SE-ED's TEXTBOOK

เหมาะสำหรับนักศึกษาระดับ ปวส. ปริญญาตรี และผู้สนใจทั่วไป

รหัสวิชา 3100-0004

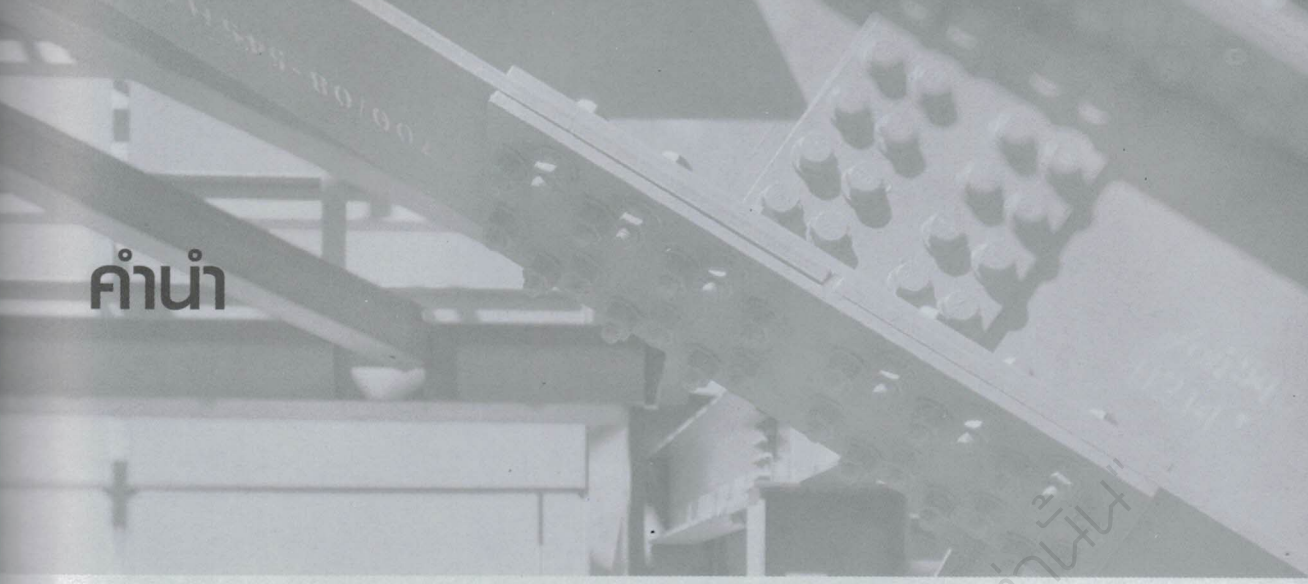
วัสดุช่าง

Engineering Materials

รศ. กวี หวังนิเวศน์กุล

ซีเอ็ด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ห้องสมุดพระนครเหนือ
501031712



