



# เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม

รหัสวิชา 2100 - 1002

เล่มที่ 1



นายสุเทพ นุชิต

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน

วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



## เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม

รหัสวิชา 2100 - 1002

เล่มที่ 2



นายสุเทพ นุชิต

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน

วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

## คำนำ

เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 เล่มนี้ใช้สำหรับนักเรียน ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) พุทธศักราช 2556 ข้าพเจ้าได้ เรียบเรียงจากการค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ เช่น ตำรา เอกสารจากการเข้ารับการฝึกอบรม ที่มีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับวิชาวิศวกรรมช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 จากประสบการณ์ที่เป็นครูสอนแผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ และแผนกวิชาเทคนิคพื้นฐานมา 20 ปี ได้จัดการแบ่งหน่วยการเรียนรู้ออกเป็น 13 หน่วย ซึ่งเอกสารประกอบการสอนแบ่งออกเป็น 2 เล่ม เล่มที่ 1 ประกอบด้วย หน่วยที่ 1 วัสดุในงานช่างอุตสาหกรรม หน่วยที่ 2 กรรมวิธีการผลิตเหล็ก หน่วยที่ 3 โลหะเหล็ก หน่วยที่ 4 โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก แบ่งย่อยออกเป็น 2 หน่วย คือหน่วยที่ 4.1 โลหะหนัก หน่วยที่ 4.2 โลหะเบา หน่วยที่ 5 โลหะผสม หน่วยที่ 6 อโลหะ ซึ่งตรงกับขอบเขตของใบความรู้ที่ระบุไว้ในคำอธิบายรายวิชา และมาตรฐานรายวิชา เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาและระดับของนักเรียน

เพื่อให้เป็นไปตามอุดมการณ์และหลักการในการจัดการอาชีวศึกษา ใบความรู้ในเอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 เล่มนี้มีความสอดคล้องกับประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่องมาตรฐานการอาชีวศึกษา ที่มุ่งพัฒนากำลังคน ระดับกึ่งฝีมือ ระดับฝีมือ ระดับเทคนิค และระดับเทคโนโลยี เพื่อให้เกิดคุณภาพตามสมรรถนะ อาชีพที่กำหนดไว้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งเอกสารประกอบการสอนประกอบไปด้วย ผังมโนทัศน์ สารการการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ ใบความรู้แต่ละหน่วย สรุปท้ายหน่วย คำศัพท์ประจำหน่วย ใบงานแบบฝึกหัดท้ายหน่วย เฉลยใบงาน ใบประเมินผลใบงาน และใบเฉลยแบบฝึกหัดท้ายหน่วย

ผู้จัดทำได้เรียบเรียงเอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 โดยทำการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากที่สุด เพื่อจะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน และบุคลากรทางการศึกษา

นายสุเทพ นุชิต

ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

ผู้จัดทำ







## คำนำ

เอกสารประกอบการสอนวิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 เล่มนี้ใช้สำหรับนักเรียน ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) พุทธศักราช 2556 ข้าพเจ้าได้เรียบเรียงจากการค้นคว้าหาข้อมูล จากแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ เช่น ตำรา เอกสารจากการเข้ารับการฝึกอบรม ที่มีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับวิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 จากประสบการณ์ที่เป็นครูสอนแผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ และแผนกวิชาเทคนิคพื้นฐานมา 20 ปี ได้จัดการแบ่งหน่วยการเรียนรู้ออกเป็น 13 หน่วย ซึ่งเอกสารประกอบการสอนแบ่งออกเป็น 2 เล่ม เล่มที่ 2 ประกอบด้วย หน่วยที่ 7 มาตรฐานเหล็กในงานอุตสาหกรรม หน่วยที่ 8 วัสดุเชื่อมเหล็ก หน่วยที่ 9 วัสดุหล่อขึ้นและวัสดุหล่อเย็น หน่วยที่ 10 วัสดุก่อสร้าง หน่วยที่ 11 วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หน่วยที่ 12 การกัดกร่อนและการป้องกัน หน่วยที่ 13 การตรวจสอบวัสดุเบื้องต้น ซึ่งตรงกับขอบเขตของใบความรู้ที่ระบุไว้ในคำอธิบายรายวิชา และมาตรฐานรายวิชา เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาและระดับของนักเรียน

เพื่อให้เป็นไปตามอุดมการณ์และหลักการในการจัดการอาชีวศึกษา ใบความรู้ในเอกสารประกอบการสอนวิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 เล่มนี้มีความสอดคล้องกับประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่องมาตรฐานการอาชีวศึกษา ที่มุ่งพัฒนากำลังคน ระดับกึ่งฝีมือ ระดับฝีมือ ระดับเทคนิค และระดับเทคโนโลยี เพื่อให้เกิดคุณภาพตามสมรรถนะ อาชีพที่กำหนดไว้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งเอกสารประกอบการสอนประกอบไปด้วย ผังมโนทัศน์ สารการการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ ใบความรู้แต่ละหน่วย สรุปท้ายหน่วย คำศัพท์ประจำหน่วย ใบงานแบบฝึกหัดท้ายหน่วย เฉลยใบงาน ใบประเมินผลใบงาน และใบเฉลยแบบฝึกหัดท้ายหน่วย

ผู้จัดทำได้เรียบเรียงเอกสารประกอบการสอนวิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 โดยทำการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากที่สุด เพื่อจะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน และบุคลากรทางการศึกษา

นายสุเทพ นุชิต

ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

ผู้จัดทำ



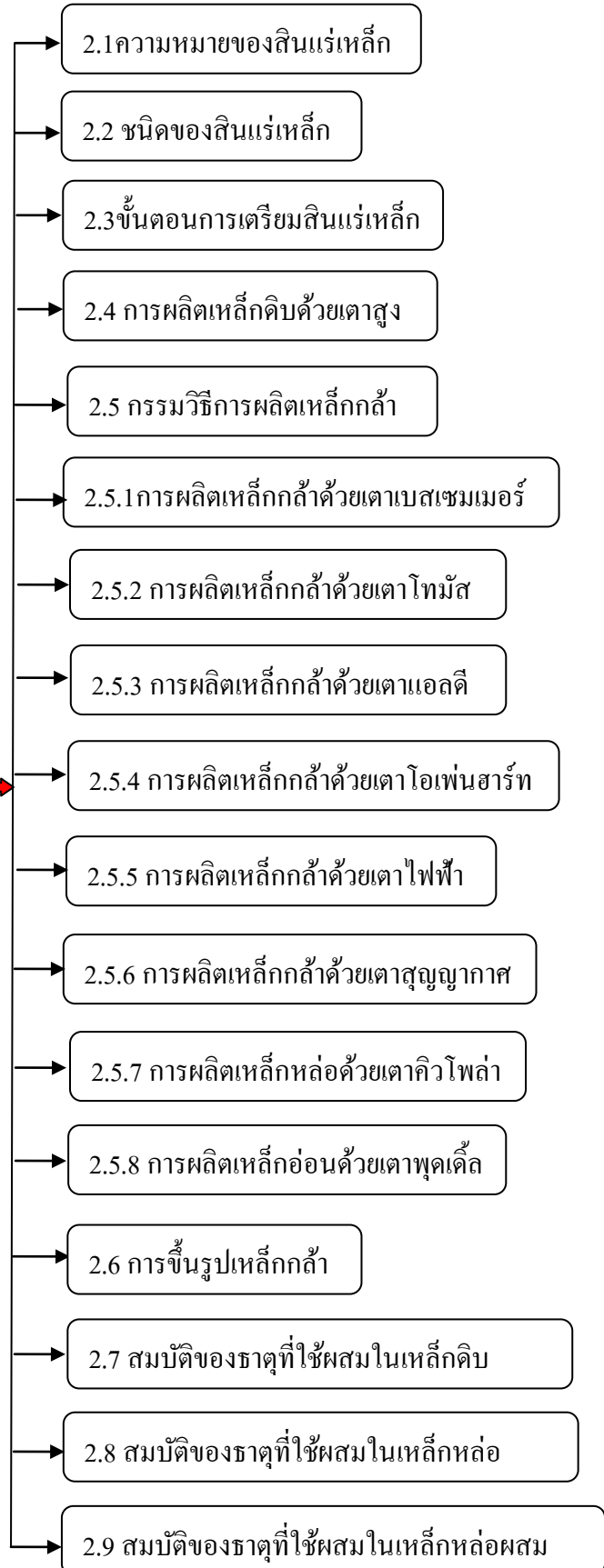
เอกสารประกอบการสอน  
วิชา วัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002  
หน่วยที่ 2 กรรมวิธีการผลิตเหล็ก





