



# วัสดุงานช่างอุตสาหกรรม

ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชาของหลักสูตร  
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

2100-1002



อนุศักดิ์ อินไฟศาล



# วัสดุงานช่างอุตสาหกรรม



หมวดวิชาทักษะวิชาชีพ

กลุ่มทักษะวิชาชีพพื้นฐาน

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

อนุศักดิ์ ฉันทไพศาล

บรรณาธิการ : รศ.พลลิตธี ลิขิตขมภู

### ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

อนุศักดิ์ ฉืนไพศาล.

วัสดุงานช่างอุตสาหกรรม.--กรุงเทพฯ : แม็คเอดูเคชั่น, 2556.

284 หน้า.

1. วัสดุศาสตร์. 2. ช่างอุตสาหกรรม. I. ชื่อเรื่อง.

620.11

ISBN 978-616-274-319-1

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

 **IMAC**EDUCATION

ผู้เขียน : อนุศักดิ์ ฉืนไพศาล

การสั่งซื้อ : ส่งรณานิติส่งจ่าย **ไปรษณีย์ลาดพร้าว** ในนาม บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด  
เลขที่ 9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทระเกษม  
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

☎ : 0-2938-2022-7 FAX : 0-2938-2028

[www.MACeducation.com](http://www.MACeducation.com)

ราคาจำหน่าย : 150 บาท

สงวนลิขสิทธิ์ : กันยายน 2556

พิมพ์ที่ : บริษัท เติมรักการพิมพ์ จำกัด

(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร)

# คำนำ

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2552-2559) แผนการศึกษาแห่งชาติฉบับปรับปรุง (พ.ศ. 2552-2559) และแผนปฏิบัติการการเตรียมความพร้อมเมืองเพื่อเข้าสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ทั้งนี้หลักสูตรดังกล่าวมุ่งผลิตและพัฒนากำลังคนระดับฝีมือให้มีสมรรถนะ มีคุณธรรมจริยธรรม และจรรยาบรรณวิชาชีพ สามารถประกอบอาชีพอิสระเป็นผู้ประกอบการที่มีคุณภาพ หรือประกอบอาชีพอื่นๆ ได้ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการทั้งในประเทศและในภูมิภาคอาเซียน

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด ผู้ผลิตและจำหน่ายหนังสือเรียน สื่อการเรียนรู้ และวารสารทางการศึกษา ทั้งในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับอาชีวศึกษา ตระหนักถึงภารกิจสำคัญในการมีส่วนร่วมในการสนับสนุนส่งเสริมการศึกษาระดับอาชีวศึกษาให้บรรลุผลสัมฤทธิ์ตามเจตนารมณ์ที่ตั้งไว้ จึงได้แต่งตั้งคณะทำงานซึ่งประกอบด้วยนักวิชาการ และผู้สอนทั้งในระดับอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการวิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ในแต่ละสาขาวิชาเพื่อจัดทำสื่อการเรียนรู้ อันประกอบด้วย

1. หนังสือเรียนที่จัดทำให้ตรงกับจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ทั้งนี้โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาวิชาชีพ ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ด้านสมรรถนะหลักและสมรรถนะทั่วไป และด้านสมรรถนะวิชาชีพ
2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนผ่านกิจกรรมเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนนำไปปรับให้เหมาะสมกับธรรมชาติของผู้เรียนและจุดเน้นของสถานศึกษา
3. คู่มือครูสำหรับผู้สอนใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ และการฝึกประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนให้สอดคล้องกับหลักสูตร

จุดเด่นของหนังสือเรียนชุดใหม่ มีดังนี้

1. นำเสนอในรูปแบบหน่วยการเรียนรู้ ที่มีเนื้อหาง่ายต่อการเรียนรู้ แต่ยังคงไว้ซึ่งความเข้มข้นและทันสมัย ทั้งนี้เนื้อหาในหนังสือเรียนมุ่งเน้นให้สัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ หลักการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) และการประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment)
2. แทรกกิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ กิจกรรมการฝึกกระบวนการคิด (Thinking Skills) และกิจกรรมเตรียมพร้อมสู่ประชาคมอาเซียนให้แก่ผู้เรียน

3. พัฒนาสมรรถนะหลักและสมรรถนะวิชาชีพผ่านกระบวนการปฏิบัติงานโดยใช้ใบช่วยสอน เป็นสื่อสำหรับการฝึกกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญ เช่น การเรียนรู้จากโครงงาน (Project-Based Learning) การพัฒนาเทคโนโลยีให้เป็นเทคโนโลยีสะอาด (Green Technology) และการสร้างสรรค์ นวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ (Creative Economy) เป็นต้น

4. มีแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยจัดทำแบบทดสอบให้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วยการเรียนรู้ต่างๆ ทำหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วย

บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด ขอกราบขอบพระคุณสถานศึกษา ผู้สอน ผู้เรียน และผู้ที่สนใจทุกท่านที่ให้ความไว้วางใจในสื่อการเรียนรู้ของบริษัท บริษัทหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสื่อการเรียนรู้ชุดนี้จะมี ส่วนช่วยให้การจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพทัดเทียม ระดับสากลต่อไป

บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด

รหัส 2100-1002

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม

ทฤษฎี 2 ชั่วโมง ปฏิบัติ - ชั่วโมง 2 หน่วยกิต

### จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้รู้และเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานในการจำแนก ชนิด คุณลักษณะ สมบัติ มาตรฐาน การใช้งานของวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม
2. เพื่อให้สามารถเลือกวัสดุอุตสาหกรรมมาใช้และการจัดเก็บได้ตรงตามมาตรฐาน
3. เพื่อให้มีเจตคติและตระหนักเห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการพื้นฐานในการจำแนก ชนิด ลักษณะ สมบัติ มาตรฐาน การใช้งานวัสดุ อุตสาหกรรม
2. เลือกใช้วัสดุอุตสาหกรรมได้ตรงตามลักษณะงาน

### คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะ ชนิด มาตรฐาน กรรมวิธีการผลิต การใช้งาน การจัดเก็บ การเลือกวัสดุในงานอุตสาหกรรมประกอบด้วย โลหะ อโลหะ โลหะผสม อิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะผสม วัสดุเชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น วัสดุหล่อเย็น วัสดุก่อสร้าง วัสดุสังเคราะห์ วัสดุงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ การกัดกร่อนและการป้องกัน หลักการตรวจสอบวัสดุเบื้องต้น

