สามารถให้สารผลิตภัณฑ์ที่มีสายโซ่ยาว น้ำหนักโมเลกุลสูง ดังตัวอย่าง กรดอะมิโน อันเดโคอิกทำปฏิกิริยาร่วมตัวกันดังนี้



กรณีนี้หมู่พังก์ชันที่ว่องไว 2 หมู่ อยู่ในโมเลกุลเดียวกัน คือ $-\text{NH}_2$ กับ $-\text{COOH}$ เราอาจจะพบทั้งกรณีนี้ หรืออาจจะพบกรณีที่หมู่พังก์ชัน แยกกันอยู่ต่างโมเลกุลกัน ก็ได้ หรือถ้าพิจารณาในสารตั้งต้นที่มีพันธะคู่ 1 คู่ ก็จะมีพังก์ชันแอลลิติ 2 เช่นกัน เช่น เอธิลีนที่กล่าวมาแล้ว เมื่อร่วมตัวกันก็จะได้โพลีเมอร์ที่มีสายโซ่ยาว

แครอเธอร์ (W.H.Carothers) ได้จำแนกจำพวกของโพลีเมอร์ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเกิดจากลักษณะของพันธะคู่ เป็นแบบรวมตัว อีกกลุ่มนึงเป็นแบบปฏิกิริยาควบแน่น โดยผ่านหมู่พังก์ชัน และให้โมเลกุลเล็ก ๆ หลุดออกมานอก แต่ยังมีปฏิกิริยาอีกแบบหนึ่งที่แตกต่างไปจาก 2 แบบที่กล่าวมานั้น ด้วยอย่างเช่น ปฏิกิริยาของแคปโรแลกตัม (caprolactam) ถูกให้ความร้อน โดยมีน้ำหรือกรดอยู่ด้วยเล็กน้อย วงจะถูกเปิดออกให้โพลีเมอร์สายโซ่ตรง คือ ไนلون-6



ถ้าพิจารณาในสายโซ่ของไนลอน-6 จะพบกลุ่มของอะตอม $-\text{CONH}-$ ในโมเลกุล ซึ่งมีลักษณะเหมือนโพลีเมอร์แบบควบแน่น โดยอาจเตรียมได้จากการลดออกไซด์ $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ทำปฏิกิริยา กันเอง ก็จะได้ ไนลอน-6 เช่นกัน ลักษณะการเปิดวง (ring opening) เช่นเดียวกับแคโรแลกตัมที่ยังมีปฏิกิริยาอีน ๆ ที่ใช้เตรียมโพลีเมอร์อีกหลายชนิด เช่น การเตรียมโพลีอีเธอร์ ก็อาจเตรียมได้จากไซคลิกอีเธอร์ (cyclic ethers) แม้ว่าลักษณะของสายโซ่ในโมเลกุลจะเป็นแบบควบแน่น แต่ปฏิกิริยาการเปิดวงนี้จะมีจลนศาสตร์เหมือนพวกร่วมตัว ดังนั้นการจัดกลุ่มของพวกรู้จักได้กลุ่มหนึ่งใน 2 กลุ่มนี้ได้แล้วแต่จะพิจารณาอะไรเป็นสำคัญ

1.5) ประเภทของโพลีเมอร์

การจัดแบ่งประเภทของโพลีเมอร์นั้นจัดได้หลายแบบหลายอย่าง ขึ้นอยู่กับว่าจะพิจารณาอะไรเป็นหลัก เช่น จะพิจารณาโครงสร้าง ก็ถูกความแตกต่างภายในโครงสร้างว่าจะจัดแบ่งได้กี่ประเภท อาจจะเป็นสายโซ่ตรง หรือสายโซ่ที่มีกิ่งก้านสาขา เป็นต้น หรือว่าจะพิจารณาการใช้งานของผลิตภัณฑ์โพลีเมอร์ ซึ่งหลักเกณฑ์ดังกล่าวนี้ อาจพิจารณารายละเอียดได้ดังต่อไปนี้คือ

1.5.1) จัดแบ่งประเภทตามส่วนประกอบของอะตอมในสายโซ่โพลีเมอร์ จะได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

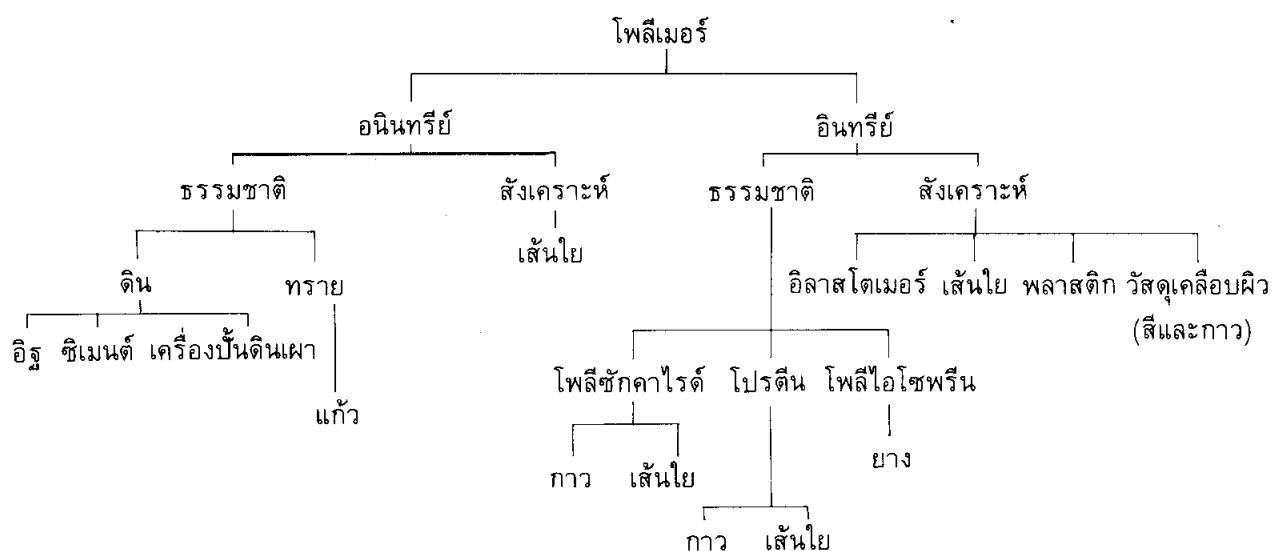
ก) **โพลีเมอร์อนินทรีย์ (inorganic polymers)** หมายถึงกลุ่มโพลีเมอร์ที่เกิดจากสารอนินทรีย์ ทั้งที่เกิดในธรรมชาติ และที่สังเคราะห์ได้ พวกรู้จักได้ ก็มีเช่น ทราย, ดิน แล้วไปผ่านกระบวนการต่อไปจะได้ แก้ว อิฐ ซิเมนต์ เป็นต้น พวกรู้จักได้ ก็มี เส้นใย เช่น เส้นใยคาร์บอน (carbon fiber) เส้นใยซิลิโคน คาร์ไบด์ เป็นต้น

ข) โพลีเมอร์อินทรีย์ (organic polymers) หมายถึงกลุ่มโพลีเมอร์ที่เกิดจากสารอินทรีย์ในธรรมชาติ มีพวกโพลีซัคคาไรด์ (polysaccharides) โปรตีน การธรรมชาติ เส้นใยธรรมชาติ ยางธรรมชาติ เป็นต้น ส่วนโพลีเมอร์อินทรีย์ที่สังเคราะห์ก็มีมากมาย เช่น ยางสังเคราะห์ พลาสติกต่างๆ การเส้นใย เป็นต้น