## ผังมโนทัศน์

## 2. กรรมวิธีการผลิตเหล็ก



## หน่วยที่ 2

### กรรมวิธีการผลิตเหล็ก

#### แนวคิด

สินแร่เหล็กเป็นวัสดุที่มีความสำคัญมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่นำมาถลุงเป็นเหล็ก และเหล็กกล้า มนุษย์ได้นำเหล็กมาใช้ในงานอุตสาหกรรม เพื่อผลิตเป็นเครื่องใช้ต่างๆ และพัฒนาให้มีสมบัติที่หลากหลาย สามารถเลือกใช้ได้เหมาะสมกับงานในลักษณะต่างๆตามที่ต้องการ เช่น รถยนต์ ตู้เย็น มีด เครื่องจักรกล เป็นต้น

#### สาระการเรียนรู้

- 2.1 ความหมายของสินแร่เหล็ก
- 2.2 ชนิดของสินแร่เหล็ก
- 2.3 ขั้นตอนการเตรียมสินแร่เหล็ก
- 2.4 การผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง
- 2.5 กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้า
  - 2.5.1 การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสซิมเมอร์
  - 2.5.2 การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโทมัส
  - 2.5.3 การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาแอลดี
  - 2.5.4 การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ท
  - 2.5.5 การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาไฟฟ้า
  - 2.5.6 การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสูญญากาศ
  - 2.5.7 การผลิตเหล็กหล่อด้วยเตาคิวโพล่า
  - 2.5.8 การผลิตเหล็กอ่อนด้วยเตापุดเดิ้ล
- 2.6 การขึ้นรูปเหล็กกล้า
- 2.7 สมบัติของธาตุที่ผสมในเหล็กดิบ
- 2.8 สมบัติของธาตุที่ผสมในเหล็กหล่อ
- 2.9 สมบัติของธาตุที่ผสมในเหล็กหล่อผสม

## จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1.บอกความหมายของสินแร่เหล็กได้อย่างถูกต้อง
- 2.จำแนกชนิดของสินแร่เหล็กได้อย่างถูกต้อง
- 3.บอกขั้นตอนการผลิตเหล็กกล้าจากสินแร่ได้อย่างถูกต้อง
- 4.อธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กคืบด้วยเตาสูงได้อย่างถูกต้อง
- 5.อธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าได้อย่างถูกต้อง
- 6.อธิบายการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสซึมเมอร์ได้อย่างถูกต้อง
- 7.อธิบายการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโทมัสได้อย่างถูกต้อง
- 8.อธิบายการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาแอลดีได้อย่างถูกต้อง
- 9.อธิบายการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ทได้อย่างถูกต้อง
- 10.อธิบายการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
- 11.อธิบายการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสัญญากาศได้อย่างถูกต้อง
- 12.อธิบายการผลิตเหล็กหล่อด้วยเตาคิว โพล่าได้อย่างถูกต้อง
- 13.อธิบายการผลิตเหล็กอ่อนด้วยเตापุดเคิลได้อย่างถูกต้อง
- 14.จำแนกรูปแบบการขึ้นรูปเหล็กกล้าได้อย่างถูกต้อง
- 15.อธิบายสมบัติของธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กคืบได้อย่างถูกต้อง
- 16.อธิบายสมบัติของธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กหล่อได้อย่างถูกต้อง
- 17.อธิบายสมบัติของธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กหล่อผสมได้อย่างถูกต้อง
- 18.มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

## 2.1 ความหมายของสินแร่เหล็ก

สินแร่เหล็ก ( Iron Ore ) หมายถึง วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเหล็ก โดยจุดพบจากเหมืองแร่เหล็กต่างๆ ส่วนมากจะผสมรวมอยู่กับหิน ดิน ทราย กำมะถัน ฟอสฟอรัส คาร์บอน และแร่อื่นๆ แร่เหล็กที่พบโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของออกไซด์ (Oxide)

## 2.2 ชนิดของสินแร่เหล็ก

สินแร่เหล็กที่ค้นพบ แบ่งออกเป็น 5 ชนิด ดังนี้

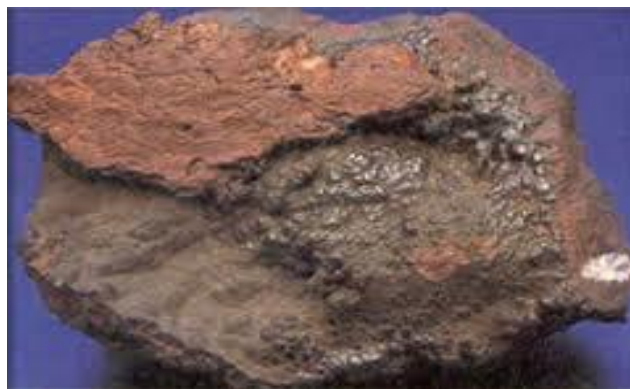
1.สินแร่เหล็กแมกนีไทต์ (Magnetite) สูตรเคมี  $Fe_3O_4$  หรือเรียกว่า เฟอโรโรโซเฟอริริกออกไซด์ ก้อนมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มและดำ มีผิวมันวาว พบมากแถบประเทศเยอรมัน สวีเดน โรมาเนีย รัสเซีย และแอฟริกา มีแร่เหล็กประมาณ 60 - 75 % ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะสินแร่เหล็กแมกนีไทต์

ที่มา : <http://www.board.palungjit.org/4165685-post7.html> ,2558

2.สินแร่เหล็กเฮมาไทต์ ( Hematite) หรือ เรดเฮมาไทต์ ( Red Hematite) มีชื่อทางเคมีเหล็กออกไซด์ มีสูตรทางเคมี คือ  $Fe_2O_3$  ก้อนมีลักษณะสีแดง จนถึงสีน้ำตาลเข้ม เม็ดเกรนเกาะกันแน่น พบมากแถบประเทศ อังกฤษ สวิตเซอร์แลนด์ แคนาดา สหรัฐอเมริกา และบราซิล มีแร่เหล็กประมาณ 40-60% ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะสินแร่เหล็กเฮมาไทต์

ที่มา : <http://www.board.palungjit.org/4165685-post7.html>,2558

3. สินแร่เหล็กซิเดอไรต์ (Siderite) มีชื่อทางเคมีว่าเหล็กคาร์บอเนต มีสูตรทางเคมี  $\text{Fe}_2\text{CO}_3$  ก่อนมีลักษณะสีน้ำตาล พบมากแถบประเทศ เยอรมัน อังกฤษ สหรัฐอเมริกา สกอตแลนด์ และออสเตรเลีย มีแร่เหล็กประมาณ 30-45 % ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะสินแร่เหล็กซิเดอไรต์

ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/readthis\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/readthis_book_topic.php) ,2558

4. สินแร่เหล็กบราวน์เฮมาไทต์ (Brown Hematite) หรือ แร่เหล็กไลมอไนต์ มีชื่อทางเคมีว่าเหล็กออกไซด์และน้ำสูตรเคมี  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  ก่อนมีลักษณะสีน้ำตาลจนถึงเหลืองเข้ม พบมากแถบประเทศเยอรมัน อังกฤษ สหรัฐอเมริกา และไทย มีแร่เหล็กประมาณ 20-45% ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะสินแร่เหล็กบราวน์เฮมาไทต์

ที่มา : <http://www.crystalprince.com/knowledge-detail.php> ,2558

5. สินแร่เหล็กไพไรต์ (Iron Pyrite) มีชื่อทางเคมีว่าเหล็กไพไรต์ มีสูตรเคมี  $\text{FeS}_2$  ก่อนมีลักษณะสีน้ำตาลเป็นแร่เหล็กที่มีกำมะถันปะปนอยู่มากทำให้เหล็กเพราะไม่ค่อยนิยมนำไปถลุง พบมากแถบประเทศสเปน ประเทศไทยพบมากที่จังหวัดกาญจนบุรี อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดเลยอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา และทางภาคใต้พบที่จังหวัดกระบี่ มีปริมาณเหล็ก 40-45% ดังแสดงในรูปที่ 2.5

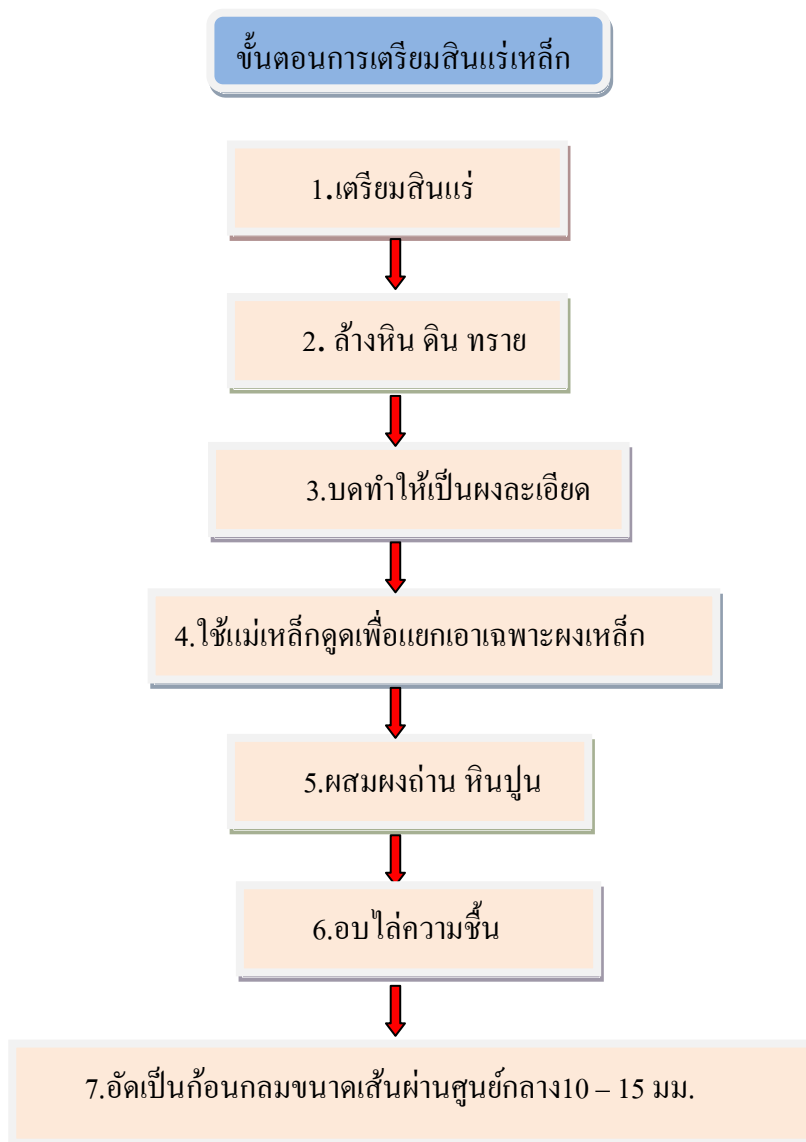


รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะสินแร่เหล็กไพไรต์

ที่มา:[http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php,2558](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php,2558)

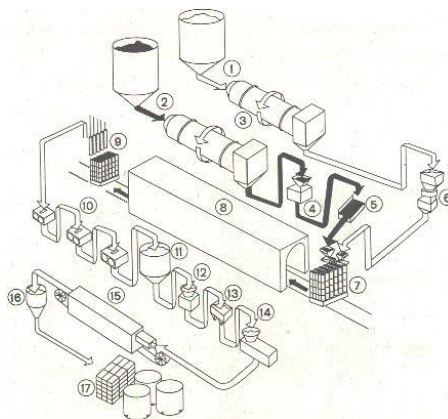
### 2.3 ขั้นตอนการเตรียมสินแร่เหล็ก

สินแร่ที่ขุดมาได้จะมีสิ่งสกปรก เช่น ดิน หิน ทราย และกรวด ติดมาด้วย ดังนั้นก่อนที่จะนำไปเข้าเตาเผาต้องทำความสะอาดก่อนโดยการล้างหรือร่อนแร่ จากนั้นนำก้อนแร่ซึ่งมีส่วนผสมของสารอื่นนำไปแยกร่อนก่อน โดยการบด ร่อน และล้าง ถ้าเป็นสินแร่ที่มีเปอร์เซ็นต์เหล็กน้อยจะต้องใช้วิธีบดให้เป็นผงละเอียดแล้วใช้แม่เหล็กดูดจะได้ส่วนที่เป็นแร่เหล็กออกมา จากนั้นนำไปอบไล่ความชื้น ไล่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออก สินแร่ที่ได้จะมีลักษณะเป็นผง ไม่สามารถบรรจุลงเตาสูงได้ เนื่องจากเกิดการฟุ้งกระจาย ขณะเป่าลมเข้าไปในเตาต้องนำไปผ่านกรรมวิธีผงอัดโดยการผสมผงถ่าน โถ๊กและหินปูนลงไปด้วยการอัดจะทำให้มีลักษณะเป็นแผ่นกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 – 15 มม. ซึ่งมีขนาดพอเหมาะที่จะบรรจุใส่ลงในเตา ดังแผนภูมิที่ 2.1



แผนภูมิที่ 2.1 แสดงลักษณะขั้นตอนการเตรียมสินแร่

ที่มา : นายสุเทพ นุชิต , 2558



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะวัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมสินแร่เหล็กเพื่อนำไปถลุง

ที่มา : <http://www1.dpim.go.th/mtl/primary steel,2558>

### วัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมสินแร่เหล็ก

- |                     |                     |                       |                         |
|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1. ถังบรรจุแร่เหล็ก | 6. แยกด้วยแม่เหล็ก  | 11. ถังเก็บ           | 16. ชั่งหาปริมาณ        |
| 2. ถังบรรจุฟลักซ์   | 7. ถังบรรจุลงแบบ    | 12. บดละเอียด         | 17. บรรจุเหล็กสำเร็จรูป |
| 3. อบให้แห้ง        | 8. เพลดแก๊สออกซิเจน | 13. แยกด้วยแม่เหล็ก   |                         |
| 4. บดให้ละเอียด     | 9. ยกออกจากแบบ      | 14. ตะแกรงร่อนแยกขนาด |                         |
| 5. ร่อนคัดแยกขนาด   | 10. บดหยาบ          | 15. อบ                |                         |