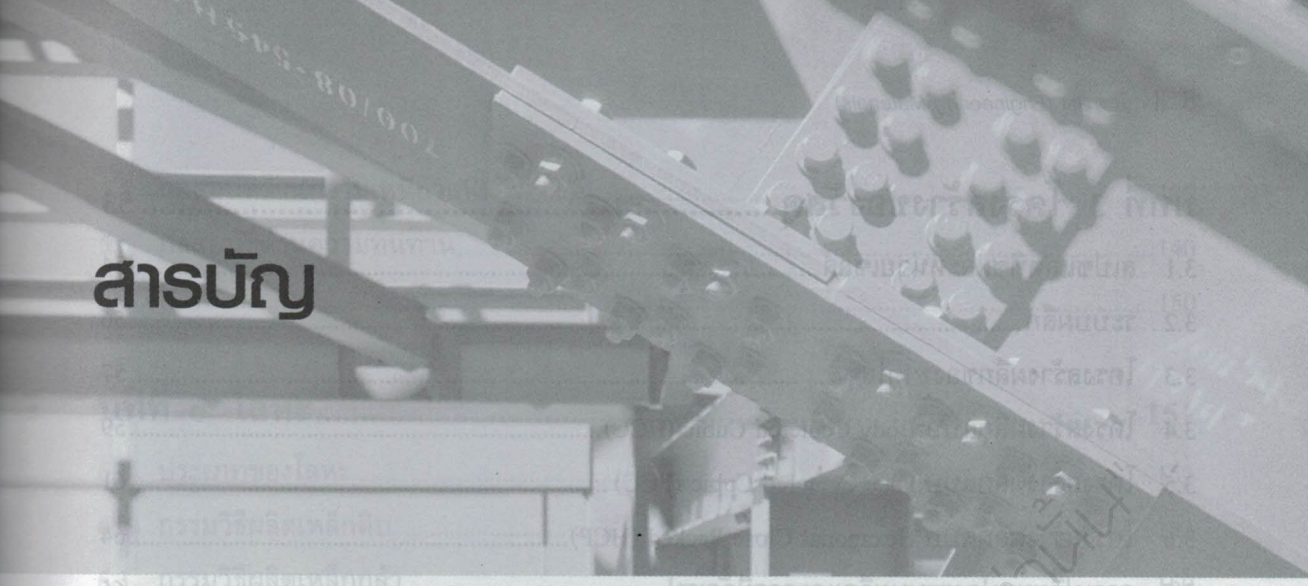
คำนำ

วัสดุช่าง (Materials) หรือวัสดุอุตสาหกรรม หรือวัสดุวิศวกรรม เป็นวิชาพื้นฐานสำหรับนักศึกษาในระดับ ปวส. ทุกสาขาวิชาช่างอุตสาหกรรม และยังเป็นวิชาพื้นฐานสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ทุกแขนง เพื่อให้นักศึกษาได้มีความรู้พื้นฐานด้านวัสดุและนำไปประยุกต์ใช้ในแต่ละสาขาวิชาต่อไป

หนังสือเล่มนี้ เหมาะสำหรับนักศึกษาระดับ ปวส. ช่างอุตสาหกรรมทุกสาขาวิชา และนักศึกษาในระดับปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ทุกสาขาวิชา โดยเนื้อหาวิชาได้เขียนให้ครอบคลุมตามหลักสูตรในระดับ ปวส. ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และครอบคลุมตามเนื้อหาวิชาตามที่สภาวิศวกรได้กำหนดไว้อย่างครบถ้วน เนื่องจากเนื้อหาวิชาค่อนข้างมาก อาจารย์ผู้สอนสามารถพิจารณาเลือกหัวข้อเนื้อหาการสอนให้สอดคล้องกับระดับการศึกษาตามเหมาะสมได้

ผู้เขียนขอขอบคุณครูบาอาจารย์ที่เคยสั่งสอนมา และตำราต่างๆ ที่นำมาใช้อ้างอิง ตลอดจนประสบการณ์วิชาชีพของผู้เขียนเอง ซึ่งได้พยายามถ่ายทอดความรู้พื้นฐานให้เป็นที่แพร่หลายต่อไป หากท่านผู้อ่านท่านใดพบเห็นข้อความใดที่ยังไม่ถูกต้อง กรุณาแจ้งให้ผู้เขียนทราบเพื่อนำมาแก้ไขให้ถูกต้องต่อไป ด้วยความขอบคุณยิ่ง

รองศาสตราจารย์ กวี หวังนิเวศน์กุล
อีเมล: kawee2555@gmail.com



สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 13

1.1 วัสดุศาสตร์ 15

1.2 วัสดุช่างในทางอุตสาหกรรมและวิศวกรรม 15

1.3 ประเภทของวัสดุ 16

1.4 การเลือกใช้วัสดุและคุณสมบัติ 22

แบบฝึกหัด 25

บทที่ 2 อะตอม 27

2.1 โครงสร้างอะตอม 29

2.2 เลขอะตอม เลขมวล เลขนิวตรอน 30

2.3 มวลอะตอม หน่วยมวลอะตอม 31

2.4 การจัดกลุ่มธาตุ 32

2.5 ไอโซโทป ไอโซบาร์ ไอโซโทน 35

2.6 เลขควอนตัม 37

2.7 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือโมเลกุล 43

2.8 เปรียบเทียบการยึดเหนี่ยว 48

2.9 สารประกอบ 50

แบบฝึกหัด 52

บทที่ 3 โครงสร้างของวัสดุ 53

3.1 สเปซแลตทิซและหน่วยเซลล์ 54
3.2 ระบบผลึก 56
3.3 โครงสร้างผลึกของธาตุโลหะ 57
3.4 โครงสร้างผลึกแบบ Body Centered Cubic (BCC) 59
3.5 โครงสร้างผลึกแบบ Face Centered Cubic (FCC) 61
3.6 โครงสร้างผลึกแบบ Hexagonal Close Packed (HCP) 64
3.7 การเปลี่ยนแปลงระบบผลึกและการมีอัญรูป 65
3.8 ตำแหน่งอะตอมและทิศทางในหน่วยเซลล์ลูกบาศก์ 66
3.9 ระนาบผลึกในหน่วยเซลล์ลูกบาศก์ 70
3.10 ทิศทางและระนาบผลึกของหน่วยเซลล์แบบเฮกซาโกนอล 74
3.11 การเกิดผลึก 78
3.12 ความไม่สมบูรณ์ของโครงสร้างผลึก 80
แบบฝึกหัด 87