1.5.2) จัดแบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งาน (application) จะได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

- ก) อิลัสโตเมอร์ (elastomers) หรือยาง (rubbers)
- ข) พลาสติก (plastics)
- ค) เส้นใย (fibers)
- ง) วัสดุเคลือบผิวรวมทั้งสีและกาว (paint and adhesives)

ทั้งหัวข้อ 1.5.1 และ 1.5.2 อาจเขียนเป็นแผนผังได้ดังนี้



1.5.3) จัดแบ่งประเภทตามสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

ก) กลุ่มโพลีเมอร์พวกร้อนพลาสติก (thermoplastic polymers) โพลีเมอร์พวกนี้ละลายได้ในตัวทำละลายบางชนิด เมื่อยุกความร้อนสามารถหลอมตัวได้

และเมื่อยืนลงก็จะแข็งตัว สามารถทำให้หลอม และแข็งตัวได้หลาย ๆ ครั้ง โดยไม่ทำให้สมบัติทางเคมีเปลี่ยนไป อาจแยกเป็น 2 กลุ่มย่อย ๆ ได้อีก คือ กลุ่มเทอร์โมพลาสติกอสัณฐานหรือไม่เป็นผลลัพธ์ (amorphous thermoplastics) กลุ่มนี้มีสมบัติแข็ง และerasable เช่น โพลีสไตรีน (polystyrene) โพลีเมธิลเมราไครเลต (polymethyl methacrylate) โคโพลีเมอร์อะไครโลไนไตรอล-บิวตะไดอิน-สไตรีน (acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer) เป็นต้น อีกกลุ่มหนึ่งคือ กลุ่มเทอร์โมพลาสติกที่มีผลึกบางส่วน (partial crystalline thermoplastics) กลุ่มนี้จะมีโครงสร้างของโซ่อิเล็กตรอนเป็นระเบียบ ทำให้เรียงตัวได้ดี จึงมีความเป็นผลึกปานอยู่ ประกอบกับการที่อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อ 2.3) (glass transition temperature, T_g) ถ้าอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิห้องจะทำให้โพลีเมอร์ตัวนั้นมีลักษณะยืดหยุ่นและเหนียวพอสมควร ตัวอย่าง เช่น โพลีเอธิลีน (polyethylene) โพลีโพร์พิลีน (polypropylene) โพลีเอไมด์ (polyamide) เป็นต้น

ข) กลุ่มโพลีเมอร์พักเทอร์โมเซ็ต (thermosetting polymers) โพลีเมอร์กลุ่มนี้จะมีรูปทรงถาวรเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ความร้อน หรือความดัน ผลิตผลที่ได้นำไปหลอมละลายอีกไม่ได้ ไม่ละลายในตัวทำละลาย คือเกิดขั้นการไม่ย้อนกลับ โดยเมื่อได้ผลิตผลแล้ว ถ้าจะเปลี่ยนรูปร่างใหม่ไม่สามารถกระทำได้ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า ก่อนผ่านขั้นการเตรียม โครงสร้างของโพลีเมอร์ยังไม่เป็นร่างแท้แต่เมื่อผ่านขั้นการโดยให้ความร้อนหรือความดันเข้าไป จะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในโครงสร้างเกิดการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่อิเล็กตรอน มีลักษณะเป็นระบบสามมิติ (three-dimensional systems) มีการสร้างพันธะโคเวเลนซ์ระหว่างสายโซ่อิเล็กตรอน ทำให้ผลิตผลที่ได้มีความคงทนไม่หลอม ไม่ละลายถ้าให้ความร้อนมาก ๆ จะไหม้เกรียมและสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม ตัวอย่างง่าย ๆ ที่เห็นชัดเจน คือ ยางธรรมชาติที่ผ่านขั้นการรักษาในเชื้อน ซึ่งจะเชื่อมโยงสายโซ่อิเล็กตรอนด้วยกำมะถัน ทำให้แข็งแกร่ง ทนทานมากขึ้น ตัวอย่างอื่น ๆ ก็มีพาราออกซี (epoxy) โพลีเอสเทอร์ไม่อิมดัฟ (unsaturated polyester) เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน โพลีบูรีเจน พีโนล-ฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน เป็นต้น

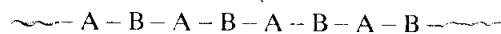
1.5.4) แบ่งตามลักษณะการจัดตัวของโมโนเมอร์ ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

ก) โอลิโนโพลีเมอร์ (homopolymers) พากนี้ในสายโซ่อิเล็กตรอนประกอบด้วยโมโนเมอร์ชนิดเดียว เช่น ถ้าโมโนเมอร์เป็น A สายโซ่อิเล็กตรอนจะเป็น $-A-A-A-A-A-$ ตัวอย่าง เช่น โพลีเอธิลีน ในสายโซ่อิเล็กตรอนจะประกอบด้วยเอธิลีนชนิดเดียว หรือ

โพลีสไตรีน กับประกอบด้วยโมโนเมอร์สไตรีนชนิดเดียว

ข) โคโพลีเมอร์ (copolymers) ในสายโซ่โมเลกุลประกอบด้วยโมโนเมอร์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เช่น โคโพลีเมอร์ สไตรีน-บิวตะไดอีน โคโพลีเมอร์ อาร์โอลain-ไตรส-บิวตะไดอีน เป็นต้น โคโพลีเมอร์ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ 3 ชนิด ก็มีเช่น ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene) กรณีโคโพลีเมอร์ที่มาจากโมโนเมอร์ 2 ชนิด ยังอาจแบ่งได้หลายแบบตามลักษณะการเรียงตัวของโมโนเมอร์ คือ

1) โคโพลีเมอร์แบบสลับ (alternating copolymers) ถ้าพิจารณาในกรณีที่มีโมโนเมอร์ A และโมโนเมอร์ B ในสายโซ่โมเลกุลจะประกอบด้วย A และ B สลับกันไปอย่างเป็นระเบียบ คือ

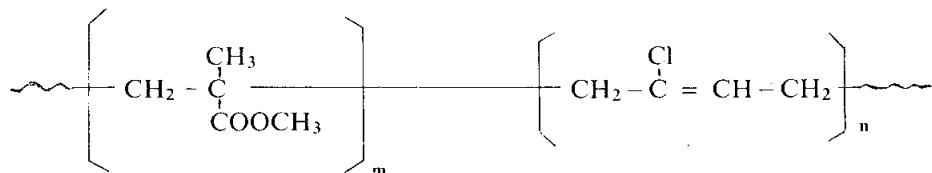


2) โคโพลีเมอร์แบบสุ่ม (random copolymers) ในสายโซ่โมเลกุลจะพบโมโนเมอร์ทั้ง 2 ชนิด เช่น A และ B อยู่ปะปนกันอย่างไม่เป็นระบบ เช่น $\sim - A B A A B A B B A A B \sim$ จะเห็นได้ว่าอาจพบ A 1 หน่วยหรือ 2 หน่วยก็ได้ไม่แน่นอน B ก็เช่นกันอาจพบ 1 หน่วยหรือ 2 หน่วยหรือมากกว่าก็ได้

3) โคโพลีเมอร์แบบล็อก (block copolymers) โคโพลีเมอร์พวกรู้จะประกอบด้วยโมโนเมอร์ 2 ชนิด แต่ละชนิดจะพบว่าอยู่กันเป็นกลุ่ม ๆ ในสายโซ่โพลีเมอร์ ลักษณะเป็น



