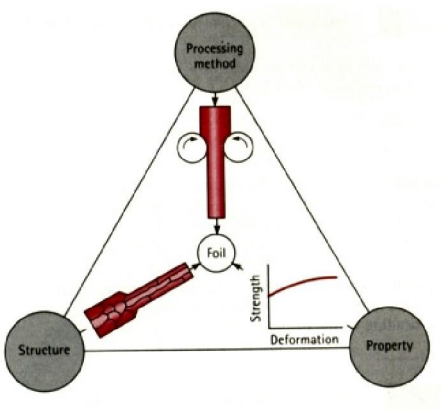
บทที่ 1
บทนำ โครงสร้างอะตอม และพันธะเคมี

- Matter: สสาร หมายถึงสิ่งที่ต้องการที่อยู่ และมีมวล (ตรงข้ามกับพลังงาน)
- Materials: วัสดุ หมายถึงสาร (substance) ที่สามารถนำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้ เช่น ไม้ เหล็ก หิน คอนกรีต พลาสติก และยาง เป็นต้น
- Materials Science and Engineering: วัสดุศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ เป็นวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของวัสดุ ซึ่งศึกษาโครงสร้าง สมบัติและความแข็งแรงของวัสดุต่าง ๆ รวมทั้งการขึ้นรูป และการนำไปใช้งาน

1



2

ชนิดของวัสดุ

- **โลหะ**
- **เซรามิกส์**
- **พอลิเมอร์**
- **วัสดุประกอบ**
- **วัสดุอิเล็กทรอนิกส์และแม่เหล็ก**

3

1. โลหะ

- **1. โลหะ (Metals)** เป็นสารอนินทรีย์ (เป็นธาตุ representative ซึ่งอยู่ทางซ้ายมือในตารางธาตุ และธาตุทรานซิชัน) เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดี มีความแข็งแรงสูง เหนียว ถูกทุบเพื่อขึ้นรูปได้
- หากนำโลหะตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกัน จะเรียกโลหะผสม (alloy) โลหะสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ขึ้นกับการมีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลักหรือไม่
-

4

- 1.1 โลหะที่เป็นเหล็ก และโลหะผสมที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก (ferrous metal and alloys) เช่นเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ ซึ่งมีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่เหล็กที่ใช้ทำมีด เหล็ก-กะทะล้อรถยนต์ เหล็กเส้น
- 1.2 โลหะที่ไม่มีเหล็ก (nonferrous metal) และโลหะผสมที่ไม่มีเหล็ก หรือหากมีก็ไม่ใช่องค์ประกอบหลัก เช่น ทองแดง ทองเหลือง สังกะสี อะลูมิเนียม

5

2. พอลิเมอร์

- **2. พอลิเมอร์ (Polymers)** เป็นสารที่เกิดจากสารประกอบที่มีโมเลกุลยาว ซึ่งเกิดจากการต่อกันของโมเลกุลเล็ก ๆ เรียก monomer และเกิดพันธะเคมีต่อเนื่องกัน มีน้ำหนักโมเลกุลสูง
- - พอลิเมอร์ธรรมชาติ (เช่น ไม้ cotton ใยไหม ยางธรรมชาติ) และพอลิเมอร์สังเคราะห์
- - พอลิเมอร์อินทรีย์และพอลิเมอร์อนินทรีย์
- - มีความเป็นผลึก (พลาสติกขุ่น) หรือเป็นอสัณฐาน (พลาสติกใส)

6

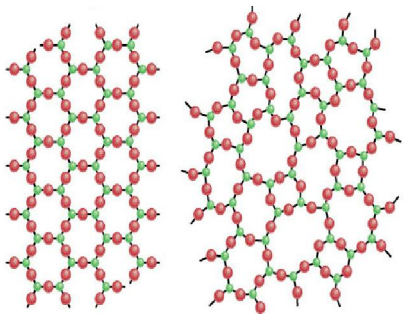
- - ฉนวนไฟฟ้า (ใช้หุ้มสายไฟ) หรืออาจจะเป็นพอลิเมอร์นำไฟฟ้า (Nobel ปี คศ 2000)
- - พอลิเมอร์ที่แข็ง เช่น epoxy, melamine, polycarbonate หรือเป็นพอลิเมอร์ที่อ่อนตัวแบบยาง เช่น ยาง silicone (จุกนม) ยางธรรมชาติ
- - Thermoplastic (อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน) และ Thermoset (เกิดเครือข่าย ทำให้ไม่อ่อนตัวแม้ว่าอุณหภูมิจะสูง)