## 2.4 การผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง (Blast Furnace)

นำสินแร่ที่ขุดขึ้นเพื่อนำมาผลิตเหล็กจะมีสิ่งสกปรกและสารมลทินเจือปนผสมอยู่มาก การถลุงเพื่อขจัดสิ่งที่ไม่ต้องการออกไปเท่าที่ใช้ในการถลุงนิยมใช้เตาสูง มีลักษณะเป็นปล่องสูง บริเวณปล่อง ปากเรียว ก้นเรียว ตรงกลางปล่องภายในของเตาก่อด้วยอิฐทนไฟเป็นกำแพงสูงตลอดเตา เปลือกนอกของเตาทำด้วยเหล็กกล้าผสมเชื่อมต่อกันเป็นรูปเตาและมีระบบน้ำระบายความร้อนรอบๆ มีขนาดความโตของเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 – 12 ม. และสูงประมาณ 30 ม. ข้างๆเตามีท่อแก๊สเตาสูง ต่อเข้าไปในเตาลมก่อน เมื่อแก๊สในเตาลมร้อนแล้วก็จะหยุดเป่าแก๊สเข้าไป แต่จะเป่าลมให้สวนทางกลับมา ลมก็จะกลายเป็นลมร้อนพร้อมที่จะเป่าเข้าเตาถลุงเหล็ก ในประเทศไทยมี โรงงานถลุงเหล็กเพียงที่เดียว คือ บริษัทนวลโลหะไทย จำกัด จังหวัดสระบุรี

### วัตถุดิบที่ใช้เติมเข้าไปในเตาสูงเพื่อถลุงเหล็กดิบ

1. สินแร่เหล็ก (Iron Ore) ก่อนที่จะใส่เข้าไปในเตาต้องผ่านการขจัดสารเจือปนออกก่อน ใส่เข้าไปประมาณ 2,000 ตัน เพื่อถลุงเอาเหล็กดิบ
2. ถ่านโค้ก (Coke) ใส่เข้าไปเพื่อเป็นเชื้อเพลิงและตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา เพราะในถ่านโค้กจะมี



คาร์บอนซึ่งเมื่อรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนออกมาจากสินแร่ ถ่านโค้กใส่เข้าไปประมาณ 800 ตัน

3. หินปูน (Limestone) หรือแคลเซียมคาร์บอเนต ใส่เข้าไปเพื่อดึงเอาสิ่งสกปรกหรือสารมลทินออกจากสินแร่ เหล็ก แยกตัวออกเป็นตะกรัน (Slag) ใส่เข้าไปประมาณ 500 ตัน

4. ลมร้อนหรืออากาศร้อน พ่นหรือเป่าเข้าไปเพื่อทำให้อ่าง ถ่านโค้กเกิดการเผาไหม้เกิดเป็นความร้อนพ่นเข้าไปในเตาประมาณ 4,000 ตัน

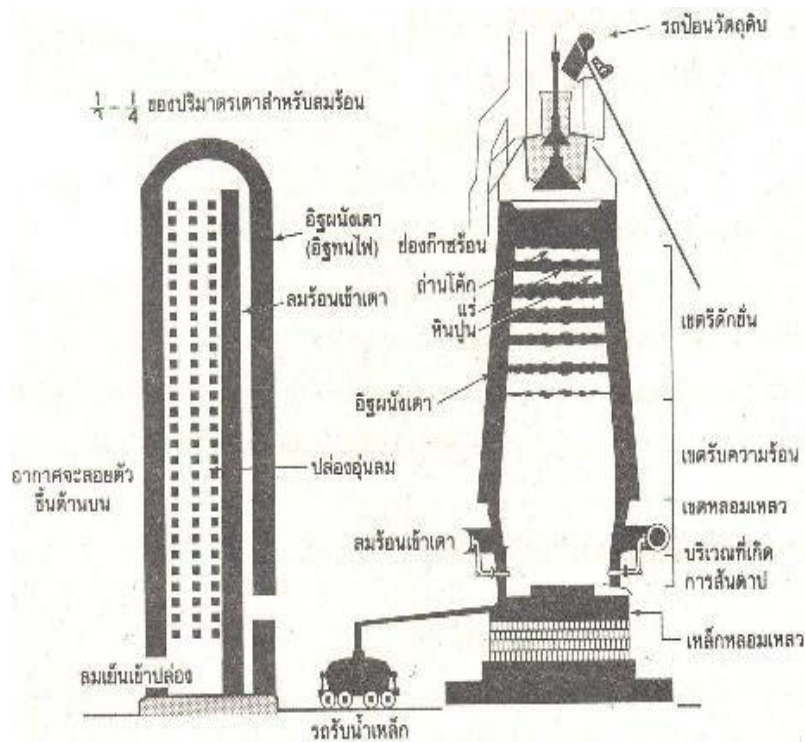


รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะเตาสูง

ที่มา : <http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php,2558>

#### 2.4.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง

สินแร่เหล็ก หินปูน และถ่านโค้ก จะถูกป้อนทางด้านบนบริเวณส่วนบนปากของเตา จะเรียงแยกกันมาเป็นชั้น ๆ ความร้อนในการถลุงได้มาจากการเผาไหม้ของถ่านโค้กจะทำปฏิกิริยาหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,650 องศาเซลเซียส ( 3,000 องศาฟาเรนไฮต์ ) โดยมีลมร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส ( 2,000 องศาฟาเรนไฮต์ ) เป่ามาจากด้านล่างของเตาเพื่อช่วยการเผาไหม้ หินปูนจะรวมตัวกับสารมลทินและสิ่งสกปรกต่าง ๆ เกิดเป็นฟองขี้ตะกรัน (Slag) ส่วนเนื้อเหล็กจะหลอมละลายรวมตัวกับคาร์บอนในถ่านโค้ก แล้วจมลงด้านล่างของเตา โดยมีขี้ตะกรันลอยอยู่ด้านบนโลหะหลอมละลาย เมื่อโลหะหลอมตัวมีปริมาณมากถึงจำนวนหนึ่งจะมีการเปิดรูตรงที่ขี้ตะกรันลอยอยู่เพื่อให้โลหะไหลออกไป แล้วจึงเปิดรูด้านล่างให้น้ำเหล็กไหลออกมาเข้าแบบพิมพ์ที่รองรับไว้เมื่อน้ำเหล็กเย็นตัวลงในแบบพิมพ์จะได้แท่งเหล็กที่เรียกว่า เหล็กดิบแท่งเหล็กดิบประกอบด้วยเนื้อเหล็กผสมกับคาร์บอนประมาณ 4.5% นอกจากนี้ยังมีสารอื่นปะปนอยู่ด้วย เช่น ซิลิกอน กำมะถัน ฟอสฟอรัส และแมงกานีส



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะกระบวนการผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง

ที่มา : <http://www.studysunday.blogspot.com/2014/10/blast-furnace-ingot-furnace.html>,2558

จากรูปที่ 2.8 แสดงการทำงานของเตาสูง ซึ่งสามารถแบ่งการเกิดปฏิกิริยาภายในเตาออกเป็นช่วงๆ ได้ 4 ช่วงดังนี้