ตัวอย่าง เช่น โคโพลีเมอร์ระหว่าง เมธิลเมทาไครเลตกับคลอโรพรีน



4) โภโพลีเมอร์แบบกราฟท์ (graft copolymers) มีลักษณะเป็นสายโซ่โมเลกุลที่มีกิ่งแยกจากสายโซ่หลัก แต่หน่วยของโมโนเมอร์ในสายโซ่หลักจะมีชนิดเดียว เช่น A ก็เป็น A ตลอดและมีหน่วยของโมโนเมอร์อีกชนิดหนึ่ง เช่น B แยกเป็นกิ่งออกไป ลักษณะเป็น



1.5.5) แบ่งตามชนิดของโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

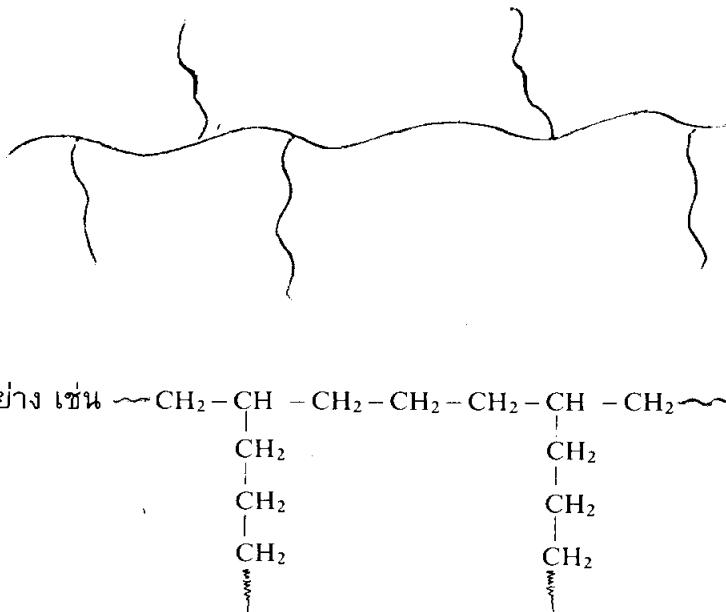
ก) โพลีเมอร์แบบสายโซ่ตรง (linear polymers) โพลีเมอร์ชนิดนี้จะมีสายโซ่โมเลกุลมีลักษณะเป็นเส้นยาว ๆ ไม่มีกิ่งหรือสาขาแยกออกไป มีลักษณะดังนี้



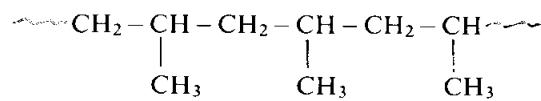
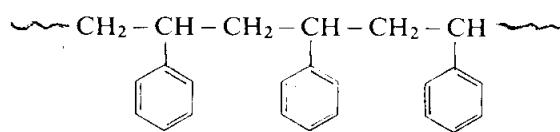
ตัวอย่าง เช่น โพลีเอธิลีนที่เป็นแบบสายโซ่ตรง (linear polyethylene)



ข) โพลีเมอร์แบบที่มีกิ่งหรือสาขา (branched polymers) กลุ่มนี้สายโซ่โมเลกุลจะมีกิ่งก้านสาขาแยกออกไปจากสายโซ่หลัก มีลักษณะดังนี้

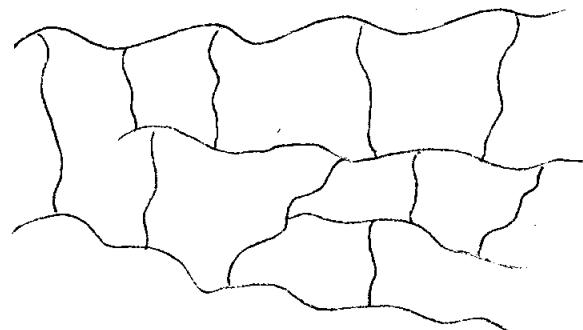


กรณีนี้ คือโพลีเอธิลีนที่มีกิ่งก้านสาขาแยกออกจากสายโซ่หลัก สังเกตให้ดีว่า กิ่งที่แยกออกจากสายโซ่หลักนั้น ต้องเป็นหน่วยที่ซ้ำๆ กัน หรือหน่วยของโมโนเมอร์ แต่ถ้ากิ่งที่เกาะอยู่เป็นส่วนประกอบของโมโนเมอร์ กรณีนี้ไม่ถือเป็นกิ่ง เช่น โพลีสไตรีน หรือ โพลีโพรพิลีน



จะเห็นได้ว่าทั้งหมุฟินิล และหมู่เมธิล เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของโมโนเมอร์ คือ โมเลกุลสไตรีน และโมเลกุลโพรพิลีน กรณีที่เห็นนี้ถือว่าเป็นโพลีเมอร์สายโซ่ตรง

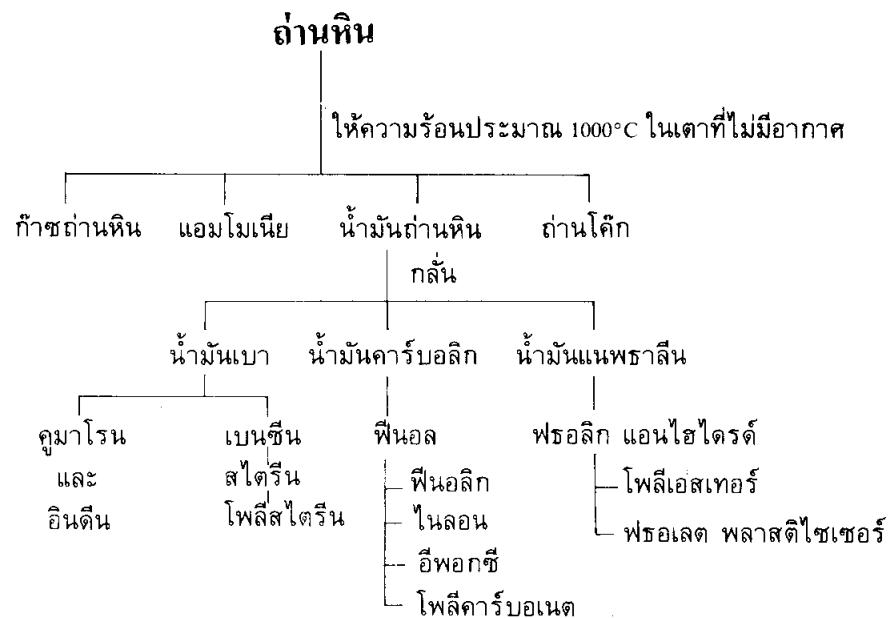
ค) โพลีเมอร์แบบร่างแท (network polymers) โพลีเมอร์กลุ่มนี้จะมีสายโซ่ไม่เลกูลเชื่อมโยงกันเป็นแบบร่างแท อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าโพลีเมอร์แบบเชื่อมโยง (crosslinked polymers) ก็ได้ มีลักษณะคล้ายตาข่าย



1.5.6) แบ่งตามลักษณะของหมู่ฟังก์ชัน (functional group) คือ พิจารณาจากหมู่ฟังก์ชันว่าเป็นพากไหน เช่น มีหมู่ฟังก์ชันเป็นเอสเทอร์ ก็จัดเป็นพากโพลีเอสเทอร์ ถ้าเป็นพากโอลีฟิน ก็จัดเป็นกลุ่มโพลีโอลีฟิน (polyolefins) เป็นต้น ซึ่งจะมีกลุ่มต่างๆ มากมายหลายกลุ่ม เช่น โพลีเอไมด์ โพลีอีเซอร์ โพลียูรีเทน อีพอกซี่ โพลีเมอร์อะไครลิก ฯลฯ เป็นต้น