7

3. Ceramics

- **เซรามิก (Ceramics)** เป็นสารอนินทรีย์ ที่ประกอบด้วยธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะเกิดพันธะเคมีต่อกัน เช่น Al_2O_3, SiO_2 โดยทั่วไปมีสมบัติดังนี้
- - อาจมีรูปร่างผลึก หรือไม่มีรูปร่างผลึกก็ได้ หรืออาจมีการผสมกัน
- - มีความแข็ง (hardness) และความแข็งแรง (strength) สูง
- - เป็นวัสดุที่เปราะ (brittle) แตกง่าย
- - เป็นฉนวนไฟฟ้าและความร้อน (ทำลูกถ้วยที่ใช้กับสายไฟฟ้า)

8



Crystalline quartz (SiO_2)

Non-crystalline quartz glass

9

4. วัสดุประกอบ

- **วัสดุประกอบ (Composite materials)** เป็นการใช้วัสดุอย่างน้อย 2 ประเภทด้วยกัน เพื่อให้ได้สมบัติที่ดีขึ้น โดยที่วัสดุทั้งสองต้องไม่ละลายซึ่งกันและกัน และอยู่แยกเป็น 2 เฟส เรียกวัสดุที่มีมากกว่าและเป็นเฟสต่อเนื่องว่า Matrix และวัสดุที่น้อยกว่าอาจจะเป็น
- - fiber (ยางรถยนต์ซึ่งมีการเสริมเส้นใยเหล็ก หรือเหล็กเส้นในคอนกรีต)
- - particulate เช่นหินที่อยู่ในคอนกรีต หรือ carbon black ที่ผสมในยาง
- - layer เป็นลักษณะของชั้นของ A และ B สลับกัน

10

5. Electronic materials

- **5. วัสดุอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic materials)** มีความสำคัญมากในเทคโนโลยีชั้นสูง วัสดุที่สำคัญมากได้แก่ ซิลิกอนบริสุทธิ์ ใช้ทำ silicon chip, semiconductors

11

สมบัติของวัสดุ (Material Properties)

- สมบัติของวัสดุชนิดต่าง ๆ ทำให้เราสามารถเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับงาน
- 1. สมบัติทางเคมี (Chemical properties) เป็นสมบัติที่เกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของธาตุต่าง ๆ เช่นน้ำหนักโมเลกุล การติดไฟ และการทนต่อการกัดกร่อน เป็นต้น
- 2. สมบัติทางกายภาพ (Physical properties) เป็นสมบัติที่เกิดจากอันตรกิริยา (interaction) ของวัสดุกับพลังงานต่าง ๆ เช่น สี ความหนาแน่น และสมบัติทางแม่เหล็ก เป็นต้น

12

- 3. สมบัติเชิงกล (Mechanical properties) เป็นสมบัติของวัสดุเมื่อถูกกระทำด้วยแรง ได้แก่ การยืดตัว (tension) การหดตัว (compression) ความแข็งแรง (strength) โมดูลัส และความแข็ง (hardness) เป็นต้น รูปที่ 1.3 แสดงความแข็งแรงของวัสดุต่าง ๆ
- 4. สมบัติเชิงมิติ (ขนาด) (Dimensional properties) เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับรูปร่าง ขนาด ความหยาบ-ละเอียดของผิวของวัสดุ

2. โครงสร้างอะตอม (atomic structures)

- อะตอมประกอบด้วยอนุภาคที่สำคัญ 3 ชนิดได้แก่
- 1. โปรตอน (proton) (p) เป็นประจุบวก และอยู่ในนิวเคลียส
- 2. นิวตรอน (neutron) (n) เป็นกลางทางไฟฟ้า มีมวลใกล้เคียงกับโปรตอนและอยู่ในนิวเคลียสเช่นกัน
- 3. อิเล็กตรอน (electron) (e) เป็นประจุลบ มีมวลน้อยมาก และโคจรอยู่รอบนิวเคลียส