# ตารางวิเคราะห์สมรรถนะประจำหน่วย

| หน่วยการเรียนรู้ที่ | ชื่อหน่วยการเรียนรู้                    | สมรรถนะประจำหน่วย                                                                                                                                                                   |
|---------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | วัสดุอุตสาหกรรม                         | 1. บอกการแยกประเภทวัสดุ<br>2. เข้าใจถึงประโยชน์ของวัสดุอุตสาหกรรม<br>3. มีความรู้เกี่ยวกับวัสดุอุตสาหกรรม                                                                           |
| 2                   | กรรมวิธีการผลิต                         | 1. บอกกรรมวิธีการผลิตโดยใช้เตาสูง<br>2. มีความรู้เกี่ยวกับเตาที่ใช้ในการหลอมโลหะ                                                                                                    |
| 3                   | โลหะเหล็ก                               | 1. มีความรู้เกี่ยวกับโลหะเหล็ก<br>2. บอกลักษณะและการใช้งานของเหล็กชนิดต่างๆ<br>3. อธิบายอิทธิพลของธาตุที่ผสมในเหล็กชนิดต่างๆ                                                        |
| 4                   | โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก                      | 1. มีความรู้เกี่ยวกับโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก<br>2. มีความรู้เกี่ยวกับบอโลหะ<br>3. เขียนสัญลักษณ์ธาตุ เลขอะตอมของโลหะที่ไม่ใช่เหล็กและบอโลหะ                                              |
| 5                   | โลหะผสมและอิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะผสม | 1. มีความรู้เกี่ยวกับโลหะผสมและอิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะผสม<br>2. จำแนกชนิดของโลหะผสม<br>3. เลือกโลหะผสมในการใช้งาน                                                                |
| 6                   | มาตรฐานเหล็กกล้า                        | 1. มีความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเหล็กกล้าขององค์กรมาตรฐานสากลต่างๆ<br>2. เปรียบเทียบมาตรฐานเหล็กกล้าขององค์กรมาตรฐานสากลต่างๆ<br>3. บอกชนิดของมาตรฐานเหล็กกล้าขององค์กรมาตรฐานสากลต่างๆ |
| 7                   | เชื้อเพลิง                              | 1. มีความรู้เกี่ยวกับเชื้อเพลิง<br>2. เลือกใช้เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส<br>3. เปรียบเทียบเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส                                    |
| 8                   | วัสดุหล่อลื่นและวัสดุหล่อเย็น           | 1. มีความรู้เกี่ยวกับวัสดุหล่อลื่นและวัสดุหล่อเย็น<br>2. เลือกใช้วัสดุหล่อลื่นและวัสดุหล่อเย็น<br>3. บอกการเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษาสารหล่อลื่นและสารหล่อเย็น                      |
| 9                   | วัสดุก่อสร้างและวัสดุสังเคราะห์         | 1. มีความรู้เกี่ยวกับวัสดุก่อสร้างและวัสดุสังเคราะห์<br>2. เลือกใช้วัสดุก่อสร้างและวัสดุสังเคราะห์<br>3. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวัสดุก่อสร้างและวัสดุสังเคราะห์               |

| หน่วยการเรียนรู้ที่ | ชื่อหน่วยการเรียนรู้                    | สมรรถนะประจำหน่วย                                                                                                                       |
|---------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10                  | วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์             | 1. มีความรู้เกี่ยวกับวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์<br>2. เลือกใช้วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์<br>3. จำแนกประเภทวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ |
| 11                  | การกััดกร่อนและการป้องกัน               | 1. มีความรู้เกี่ยวกับการกััดกร่อนและการป้องกัน<br>2. บอกชนิดของการกััดกร่อนและการป้องกันการกััดกร่อน                                    |
| 12                  | สมบัติของวัสดุและการทดสอบวัสดุเบื้องต้น | 1. มีความรู้เกี่ยวกับสมบัติของวัสดุและการทดสอบวัสดุเบื้องต้น<br>2. ระบุสมบัติของวัสดุและการทดสอบวัสดุเบื้องต้น                          |

# สารบัญ

หน้า

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 วัสดุอุตสาหกรรม

1

- 1. ประเภทของวัสดุ 2
- 2. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสมบัติของวัสดุ 7
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 10

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 กรรมวิธีการผลิต

12

- 1. การผลิตโลหะเหล็ก 13
- 2. การผลิตเหล็กดิบ 14
- 3. เตาสูง 15
- 4. เตาที่ใช้งานหลอมโลหะ 16
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 25

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 โลหะเหล็ก

27

- 1. เหล็กหล่อ 28
- 2. เหล็กกล้าคาร์บอน 36
- 3. เหล็กกล้าผสม 38
- 4. เหล็กกล้าความเร็วรอบสูง 40
- 5. เหล็กกล้าไร้สนิม 41
- 6. เหล็กกล้าเครื่องมือ 42
- 7. เหล็กอ่อน 43
- 8. อิทธิพลของธาตุที่ผสมในเหล็กกล้า 44
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 47

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 โลหะที่ไม่ใช่เหล็กและอโลหะ

50

- 1. โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก 51
- 2. อโลหะ 79
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 83

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 โลหะผสมและอิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะผสม 87

1. อะลูมิเนียมผสม 89
2. ทองแดงผสม 90
3. นิกเกิลผสม 96
4. เซอร์โคเนียมผสม 99
5. เงินผสม 99
6. แมกนีเซียมผสม 100
7. ดีบุกผสม 101
8. สังกะสีผสม 102

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 106

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 มาตรฐานเหล็กกล้า 109

1. เกรดเหล็กกล้ามาตรฐานยุโรป 110
2. การระบุชื่อเหล็กกล้ายุโรป 113
3. เกรดเหล็กกล้าสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ 115
4. ระบบการระบุตัวเลขแบบ UNS 120
5. มาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น 122
6. มาตรฐานเหล็กกล้าของประเทศเยอรมนี 127
7. มาตรฐานเหล็กกล้าของประเทศจีน 133

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 137

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 เชื้อเพลิง 143

1. เชื้อเพลิง 144
2. เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง 145
3. เชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว 150
4. เชื้อเพลิงที่เป็นแก๊ส 156

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 161

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 วัสดุหล่อลื่นและวัสดุหล่อเย็น 163

1. หลักการหล่อลื่น 164
2. กฎเกณฑ์ของการหล่อลื่น 164

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| 3. วัตถุประสงค์ของการหล่อลื่น                             | 165        |
| 4. การสีกรอ                                               | 166        |
| 5. สารหล่อลื่น                                            | 167        |
| 6. สารหล่อเย็น                                            | 171        |
| 7. การเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษาสารหล่อลื่นและสารหล่อเย็น | 174        |
| <b>แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้</b>              | <b>177</b> |

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 9 วัสดุก่อสร้างและวัสดุสังเคราะห์ 180

|                                                            |            |
|------------------------------------------------------------|------------|
| 1. ปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้าง | 181        |
| 2. ชนิดของวัสดุก่อสร้าง                                    | 181        |
| <b>แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้</b>               | <b>207</b> |

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 10 วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 211

|                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| 1. วัสดุไฟฟ้า                                | 212        |
| 2. วัสดุอิเล็กทรอนิกส์                       | 222        |
| <b>แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้</b> | <b>229</b> |

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 11 การกัดกร่อนและการป้องกัน 231

|                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| 1. การกัดกร่อน                               | 232        |
| 2. การป้องกันการกัดกร่อน                     | 239        |
| <b>แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้</b> | <b>243</b> |

## หน่วยการเรียนรู้ที่ 12 สมบัติของวัสดุและการทดสอบวัสดุเบื้องต้น 246

|                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| 1. สมบัติของวัสดุ                            | 247        |
| 2. การทดสอบวัสดุเบื้องต้น                    | 254        |
| <b>แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้</b> | <b>269</b> |

## บรรณานุกรม 272

## ดัชนี 273

## วัสดุอุตสาหกรรม



## วัสดุอุตสาหกรรม

**วัสดุอุตสาหกรรม** หมายถึง วัสดุที่เกิดหรือมีอยู่ตามธรรมชาติหรือวัสดุที่มนุษย์ได้สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ชิ้นส่วนเครื่องบิน ชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนยานอวกาศ โครงสร้างหลังคา อาคารสิ่งก่อสร้าง เพอร์นิเจอร์ พลังงานเชื้อเพลิง วัสดุหล่อลื่นและวัสดุหล่อเย็น อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

วัสดุเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบการผลิต ความเข้าใจในเรื่องสมบัติ ความน่าเชื่อถือ และขีดความสามารถในการผลิตเป็นจุดวิกฤตสำหรับการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ คอมโพสิต พอลิเมอร์ และพลาสติก มีการใช้งานในกระบวนการผลิตตั้งแต่การผลิตรถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ วงการแพทย์ ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ ก่อสร้าง และชิ้นส่วนยานอวกาศ แต่โดยทั่วไปแล้วในงานช่างอุตสาหกรรมมักใช้โลหะ เพราะโลหะมีความทนต่อการกัดกร่อนและสามารถรับภาระน้ำหนักได้มากกว่าวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ

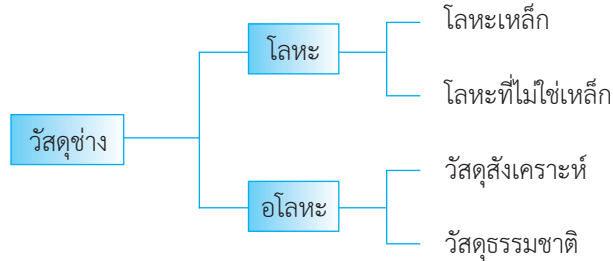
วัสดุที่เป็นของแข็ง แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. โลหะ (Metals) เป็นกลุ่มใหญ่ของวัสดุที่ใช้กันส่วนมากในวงการผลิตชิ้นส่วนซึ่งทำจากวัสดุหลายๆ ชนิด เช่น เหล็กกล้า เหล็กหล่อ อะลูมิเนียมผสม ไทเทเนียมผสม บรอนซ์ ทองเหลือง และโลหะผสมอื่นๆ ซึ่งมีส่วนประกอบที่แตกต่างกัน โลหะมีความแข็งแรงสูง มีความเหนียว ทนต่อการสึกหรอ นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี
2. พลาสติก (Plastics) ปัจจุบันมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เพราะพลาสติกมีสมบัติเบา โปร่งใส โปร่งแสงหรือทึบแสง มีหลายสี เป็นฉนวนไฟฟ้า และง่ายในการขึ้นรูปหรือฉีดด้วยความร้อนเพื่อทำแบบ
3. เซรามิก (Ceramics) โดยส่วนใหญ่จะมีความแข็งและทนต่อการกัดกร่อนแต่เปราะ การใช้เซรามิกส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตเตาเผา อย่างไรก็ตามมีการนำไปใช้ทำวัสดุเครื่องมือตัดและเริ่มใช้ในการอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยทำชิ้นส่วนที่มีการเผาไหม้ของเครื่องยนต์และแก๊สเทอร์ไบน์
4. คอมโพสิต (Composites) วัสดุชนิดนี้มีส่วนประกอบของโลหะ พลาสติก และเซรามิก ใช้ในการทำมอเตอร์ไฟฟ้า ไฟเบอร์กลาสที่ใช้ทำเรือ ใช้ในวงการกีฬา เช่น ใช้ทำไม้กอล์ฟ ไม้เทนนิส อุปกรณ์การเล่นสกี และที่สำคัญใช้ในการผลิตชิ้นส่วนยานอวกาศ

### 1. ประเภทของวัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องมือเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนต่างๆ ในโรงงานสามารถแบ่งออกตามสมบัติในการใช้งาน แต่เป็นการยากที่จะกำหนดวัสดุให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน วัสดุชนิดหนึ่งอาจ

มีความแข็งแรงสูงกว่าอีกชนิดหนึ่ง และวัสดุอีกชนิดหนึ่งมีความทนทานต่อการกัดกร่อนมากกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ การใช้งานต้องนำข้อมูลทางวิศวกรรมมาเพื่อเป็นองค์ประกอบพิจารณาในการใช้งาน โดยทั่วไปวัสดุช่างแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังแผนภาพที่ 1.1



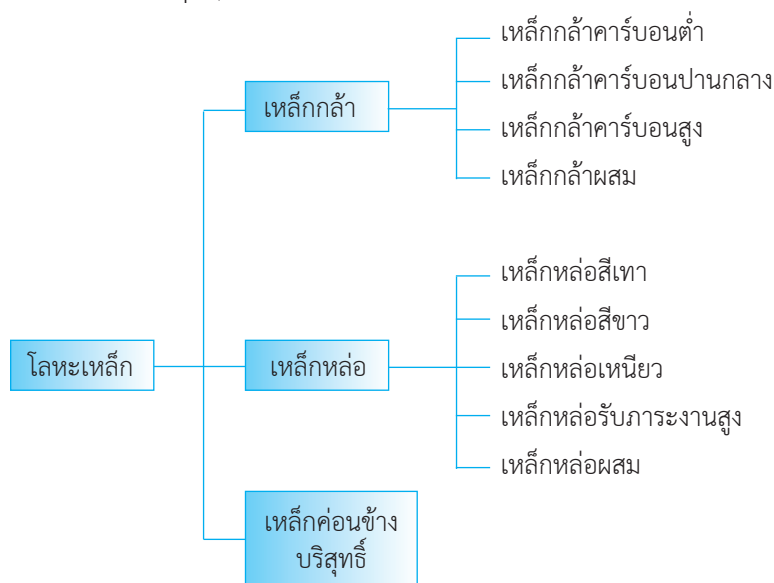
แผนภาพที่ 1.1 ประเภทของวัสดุช่าง

## 1.1 โลหะ

โลหะ (Metals) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

**1.1.1 โลหะเหล็ก (Ferrous Metals)** ใช้ในงานช่างอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง เพราะมีสมบัติที่แข็งแรงที่สุดในจำพวกโลหะด้วยกันและมีราคาถูก การใช้งานของโลหะเหล็ก เช่น ใช้ทำโครงสร้างหลังคา โรงงาน ตัวถังรถยนต์ เหล็กรีดในงานก่อสร้าง เหล็กเส้นที่ใช้ในงานโลหะ เป็นต้น

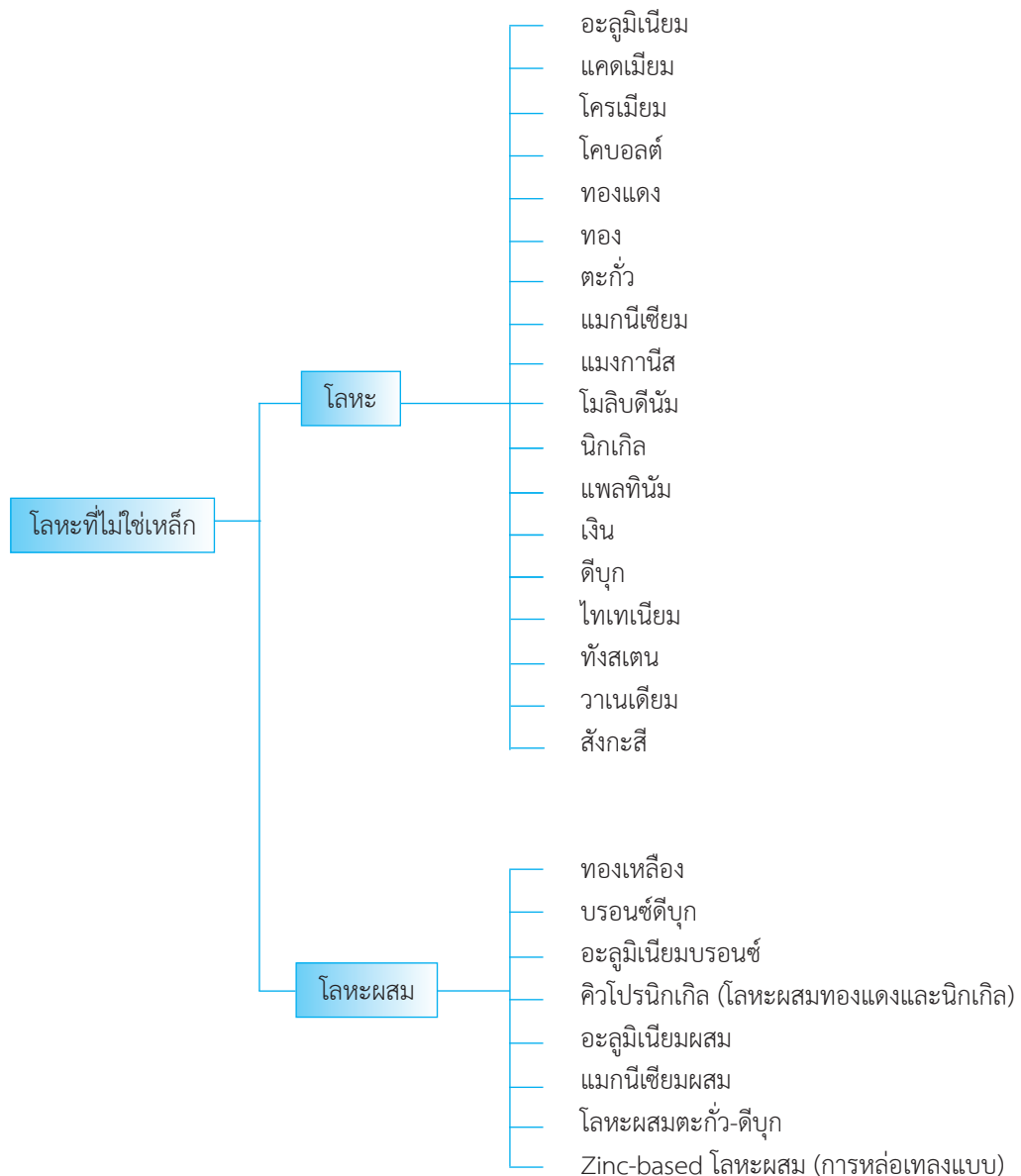
โลหะเหล็กแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังแผนภาพที่ 1.2