1.6) แหล่งวัตถุดิบที่สำคัญของโพลีเมอร์

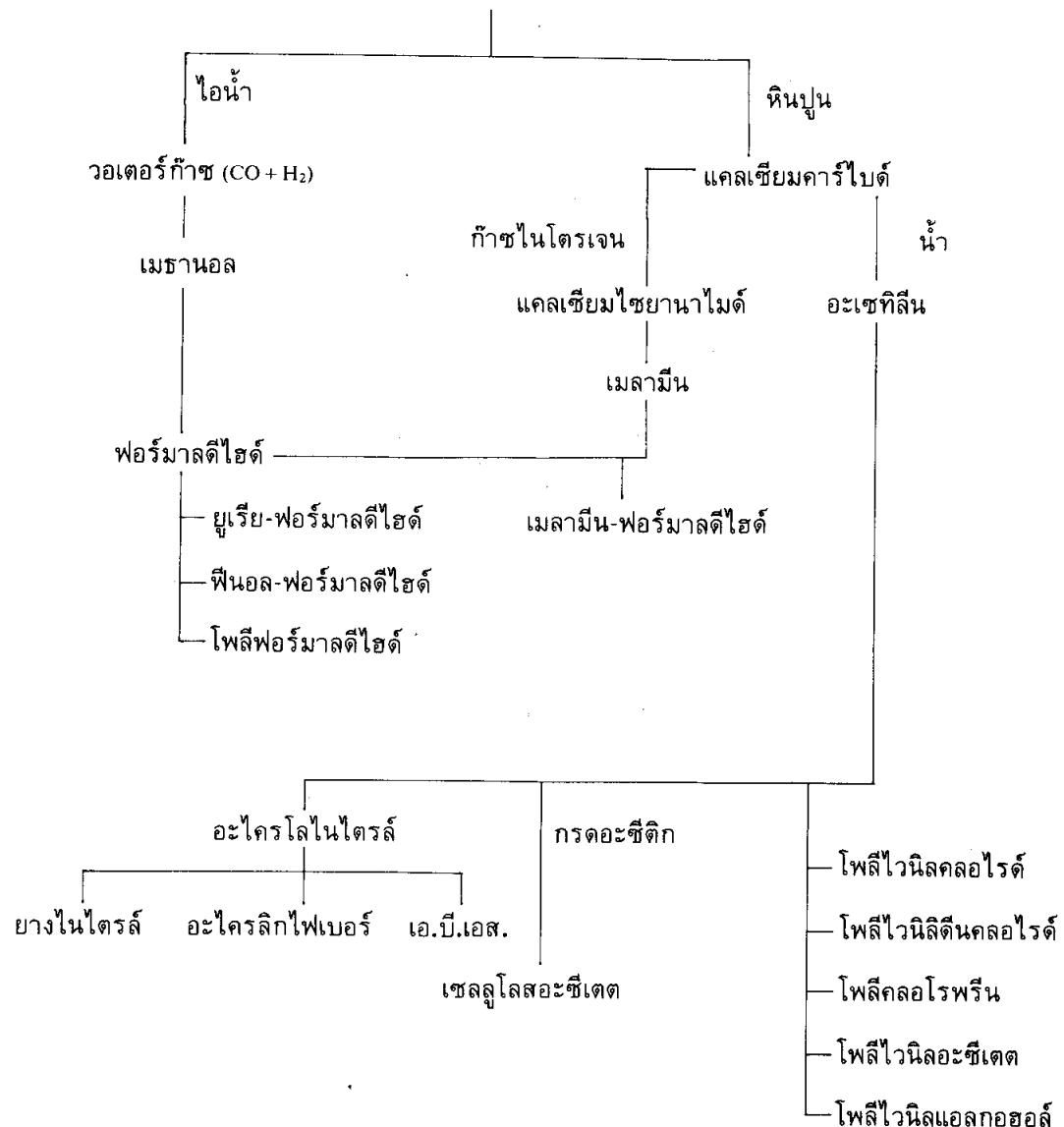
แหล่งวัตถุดิบที่สำคัญของโพลีเมอร์มี 3 แหล่งใหญ่ด้วยกัน คือ น้ำมัน (รวมทั้งก๊าซธรรมชาติ ซึ่งรวมเป็นอุตสาหกรรมปิโตรเลียม) ถ่านหิน และพืช ปัจจุบัน น้ำมันเป็นแหล่งใหญ่ที่สุด แต่ในอดีตถ่านหิน และพืช ก็สำคัญไม่น้อย จะพบว่าการเตรียมโพลีเอธิลีนในสมัยก่อนก็ได้จากพืช คือเตรียมเอธิลีนจาก.ethanol ซึ่งได้จากการหมักพืชก่อน แล้วจึงนำไปโพลีเมอไรซ์ ให้ได้โพลีเมอร์ ส่วนถ่านหินก็เป็นแหล่งใหญ่ในการเตรียมพินอล และน้ำมันแหนพราลีน ซึ่งนำไปเตรียมโพลีเมอร์ได้มากmany เช่น อีพอกซี่ในลอน พโนลิก โพลีคาร์บอเนต โพลีเอสเทอร์ เป็นต้น ดูจากแผนผังข้างล่างนี้



ผลิตผลของฟรอลิก แอนไฮไดร์ด ที่เป็นพลาสติไซเซอร์ ใช้มากในการเตรียมโพลีไวนิลคลอไรด์ อีกส่วนหนึ่งของถ่านหินที่เผาแล้วอยู่ในรูปถ่านコーค (coke) นำไปเผากับหินปูนที่อุณหภูมิสูง ได้แคลเซียมคาร์บอเดอร์ แล้วเผาต่อ กับ กําช ในโทรเจนได้แคลเซียมไซยาโนเมิด (calcium cyanamide) ซึ่งนำไปผลิตเมลามีน จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลดีไฮด์ ได้โพลีเมอร์เมลามีน-ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นพลาสติกที่ใช้มากชนิดหนึ่งในปัจจุบัน นอกจากนี้ ถ่านコーคยังถูกนำมาใช้ผลิตเมราโนล และฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งนำไปสู่การผลิตโพลีฟอร์มาลดีไฮด์