ดังนั้นมวลของอะตอมจึงเกิดจากมวลของ p และ n

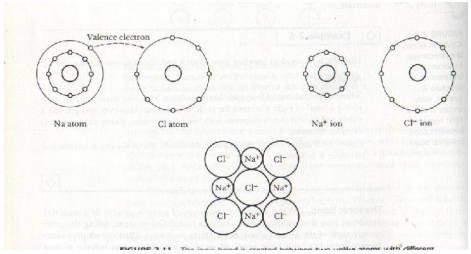
- การจัดตัวของอิเล็กตรอนในอะตอมเป็นปัจจัยกำหนดสมบัติต่าง ๆ ของธาตุนั้น ๆ เช่นการเกิด spectrum เกิดจากการที่อิเล็กตรอนในสถานะพื้น (ground state) ได้รับการกระตุ้น (พลังงาน) และย้ายไปอยู่ในชั้นที่พลังงานสูงขึ้น เรียก สถานะกระตุ้น (excited state) เมื่ออิเล็กตรอนนั้นกลับลงมาสู่ระดับสถานะพื้น ย่อมคายพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

3. พันธะเคมี (Chemical bonds)

- อะตอมสามารถอยู่รวมกันเป็นโมเลกุลหรือสารไอออนิกได้ เพราะเกิดพันธะเคมี โดยที่จะทำให้ valence electron ครบแปด เป็นไปตามกฎ octet พันธะเคมีแบ่งเป็น
- 1. พันธะไอออนิก
- 2. พันธะโควาเลนต์
- 3. พันธะโลหะ

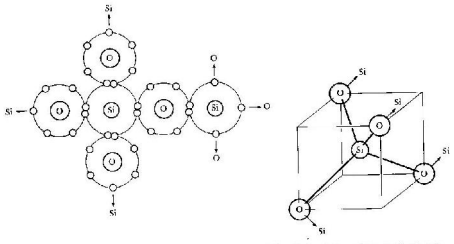
พันธะไอออนิก

- - พันธะไอออนิก เกิดในกรณีที่ธาตุทั้งสองมีค่า EN ต่างกันมาก โดยที่ธาตุที่มีค่า EN ต่ำจะเสีย electron ให้กับธาตุที่มีค่า EN สูง ดังรูปที่ 1.8



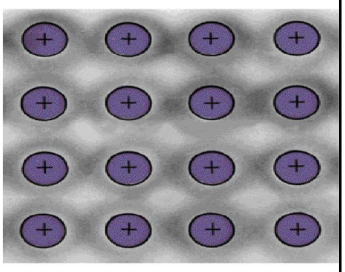
พันธะโคเวเลนต์

- พันธะโคเวเลนต์ เกิดในกรณีที่ธาตุทั้งสอง มีค่า EN ปานกลาง-สูง ทำให้ไม่เกิดการเสีย electron ขึ้น ดังนั้นจึงเกิดการใช้ electron ร่วมกัน เพื่อให้ valance electrons ครบ 8 เช่น C หรือ Si มี valence electron 4 ตัว จึงต้องการ electron อีก 4 ตัว ทำให้เกิดสารประกอบดังรูป



พันธะโลหะ

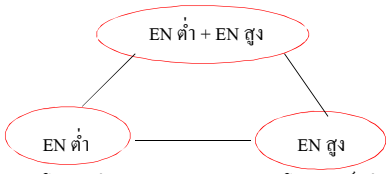
- - พันธะโลหะ เกิดกับธาตุที่มีค่า EN ต่ำ ทำให้ electron มีความเป็นอิสระค่อนข้างสูง และสามารถเคลื่อนที่ (delocalize) ได้ง่าย จะเรียก electron ที่เคลื่อนที่ไปมาว่า electron sea ดังรูปที่ 1.10



19

ค่า EN กำหนดชนิดพันธะ

พันธะไอออนิก เช่น NaCl



พันธะโลหะ เช่น Na *พันธะโคเวเลนต์ เช่น Cl2*

20

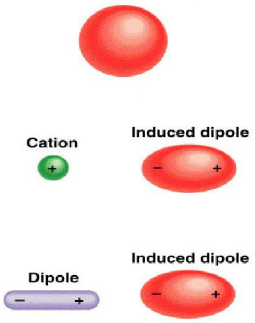
แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (Intermolecular Interaction)