บทที่ 4 เฟสไดอะแกรม 89

4.1 เฟสและเฟสไดอะแกรม 89
4.2 กฎของเฟส 92
4.3 แผนภาพสมดุลระบบสารเดียว 94
4.4 แผนภาพสมดุลระบบสองสาร 96
4.5 แผนภาพสมดุลระบบสามสาร 116
แบบฝึกหัด 122

บทที่ 5 กลสมบัติวัสดุและการทดสอบ 125

5.1 กลสมบัติของวัสดุ 126
5.2 กลสมบัติด้านความแข็งแรง 128
5.3 กลสมบัติด้านความสามารถรูปทรง 137
5.4 กลสมบัติด้านความแข็งแกร่ง 138

5.5 กลสมบัติด้านความเหนียวแน่น 138
5.6 กลสมบัติด้านความทนทาน 140
แบบฝึกหัด 150

บทที่ 6 โลหะ 151

6.1 ประเภทของโลหะ 152
6.2 กรรมวิธีผลิตเหล็กดิบ 153
6.3 กรรมวิธีผลิตเหล็กกล้า 160
6.4 กรรมวิธีผลิตเหล็กหล่อ 183
6.5 โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก 197
แบบฝึกหัด 213

บทที่ 7 การกัดกร่อน 215

7.1 การกัดกร่อน 215
7.2 ปัจจัยของการผุกร่อน 223
7.3 รูปแบบของการผุกร่อน 228
7.4 การป้องกันการผุกร่อน 236
แบบฝึกหัด 242

บทที่ 8 เชื้อเพลิงและปิโตรเลียม 243

8.1 เชื้อเพลิงแข็ง 243
8.2 เชื้อเพลิงเหลว 245
8.3 ปิโตรเลียม 246
8.4 ขั้นตอนในการสำรวจปิโตรเลียม 248
8.5 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ผ่านการกลั่น 251
8.6 เชื้อเพลิงก๊าซ 255
แบบฝึกหัด 259

บทที่ 9 โพลิเมอร์ 261

9.1 วัสดุโพลิเมอร์ 262

9.2 พลาสติก 270

9.3 กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก 283

9.4 วัสดุยืดหยุ่น 295

9.5 การลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากโพลิเมอร์สังเคราะห์ 299

9.6 โพลิเมอร์ธรรมชาติ 304

แบบฝึกหัด 319

บทที่ 10 เซรามิก 321

10.1 โครงสร้างผลึกพื้นฐานของเซรามิก 322

10.2 ประเภทของวัสดุเซรามิก 327

10.3 คุณสมบัติของวัสดุเซรามิก 331

10.4 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก 335

10.5 แก้ว 344

10.6 กรรมวิธีการผลิตแก้ว 347

10.7 ประเภทของกระจก 352

10.8 ปูนซีเมนต์ 361

10.9 องค์ประกอบของคอนกรีต 372

แบบฝึกหัด 376

บทที่ 11 วัสดุคอมโพสิต 377

11.1 ประเภทของวัสดุคอมโพสิต 379

11.2 โครงสร้างของวัสดุคอมโพสิต 385

11.3 การประยุกต์ใช้งานวัสดุคอมโพสิต 390

11.4 แบบฝึกหัด 396

บทที่ 12 วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 397

12.1 ระบบไฟฟ้ากำลัง 398
12.2 หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านพลังงานไฟฟ้ากำลัง 400
12.3 หน่วยพื้นฐานทางไฟฟ้า 402
12.4 หนังสือรับรองวิชาชีพช่างไฟฟ้า 404
12.5 สายไฟฟ้า 406
12.6 สวิตช์ประธาน 409
12.7 สวิตช์ตัดไฟอัตโนมัติ 409
12.8 ฟิวส์ 410
12.9 สะพานไฟ 412
12.10 เครื่องตัดไฟรั่ว 412
12.11 สายดินป้องกัน 413
12.12 การป้องกันฟ้าผ่า 415
12.13 เต้ารับหรือปลั๊กตัวเมีย 416
12.14 เต้าเสียบหรือปลั๊กตัวผู้ 416
12.15 สวิตช์ไฟ 417
12.16 หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง 417
12.17 โคมไฟส่องสว่าง 433
12.18 สตาร์ทเตอร์ 437
12.19 บัลลาสต์ 438
12.20 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง 439
12.21 วัสดุกึ่งตัวนำ 445
12.22 ไดโอด 447
12.23 ตัวต้านทาน 449
12.24 ตัวเก็บประจุ 455
แบบฝึกหัด 457