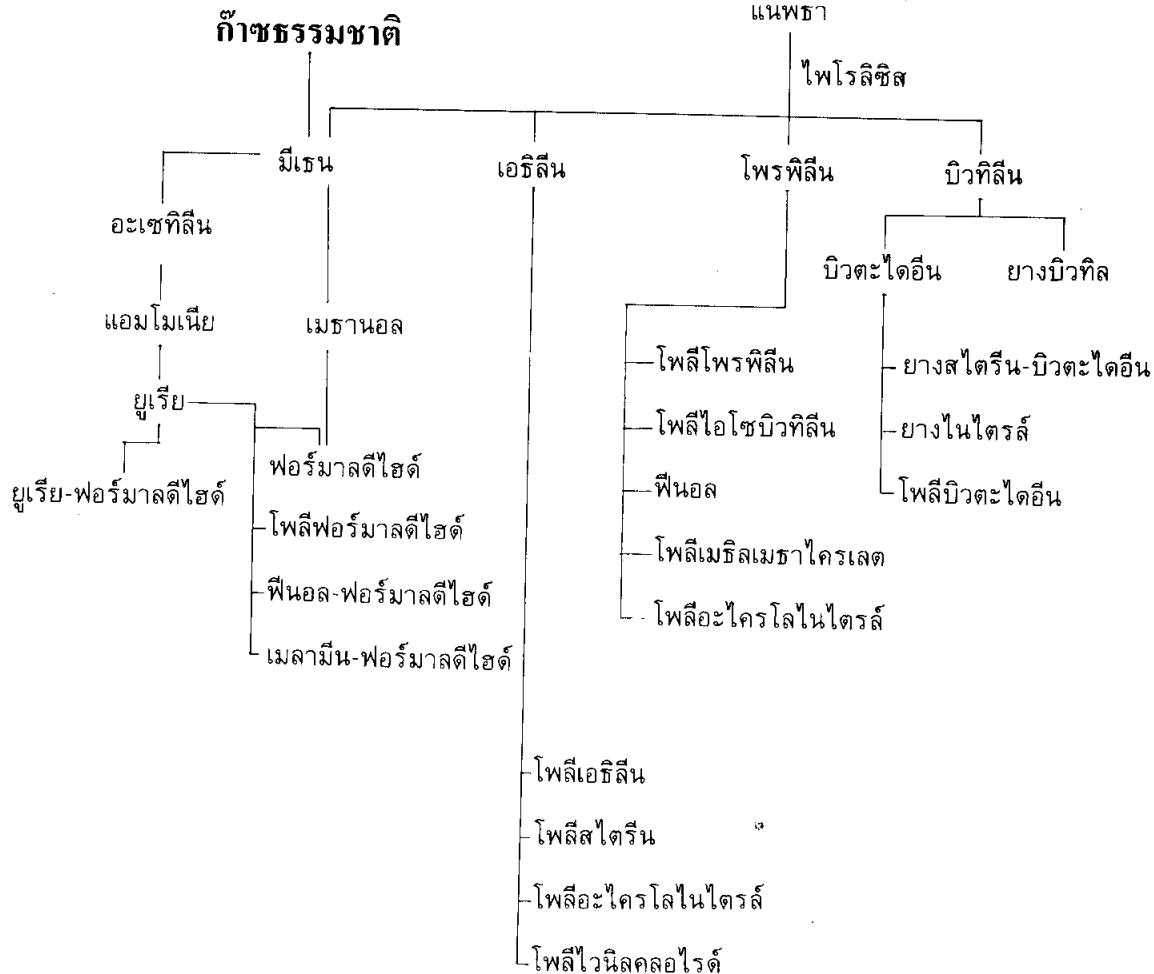
สำหรับแคลเซียมคาร์บอเดอร์ที่ได้จากการเผาหินปูนกับถ่านコーคสามารถนำไปผลิตอะเซทิลีนได้อีกด้วย โดยทำปฏิกิริยากับน้ำ อะเซทิลีนที่ได้นำไปผลิตโพลีเมอร์ได้หลายสิบชนิด เช่น โพลีไวนิลคลอไรด์ โพลีไวนิลอะซีเตต โพลีไวนิลไดนคลอไรด์ ฯลฯ เป็นต้น ดูจากแผนผังข้างล่างนี้

ถ่านโค๊ก



แหล่งวัตถุดินที่สำคัญและเป็นแหล่งใหญ่ที่สุดในปัจจุบันคือน้ำมันดิน และกําชาธรรมชาติ ในกําชาธรรมชาติจะมีกําชามีเรนมากที่สุด รองลงไปเป็นอีเทน, โพรเพน, บิวเทน, เพนเทน ซึ่งมีมากนัก ส่วนน้ำมันดินนั้นมีส่วนประกอบต่าง ๆ มากมายมีทั้ง พาราฟิน (paraffin) โอลีฟิน (Olefin) และสารประกอบวง (ring compound) ในแผนผังข้างล่างนำมาเขียนเฉพาะตัวที่สำคัญ ๆ และใช้ในการเตรียมโพลีเมอร์บ่อย ๆ

น้ำมันดิบ



ปัจจุบันประเทศไทยได้ค้นพบแหล่งน้ำมัน และแหล่งกําชธรรมชาติเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ รัฐบาลได้ประกาศส่งเสริมอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และบรรจุไว้ในแผนพัฒนาฉบับที่ 6 ดังนั้นแนวโน้มของอุตสาหกรรมโพลีเมอร์ในประเทศไทยก็จะขยายตัวตามไปด้วย จะเห็นได้ว่า ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก ซึ่งถือเป็นอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ขั้นปลาย (down-stream petrochemical industry) ที่ต้องใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ต้นทุนสูงถึง 6 แห่ง และมีโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกประมาณ 1500 แห่ง

1.7) การใช้งานของโพลีเมอร์ในลักษณะต่าง ๆ

เนื่องจากโพลีเมอร์นั้นนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางเพระคุณสมบัติพิเศษที่ไม่มีคราเมื่อน คือจะให้ยืดหยุ่นก็ได้ จะให้แข็งมากก็ได้ จะให้เหนียวหรือเปราะก็ได้อีก เช่นกัน ดังนั้นการใช้งานของโพลีเมอร์จึงแบ่งออกได้เป็นกลุ่ม ๆ แล้วแต่ว่าต้องการใช้งานในลักษณะใด ซึ่งสามารถแยกได้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ 4 กลุ่มด้วยกัน คือ

1.7.1) เส้นใย (fibers) การใช้งานของโพลีเมอร์ในลักษณะที่เป็นเส้นใยคือใช้ทำเสื้อผ้า, พรม, กระดาษ, เชือก เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ในlon เซลลูโลโซอะซิติเตต ความหมายของคำว่าเส้นใยที่ธรรมชาติที่สุดคือมีความยาวอย่างน้อย 100 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง เส้นใยในธรรมชาติ เช่น คอตตอน (cotton) สำลี, ปอของต้นลินิน (flax) จะมีความยาวประมาณ 1000-3000 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง คุณสมบัติที่สำคัญทางกายภาพของพลาสเซ็นใย คือ ต้องมีจุดหลอมตัวค่อนข้างสูง มีความทนต่อแรงดึง (tensile strength) ในช่วงอุณหภูมิกว้าง ๆ ได้สูงพอ สามารถถลายหรือหลอมเพื่อบันเป็นเส้นได้ มีความแข็งแรงหรือทนต่อการแปรรูปสูง ในการนำไปใช้เป็นเสื้อผ้า ต้องพิจารณาคุณสมบัติที่จะทำให้สวมใส่สบาย เช่น ดูดความชื้นได้ดีพอดีสมควร อ่อนนุ่ม แต่ทนทาน ยืดตัวได้บ้าง แต่ไม่มากนักไม่ควรเกิน 20% สมบัติทางไฟฟ้าต้องให้มีความด้านทานไฟฟ้าสูง คือไม่ให้เกิดประจุไฟฟ้าสถิตเพรุระจะทำให้สกปรกและทำความสะอาดยาก ทนกรดอ่อนได้ ทนเบสอ่อนและเบสแก๊ได้ดี propane ใส่ทำให้ยอมสีต่าง ๆ ได้ดี ดังนั้น การที่จะเตรียมโพลีเมอร์ให้เป็นเส้นใยคือจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้ คือ

ก. สายโซ่โมเลกุลควรเป็นแบบสายโซ่ตรง มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เพื่อจะให้อุณหภูมิหลอมตัวสูง เนื่องจากจุดหลอมตัวขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุล จะทำให้เส้นใยทนความร้อนได้มาก เวลาจัดจะได้ไม่เปรูป