1. ช่วงเผาไหม้ ( Combustion Zone ) เป็นช่วงที่เกิดจากการรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนร้อนหรืออากาศร้อนเกิดการเผาไหม้อยู่บริเวณด้านล่างของเตา มีอุณหภูมิประมาณ 2,000 องศาเซลเซียส
2. ช่วงหลอมละลาย ( Fusion Zone ) เป็นช่วงถลุงสินแร่ สินแร่จะหลอมละลายเป็นน้ำเหล็กตกลงข้างล่างช่วงนี้จะมีความร้อนมากอุณหภูมิสูงประมาณ 1,650 องศาเซลเซียส
3. ช่วงดูดซับความร้อน ( Heat Absorption Zone ) เป็นช่วงที่ถ่านโค้กจะผ่านการสันดาปรวมตัวกับแก๊สออกซิเจน สินแร่บางส่วนจะถูกลดแก๊สออกซิเจนละลายเป็นเหล็กดิบ มีอุณหภูมิประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส
4. ช่วงลดแก๊สออกซิเจน ( Reduction Zone ) เป็นช่วงที่สินแร่ถูกลดแก๊สออกซิเจนด้วยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเกิดขึ้นมาจากการเผาไหม้จากด้านล่างของเตา มีอุณหภูมิประมาณ 300 – 800 องศาเซลเซียส

## 2.5 กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้า ( Steel Making )

การผลิตเหล็กกล้า เป็นกระบวนการที่นำเหล็กดิบ ( Pig Iron ) จากการถลุงด้วยเตาสู่ง ( Blast Furnace ) เพื่อให้เหล็กมีคุณภาพดีขึ้นตามวัตถุประสงค์ โดยการลดเปอร์เซ็นต์ของแมงกานีส ซิลิกอน คาร์บอน และธาตุอื่นๆ ทำการควบคุมส่วนผสมของเหล็ก โดยการเติมธาตุที่ต้องการลงไปเพื่อเพิ่มสมบัติของเหล็กให้ดีขึ้นซึ่งในการผลิตเตาที่ใช้จะมีความแตกต่างกันทั้งขนาดที่ใช้บรรจุความบริสุทธิ์ คุณภาพของเหล็ก ซึ่งเตาที่ใช้ถลุงที่สำคัญๆ มีดังนี้

### 1. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสเซมเมอร์ ( Bessemer Furnace )

การผลิตเหล็กกล้าแบบนี้ประดิษฐ์ขึ้น โดย Henry Bessemer ในปี ค.ศ.1856 โครงสร้างของเตาจะตั้งอยู่บนแกนซึ่งสามารถเอียงลงและตั้งขึ้นได้ ตัวเตาด้านนอกเป็นเหล็กภายในบุด้วยอิฐทนไฟ จะมีท่อที่ใช้เป่าลมอยู่ที่ก้นเตา การผลิตเหล็กกล้าทำได้โดยการนำน้ำเหล็กดิบหลอมละลายที่ได้ การ ถลุงสินแร่เหล็กในเตาสู่งเทลงไปในเตา ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำเหล็กดิบ เช่น คาร์บอน ซิลิกอน แมงกานีส กำมะถัน ฟอสฟอรัส จะทำปฏิกิริยากับผนังเตา กลายเป็นขี้ตะกรัน (Slag) แต่จะยังไม่หมดจึงต้องเป่าลมเข้าไปในทางก้นเตาแก๊สออกซิเจน (O) ที่มีอยู่ในอากาศจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ ธาตุคาร์บอนกลายเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในขณะที่ทำปฏิกิริยานี้ จะสังเกตเห็นได้ว่าจะมีเปลวไฟเกิดขึ้นและพุ่งออกมาจากทางปากเตา การทำปฏิกิริยานี้ใช้เวลาประมาณ 10 - 15 นาที น้ำเหล็กที่อยู่ภายในเตาจะมีอุณหภูมิประมาณ 1,600 องศาเซลเซียส น้ำเหล็กจะมีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่น้อยมาก หรือ ไม่มีอยู่เลย ถ้าเราต้องการจะผลิตเหล็กกล้าชนิดไหน เราก็จะทำการเติมธาตุหรือ โลหะต่างๆ ผสมเข้าไปเพื่อให้เหล็กกล้านั้นมีสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานตามความต้องการต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะเตาเบสเซมเมอร์

ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php,2558](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php,2558)

### 1.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสเคมี

นำน้ำเหล็กเหลวในเตาประมาณ 20 - 25 ตัน แล้วเป่าลมหรืออากาศร้อนเข้าไป แก๊สออกซิเจนที่ปนอยู่ในอากาศร้อนที่เป่าเข้าไปจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่อยู่ในน้ำ เหล็กจะกลายเป็นแก๊สออกทางปากเตา ซึ่งสังเกตได้จากสีของแก๊สหรือควันซึ่งจะมีสีจางๆ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 10-20 นาที เหล็กนั้นจะมีความบริสุทธิ์ สามารถที่จะเทน้ำเหล็กออกจากเตาเทลงใส่ในแบบแม่พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นแท่งๆ เมื่อน้ำเหล็กเย็นตัวแล้วทำการแกะออกจากแบบแม่พิมพ์ จะได้เหล็กกล้าที่พร้อมจะนำไปผลิตเป็นเหล็กผสมชนิดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสเคมี  
ที่มา [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php,2558](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php,2558)

#### ข้อดีของเหล็กที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตแบบเบสเคมี

1. ใช้เวลาในการถลุงน้อย
2. ใช้เชื้อเพลิงน้อย
3. เหล็กที่ผลิตได้ราคาถูก

#### ข้อเสียของเหล็กที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตแบบเบสเคมี

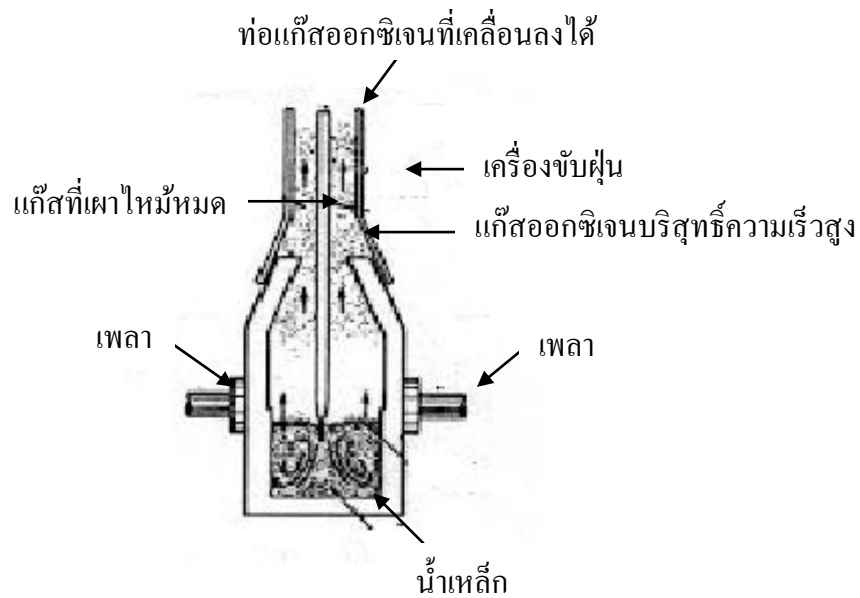
1. บรรจุน้ำเหล็กได้น้อย
2. ถลุงเศษเหล็กไม่ได้
3. คุณภาพของเหล็กต่ำ