แผนภาพที่ 1.2 ประเภทของโลหะเหล็ก

**1.1.2 โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (Non-ferrous Metals)** หมายถึง โลหะซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไป เช่น ทองเหลือง บรอนซ์ ทังสเทน แมกนีเซียม เป็นต้น โลหะบริสุทธิ์ไม่นิยมใช้ทำวัสดุโครงสร้าง เพราะมีความแข็งแรงทางกลน้อย ส่วนใหญ่ใช้กับงานที่ต้องการสมบัติพิเศษ เช่น ทนการกัดกร่อนเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าและความร้อนได้ดี ทองแดงและอะลูมิเนียมใช้เป็นตัวนำไฟฟ้า เหล็กแผ่นอบสังกะสีใช้เป็นวัสดุผนังหลังคา โลหะที่ไม่ใช่เหล็กใช้ผสมกับโลหะอื่นเพื่อเพิ่มความแข็งแรง

โลหะที่ไม่ใช่เหล็กและโลหะผสมจำแนกได้ดังแผนภาพที่ 1.3

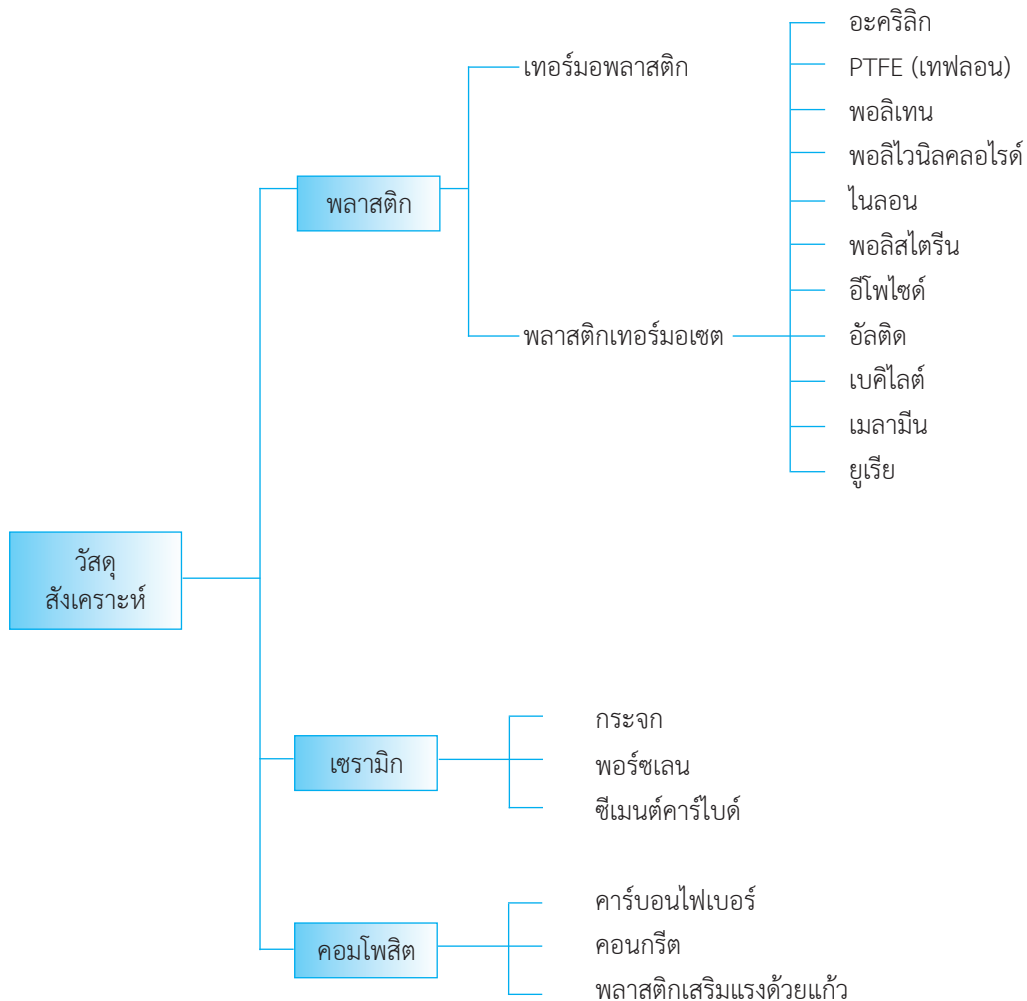


แผนภาพที่ 1.3 โลหะที่ไม่ใช่เหล็กและโลหะผสม

## 1.2 อโลหะ (Non-metallic Materials)

**1.2.1 วัสดุสังเคราะห์ (Synthetic Materials)** วัสดุเหล่านี้ไม่ได้เกิดหรือมีอยู่ในธรรมชาติแต่เป็นการผลิตจากสารธรรมชาติ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และดินเหนียว เมื่อนำมาผสมกับโลหะชนิดอื่นทำให้มีสมบัติทนการกัดกร่อนและง่ายในการอัดเพื่อขึ้นรูปโดยมีต้นทุนต่ำ ใช้เป็นวัสดุสังเคราะห์ที่ยึดรอยต่อของชิ้นส่วนที่เป็นโลหะถึงแม้จะรับความเค้นแรงดึงสูง

วัสดุสังเคราะห์จำแนกได้ดังแผนภาพที่ 1.4



แผนภาพที่ 1.4 ประเภทของวัสดุสังเคราะห์

**1.2.2 วัสดุธรรมชาติ (Natural Materials)** ซึ่งมีอยู่ตามธรรมชาติและได้มีการนำมาใช้งาน ดังนี้

1) ไม่เป็นวัสดุธรรมชาติที่มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ในวงการก่อสร้างอาคารบ้านเรือน เฟอร์นิเจอร์ เครื่องมือต่างๆ เป็นต้น

2) ยางเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ในวงการอุตสาหกรรมรถยนต์ รถจักรยานยนต์ โดยใช้ยางทำยางรถยนต์ รถจักรยานยนต์ ในวงการอุตสาหกรรมใช้ทำซีล สายยาง ไฮดรอลิก เป็นต้น

3) แก้วเป็นวัสดุทนต่อการกัดกร่อนและทนต่อสภาพอากาศได้อย่างดีเลิศ ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า ใช้ทำอุปกรณ์ในห้องทดลอง เกล็นสีในเครื่องมือวัด ผลิตได้จากการหลอมละลายทรายซิลิกา แคลเซียมคาร์บอเนต และโซเดียมคาร์บอเนต

4) เอมเมอรี่ใช้เป็นสารในการขัดถูที่เกิดโดยธรรมชาติจากอะลูมิเนียมออกไซด์

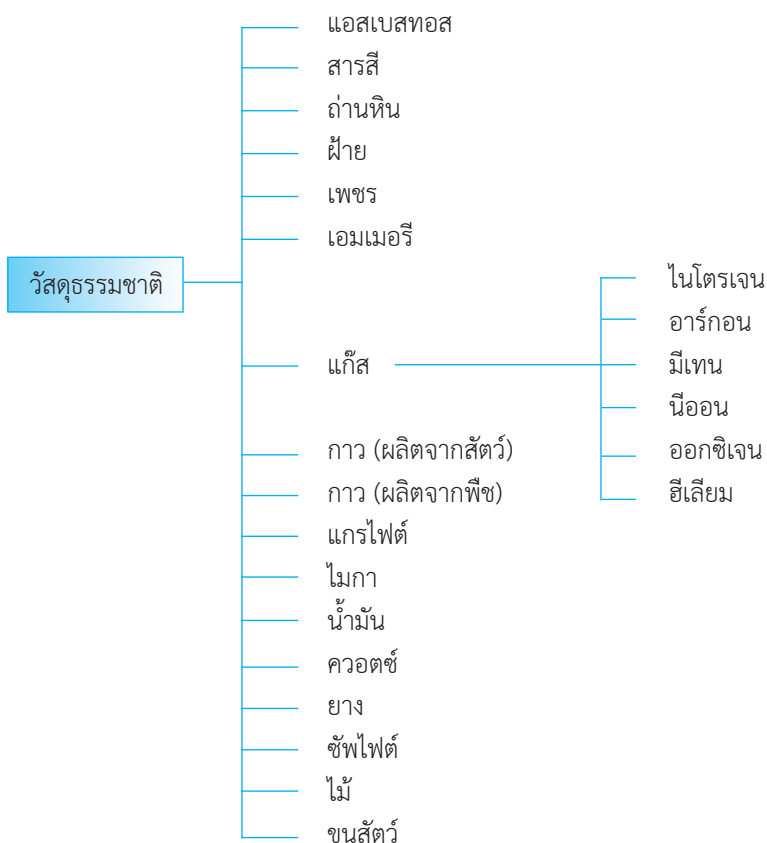
5) เซรามิกเป็นวัสดุที่ผลิตโดยการใช้ดินเหนียวปั้นเป็นรูปทรงตามต้องการแล้วนำไปอบด้วยความร้อนสูง มีสมบัติทนต่ออุณหภูมิสูง เป็นฉนวนไฟฟ้าที่แรงดันสูงและใช้ทำเครื่องมือตัดที่ทนความร้อนสูงในงานโลหะ

6) เพชร ใช้ทำเครื่องมือตัดสำหรับการทำงานที่ความเร็วสูงสำหรับงานกลึงเพื่อต้องการผิวสำเร็จที่ดี ตัวอย่างเช่น ใช้ทำมีดกลึงหัวเพชรสำหรับงานคว้านเส้นสูบลอยยนต์หรือใช้ทำอุปกรณ์สำหรับการแต่งหินเจียรไนบนเครื่องเจียรไน

7) น้ำมันใช้เป็นสารหล่อลื่นแบริง น้ำมันตัด และน้ำมันเชื้อเพลิง

8) ซิลิคอนใช้ในการผสมในโลหะเพื่อเพิ่มสมบัติของโลหะและใช้ทำอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์

ประเภทของวัสดุธรรมชาติดังแผนภาพที่ 1.5



แผนภาพที่ 1.5 ประเภทของวัสดุธรรมชาติ

**1.2.3 วัสดุคอมโพสิต (Composite Materials)** เป็นผลิตภัณฑ์ประกอบแต่งที่ทำขึ้นจากวัสดุ 2 ชนิดขึ้นไป หรือประกอบด้วยการรวมกันของวัสดุที่แตกต่างกัน เพื่อนำข้อดีทั้งหมดของสมบัติที่แตกต่างกันเหล่านั้นมาผลิตเป็นวัสดุคอมโพสิต ปัจจุบันการเติบโตในอุตสาหกรรมพลาสติกได้มีการพัฒนาเส้นใยที่มีความแข็งแรงสูง ตัวอย่างเช่น โคร่งไม้เทนนิสและเหล็กกอล์ฟที่ทำด้วยคาร์บอนไฟเบอร์เสริมแรง

## ■ 2. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสมบัติของวัสดุ

ปัจจัยดังต่อไปนี้มีอิทธิพลต่อสมบัติและประสิทธิภาพของวัสดุอุตสาหกรรม คือ

**2.1 กระบวนการชุบแข็ง (Heat Treatment)** เป็นกระบวนการควบคุมการให้ความร้อนและควบคุมการปล่อยให้เย็นของโลหะ โดยมีวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนแปลงสมบัติของโลหะเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพหรือเพื่อประโยชน์ในการใช้สอย ตัวอย่างของกระบวนการชุบแข็งขึ้นงานที่เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนสูงโดยทำการเผาให้ร้อนแดงและทำการจุ่มลงน้ำอย่างรวดเร็วจะทำให้เหล็กกล้าคาร์บอนสูงแข็งและเปราะ และถ้าทำการเผาให้ร้อนแดงอีกครั้ง และปล่อยให้เย็นลงอย่างช้าๆ จะช่วยทำให้เหล็กกล้าคาร์บอนสูงอ่อนลงและเปราะน้อยลง มีความเหนียวมากขึ้น

**2.2 กระบวนการขึ้นรูปร้อนหรือเย็น (Hot and Cold Working Process)** การขึ้นรูปโลหะโดยมีกระบวนการที่ให้ความร้อนแก่โลหะหรือขึ้นรูปโดยไม่ต้องให้ความร้อนแก่โลหะหรือขึ้นรูปเย็นนั้นมีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 1.6 ก และ ข



ก. การขึ้นรูปโลหะร้อน



ข. การขึ้นรูปโลหะเย็น

รูปที่ 1.1 กระบวนการขึ้นรูปโลหะ

(ที่มา : Wikipedia)

โลหะที่จะทำการขึ้นรูปร้อนหรือเย็นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่โลหะจะไหลขึ้นรูป อุณหภูมิเหล่านี้ไม่ง่ายที่จะกำหนดว่าประมาณเท่าใด แต่ถ้าเป็นโลหะที่มีจุดหลอมละลายต่ำ เช่น ทองเหลือง ทองคำ สามารถขึ้นรูปได้ง่ายกว่าโลหะเหล็กที่ต้องใช้ความร้อนสูงกว่าจนกระทั่งเหล็กร้อนแดงจึงสามารถขึ้นรูปร้อนได้