ข. สายโซ่โมเลกุลไม่ควรมีกิ่งหรือสาขา ไม่ควรมี หมู่ข้างเคียง (side groups) ขนาดใหญ่มากเกินไป เพื่อให้สามารถจัดตัวเก้ากันเป็นผลึกได้ดี มีเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกสูง

ค. ในโมเลกุลของโพลีเมอร์ควรมีสายโซ่ที่มีส่วนขั้ว (polar chains) เพื่อให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวมาก ๆ กรณีนี้จะได้จากการเตรียมโพลีเมอร์แบบขั้ว หรือแบบควบแน่น (step-wise หรือ condensation polymerisation) เช่น โพลีเอสเทอร์ หรือโพลีเอไมด์

ถ้าสังเกตเปรียบเทียบกับโพลีเอธิลีน จะพบว่าในโพลีเอธิลีนไม่มีหมู่ที่มีสภาพข้า (polar groups) ออยู่เลย ดังนั้น แม้จะมีสายโซ่โมเลกุลเป็นโซ่อตร แต่มีความเป็นผลึกสูง แต่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่โมเลกุลมีเฉพาะแรงวนเดอร์瓦ลเท่านั้น ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่โมเลกุลต่ำ ทำให้มีความแข็งแรงน้อย โพลีเอธิลีนจึงไม่ใช้เป็นเส้นใย เพราะทนความร้อนได้ไม่มากนัก

ง. อุณหภูมิหลอมตัวของโพลีเมอร์ที่ใช้เป็นเส้นใบต้องให้สูงกว่า 200°C เพื่อให้สามารถซักและรีดได้โดยไม่ต้องกลัวว่าจะแปรรูป แต่ก็ไม่ควรสูงเกิน 300°C เพราะจะทำให้การหลอมเพื่อบันเป็นเส้นไวยากมากขึ้น

จ. ควรละลายในตัวทำละลายได้เพื่อสะดวกในกระบวนการบันเป็นเส้นใย

ฉ. อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ความมีค่าปานกลาง เพราะถ้าสูงไปจะทำให้รีดยาก และถ้าต่ำไปจะทำให้กลับไม่ออยู่ตัว

ช. ไม่มีวิธีการเชื่อมโดยระหว่างสายโซ่โมเลกุลก่อนผ่านกระบวนการบันเป็นเส้นใย เพราะจะทำให้ละลายหรือหลอมตัวยาก แต่ถ้าเกิดการเชื่อมโดยหลังการบันเป็นเส้นไyled ไม่ประโยชน์ทำให้เส้นใยที่ได้มีความทนทาน โพลีเอกซามีดิลีน อะไซพาไมด์ (poly-hexamethylene adipamide) หรือไนลอน-6,6 เป็นตัวอย่างของเส้นใยที่ดีตัวหนึ่งคือ มีเบอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกสูง หมู่เอไมด์ของมันทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่โมเลกุลสูง ซึ่งเกิดจากพันธะไฮโดรเจน เป็นผลให้มีความทนต่อแรงดึงสูงถึง $100,000 \text{ psi}$ และมีความต้านทานต่อการแปรรูปถึง $700,000 \text{ psi}$ มีค่าการยืดตัวต่ำ (low elongation) ไม่ถึง 20 เบอร์เซ็นต์ มีอุณหภูมิหลอมตัว 265°C อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วประมาณ 53°C

1.7.2) อีลัสโตเมอร์ (elastomers) การนำโพลีเมอร์ไปใช้งานในลักษณะที่เป็นอีลัสโตเมอร์ ก็คือสามารถยืดออกได้ เมื่อได้รับแรงกระทำ และเมื่อปล่อยจะหดกลับได้อย่างรวดเร็ว เช่นหنجยางที่เราพบเห็นกันเป็นประจำ ดังนั้น โพลีเมอร์ที่จะใช้งานในลักษณะอีลัสโตเมอร์จะต้องแตกต่างไปจากเส้นใย นั่นคือ มีค่าความทนต่อการแปรรูปต่ำ ออกแรงกระทำเพียงเล็กน้อยรูปร่างก็เปลี่ยนไป ค่าการยืดตัวลดตัวประมาณ $500\text{-}1000$ เบอร์เซ็นต์ การที่จะให้ได้โพลีเมอร์ที่มีลักษณะอย่างนี้ อาจกล่าวแยกเป็นข้อ ๆ คือ

ก) จะต้องให้โพลีเมอร์มีส่วนที่เป็นอสัณฐานทึ้งหมด ไม่ให้มีผลึกประปนอยู่ก่อน

ที่จะได้รับแรงกระทำ แต่เมื่อได้รับแรงกระทำแล้วให้โพลีเมอร์อยู่ในลักษณะที่เป็นผลึก กรณีเช่นนี้มีเหตุผลคือ ในขณะที่ยังไม่ได้รับแรงกระทำนั้น โพลีเมอร์ในสถานะสัณฐาน จะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่โมเลกุลต่ำ ทำให้มีการเคลื่อนไหวได้ง่ายเมื่อได้รับแรงกระทำ แต่เมื่อได้รับแรงกระทำแล้วโพลีเมอร์ควรอยู่ในสถานะผลึก ซึ่งจะทำให้มีความแข็งแรงไม่ขาดง่าย กรณีที่จะให้เกิดลักษณะเช่นนี้โพลีเมอร์นี้จะต้องมีสายโซ่โมเลกุลเป็นโซ่อตร มีค่าเออนโทรปีสูง สายโซ่อยู่ไม่เป็นระเบียบ แต่พอได้รับแรงกระทำให้ยึดต่อ กสายโซ่โมเลกุลจะเรียงกันเป็นระเบียบ ค่าเออนโทรปีจะลดลง และอยู่ในรูปผลึก พอกล่องแรงกระทำก็จะหดกลับไปอยู่ในสถานะสัณฐานอีก

ข) อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ความมืดต่ำกว่าอุณหภูมิห้องมาก ๆ เวลาใช้งานปกติที่อุณหภูมิห้อง โพลีเมอร์นี้จะอยู่ในสถานะยาง (rubbery state) ทำให้สายโซ่โมเลกุลเคลื่อนไหวได้สะดวก

ค) จะต้องให้มีการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุลบางพอสมควร เนื่องจากอีลัสโตเมอร์ที่ดีจะต้องหดกลับได้รวดเร็ว ถ้าหากโมเลกุลไม่มีการเชื่อมโยงเลย ขณะที่มันได้รับแรงกระทำให้มีการยึดตัวออก โมเลกุลมีการเคลื่อนไหว อาจทำให้โมเลกุลหนึ่งข้ามผ่านโมเลกุลหนึ่งไป แล้วไม่กลับมาอยู่ที่เดิม ทำให้ไม่หดกลับหรือหดกลับได้ไม่เท่าเดิม จึงต้องให้โมเลกุลแต่ละสายโซ่มีการเชื่อมโยงกันไว้บ้าง เพื่อบังกันการข้ามเลยไปของโมเลกุลบางโมเลกุล และช่วยดึงให้โมเลกุลนั้นกลับมาอยู่ที่เดิม เมื่อปล่อยแรงกระทำ

