

# 2109101 Eng Materials

- 3 credits (3-0-6)
- ตอนเรียนที่ 1 อังคาร 11:00-12:30 น.  
พุธ 8:00-9:30 น. ตึก 3 ห้อง 117
- ตอนเรียนที่ 2 จันทร์ 8:00-9:30 น.  
พุธ 9:30-11:00 น. ตึก 3 ห้อง 117
- สอบกลางภาค 4 มี.ค 2559 เวลา 8:30-11:30 น.
- สอบปลายภาค 10 พ.ค 2559 เวลา 8:30-11:30 น.

2

## เนื้อหาส่วนของโลหะ

- บทนำ การแบ่งประเภทวัสดุ
- โครงสร้างอะตอม, โครงสร้างผลึก, โครงสร้างจุลภาค
- สมบัติทางกล ไฟฟ้า เคมี (การกัดกร่อน) แม่เหล็ก
- แผนภูมิสมดุลและระบบของโลหะผสม
- โลหะผสมในงานวิศวกรรม
- การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ
- การปรับปรุงสมบัติทางกลด้วยกรรมวิธีทางความร้อน
- วัสดุเซรามิกและวัสดุผสม

6

## วัสดุที่จะเรียนในวิชานี้

- โลหะ → ภาคโลหะ
- เซรามิก, วัสดุผสม → ภาคโลหะ
- วัสดุในงานโยธา → ภาคโยธา
  - คอนกรีต
  - แอสฟัลต์
  - ไม้
  - เหล็กก่อสร้าง, เหล็กเสริมในคอนกรีต
- พอลิเมอร์ → ภาคเคมี

4

## คณะผู้สอน (เฉพาะจากภาควิชาวิศวกรรมโลหการ)

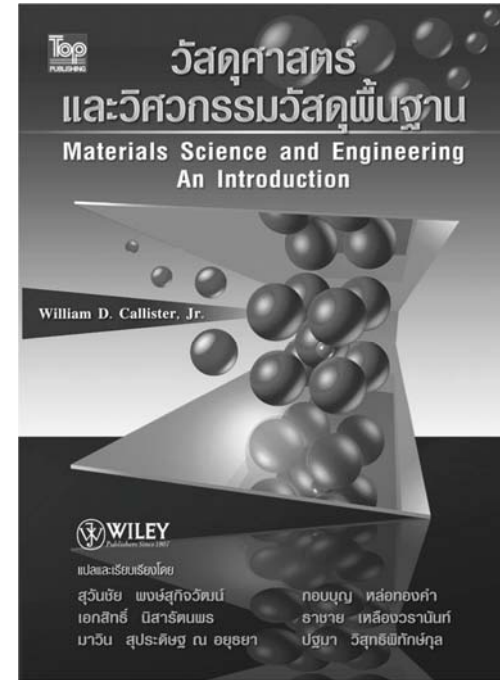
- ผศ. ดร. มาวิน สุประดิษฐ์ ณ อยุธยา (หัวหน้าวิชา)
- รศ. ดร. ปฐมา วิสุทธิพิทักษ์กุล
- รศ. ดร. ชახาย เหลืองวรานันท์
- ผศ.ดร. ปัญญาวัชร ว่างยาว
- ผศ. สุวันชัย พงษ์สุกิจวัฒน์

7

## เอกสารประกอบการเรียน (เฉพาะส่วนของโลหะ)

- เอกสารประกอบการเรียน ดาวน์โหลดจากเว็บเพจของวิชา  
<http://goo.gl/HCteX7>  
หรือเข้า URL โดยตรงที่  
<http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~psuvanch/101>
- “วัสดุศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุพื้นฐาน” โดย สวันชัย, กอบบุญ, เอกสิทธิ์, ธาชาย, มาวินและปฐมมา, สนพ. ท้อป หรือ Materials Science and Engineering, W. D. Callister, John Wiley & Sons Inc.
- Foundations of Materials Science and Engineering, W. F. Smith, McGraw-Hill
- หนังสืออื่น ๆ เกี่ยวกับ Engineering Materials หรือ Materials Engineering

8



9

## บทที่ ๑ บทนำ

### Introduction to Materials Science and Engineering

- วัสดุคืออะไร?
- วัสดุคือ สสารต่าง ๆ ที่มนุษย์นำมาประกอบขึ้นหรือผลิตขึ้นให้เป็นผลิตภัณฑ์, เครื่องมือเครื่องใช้, สิ่งประดิษฐ์, สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ
- วัสดุวิศวกรรมคืออะไร?
- วิศวกรรม และวิศวกร คืออะไร?