**2.3 ปฏิกริยาจากสิ่งแวดล้อม (Environment Reactions)** สมบัติของวัสดุได้รับผลกระทบจากปฏิกริยากับสิ่งแวดล้อม เช่น สนิมของเหล็กที่เกิดจากการรวมตัวของอากาศกับความชื้นทำให้เหล็กเป็นสนิม การผุกร่อนของไม้เมื่อใช้งานนานๆ การเสื่อมสภาพตามธรรมชาติของสีที่ใช้ทาตามอาคารบ้านเรือน พลาสติกที่ถูกแสงแดดเผาทำให้พลาสติกเปราะและแตก ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ทำให้สีของรถยนต์ซีดจางลง เป็นต้น

### กิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ

ให้ผู้เรียนเติมรายการวัสดุที่ใช้ผลิตในตารางต่อไปนี้

| ลำดับที่ | วัสดุ                     | ผลิตจากวัสดุ |
|----------|---------------------------|--------------|
| 1        | ตัวถังรถยนต์              |              |
| 2        | เบาะรถยนต์                |              |
| 3        | กระจกรถยนต์               |              |
| 4        | ยางรถยนต์                 |              |
| 5        | ก้านปิดน้ำฝน              |              |
| 6        | หมอนน้ำรถยนต์             |              |
| 7        | พวงมาลัยรถยนต์            |              |
| 8        | ถังน้ำมันเชื้อเพลิงรถยนต์ |              |
| 9        | เครื่องยนต์               |              |
| 10       | ไม้นเทนนิส                |              |
| 11       | หลังคาโรงงาน              |              |
| 12       | ตัวนำไฟฟ้า                |              |
| 13       | เตารีด                    |              |
| 14       | ปลั๊กไฟฟ้า                |              |
| 15       | สายไฟฟ้าในบ้าน            |              |

| ลำดับที่ | วัสดุ       | ผลิตจากวัสดุ |
|----------|-------------|--------------|
| 16       | พดลม        |              |
| 17       | ตู้เย็น     |              |
| 18       | โทรทัศน์    |              |
| 19       | วิทยุ       |              |
| 20       | หม้อหุงข้าว |              |

### กิจกรรมเตรียมความพร้อมสู่ประชาคมอาเซียน

#### วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักวัสดุอุตสาหกรรมในกลุ่มประเทศสมาชิกอาเซียน

#### งานที่มอบหมาย

ผู้สอนให้ผู้เรียนค้นหาข้อมูลจากหนังสือ วารสาร อินเทอร์เน็ต หรือแหล่งการเรียนรู้ภายในและภายนอกสถานศึกษาเกี่ยวกับวัสดุอุตสาหกรรมในกลุ่มประเทศสมาชิกอาเซียนทั้ง 10 ประเทศ

### สรุป

วัสดุอุตสาหกรรม หมายถึง วัสดุที่เกิดหรือมีอยู่ตามธรรมชาติหรือวัสดุที่มนุษย์ได้สร้างขึ้น เพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ชิ้นส่วนเครื่องบิน ชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนยานอวกาศ โครงสร้างหลังคา อาคารสิ่งก่อสร้าง เพอร์นิเจอร์ พลังงานเชื้อเพลิง วัสดุหล่อลื่นและ วัสดุหล่อเย็น อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น วัสดุช่างแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ โลหะและอโลหะ โลหะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ โลหะที่เป็นเหล็กและโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก อโลหะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วัสดุสังเคราะห์และวัสดุธรรมชาติ

## แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด โดยเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวเลือกที่ต้องการ

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1 บอกความหมายของวัสดุอุตสาหกรรมได้

1. ข้อใดคือวัสดุอุตสาหกรรม

1. ชิ้นส่วนเครื่องบิน

2. ชิ้นส่วนยานอวกาศ

3. ชิ้นส่วนยานยนต์

4. ถูกต้องทุกข้อ

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 2 บอกวัสดุที่เป็นของแข็งได้

2. ข้อใดเป็นวัสดุของแข็ง

1. โลหะ

2. พลาสติก

3. คอมโพสิต

4. ถูกต้องทุกข้อ

3. ข้อใดเป็นสมบัติของโลหะ

1. นำความร้อนได้ดี

2. ง่ายในการขึ้นรูป

3. เบาและโปร่งใส

4. อ่อนและสึกหรองง่าย

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 3 บอกการใช้งานของโลหะเหล็กได้

4. ข้อใดคือการใช้งานของโลหะเหล็ก

1. ตัวถังรถยนต์

2. โครงสร้างหลังคาโรงงาน

3. เหล็กรีดในงานก่อสร้าง

4. ถูกต้องทุกข้อ

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 จำแนกโลหะผสมได้

5. ข้อใดคือโลหะผสม

1. ไทเทเนียม

2. นิกเกิล

3. ทองเหลือง

4. ทังสเตน

### จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5 อธิบายชนิดของวัสดุสังเคราะห์ได้

6. ข้อใดเป็นวัสดุสังเคราะห์พลาสติก

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1. คาร์บอนไฟเบอร์ | 2. พอร์ซเลน        |
| 3. อะคริลิก       | 4. ซีเมนต์คาร์ไบด์ |

### จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 6 จำแนกวัสดุธรรมชาติได้

7. ข้อใดเป็นวัสดุธรรมชาติ

- |           |                  |
|-----------|------------------|
| 1. ไม้    | 2. ยาง           |
| 3. น้ำมัน | 4. ถูกต้องทุกข้อ |

### จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 7 บอกชนิดของวัสดุคอมโพสิตได้

8. ข้อใดเป็นวัสดุคอมโพสิต

- |                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| 1. คาร์บอนไฟเบอร์เสริมแรง | 2. ซีเมนต์คาร์ไบด์ |
| 3. เมลามีน                | 4. ยูเรีย          |

### จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 8 อธิบายวัตถุประสงค์ของการชุบแข็งได้

9. ข้อใดคือวัตถุประสงค์ของการชุบแข็ง

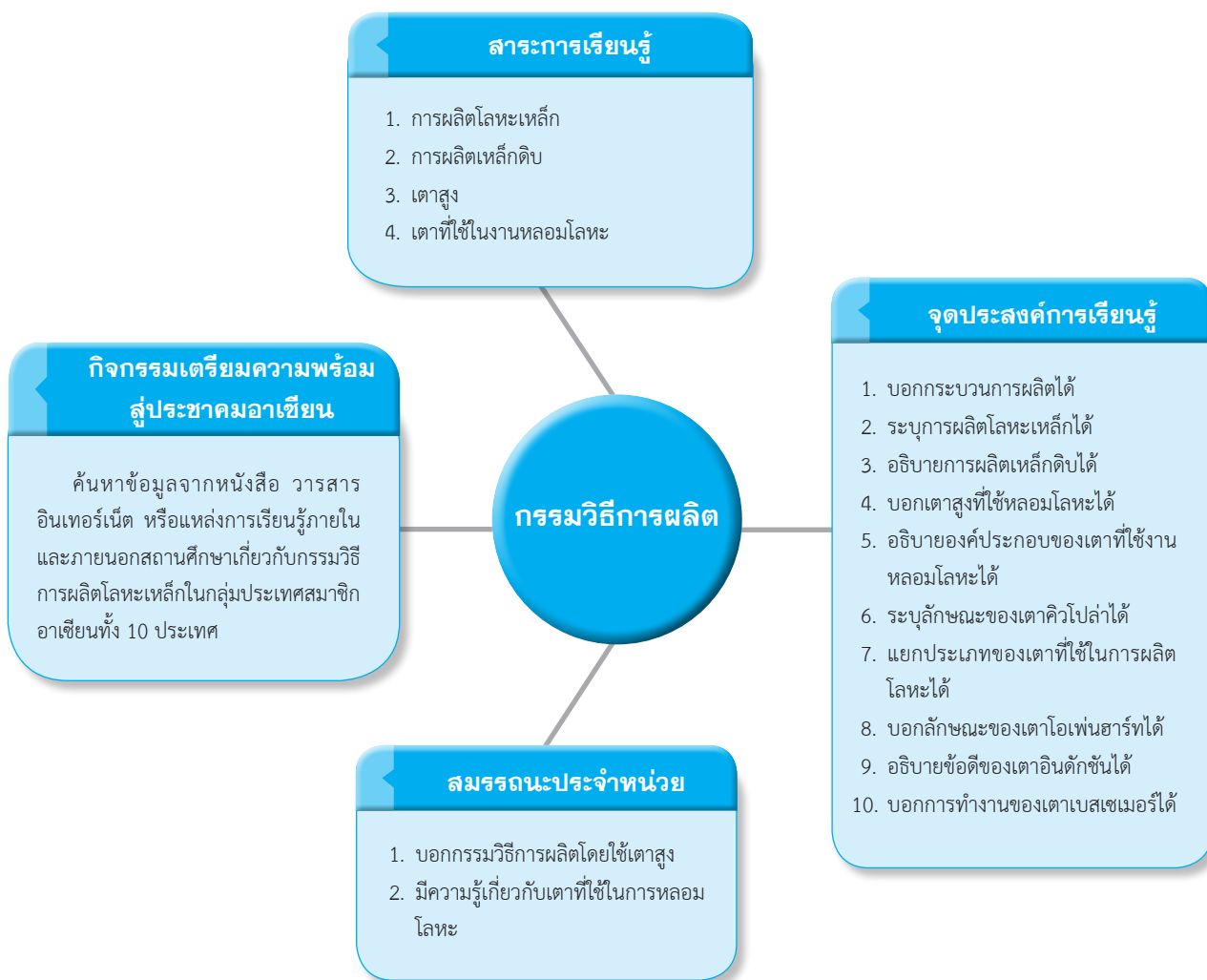
1. เปลี่ยนแปลงสมบัติของโลหะเพื่อพัฒนาราคา
2. เปลี่ยนแปลงโครงสร้างโลหะ
3. เปลี่ยนแปลงสมบัติของโลหะเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพ
4. เปลี่ยนแปลงลักษณะของโลหะ

### จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 9 บอกปฏิกิริยาจากสิ่งแวดล้อมได้

10. ข้อใดเป็นปฏิกิริยาจากสิ่งแวดล้อม

1. สนิมโลหะ
2. ไม้ผุร้อน
3. พลาสติกถูกแดดเผาทำให้เปราะและแตก
4. ถูกต้องทุกข้อ

## กรรมวิธีการผลิต



## กรรมวิธีการผลิต

**กรรมวิธีการผลิต (Manufacturing Process)** หมายถึง กิจกรรมหลายๆ อย่างทางด้านอุตสาหกรรม ซึ่งเปลี่ยนแปลงรูปแบบของวัตถุดิบเพื่อทำการสร้างผลิตภัณฑ์ และมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้ผลกำไร บริษัทผู้ผลิตต้องจัดสร้างระบบการผลิตซึ่งส่งเสริมสนับสนุนให้การไหลของข้อมูลเพื่อประสานปัจจัยนำเข้า กระบวนการต่างๆ และผลผลิต การพัฒนารูปแบบการผลิตสมัยใหม่ เช่น การประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้เทคโนโลยีทันสมัยเพื่อรองรับระบบการผลิตที่ทันสมัย การพัฒนาวัสดุเหล็กและไม่ใช่เหล็ก ตลอดจนพลาสติกและการขึ้นรูปวัสดุเหล่านั้นเพื่อประโยชน์ในการใช้สอย

กรรมวิธีการผลิตก็คือ ขั้นตอนหลายๆ ขั้นตอนที่วัตถุดิบต้องผ่านและถูกเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนสุดท้าย กระบวนการผลิตเริ่มต้นด้วยการสร้างวัสดุจากการออกแบบ วัสดุเหล่านั้นจะถูกเปลี่ยนแปลงโดยผ่านกระบวนการผลิตเพื่อทำให้เป็นชิ้นส่วนที่ต้องการ กระบวนการผลิตเหล่านี้รวมถึงกระบวนการให้ความร้อน การเคลือบ การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร การตรวจสอบ การทดสอบเพื่อประกันคุณภาพระหว่างหรือหลังการผลิต และการวางแผนกระบวนการผลิตก่อนทำการผลิต

### 1. การผลิตโลหะเหล็ก

การผลิตเหล็กจากสินแร่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับปฏิกิริยารีดักชันที่มีการดำเนินการในเตาสูง สินแร่เหล็กโดยปกติเป็นส่วนผสมของเหล็กและสิ่งเจือปนจำนวนมาก เช่น หินและดินเหนียว เหล็กที่พบในสินแร่มีรูปแบบเป็นออกไซด์ของเหล็ก การผลิตเหล็กจากเตาสูงโดยการเติมสินแร่เหล็กออกไซด์ (อิม่าไทต์) ที่ด้านบนของเตาสูง แมกนีไทต์ ถ่านโค้กและหินปูน

เหล็กและเหล็กกล้ารวมกันประมาณ 95% ของน้ำหนักโลหะที่ทั่วโลกผลิตเป็นประจำปี โดยเฉลี่ยแล้วเหล็กและเหล็กกล้ามีราคาแพงน้อยที่สุดหรือถูกกว่าโลหะชนิดอื่นๆ ในสมัยก่อนการผลิตเหล็กใช้สินแร่จากโคลนตม ถ่านจากป่าไม้ หอยกาบและเปลือกหอยใช้เป็นฟลักซ์และใช้ป้อนอากาศเข้าไปเผาไหม้ต่อมาได้ใช้เตาเบสเซอร์ โดยใช้กระบวนการของอากาศเป่าดันโลหะที่หลอมละลายอยู่ในท่อทรงรีวยไปยังส่วนบนซึ่งเรียกว่าคอนเวอร์เตอร์ ขณะที่อากาศเคลื่อนไปยังด้านบนซึ่งจะเผาไหม้สารเจือปนที่ไม่บริสุทธิ์ในการหลอมละลายโลหะ แม้ในภายหลังมีการเติมสารแมงกานีสเพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีซึ่งทำให้เหล็กกลายเป็นเหล็กกล้าในระหว่างการหลอมด้วยเตาเบสเซอร์

## 2. การผลิตเหล็กดิบ

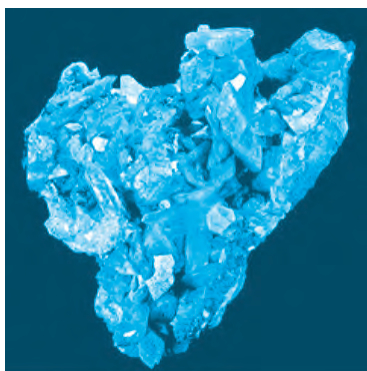
วัตถุดิบพื้นฐานสำหรับผลิตเหล็กทุกชนิดก็คือ เหล็กดิบ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากเตาสูงและผลิตจากการหลอมสินแร่เหล็กด้วยถ่านโค้กและหินปูน สินแร่เหล็กหลักๆ ที่ใช้ในการผลิตเหล็กดิบ คือ ฮีมาไทต์ (มีแร่เหล็ก 70%) ดังรูปที่ 2.1 แมกนีไทต์ (มีแร่เหล็ก 72.4%) ดังรูปที่ 2.2 ไชต์ไรต์ (มีแร่เหล็ก 48.3%) ดังรูปที่ 2.3 และลิโมนีต์ (มีแร่เหล็ก 60-65 %) ดังรูปที่ 2.4 สินแร่ส่วนใหญ่ไม่บริสุทธิ์สำหรับฮีมาไทต์เป็นสินแร่เหล็กที่สำคัญที่สุดที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 2.1 แร่ฮีมาไทต์