ตัวอย่างของโพลีเมอร์ที่ดี เช่น ยางธรรมชาติ (polyisoprene) ซึ่งในสภาวะปกติจะอยู่ในสถานะสัณฐาน และมีการเชื่อมโยงกันระหว่างสายโซ่โมเลกุลพอสมควร มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ประมาณ -73°C ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิห้องมาก และมีความต้านทานการแปรรูปต่ำมากก่อนได้รับแรงกระทำ คือต่ำกว่า 100 psi และเพิ่มเป็น 2000 psi เมื่อมีการยึดตัวออก 400 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มเป็น 3000 psi เมื่อมีการยึดตัวออก 500 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันโพลีเมอร์ที่ใช้งานเป็นอีลัสโตเมอร์มากที่สุด คือ ยางสไตรีน-บิวตะไดอีน (SBR) ซึ่งมีค่าความทนต่อแรงดึงประมาณ 3000 psi ความสามารถยึดตัว 500 เปอร์เซ็นต์ ความต้านทานการแปรรูปประมาณ 2000 psi เมื่อยึดตัวออกไป 300 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้งานรองจาก SBR คือ โพลีบิวตะไดอีน, นีโอลีน เป็นต้น

1.7.3) พลาสติก (plastics) โพลีเมอร์ที่ใช้งานเป็นพลาสติก เป็นโพลีเมอร์กลุ่มใหญ่มาก และจะมีคุณสมบัติเชิงกล อยู่ระหว่างสมบัติของเส้นใย และอีลัสโตเมอร์ คือมีตึงแต่แข็งมาก ๆ จนถึงอ่อน หรือยึดหยุ่นมาก กรณีนี้อาจจัดกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม คือ

พลาสติกที่ยืดหยุ่นได้ (flexible plastics) และพลาสติกแข็ง (rigid plastics) กลุ่มพลาสติกที่ยืดหยุ่นได้จะมีค่าความทนต่อแรงดึงปานกลางถึงสูง คือประมาณ 2,000-10,000 psi มีค่าความต้านทานการแปรรูปประมาณ 20,000-500,000 psi ความสามารถยึดตัวประมาณ 20-800 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างเช่น โพลีเอธิลีน เป็นพลาสติกยืดหยุ่นได้ มีค่าความทนต่อแรงดึงประมาณ 3,500 psi ค่าความต้านทานการแปรรูปประมาณ 30,000 psi และมีความสามารถยึดตัวได้ 500 เปอร์เซ็นต์ นอกจากโพลีเอธิลีน ก็มีโพลีไพรพิลีน มีค่าความทนต่อแรงดึงประมาณ 5,500 psi ค่าความต้านทานการแปรรูปประมาณ 230,000 psi ความสามารถยึดตัวประมาณ 200-700 เปอร์เซ็นต์ โพลีเมอร์บางตัวใช้งานได้ทั้งในลักษณะพลาสติกและเส้นใย เช่นโพลีเอกราเมธิลีน อะไดบามิตร เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกปานกลาง ขณะยึดออกจึงใช้เป็นเส้นใยได้ พลาสติกที่ยืดหยุ่นได้นี้ลักษณะจะคล้ายอีเลสโตรเมอร์ แต่ที่ต่างกันคือมีเปอร์เซ็นต์การยึดตัวปานกลาง และเมื่อยืดแล้วมักจะแปรรูปไปเลย ไม่หดกลับสมบูรณ์เหมือนอีเลสโตรเมอร์ พลาสติกอีกกลุ่มนึงคือพลาสติกแข็ง พวณ์มีลักษณะแข็ง และค่าความต้านทานต่อการแปรรูปสูง ประมาณ 100,000-1,500,000 psi ค่าความทนต่อแรงดึงสูงประมาณ 5,000-12,000 psi และที่สำคัญคือมีค่าความสามารถยึดตัวได้ต่ำมาก ค่อนอยกว่า 0.5-3 เปอร์เซ็นต์ โพลีเมอร์กลุ่มนี้มักจะเป็นพวากอสัณฐาน มีสายโซ่โมเลกุลแข็ง ซึ่งเกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลตัวอย่างเช่น โพลีเมอร์ พินอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ ค่าความทนต่อแรงดึงประมาณ 8000 psi ความสามารถยึดตัวประมาณ 1-1.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าความต้านทานต่อการแปรรูปประมาณ 1,000,000 psi หรืออย่าง เมลามีน-ฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าความทนต่อแรงดึงประมาณ 13,000 psi ความสามารถยึดตัวประมาณ 0.6-0.9 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความต้านทานต่อการแปรรูปประมาณ 1,400,000 โพลีเมอร์ที่เป็นพลาสติกแข็งบางตัว เป็นผลมาจากการหมุนที่เกาะที่สายโซ่เป็นหมุนใหญ่ (bulky side group) ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) มีค่าสูง เช่น โพลีสไตรีน ($T_g = 100^\circ\text{C}$) และโพลีเมธิลเมราไครเลต ($T_g = 105^\circ\text{C}$)

การใช้งานในกลุ่มพลาสติกนั้นค่อนข้างกว้างขวาง เพราะคุณสมบัติพิเศษที่มีทั้งแข็งและยืดหยุ่น ทำให้มีประโยชน์มาก เช่นเป็นภาชนะใส่น้ำโดยมีฝาทำเป็นร่อง พอกดฝาเข้าไปก็สามารถสนิทได้ น้ำไม่หลุด ไม่ต้องทำเป็นแกลลิวย เป็นต้น การแบ่งกลุ่มของพลาสติกที่ก่อร้าวมากแล้ว แบ่งตามลักษณะสมบัติเชิงกล ถ้าแบ่งตามสมบัติทางกายภาพซึ่งเป็นที่นิยม คือ กลุ่มเทอร์โมพลาสติก กับกลุ่มเทอร์โมเซต ซึ่งได้ก่อร้าวมาบ้างแล้วในหัวข้อ 1.5.3

1.7.4) วัสดุเคลือบผิวรวมทั้งสี และภาว พลีเมอร์กลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ใช้ในสถานะของสารละลาย ซึ่งอาจใช้ในอุตสาหกรรมพื้นผ้า อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมเหล็ก เคลือบเหล็กป้องกันไม่ให้เกิดสนิม ย้อมผ้าให้มีสีต่าง ๆ ตามต้องการ ใช้ทำการ ใช้เคลือบเงาพื้นบ้านหรืออาคาร เป็นต้น พ ragazziที่ทางอาคารส่วนใหญ่ประกอบด้วยสีผงซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ ละลายในตัวทำละลายที่ระเหยได้ง่าย เช่น พลาโนเฟช่า และตัวยึดให้สติด (binder) เป็นโพลีเมอร์ ซึ่งมักทำจากน้ำมันลินซีด (linseed oil) หรือพวงน้ำมันขัดเงา ซึ่งเดิมเคยใช้เซลลูโลสในเครื่องผลิตในอเมริกาและเอธิลอีเทอร์ ปัจจุบันนิยมใช้แอลคิดเรซิน อีพอกซีเรซิน โพลีเมอร์ที่นำมาใช้งานด้านนี้มีมากมายหลายชนิด ซึ่งอาศัยการละลายในตัวทำละลายที่ระเหยง่าย ถ้าต้องการใช้ลักษณะเป็นการกีดตัวทำละลายที่ระเหยช้า เช่น กาวลาเทกซ์ โพลีเมอร์ที่ใช้งานในลักษณะนี้ ตัวอย่างเช่น อีพอกซีเรซิน โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ โพลีไวนิลอะซีเตต โพลีสไตรีน โคลีโพลีเมอร์สไตรีน-บิวต๊อกอีอีน เป็นต้น

สรุปบทที่ 1

1. มนุษย์รู้จักนำสารโพลีเมอร์ในธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เป็นเวลานานแล้ว แต่ นักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มศึกษาโครงสร้างของโพลีเมอร์ เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1920