10

### วิศวกรคือ?

- ผู้ที่นำความรู้วิทยาศาสตร์ทั้งวิทยาศาสตร์พื้นฐานและประยุกต์ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการออกแบบ, ผลิต/จัดสร้าง, และใช้งานผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วนต่าง ๆ ขึ้นจากวัสดุ (วัสดุวิศวกรรม) โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- วัสดุวิศวกรรม = วัสดุที่ใช้งานในทางวิศวกรรม (วัสดุในงานวิศวกรรม, วัสดุทางวิศวกรรม)
- วิศวกรรมวัสดุ = วิศวกรรมสาขาที่ว่าด้วยศาสตร์ของโครงสร้าง, สมบัติ, การผลิตและการใช้งานวัสดุต่าง ๆ

11

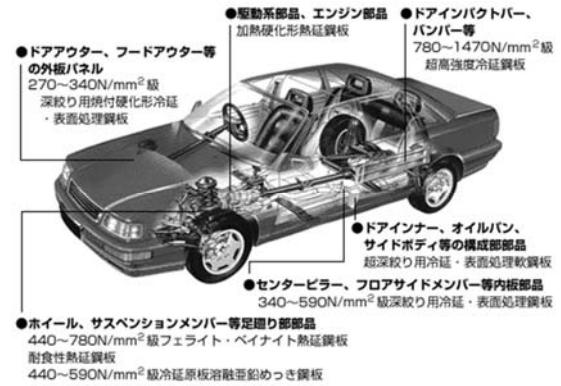
# ตัวอย่างการใช้งานเหล็กกล้า ชนิดต่าง ๆ ในรถยนต์



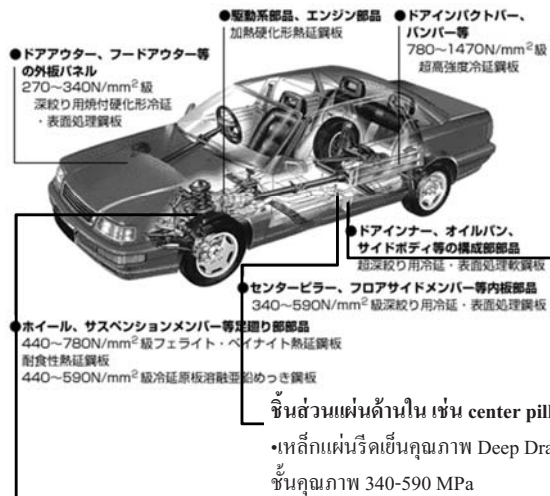
Crank Shaft



Cylinder Block



[http://www.kobelco.com.jp/p033/seihin\\_25.htm](http://www.kobelco.com.jp/p033/seihin_25.htm)



ชิ้นส่วนโครงสร้าง เช่น door inner, oil pan, side body  
เหล็กแผ่นคาร์บอนต่ำรีดเย็นคุณภาพ Extra Deep Drawing และผ่านกรรมวิธีปรับปรุงผิว