บรรณานุกรม 459

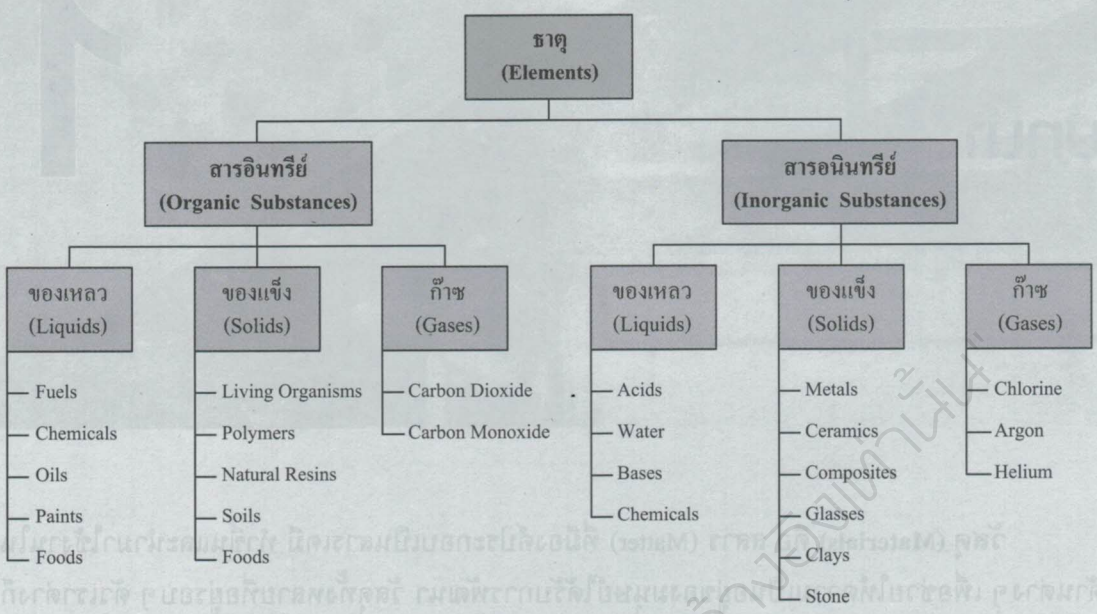
สำหรับเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามจำหน่าย

1 บทนำ

วัสดุ (Materials) คือ สสาร (Matter) ที่มีองค์ประกอบเป็นสารเคมี ทำขึ้นและนำมาใช้งานในด้านต่างๆ เพื่อช่วยให้ความเป็นอยู่ของมนุษย์ได้รับการพัฒนา วัสดุทั้งหลายที่อยู่รอบๆ ตัวเราต่างก็ผลิตขึ้นมาจากวัสดุชนิดต่างๆ เช่น คอนกรีต แก้ว เซรามิก เหล็กกล้า ทองแดง อะลูมิเนียม พลาสติก กาว อิฐ และไม้ เป็นต้น