### 2. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโทมัส (Thomas Furnace)

การผลิตเหล็กกล้าแบบนี้ มีลักษณะคล้ายกับเตาเบสเคมี พัฒนาขึ้นจากนักโลหวิทยาชื่อ Thomas เมื่อประมาณ ค.ศ.1950 เตาจะตั้งอยู่บนแกน ซึ่งสามารถเอียงลงและตั้งขึ้นได้ ตัวเตาทำจากเหล็กภายในบุด้วยอิฐทนไฟ แมกนีไซต์ ( $MgCO_3$ )

### 2.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโทมัส

นำเหล็กดิบและหินปูนหรือแร่โคโลไมต์ เเทลงในเตาโทมัส แล้วเป่าอากาศร้อนเข้าไป แก๊สออกซิเจนที่ปนอยู่ในอากาศร้อนที่เป่าเข้าไปจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่อยู่ในเหล็กดิบจะกลายเป็น แก๊สลอยขึ้นไปทางปากเตา ส่วนหินปูนที่ใส่เข้าไปเมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวเป็นปูนขาวโดยดึงเอาสารมลทินที่อยู่ในน้ำเหล็กเกิดเป็นธาตุฟอสฟอรัสและสแลกจะทำให้เหล็กมีความบริสุทธิ์มากขึ้น เหล็กกล้าที่ได้จากกรรมวิธีผลิตแบบนี้จะมีเม็ดเกรนโต สีขาวนำไปตีขึ้นรูปเชื่อมประสาน ริดและดึงได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโทมัส

ที่มา : <http://www.electron.rmutphysics.com/science-news/index.php,2558>

### 3. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาแอลดี ( LD Furnace )

การผลิตเหล็กกล้าแบบ LD พัฒนาขึ้น โดย Line และ Donauwitz ชาวออสเตรีย โดยมีหลักการคล้ายกับการทำเหล็กกล้าแบบเบสซเมเมอร์ ต่างกันตรงที่เตาชนิดนี้ใช้แก๊สออกซิเจนบริสุทธิ์เป่าเข้าไปทำปฏิกิริยากับธาตุต่าง ๆ ในน้ำเหล็ก เตาชนิดนี้จึงไม่ได้ ท่อที่เป่าแก๊สออกซิเจนจะวางเฉียงผ่านฝาครอบปากเตา ภายในจะมีรูน้ำไหลเข้าออกเพื่อระบายความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาแอลดี  
ที่มา : <http://www.thummech.com/index.php ,2558>

### 3.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาแอลดี

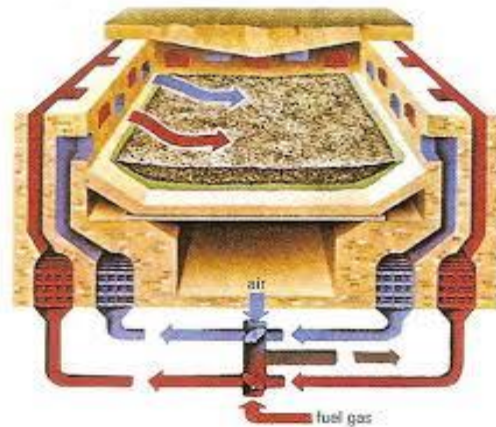
นำน้ำเหล็กหรือเหล็กดิบ และหินปูนใส่เข้าในเตา แล้วเป่าแก๊สออกซิเจนเป็นจุดหลายๆจุด พร้อมกับเติมหินปูนเพื่อให้เกิดสแลก ทำการเทสแลกออกแล้วเป่าแก๊สออกซิเจนเข้าไปอีกครั้ง หนึ่ง เพื่อให้แก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่อยู่ในน้ำเหล็กกลายเป็นแก๊สลอยออกไป จะทำให้เหล็กมีความบริสุทธิ์มากขึ้น กรรมวิธีการผลิตแบบนี้เหมาะนำไปผลิตเหล็กกล้าอ่อนหรือเหล็กกล้าปกติ

#### ข้อดีของการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาแอลดี

1. ผลิตเหล็กได้จำนวนมาก เตาหนึ่งๆได้ประมาณ 100 – 150 ตัน
2. ใช้เวลาในการผลิตน้อย ประมาณ 40 นาที
3. เนื้อเหล็กที่ได้มีความบริสุทธิ์สูง

### 4. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ท (Open Heart Furnace)

การผลิตเหล็กกล้าแบบโอเพ่นฮาร์ท หรือเรียกว่าการผลิตเหล็กแบบเตากระทะ หรือเรียกย่อๆ ว่าเตา OH พัฒนาขึ้นโดยซีเมนต์ (Siemens) และมาร์ติน (Martin) ชาวเยอรมัน บางครั้งเรียกว่าเตา SM (Siemens – Martin) เตาจะมีลักษณะเหมือนกระทะ เนื้อขอบเตาจะมีท่อแก๊สเชื้อเพลิงและท่ออากาศร้อนข้างซ้าย 2 ท่อ ข้างขวา 2 ท่อ แต่ละท่อจะต่อจากเตาอิฐร้อนใต้กระทะท่อแต่ละเตา ซึ่งรวมทั้งสิ้น 4 เตา ท่อแก๊สทางข้างซ้ายและข้างขวาจะผลัดกันส่งแก๊สเข้าออก เช่น เมื่อท่อข้างซ้ายเป็นท่อส่งแก๊ส ท่อส่งแก๊สเชื้อเพลิงร้อน อีกท่อหนึ่งจะส่งลมร้อนท่อข้างขวาทั้ง 2 ท่อ จะเป็นท่อน้ำแก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ไหลออกไป ในขณะที่ไหลออกจะผ่านเตาอิฐข้างล่าง ทำให้เตาอิฐแต่ละเตานั้นร้อนแดงจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ทำการกลับระบบใหม่ คือ ให้ผ่านแก๊สเชื้อเพลิง และลมร้อนทางเตาอิฐที่ร้อนจัด ให้ออกทางท่อข้างขวาแทนข้างซ้ายทั้ง 2 เตา ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะเตาโอเพ่นฮาร์ท

ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php,2558](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php,2558)

#### 4.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ท

นำเหล็กดิบ 50 % เศษเหล็ก 50 % ( เพื่อเพิ่มเนื้อเหล็ก ทำให้เกิดสแลก และดึงเอาซิลิกอนและแมงกานีสออกมา) และหินปูนเล็กน้อย ลงในเตา แล้วเป่าแก๊สและอากาศเข้าทางด้านล่างของเตาผ่านช่องเปลาไฟและอิฐทนไฟที่ทนความร้อน ซึ่งความร้อนในอิฐทนไฟทำให้เชื้อเพลิงแก๊สและอากาศที่ผ่านเกิดการเผาไหม้ขึ้นและเกิดความร้อนไปหลอมละลายเหล็ก เมื่อเกิดปฏิกิริยาในเตาเกิดเป็นไอเสีย จะลอยออกทางด้านซ้ายของเตาซึ่งจะมีท่อผ่านไปยังอิฐทนไฟ เมื่ออิฐทนไฟได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง อุณหภูมิของอิฐทนไฟทางด้านขวามือจะลดลง การทำงานของเตาจะเปลี่ยนมาเริ่มต้นทางด้านขวามือ โดยปิดแก๊สและอากาศทางด้านซ้ายมือเปิดให้เข้าทางขวามือผ่านอิฐทนไฟเข้าสู่เตา การทำงานจะสลับกันไปเรื่อยๆ ใช้เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง จะได้เหล็กประมาณ 300 ตัน ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ท

ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php,2558](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php,2558)