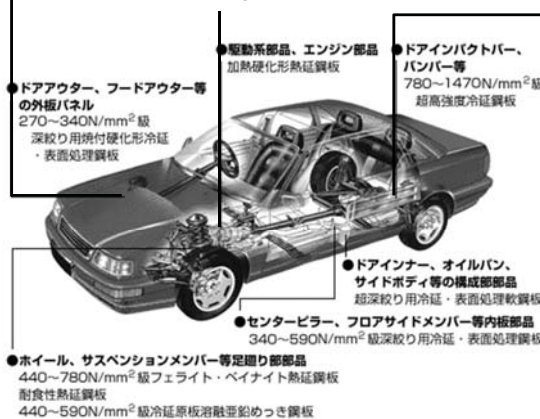
ชิ้นส่วนแผ่นดัดใน เช่น center pillar, floor-side member  
เหล็กแผ่นรีดเย็นคุณภาพ Deep Drawing และผ่านกรรมวิธีปรับปรุงผิว  
ชิ้นคุณภาพ 340-590 MPa

ช่วงล่างตัวรถ เช่น ล้อ, suspension member

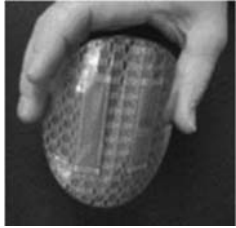
- เหล็กแผ่นรีดร้อน โครงสร้างเฟอร์ไรต์-เบนไนต์ ชิ้นคุณภาพ 440-780 MPa
- เหล็กแผ่นรีดร้อน ทนการกัดกร่อน
- เหล็กแผ่นรีดเย็นเคลือบสังกะสี ชิ้นคุณภาพ 440-590 MPa

ชิ้นส่วนเพนกลางนอก เช่น door outer, hood outer  
เหล็กแผ่นรีดเย็นคุณภาพ deep drawing ประเภทอบเพิ่มความแข็งได้ (bake hardening) และผ่านกรรมวิธีปรับปรุงผิว ชิ้นคุณภาพ

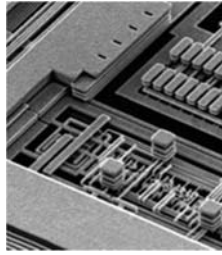
270-340 MPa  
ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ชิ้นส่วนระบบเก็บเสียง  
เหล็กแผ่นรีดร้อน ประเภทอบเพิ่มความแข็งได้ (age hardening)



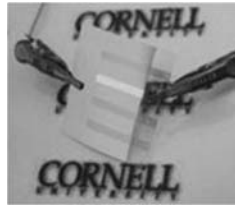
เท่ากับกระแทกของประตู กันชน เป็นต้น  
เหล็กแผ่นรีดเย็นความแข็งแรงสูงมาก ชิ้นคุณภาพ 780-1470 MPa



วงจรถือเล็กทรอนิกส์ชนิดอ่อนบนแผ่นพลาสติก สำหรับจอคอมพิวเตอร์ชนิดพับได้

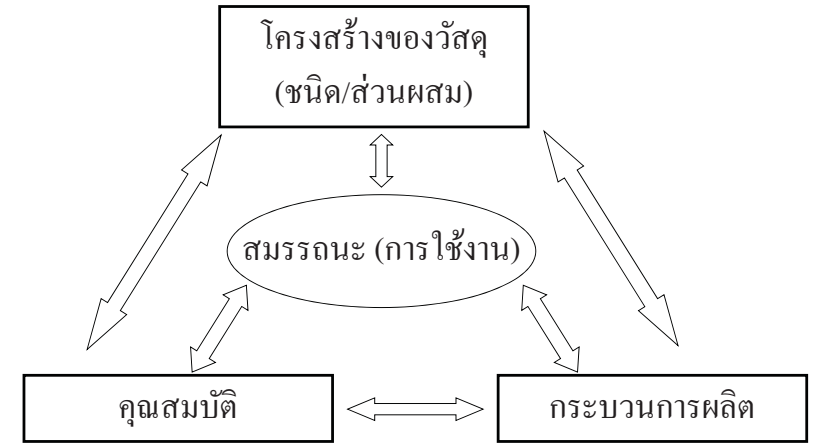


แผงวงจรถือเล็กทรอนิกส์ขนาดจิ๋ว ขนาดสายไฟในวงจรขนาด 18 ไมครอน



ไดโอดเปล่งแสง ชนิดบางบนแผ่นพลาสติก สำหรับทีวีจอแบน (จาก เว็บไซต์ [www.cornell.edu](http://www.cornell.edu))