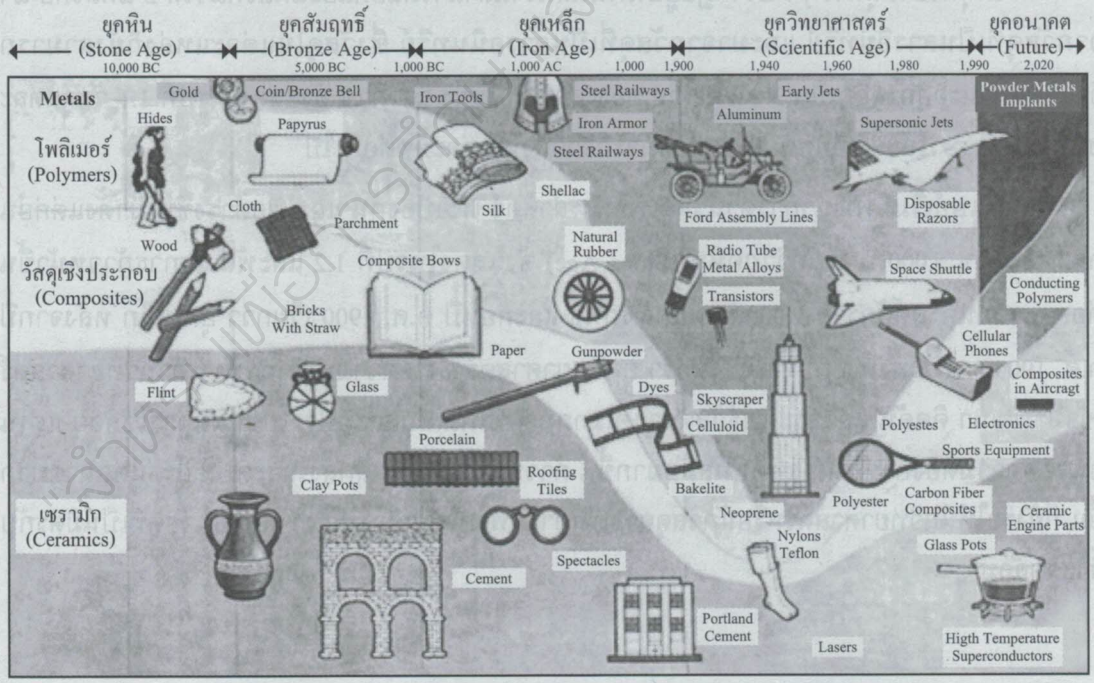
ธาตุหรือวัสดุต่างๆ ที่ปรากฏอยู่บนพื้นโลกเรานี้สามารถแยกแยะแหล่งที่มาได้ 2 แหล่งคือ มาจากวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ และมาจากวัสดุที่เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งวัสดุในแต่ละแหล่งก็ยังสามารถจำแนกสถานะออกได้อีกเป็น 3 สถานะคือ ของเหลว ของแข็ง และก๊าซ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 วัสดุแต่ละชนิดจะได้ศึกษาโดยละเอียดในแต่ละเรื่องที่จะกล่าวถึงในแต่ละบทต่อๆ ไป

มนุษย์เริ่มมีพัฒนาการด้านวัสดุเพื่อการล่าสัตว์ เพื่อป้องกัน และเพื่อดำรงชีพ มาตั้งแต่ก่อนคริสต์ศักราช 5,000 ปี เรียกว่ายุคหิน (Stone Age) ดังแสดงในรูปที่ 1.2 และพัฒนาการก้าวหน้าขึ้นต่อๆ มาก่อนคริสต์ศักราช 1,000 ปีในยุคสัมฤทธิ์ และก่อนปี ค.ศ. 1900 เรียกว่า ยุคเหล็ก หลังจากปี ค.ศ. 1900 จนกระทั่งถึงยุคปัจจุบันเรียกว่า ยุควิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้ความรู้วิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์เข้ามาพัฒนา คิดค้นและประดิษฐ์วัสดุต่างๆ มากมายที่ทันสมัยและมีประโยชน์ต่อการใช้สอย แต่ในอนาคตความต้องการด้านวัสดุที่ทันสมัยมากขึ้น ก้าวหน้ามากขึ้น เล็กลงในระดับนาโน แต่ฉลาดมากขึ้น ก็ยังรอให้นักวิทยาศาสตร์หรือนักวัสดุศาสตร์เข้ามาพัฒนาอีกต่อไป และต้องเป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 1.1 การจำแนกแหล่งที่มาของวัสดุ

(ที่มา : Engineering Materials, 6th ed. p.3, by Kenneth G. Budinski & Michael K. Budinski)



รูปที่ 1.2 แสดงพัฒนาการความก้าวหน้าของวัสดุในแต่ละยุคสมัย

(ที่มา : Engineering Materials Technology, 2nd ed. p.28, by James A. Jacobs & Thomas F. Kilduff)

1.1 วัสดุศาสตร์ (Materials Science)

วัสดุศาสตร์ หมายถึงศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติและกระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องของวัสดุชนิดต่างๆ เช่น โลหะและโลหะผสม เซรามิกและแก้ว โพลิเมอร์และสิ่งทอ รวมไปถึงวัสดุเชิงประกอบ (Composite Material) ประเภทต่างๆ รวมถึงวัสดุก้าวหน้าในอนาคต ซึ่งต้องอาศัยพื้นฐานความรู้สหสาขาวิชา เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ ธรณีวิทยา การแพทย์ และวิศวกรรม โดยให้ความสนใจไปที่คุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุในสภาวะที่เป็นของแข็ง เช่น โครงสร้างอะตอมหรือโมเลกุลของวัสดุ คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ คุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้า และการนำความร้อน เป็นต้น