รูปที่ 2.2 แร่แมกนีไทต์

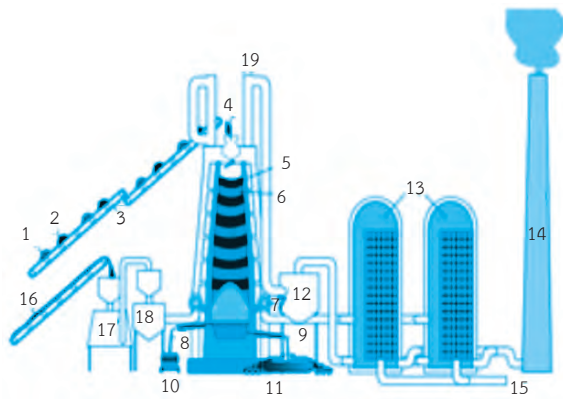


รูปที่ 2.3 แร่ไชต์ไรต์



รูปที่ 2.4 แร่ลิโมนีต์

### 3. เตาสูง



1. สิ้นแร่เหล็กกับหินปูนซินเตอร์
2. ถ่านโค้ก
3. สายพานลำเลียง
4. ทางเข้าวัตถุดิบ
5. ชั้นของถ่านโค้ก
6. ชั้นของสิ้นแร่หรือหินปูน
7. พ่นลมร้อนประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส
8. ช่องออกของกากที่ถลุง
9. เหล็กดิบที่หลอมละลาย
10. ภาชนะรองรับกากที่ถลุง
11. ยานยนต์สำหรับบรรทุกเหล็กดิบ
12. ถังไซโคลนดักฝุ่นสำหรับแยกอนุภาคของแข็ง
13. เตาสำหรับพ่นลมร้อน
14. ช่องควันออก
15. ป้อนอากาศสำหรับอุ่นให้ร้อนก่อน
16. ถ่านหินที่เป็นผง
17. เตาอบถ่านโค้ก
18. ถ่านโค้ก
19. ช่องแก๊สออก

รูปที่ 2.5 เตาสูง (Blast Furnace)  
(ที่มา : Wikipedia)

วิธีเดิมๆ ของการผลิตเหล็กเริ่มต้นด้วยการใช้เตาสูงและเป็นเตาที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ดังรูปที่ 2.5 เตาสูงสมัยใหม่มีประสิทธิภาพสูง เตาสูงขนาดใหญ่ที่สุดมีปริมาตรประมาณ 5,580 ลูกบาศก์เมตร (190,000 ลูกบาศก์ฟุต) และสามารถผลิตเหล็กประมาณ 80,000 ตันต่อสัปดาห์ ในศตวรรษที่ 18 สามารถผลิตได้เพียง 360 ตันต่อปีเท่านั้น ซึ่งเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตได้มากกว่าวัสดุที่ใช้ในการเติมลงในเตาสูง เช่น ถ่านโค้ก สิ้นแร่เหล็ก และหินปูน

เตาสูงเป็นเตาชนิดหนึ่งของงานโลหกรรมที่ใช้ในการหลอมโลหะเพื่อผลิตโลหะทางด้านอุตสาหกรรม โดยทั่วไป ก็คือเหล็ก ในการถลุงโลหะโดยใช้เตาสูงมีการเติมเชื้อเพลิง สิ้นแร่ และฟลักซ์ (หินปูน) อย่างต่อเนื่องโดยเติมลงด้านบนของเตาสูงและอากาศจะถูกเป่าไปยังส่วนล่างของเตาสูงเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นตลอดเวลา ขณะที่วัสดุที่อยู่ในเตาจะเคลื่อนลงด้านล่างของเตาสูง กากที่ถลุงจะหนาขึ้นจากด้านล่างของเตาสูงและแก๊สที่เป็นผลจากการเผาไหม้ในเตาสูงจะลอยขึ้นด้านบนของเตาสูง การไหลลงข้างล่างของสิ้นแร่และฟลักซ์จะสัมผัสกับการไหลขึ้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มากและร้อนซึ่งเป็นกระบวนการไหลในทิศทางตรงกันข้ามกันระหว่างแก๊สที่ลอยขึ้นด้านบนกับสิ้นแร่และฟลักซ์

## 4. เตาที่ใช้ในงานหลอมโลหะ

เตาที่ใช้ในงานหลอมโลหะ (Melting Metal Furnaces) นั้นมีองค์ประกอบในการพิจารณาหลายๆ ด้านด้วยกัน คือ

- 4.1 อุณหภูมิในการหลอมละลายโลหะผสม
- 4.2 อัตราการหลอมละลายและจำนวนของโลหะหลอมละลายที่ต้องการ
- 4.3 การติดตั้งและการดำเนินงานอย่างประหยัด
- 4.4 สิ่งแวดล้อมและความต้องการในการกำจัดของเสีย

การเลือกชนิดของเตาที่ใช้ในอุตสาหกรรมงานหล่อโลหะที่เหมาะสมที่สุดขึ้นอยู่กับโรงงาน เช่น การหล่อโลหะผสม อุณหภูมิในการหล่อ สมรรถนะของเตาหล่อที่ต้องการ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน การปฏิบัติ และการบำรุงรักษา ข้อพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อม

### ● ชนิดของเตาที่ใช้ในอุตสาหกรรมงานหล่อโลหะ

1) **เตาคิวโปล่า (Cupola Furnaces)** เป็นอุปกรณ์หลอมละลายที่ใช้ในงานโรงหล่อซึ่งสามารถใช้หลอมละลายเหล็กหล่อ เหล็กที่ทนต่อการกัดกร่อนและทนต่อความร้อนสูง และบรอนซ์บางชนิด เตาคิวโปล่าถูกสร้างขึ้นในประเทศจีน (ก่อนคริสต์ศักราช 403-221) ต่อมาประมาณ ค.ศ. 1720 เรอเน่ อองตวน เฟโชต์ เดอ โรเมออร์ (René Antoine Ferchault de Réaumur) นักวิทยาศาสตร์และนักประดิษฐ์ชาวฝรั่งเศสได้ประดิษฐ์เตาคิวโปล่าขึ้นมา เตาคิวโปล่ามีขนาดตั้งแต่ 1.5-13 ฟุต (0.5-4 เมตร) โดยมีรูปร่างลักษณะโดยรวมเป็นทรงกระบอกตรงและอุปกรณ์ประกอบเรียงตามแนวตั้ง โดยปกติจะออกแบบให้มี 4 ขา เพื่อรองรับเตาคิวโปล่า รูปลักษณะโดยรวมคล้ายปล่องไฟขนาดใหญ่ ด้านล่างของเตามีประตูเพื่อเปิดออก ส่วนด้านบนจะมีฝาครอบและสามารถเปิดเพื่อให้แก๊สที่เกิดจากการหลอมละลายได้ระเหยออก เพื่อควบคุมการปล่อยแก๊สและสิ่งเจือปนต่างๆ หลังจากที่อยู่ส่วนบนถูกออกแบบมาเพื่อดึงแก๊สเข้าไปยังเครื่องมือ เพื่อให้แก๊สเย็นตัวและจัดสรรที่เป็นอนุภาคออก ผนังของเตาคิวโปล่าทำด้วยเหล็กกล้าและก่อด้วยอิฐทนไฟ ดังรูปที่ 2.6