16



17

## วัสดุในงานวิศวกรรม

- โลหะ
- เซรามิก
- พอลิเมอร์
- วัสดุผสม

18

## โลหะ

- เหล็ก ทองแดง อะลูมิเนียม สังกะสี ตะกั่ว ฯลฯ
- วัสดุที่ใช้งานกันมากที่สุดในอุตสาหกรรม
- หาง่าย, ใช้งานแพร่หลาย, ทนทาน
- สามารถทำรีไซเคิลได้
- กระบวนการผลิตมีความยืดหยุ่น, ขึ้นรูปได้หลายแบบ
- มีคุณสมบัติหลากหลาย

19

## อุตสาหกรรมโลหะในประเทศไทย

### 1. สายการผลิตโลหะ

- โรงถลุงสังกะสี
- โรงถลุงดีบุก
- โรงถลุงทองแดง, ตะกั่ว
- (บ้านเรายังไม่มีโรงถลุงเหล็ก- แต่กำลังจะมี)

### 2. สายการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วน

## อุตสาหกรรมโลหะในประเทศไทย

### 2. สายการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์/ชิ้นส่วน

- ผลิตภัณฑ์หล่อ (Casting)
- ผลิตภัณฑ์รีด (Rolling)
- ผลิตภัณฑ์อัดขึ้นรูป (Extrusion)
- ผลิตภัณฑ์โลหะแผ่น (Sheet Metal Forming)
- อื่น ๆ เช่น การดึงลวด (Wire Drawing), ผลิตภัณฑ์จากกรรมวิธีโลหะผง (Powder Metallurgy, PM)