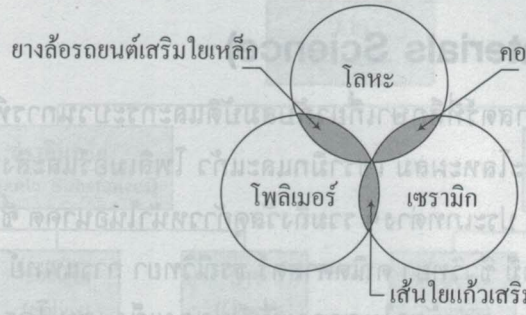
คุณสมบัติของวัสดุทางกายภาพสังเกตได้จากคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ ส่วนคุณสมบัติที่แสดงในระดับโครงสร้างโมเลกุลและอะตอมจะต้องใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ช่วยวิเคราะห์ตรวจสอบ สำหรับการประเมินสมรรถนะของวัสดุจะเป็นพื้นฐานของงานด้านวิศวกรรมทุกสาขาที่จะนำวัสดุนั้นๆ ไปใช้งาน การนำความรู้ด้านวัสดุศาสตร์ไปใช้งานทางด้านวิศวกรรมอย่างกว้างขวางทำให้เกิดการคิดค้นประดิษฐ์วัสดุขึ้นใหม่ ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่หรือเกิดอุตสาหกรรมใหม่ โดยอุตสาหกรรมเหล่านี้ต้องใช้นักวิทยาศาสตร์หรือนักวัสดุศาสตร์คอยดูแลแก้ไขปัญหาและวิจัยวัสดุใหม่ๆ อย่างต่อเนื่อง นักวัสดุศาสตร์จะมีบทบาทในด้านต่างๆ เช่น การออกแบบวัสดุ (Materials Design) การประเมินค่าใช้จ่ายในการผลิต ควบคุมกระบวนการทางด้านเทคนิคต่างๆ และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่เหมาะสม มีสมรรถนะและประโยชน์ในการใช้งาน

1.2 วัสดุช่างในทางอุตสาหกรรมและวิศวกรรม

วัสดุช่างหรือวัสดุอุตสาหกรรมหรือวัสดุวิศวกรรม ล้วนเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันกับวัสดุศาสตร์ โดยเน้นที่การออกแบบวัสดุเชิงอุตสาหกรรมและวิศวกรรม กระบวนการปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุ วิเคราะห์ผลการใช้งานวัสดุ เศรษฐศาสตร์เชิงอุตสาหกรรม คุณสมบัติเชิงวิศวกรรม เช่น ความคงทน การกัดกร่อน ความเสียหาย และการซ่อมแซม เป็นต้น

วัสดุช่างในทางอุตสาหกรรมและวิศวกรรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. กลุ่มโลหะ (Metal)
2. กลุ่มโพลิเมอร์ (Polymer)
3. กลุ่มเซรามิก (Ceramic)
4. กลุ่มสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) และ
5. กลุ่มวัสดุเชิงประกอบ (Composite)

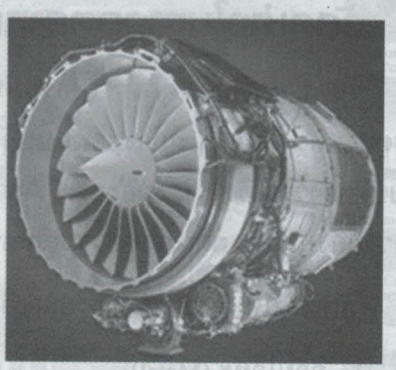


รูปที่ 1.3 แสดงความสัมพันธ์ของวัสดุแต่ละกลุ่มและวัสดุเชิงประกอบในพื้นที่แรเงา

1.3 ประเภทของวัสดุ (Materials Type)

1. วัสดุโลหะ (Metallic Materials) โลหะจัดอยู่ในกลุ่มสารอนินทรีย์ (Inorganic Substances) ที่ประกอบด้วยธาตุที่เป็นโลหะชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ และอาจมีอโลหะผสมอยู่ด้วยก็ได้ โลหะมีโครงสร้างเป็นผลึกซึ่งอะตอมจะมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและเฉพาะ โลหะเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยธาตุโลหะที่มีอิเล็กตรอนอิสระอยู่มากมาย และอิเล็กตรอนเหล่านี้ไม่ได้เป็นของอะตอมใดอะตอมหนึ่งโดยเฉพาะ ทำให้มันมีคุณสมบัติพิเศษหลายประการ เช่น เป็นตัวนำไฟฟ้า และนำความร้อนได้ดีมาก ไม่ยอมให้แสงผ่าน ผิวของโลหะที่ขัดเรียบจะเป็นมันวาว โลหะมีความแข็งแรงสูง เหนียว อ่อนตัวได้ และสามารถแปรรูปได้ ถ้าเอาโลหะบริสุทธิ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกันจะได้เป็นโลหะผสม (Alloy)