2. สารโพลีเมอร์มีลักษณะแตกต่างจากสารโมเลกุลเด็ก คือ สารโพลีเมอร์ จะมีหน่วยซ้ำ ๆ กัน จำนวนมากยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนท์เป็นส่วนใหญ่ แต่ละ สายโซ่โมเลกุลจะมีขนาดต่าง ๆ กัน เป็นลักษณะโพลีดิสเพอร์ส น้ำหนักโมเลกุลจะ ไม่เท่ากัน

3. พันธะที่สำคัญในการยึดเหนี่ยวยกภายในสายโซ่โมเลกุลของโพลีเมอร์ คือพันธะ ประยูมภูมิ ซึ่งมีพันธะโคเวเลนท์เป็นส่วนใหญ่ อาจจะมีพันธะโคออร์ดิเนต พันธะอิออนิก และพันธะโลหะ ออยบังเป็นส่วนน้อย ส่วนพันธะที่ยึดเหนี่ยวยังหวังสายโซ่โมเลกุล คือ พันธะทุติยภูมิ มีแรงไดโอล พันธะไฮโดรเจน แรงเห็นຍิวนໍາ เป็นต้น

4. พังก์ชันแอลลิตี หมายถึงจำนวนหมู่พังก์ชันที่จะเกิดการเชื่อมโยงกับโมเลกุล อื่น ๆ ดังนั้น สารที่จะเกิดเป็นโพลีเมอร์ได้จะต้องมีพังก์ชันแอลลิตีมากกว่า 2 ขีนไป

5. แคโรเรอร์จำแนกโพลีเมอร์ออกเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะการเกิดปฏิกิริยา คือ แบบรวมตัวหรือแบบลูกโซ่ เกิดจากลักษณะของพันธะคู่ กับแบบควบแน่น หรือแบบขั้น เกิดจากลักษณะของหมู่พังก์ชัน แล้วให้โมเลกุลเล็ก ๆ หลุดออกจาก

6. การแบ่งประเภทของโพลีเมอร์จัดแบ่งได้หลายแบบหลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับ ว่า จะถืออะไรเป็นเกณฑ์ เช่น ถ้าแบ่งโดยพิจารณาส่วนประกอบของอะตอมในสายโซ่ โพลีเมอร์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ โพลีเมอร์อนินทรีย์ กับโพลีเมอร์อินทรีย์ ถ้าแบ่งตาม ลักษณะการใช้งานจะได้ 4 กลุ่ม คือ อิลาสโตเมอร์ พลาสติก เส้นใย วัสดุเคลือบผิว รวมทั้งสีและการ ถ้าแบ่งตามลักษณะสมบัติทางกายภาพได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เทอร์โม- พลาสติก กับเทอร์โมเซต แบ่งตามลักษณะการจัดตัวของโมโนเมอร์ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ไชโมโพลีเมอร์ กับโคโพลีเมอร์ แบ่งตามลักษณะชนิดของโครงสร้างโมเลกุล ได้ เป็น 3 กลุ่ม คือ แบบสายโซ่ตรง แบบมีกิ่งหรือสาขา แบบร่างแทหรือแบบเชื่อมโยง

7. แหล่งวัตถุดิบที่สำคัญของโพลีเมอร์ มี 3 แหล่งใหญ่ คือ น้ำมัน ถ่านหิน และพืช ปัจจุบันน้ำมันเป็นแหล่งใหญ่ที่สุด โดยจะได้จากส่วนที่เรียกว่าแพธราเป็นส่วน

มาก นำไปผ่านกระบวนการไฟโรลิซิส (pyrolysis) จะได้สารตั้งต้นที่จะใช้เป็นโมโนเมอร์ (นอกจากนี้ยังมีกระบวนการอื่นที่เตรียมสารตั้งต้นได้อีก เช่น ออกซิเดชัน อาโลจิเนชัน ไฮเดรชัน ในตรีชัน เป็นต้น)

8. การนำโพลีเมอร์ไปใช้เป็นเส้นใย โพลีเมอร์นั้นต้องมีลักษณะเป็นโมเลกุลเป็นแบบสายโซ่ตรง น้ำหนักโมเลกุลสูง มีปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึกสูง ในโมเลกุลควรมีสภาพข้ามมีค่าการยึดตัวต่ำ ค่าความทนต่อแรงดึงสูง ความคงทนต่อการแปรรูปสูง

9. การนำโพลีเมอร์ไปใช้เป็นอีลาสโตเมอร์ โพลีเมอร์นั้นจะต้องเป็นอสัณฐาน ก่อนได้รับแรงกระทำ และเป็นผลึกหลังได้รับแรงกระทำ มีการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุลบางเล็กน้อย ค่าความด้านทานทนต่อการแปรรูปต่ำ ความสามารถยึดตัวสูง ค่าความทนต่อแรงดึงต่ำถึงปานกลาง อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง

10. การนำโพลีเมอร์ไปใช้เป็นพลาสติก โพลีเมอร์นั้นจะต้องมีคุณสมบัติอยู่ระหว่างเส้นใย และอีลาสโตเมอร์ และแต่ต้องการแข็งแรงหรือยืดหยุ่นขนาดไหน

11. การนำโพลีเมอร์ไปใช้เป็นวัสดุเคลือบผิว หรือสี หรือการพอกน้ำใช้ในรูปสารละลาย และใช้กับตัวทำละลายที่ระเหยค่อนข้างง่าย ถ้าต้องการแห้งเร็วซึ่งมีให้เลือกใช้ได้มากหลายชนิด

แบบฝึกหัดบทที่ 1

1. สารโพลีเมอร์มีลักษณะที่ต่างไปจากสารทั่ว ๆ ไปอย่างไร สารโพลีเมอร์ในธรรมชาติซึ่งมนุษย์ได้นำมาใช้ประโยชน์ในอดีตมีอะไรบ้าง ยกตัวอย่างมา 3-4 ชนิด ?
2. โพลีเมอร์กับมาโคโรโมเลกุล เมื่อกันหรือต่างกันอย่างไร อธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่าง ?
3. เชลลูลอยด์ คืออะไร โครงเป็นผู้เตรียมขึ้นเป็นครั้งแรก และเตรียมจากสารอะไรบ้าง ?
4. เวเลนซ์อิเล็กตรอนเกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะปฐมภูมิอย่างไร มีกี่ชนิดอะไรบ้าง ?
5. พันธะทุติยภูมิเกิดขึ้นได้อย่างไร แยกเป็นประเภท ๆ อะไรได้บ้าง อธิบาย ?
6. ท่านเข้าใจความหมายของคำว่าฟังก์ชันแผลลิตติออย่างไร อธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่าง ?
7. เทอร์โมพลาสติก กับ เทอร์โมเซต มีคุณสมบัติต่างกันอย่างไร อธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่างมาพอเข้าใจ ?
8. บัจจุบันแห่งวัตถุที่ใหญ่ที่สุดของโพลีเมอร์สังเคราะห์ คืออะไร ท่านคิดว่าประเทศไทยจะสามารถพัฒนาอุตสาหกรรมโพลีเมอร์ได้มากน้อยเพียงใด ในอนาคต ?
9. ถ้าท่านต้องการผลิตโพลีเมอร์เพื่อใช้งานในลักษณะไหนไป โพลีเมอร์นั้นควรมีคุณสมบัติอย่างไรบ้าง ?
10. จงเขียนสูตรสายโซ่โมเลกุลของโพลีเมอร์ต่อไปนี้เปรียบเทียบกับสูตรโมเลกุลของโมโนเมอร์
 - ก) โพลีสโตรีน
 - ก) โพลีเมธิลเมราไครเลต
 - ข) โพลีไวนิลคลอไรด์
 - ง) ไนลอน-6,6