### 3. สายบริการ/บำรุงรักษา/ดูแล/ตรวจสอบ

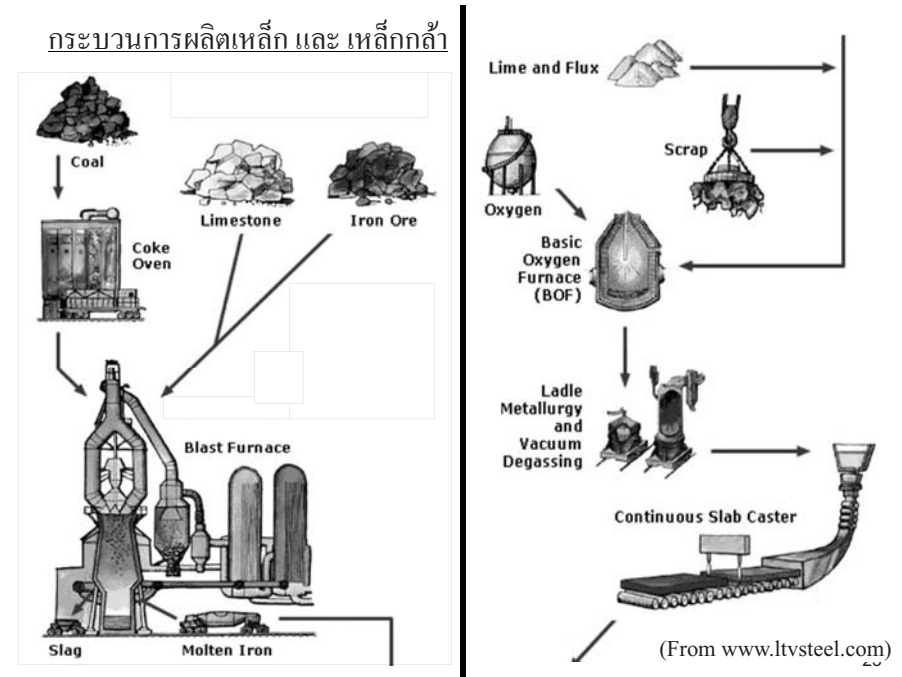
20

21

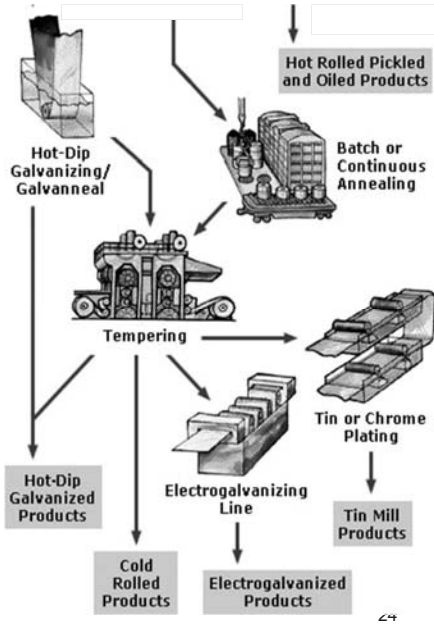
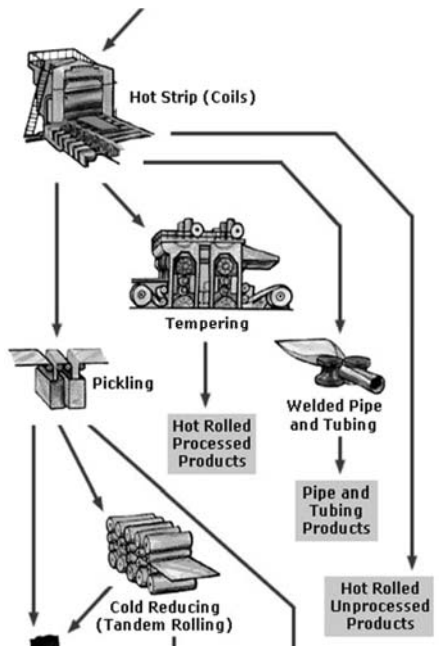
## อุตสาหกรรมโลหะในประเทศไทย

### 3. สายบริการ/บำรุงรักษา/ดูแล/ตรวจสอบ

- การอบชุบความร้อน เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ
- งานด้านการป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion Prevention)
- งานวิเคราะห์ความเสียหายของชิ้นส่วน (Fracture Analysis)



22



## โลหะ

- เป็นธาตุส่วนใหญ่ ในตารางธาตุ
- แบ่งเป็น
  1. โลหะ Representative
  2. โลหะ Transition

The Periodic Table

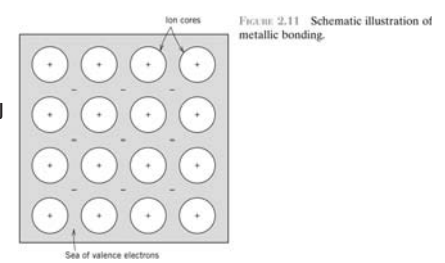
| 1     | Group |       |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       | 18    |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 2     |       |        |        |        |        |        |        |       |       |       | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 2     |
| 3     | 4     |       |        |        |        |        |        |        |       |       |       | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| 4     | 5     | 6     | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |       |
| 5     | 6     | 7     | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |       |       |
| 6     | 7     | 8     | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |       |       |       |
| 7     | 8     | 9     | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16    | 17    | 18    | 19    | 20    |       |       |       |       |
| 1 H   |       |       |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       | 2 He  |
| 3 Li  | 4 Be  |       |        |        |        |        |        |        |       |       |       | 5 B   | 6 C   | 7 N   | 8 O   | 9 F   | 10 Ne |
| 11 Na | 12 Mg | 3     | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10    | 11    | 12    | 13 Al | 14 Si | 15 P  | 16 S  | 17 Cl | 18 Ar |
| 19 K  | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti  | 23 V   | 24 Cr  | 25 Mn  | 26 Fe  | 27 Co  | 28 Ni | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr |
| 37 Rb | 38 Sr | 39 Y  | 40 Zr  | 41 Nb  | 42 Mo  | 43 Tc  | 44 Ru  | 45 Rh  | 46 Pd | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I  | 54 Xe |
| 55 Cs | 56 Ba | 57 La | 72 Hf  | 73 Ta  | 74 W   | 75 Re  | 76 Os  | 77 Ir  | 78 Pt | 79 Au | 80 Hg | 81 Tl | 82 Pb | 83 Bi | 84 Po | 85 At | 86 Rn |
| 87 Fr | 88 Ra | 89 Ac | 104 Rf | 105 Db | 106 Sg | 107 Bh | 108 Hs | 109 Un |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