รูปที่ 1.4 แสดงพันธะเคมีของโลหะ



รูปที่ 1.5 เครื่องยนต์เทอร์ไบน์ของเครื่องบิน ใช้โลหะผสมนิกเกิลเป็นหลัก ทนความร้อนและมีความแข็งแรงสูง

โลหะและโลหะผสม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. โลหะและโลหะผสมที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ (Ferrous metals And Alloys) โลหะชนิดนี้จะประกอบด้วยเหล็กที่มีเปอร์เซ็นต์สูง เช่น เหล็กกล้า และเหล็กหล่อ

2. โลหะและโลหะผสม ที่ไม่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบหรือมีอยู่น้อย (Non-ferrous Metals and Alloys) เช่น อะลูมิเนียม (Al), นิกเกิล (Ni), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn), ดีบุก (Sn), แมกนีเซียม (Mg) และไทเทเนียม (Ti) เป็นต้น

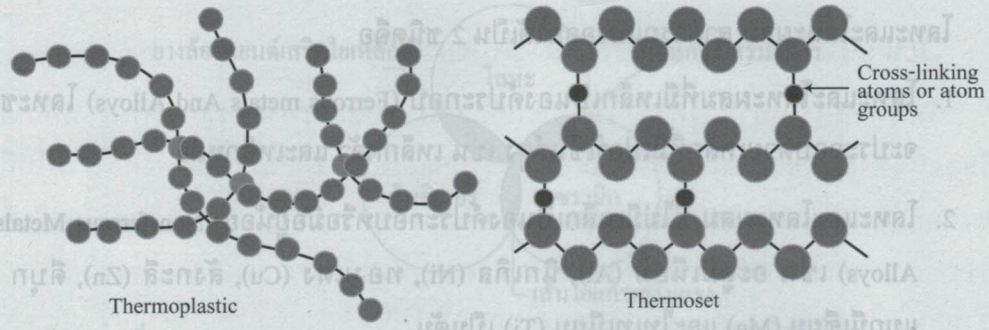
2. วัสดุโพลิเมอร์ (Polymeric Materials) จัดอยู่ในประเภทวัสดุสารอินทรีย์ เช่น พลาสติก ยาง กาว หรือโปรตีน โครงสร้างส่วนใหญ่ของโพลิเมอร์ประกอบด้วย คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), คลอไรด์ (Cl) และออกซิเจน (O) และบางชนิดอาจจะประกอบด้วย ไนโตรเจน (N), ซัลเฟอร์ (S) และฟลูออรีน (F) มีโมเลกุลเป็นสายโซ่ต่อกันยาวๆ หรือเป็นโครงข่าย โครงสร้างไม่มีรูปร่างผลึก แต่บางชนิดเป็นของผสมที่มีรูปร่างผลึกและไม่มีรูปร่างผลึกปนกัน จึงมีสมบัติที่กว้างมาก มีความหนาแน่นต่ำหรือน้ำหนักเบา ใช้เป็นฉนวนความร้อนและฉนวนไฟฟ้า และมีจุดอ่อนตัวหรืออุณหภูมิของการหลอมตัวค่อนข้างต่ำ

โพลิเมอร์มีพันธะเคมียึดเกาะกันของอะตอมแบบโควาเลนต์ (Covalent Bonds) และมีแรงดึงดูดแบบแวนเดอร์วาลส์ซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่ไม่แข็งแรง การยึดเกาะกันของโมเลกุลใหญ่ที่เหมือนกันหลายๆ โมเลกุลมาต่อกันเรียกว่า เมอร์ (Mer) ซึ่งได้มาจากคำว่า โพลิเมอร์ โครงสร้างโพลิเมอร์โดยปกติสามารถเปลี่ยนรูปได้ ส่วนใหญ่มักพบเห็นผลิตภัณฑ์ในรูปของพลาสติก (Plastic)