- เป็นแรงดึงดูดที่เกิดระหว่างโมเลกุล (ไม่ใช่แรงดึงดูดระหว่างอะตอมเพื่อให้เกิดโมเลกุล) แบ่งเป็นหลายประเภท ตามชนิดและวิธีการเกิด
- - แรงวันเดอวาลส์ (Van der Waals) หรือ London Force หรือ Dispersion Force เกิดได้กับทุกโมเลกุล ไม่ว่าจะเป็นแก๊สเฉื่อย เพราะจะเกิดความไม่สมดุลของประจุในช่วงเวลาสั้น ๆ เป็น fluctuating electric dipole

21

- Dipole - Induced Dipole Interaction

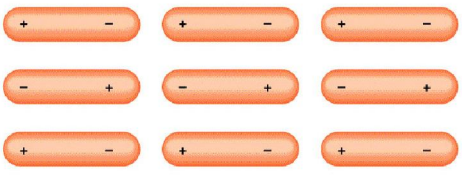
- - Dipole - Induced Dipole Interaction เกิดในกรณีที่โมเลกุลที่เป็น Dipole (โมเลกุลเกิดจากธาตุที่มีค่า EN ต่างกัน และมีความเป็นประจุอ่อน ๆ) ทำการเหนี่ยวนำ (induce) ให้อีกโมเลกุลเกิดเป็น dipole ด้วย แต่เป็น Induced dipole ซึ่งไม่ถาวร



Dipole-Dipole

- - Dipole- Dipole Interaction เป็นแรงดึงดูดระหว่าง dipole ด้วยกัน โดยทั่วไปมีความแข็งแรงมากกว่า Dipole-Induced Dipole

Orientation of Polar Molecules in a Solid



23

H-bonding

- - Hydrogen Bonding เป็นกรณีเฉพาะสำหรับโมเลกุลที่มีค่า EN สูง ได้แก่ F, O, N เกิดพันธะโคเวเลนต์กับ H ทำให้ F, O, N มีสภาพขั้วเป็นลบค่อนข้างมาก จึงทำให้เกิดแรงดึงดูดกับ H ของโมเลกุลใกล้เคียงได้ดี ดังรูป

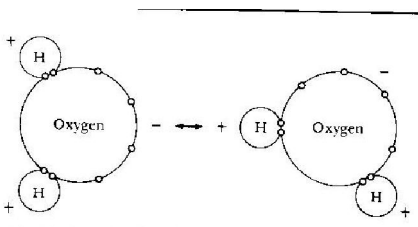
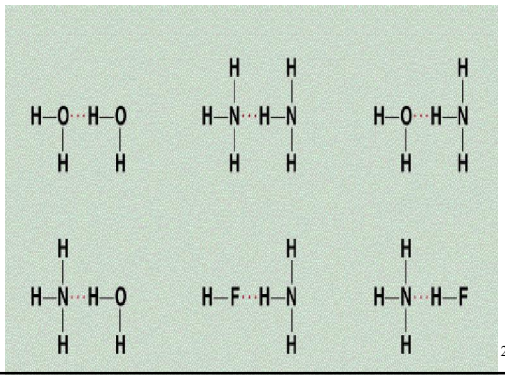


FIGURE 2-13 The Van der Waals bond is formed due to

24

H-Bonding



25

แรงดึงดูดใน polymer

- แรงดึงดูดในโมเลกุลใหญ่ เช่นพอลิเมอร์มีความคล้ายคลึงกับในกรณีโมเลกุลเล็ก หากพิจารณาเปรียบเทียบพลาสติก 2 ชนิดได้แก่ Polyethylene (PE) ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น $-(CH_2-CH_2)_n-$ และ Polyvinyl chloride (PVC) ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น $-(CH_2-CHCl)_n-$ ในกรณีของ PVC มี Cl ซึ่งเป็นหมู่มีขั้วอยู่ ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมากกว่ากรณีของ PE ซึ่งมีแค่ C และ H ทำให้ PVC มีความแข็งแรงสูงกว่าและจุดหลอมเหลวสูงกว่า รูปแสดงผลของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลต่อการต้านแรงเฉือน (shear force)

26