KEY OF ELEMENT TYPES

- Alkali Metals
- Alkaline Earth Metals
- Transition Metals
- Lanthanides (Rare Earths)
- Actinides
- Poor Metals
- Semimetals
- Nonmetals
- Noble Gases

## โลหะ

- ภายในเนื้อโลหะ ประกอบด้วยอะตอมซึ่งจับตัวกันด้วยพันธะโลหะ (Metallic Bond) ทำให้มีอิเล็กตรอนอิสระ (Free electrons) ฟ้าดี, การนำความร้อนดี, การแปรรูปถาวร (Plastic Deformation) ดี
- การจัดเรียงตัวของอะตอม เป็นระเบียบ มีกฎเกณฑ์ตายตัวทั้งในด้านตำแหน่งและทิศทาง → โครงสร้างผลึก (Crystal Structure)



## โลหะ

- การแบ่งประเภท
- โลหะบริสุทธิ์ (Pure Metals) กับ โลหะผสม (Alloys)
- โลหะเหล็ก (Ferrous metals) กับ โลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non-ferrous metals)

28

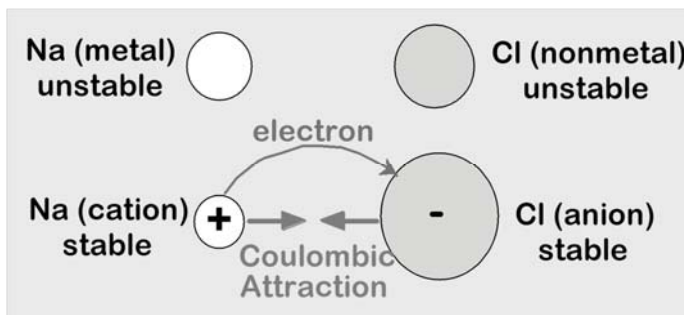
## เซรามิก (Ceramics)

- เป็นสารบริสุทธิ์ (ธาตุ หรือ สารประกอบ)
- มีทั้งอะตอมของโลหะและอโลหะมาประกอบกัน
- โครงสร้างผลึก ที่ซับซ้อนกว่าในโลหะ
- จับตัวด้วยพันธะไอออนิก/โควาเลนต์
- จุดหลอมเหลวสูง, ทนความร้อน, ทนต่อการกัดกร่อน, แข็ง, เปราะ, มักไม่นำไฟฟ้า
- น้ำหนักเบา (ถ.พ. ต่ำ)

29

## IONIC BONDING

- Occurs between + and - ions.
- Requires electron transfer.
- Large difference in electronegativity required.
- Example: NaCl



Chapter 2- 8

30

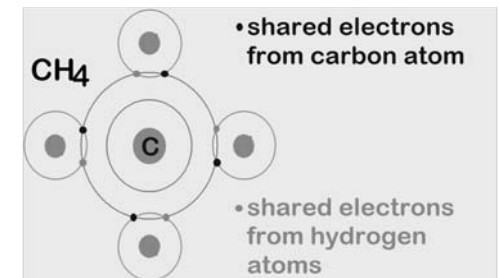
## COVALENT BONDING

- Requires shared electrons
- Example: CH<sub>4</sub>

C: has 4 valence e,  
needs 4 more

H: has 1 valence e,  
needs 1 more

Electronegativities  
are comparable.