พลาสติกเป็นโพลิเมอร์ที่สามารถแยกออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกชนิดที่สามารถหลอมเหลวได้ด้วยความร้อนและสามารถหลอมเพื่อนำกลับมาใช้งานใหม่ได้

2. เทอร์โมเซตติ้งพลาสติก (Thermosetting Plastic) เป็นพลาสติกที่เมื่อแข็งตัวแล้วจะเป็นพลาสติกที่มีความแข็งแรง แต่ไม่สามารถนำกลับมาหลอมเพื่อใช้ใหม่ได้



รูปที่ 1.6 แสดงพันธะเคมีของพลาสติก

(ที่มา : The Science and Engineering of Materials, 3rd ed. p.8, Donald R. Askeland)

3. วัสดุเซรามิก (Ceramic Materials) เซรามิกจัดเป็นวัสดุประเภทสารอนินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะรวมกันอยู่ได้ด้วยพันธะผสมแบบไอออนิกและ/หรือแบบโควาเลนต์ โดยอะตอมของโลหะจะสละอิเล็กตรอนวงนอกสุดไปให้อะตอมของโลหะ จึงไม่มีโมเลกุลที่เคลื่อนที่ เซรามิกมีลักษณะเป็นทั้งไอออนบวกและลบรวมกันอยู่ด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้า (Coulomb Force) โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยโลหะ สารกึ่งตัวนำ ออกซิเจน ไนโตรเจน หรือคาร์บอนในรูปสารประกอบของออกไซด์ ไนไตรท์ และคาร์ไบด์

คุณสมบัติเด่นของเซรามิกคือ

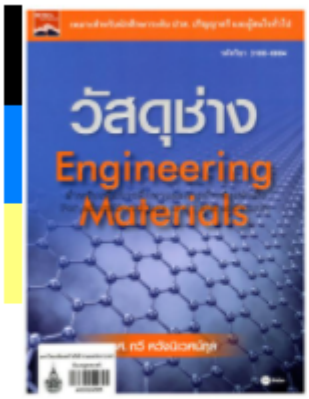
- มีรูปร่างผลึกหรือไม่มีรูปร่างผลึกก็ได้ หรืออาจเป็นของผสมทั้งสองอย่าง
- มีความแข็งสูงและมีความแข็งแรงดีที่อุณหภูมิสูง
- มีความเปราะสูงหรือแตกง่ายเมื่อโดนแรงกระแทก
- เป็นฉนวนไฟฟ้าและทนทานต่อความร้อนได้สูง
- ทนทานต่อสิ่งแวดล้อม กรด หรือด่างได้ดี

จากคุณสมบัติที่หลากหลายของเซรามิก ทำให้เซรามิกถูกนำไปใช้งานในหลายๆ ด้าน เช่น ภาชนะและเครื่องครัว เครื่องประดับตกแต่ง เครื่องสุขภัณฑ์ อิฐทนความร้อน แก้วและกระเบื้อง ฉนวนหัวเทียน ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ฉนวนไฟฟ้า วัสดุแผ่นขัดเจียร ชิ้นส่วนในร่างกายมนุษย์ และชิ้นส่วนยานอวกาศ เป็นต้น

เซรามิกขั้นสูง (Advanced Ceramic) จากคุณสมบัติทั่วไปของเซรามิกที่มีความแข็งแต่เปราะแตกหักได้ง่าย และมีสมบัติที่ดีอื่นๆ อีกหลายอย่าง ทำให้นักวิทยาศาสตร์ยังคิดค้นพัฒนานำข้อดีต่างๆ มาพัฒนาขั้นสูงให้มีสมบัติที่ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่รุนแรงมากขึ้น ทนอุณหภูมิได้สูงขึ้น และใช้ในงานโครงสร้างที่มีการสึกกร่อนสูง เป็นต้น

สามารถยืมและติดตามหนังสือใหม่ได้ที่ ระบบห้องสมุดอัตโนมัติ WALAI AutoLib

http://lib.rmutp.ac.th/catalog/BibItem.aspx?BibID=b00104512



Multi view View map

วัสดุช่าง = Engineering materials / กวี หวังนิเวศน์กุล.

Author	กวี หวังนิเวศน์กุล
Published	กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2561
Edition	พิมพ์ครั้งที่ 1
Detail	460 หน้า : ภาพประกอบ ; 26 ซม
Subject	วัสดุศาสตร์(+) วัสดุ(+) วัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง(+)
ISBN	9786160832279
ประเภทแหล่งที่มา	Book

"สำหรับเพื่อการศึกษาและการอ้างอิงเท่านั้น"