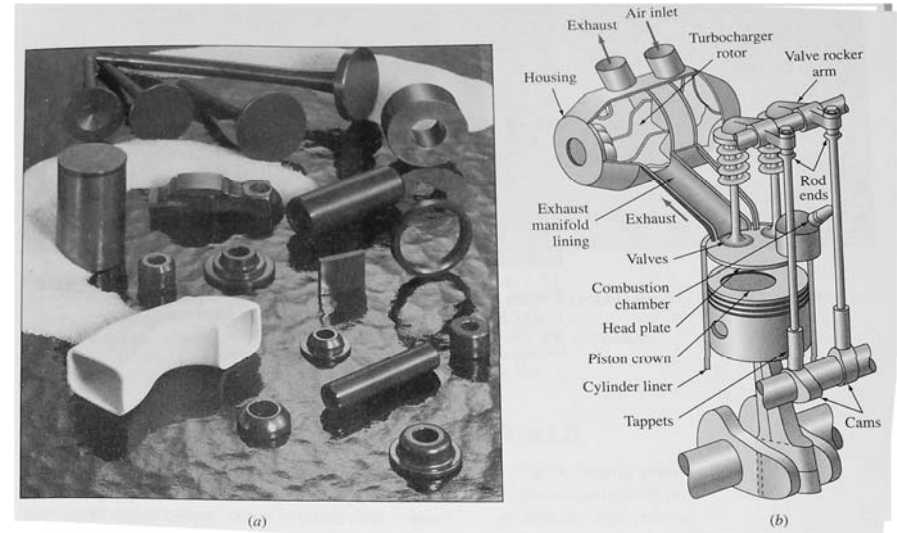
Adapted from Fig. 2.10, Callister 6e.

Chapter 2- 10

31

ตาราง สัดส่วนของพันธะโควาเลนต์และพันธะไอออนิกในเซรามิกบางชนิด

| เซรามิก<br>(สารประกอบ)                             | อะตอมคู่ที่เกิด<br>พันธะ | ผลต่างของ<br>Electronegativity | ความเป็น<br>ไอออนิก (%) | ความเป็น<br>โควาเลนต์<br>(%) |
|--|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Magnesium Oxide,<br>MgO                            | Mg-O                     | 2.3                            | 73                      | 27                           |
| Aluminum Oxide,<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | Al-O                     | 2.0                            | 63                      | 37                           |
| Silicon Dioxide,<br>SiO <sub>2</sub>               | Si-O                     | 1.7                            | 51                      | 49                           |
| Silicon Nitride,<br>Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> | Si-N                     | 1.2                            | 30                      | 70                           |
| Silicon Carbide,<br>SiC                            | Si-C                     | 0.7                            | 11                      | 89                           |



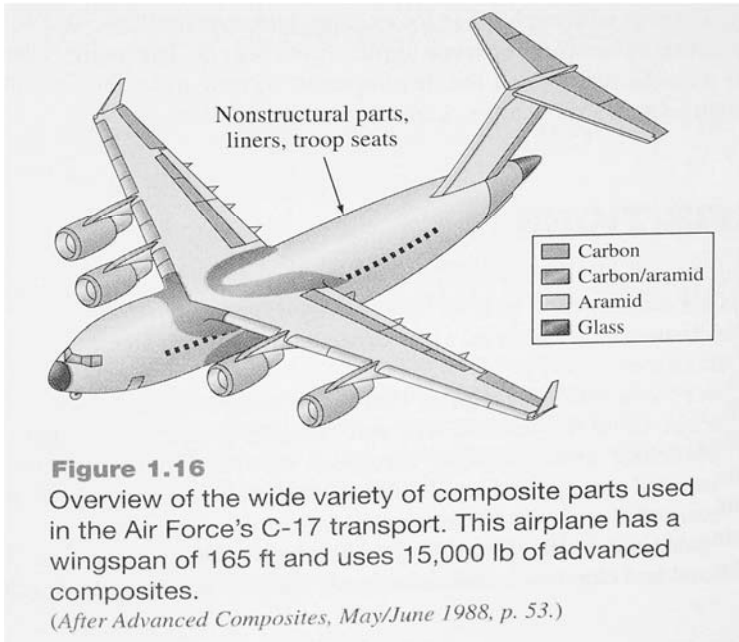
## พอลิเมอร์ หรือ พลาสติก

- ☛ สารอินทรีย์ (มี คาร์บอนเป็นองค์ประกอบ) โมเลกุลใหญ่และเรียงตัวเป็นสายทาง (โซ่ยาว) หรือเป็นโครงข่าย ไม่จัดเรียงอะตอมเป็นโครงสร้างผลึก
- ☛ มีความแข็งแรงและความเหนียวแตกต่างกันไป
- ☛ โดยทั่วไป จุดอ่อนตัว/จุดสลายตัวต่ำ
- ☛ ไม่ทนต่อการกัดกร่อนมากนัก
- ☛ น้ำหนักเบา (ถ.พ. ต่ำ)

## วัสดุผสม (composite Materials)

- ☛ เกิดจากวัสดุมากกว่า ๒ ชนิดมาผสมกัน
- ☛ ไม่มีการหลอมละลายระหว่างกัน มีผิวสัมผัสระหว่างวัสดุให้เห็น
- ☛ มีทั้งชนิดเส้นใยเสริมแรง และเม็คอนุภาคแทรก
- ☛ เช่น เส้นใยแก้วเสริมแรงในอิพ็อกซี



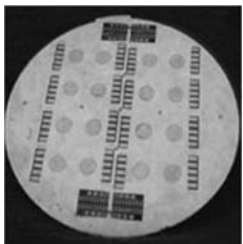


36

## วัสดุอิเล็กทรอนิกส์

- กลุ่มวัสดุพิเศษที่แบ่งแยกจากวัสดุหลัก
- วัสดุในงานอิเล็กทรอนิกส์
- ที่สำคัญคือ ซิลิคอนบริสุทธิ์
  - สามารถทำให้อยู่ในรูปต่าง ๆ ซึ่งส่งผลให้สมบัติทางไฟฟ้าของซิลิคอนนั้นแตกต่างกันไป
  - เช่น ซิลิคอนผลึกเดี่ยว, ซิลิคอนแบบหลายผลึก, ซิลิคอนแบบอสัณฐาน (Amorphous Silicon)

37



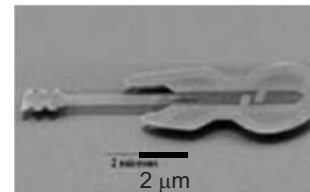
เครื่องตรวจ สายพันธุกรรม ดีเอ็นเอ ทำจากผลึกแก้ว



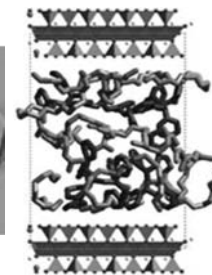
เสื้อทนความร้อน กันความร้อนถึง ๔๐๐ องศา ทำจากเคฟลาร์ (Kevlar) - วัสดุผสมเสริมแรงด้วยเส้นใยอะรามิด



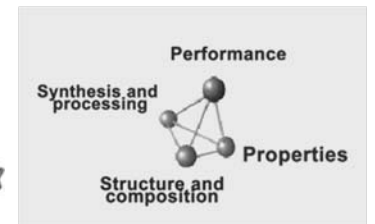
ใบพัดกังหันเครื่องเจ็ทเทอร์โบ ทำจากเซรามิกชนิดซิลิคอน-ไนไตรด์



Nanotechnology เทคโนโลยี ระดับ  $10^{-9}$  m ความสามารถในการควบคุมโครงสร้างระดับอะตอมและโมเลกุล (จาก เว็บไซต์ [www.cornell.edu](http://www.cornell.edu))



Nanocomposite วัสดุผสม ในระดับอะตอมระหว่าง ชั้นซิลิเกต กับพอลิเมอร์ (จาก เว็บไซต์ [www.cornell.edu](http://www.cornell.edu))



ไม่ว่าจะเป็น เทคโนโลยีใหม่หรือเก่า พื้นฐานยังคงเป็น ความสัมพันธ์ ระหว่าง

- โครงสร้าง
- คุณสมบัติ
- การผลิต
- สมรรถนะ

38

39