ข้อดีของเหล็กกล้าที่ผลิตจากเตาโอเพ่นฮาร์ท

1. ได้เนื้อเหล็กมาก
2. ถลุงเศษเหล็กได้มาก
3. เนื้อเหล็กมีคุณภาพดี
4. เหล็กมีความบริสุทธิ์สูง

ข้อเสียของเหล็กกล้าที่ผลิตจากเตาโอเพ่นฮาร์ท

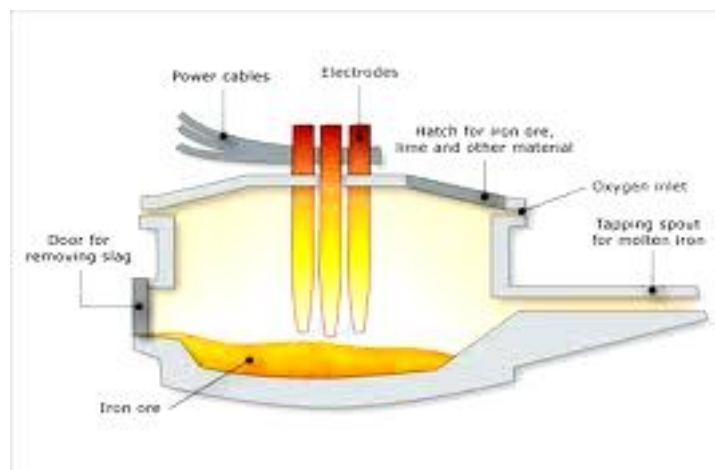
1. เหล็กที่ผลิตได้มีราคาแพง
2. ใช้เวลาในการผลิตนาน
3. สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

### 5. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาไฟฟ้า (Electrical Furnace)

ใช้สำหรับผลิตเหล็กกล้าผสมที่ทนความร้อนสูงเพราะเดิมธาตุ ทั้งสแตน โครเมียม วานเดียมหรือ โมลิบดีนัมลงไป และมีจุดหลอมละลายสูงมาก ใช้ความร้อนจากอากาศร้อน หรือจากเชื้อเพลิงอื่นๆ ซึ่ง อาจจะทำให้เหล็กไม่หลอมละลาย จึงต้องใช้กระแสไฟฟ้ามาเป็นตัวให้ความร้อน เตาไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ

#### 1.เตาอาร์ก ( Arc Furnace )

เตาอาร์กจะมีรูปร่างคล้ายกับกาต้มน้ำ สามารถผลิตเหล็กกล้าได้วันละ 5 – 100 ตัน มีแท่งอาร์ก เป็นอิเล็กโทรด ซึ่งทำมาจากคาร์บอนหรือกราไฟต์ ให้ความร้อนสูงประมาณ 2,000 องศาเซลเซียส ดังแสดง ในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะเตาอาร์ก

ที่มา : <http://www.thummech.com/index.php,2558>



### 1.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาอาร์ก

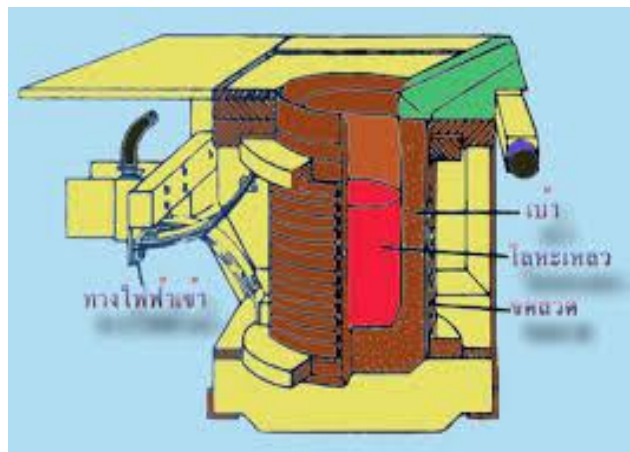
เติมเหล็กดิบและธาตุต่างๆที่ผสมลงไปเพื่อเหล็กมีสมบัติดีขึ้น และต่อกระแสไฟกระแสสลับ 3 เฟส (380 โวลต์) เข้าไปทำให้อิเล็กโทรดเกิดการอาร์กกับวัตถุดิบที่ผสมอยู่ในเตา เหล็กจะหลอมละลายทำการผลิตเหล็กกล้าได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง จากนั้นทำการเทน้ำ เหล็กลงในแบบที่มีลักษณะเป็นแท่ง เรียกว่า อินกอต (Ingot) เพื่อนำไปผลิตต่อเป็นวัสดุในงานช่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาอาร์ก

ที่มา : <http://www.thummech.com/index.php,2558>

**1.2 เตาอินดักชัน หรือ เตาเหนี่ยวนำ (Induction Furnace)** การผลิตเหล็กกล้าแบบนี้จะใช้ความร้อนจากการเหนี่ยวนำอำนาจแม่เหล็กของขดลวดหรือคอยล์ (Coil) ซึ่งขดลวดจะพันอยู่รอบๆ เบบ้าซึ่งภายในเบ้าจะบรรจุวัตถุดิบไว้ ไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดไฟฟ้าที่มีความถี่สูงประมาณ 1,000 ไซเคิล ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะเตาเหนี่ยวนำ

ที่มา : <http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/metalswu/lesson4-7.htm,2558>

## 6. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสูญญากาศ (Vacum Furnace)

การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสูญญากาศ มีลักษณะการทำงานคล้ายกับการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาไฟฟ้า เพียงแต่เตาชนิดนี้จะปิดเตามิดชิด และในขณะที่ทำการหลอมเหลวโลหะจะบีบอากาศที่อยู่ในเตาออก ภายใต้อากาศจะมีลักษณะเป็นสุญญากาศ เหล็กจากขบวนการนี้จะไม่มีโอกาสสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนและแก๊สไนโตรเจน ในอากาศเลย ทำให้เหล็กที่ได้มีโครงสร้างเม็ดเกรนละเอียดมาก การผลิตเหล็กกล้าแบบนี้เหมาะสำหรับใช้ผลิตเหล็กกล้าที่ต้องการคุณภาพสูง หรือผลิตโลหะบางชนิดที่ในขณะที่หลอมเหลวถ้าทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศ จะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ เหล็กกล้าที่ผลิตได้จากกรรมวิธีนี้ นำไปสร้างชิ้นส่วน อุปกรณ์ที่ต้องรับแรงอัดสูง ๆ หรือชิ้นงานที่ต้องใช้เหล็กที่มีความพิเศษมาก ๆ เช่น โครงสร้างเครื่องยนต์แก๊สเทอร์ไบน์ ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสูญญากาศ

ที่มา : <http://www.sripetch.com/article/detail.asp?id=3831,2558>

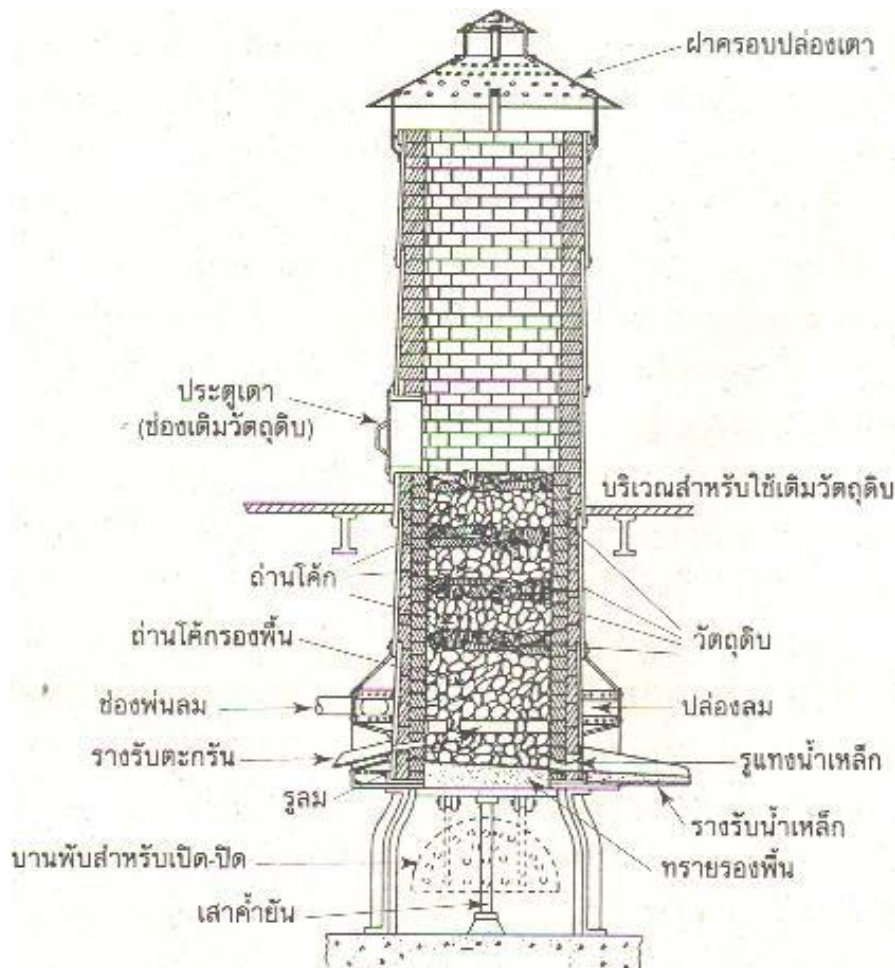
### 6.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสูญญากาศ

เติมเหล็กดิบและธาตุต่างๆที่ผสมลงไปเพื่อเหล็กมีสมบัติดีขึ้น และต่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด เมื่อขดลวดเกิดความร้อนจะแผ่ความร้อนเข้าไปในเบ้า เหล็กจะหลอมละลายภายในเวลา 50 – 90 นาที รอบๆเตาจะนำหล่อเย็นเพื่อระบายความร้อนเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิร้อนเกินไป

## 7. การผลิตเหล็กหล่อด้วยเตาคิวโพล่า ( Cupola Furnace )

เหล็กหล่อ เป็นเหล็กที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนน้อยกว่าเหล็กดิบ ( Pig Iron ) ดังนั้นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเหล็กหล่อ ได้แก่เหล็กดิบและเศษเหล็ก จะต้องนำมาถลุงใหม่เพื่อลดปริมาณสารเจือปนจุดหลอมละลายของเหล็กหล่อประมาณ 1,150 – 1,250 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิเหล็กบริสุทธิ์หรือ เหล็กกล้าสามารถถลุงได้เร็วและประหยัดเชื้อเพลิงเตาคิวโพล่าเป็นเตาที่ใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรมหล่อเหล็ก และใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางเตาคิวโพล่า ประกอบด้วยโครงสร้างเป็นเหล็กเหนียว รูปทรงกระบอกภายในเรียงด้วยอิฐทนไฟ หรือวัตถุนทนไฟอยู่รอบ ๆ และมีท่อลมเพื่อป้อนลม

เข้าไปช่วยในการลุกไหม้ให้สมบูรณ์ รวมทั้งมีรูให้น้ำเหล็กและขี้ตะกรันไหลออกด้วย ประมาณช่วงกลางของเตาที่ด้านข้างจะมีช่องที่เปิดได้เพื่อใส่วัสดุที่ต้องการหลอม ขนาดของเตาคิวโพล่าโดยทั่วไปมีความสูงตั้งแต่ 12-24 ม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.6 – 3.0 ม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.4 – 2.5 ม. ปริมาณของเหล็กหล่อที่หลอมได้ประมาณ 1 – 35 ตัน / ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะเตาคิวโพล่า

ที่มา [http://www.vrsteel.com/th\\_business\\_news\\_detail.php,2558](http://www.vrsteel.com/th_business_news_detail.php,2558)

### ส่วนประกอบของเตาควิวโพล่า มีดังนี้

1. เปลือกเตา ประกอบด้วยโลหะแผ่นที่มีความหนาประมาณ 5 – 10 มม. ประกอบกันเป็นรูปทรงกระบอกโดยใช้หมุดย้ำหรือเชื่อมให้ติดกัน ภายในผนังเปลือกเตาก่อด้วยอิฐทนไฟที่ทนความร้อนได้สูงประมาณ 1,700 องศาเซลเซียส ความหนาของอิฐทนไฟประมาณ 150 – 200 มม.

2. ฐานเตา ส่วนมากตั้งอยู่บนฐาน 4 ขา ซึ่งฝังอยู่บนฐานรากที่เป็นพื้นคอนกรีตอีกทีหนึ่ง

3. ก้นเตา จะถูกปิดด้วยแผ่นเหล็กรูปครึ่งวงกลม 2 แผ่น สามารถปิด เปิด ได้โดยมีบานพับเป็นจุดหมุน เมื่อจะติดเตาต้องปิดก้นเตาให้สนิท โดยมีเสาค้ำยัน ( Prop ) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ก้นเตาผิวด้านในของก้นเตาปูด้วยทรายรองพื้นทนความร้อน ผิวของทรายที่ก้นเตาจะทำให้ลาดตรงไปสู่รูสำหรับให้น้ำเหล็กไหลออก ในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับรูเจาะน้ำเหล็ก ขณะที่เตาทำงาน ถ้าเป็นเตาขนาดเล็กจะใช้ดินเหนียวปิดรูทั้งสองไว้

4. ห้องพักลม ( Wind Box ) มีลักษณะเป็นท่อพื้นที่หน้าตัดกลมหรือสี่เหลี่ยมอยู่รอบเตาเป็นวงแหวนติดอยู่รอบเตาโดยการเชื่อม จากห้องพักลมมีท่อแยกเข้าไปยังรูลม ซึ่งมีหลายๆรูรอบเตา แต่ละท่ออาจมีลิ้นปิด - เปิด เพื่อควบคุมลมที่ป้อนเข้าสู่เตา เหตุที่ต้องทำห้องพักลมเป็นรูปวงแหวนรอบเตา เพื่อให้การกระจายของลมเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

5. ช่องเติมวัสดุ ( Charging Door ) เป็นช่องสำหรับเติมวัสดุเข้าเตา ขนาดของช่องต้องมีขนาดความโตพอเหมาะกับขนาดเตาและขนาดวัสดุดิบที่ป้อนเข้าเตา ช่องเติมวัสดุดิบจะอยู่ระหว่างครึ่งหนึ่งของความสูงของเตา ขณะที่เตาทำงานต้องปิดช่องเติมวัสดุดิบเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย

6. ฝาครอบปล่องเตา ( Spark Arrester ) มีไว้เพื่อลดเขม่าและอันตรายจากประกายไฟ

### วัสดุดิบที่ป้อนเข้าสู่เตาควิวโพล่า มีดังนี้

1. เหล็กดิบ ( Pig Iron )
2. เศษเหล็กเหนียว ( Steel Scrap )
3. เศษเหล็กหล่อจากหน้าเตา ( Cast Iron Scrap )
4. เศษเหล็กหล่อที่ใช้แล้ว ( Return Scrap )
5. หินปูน ( Limestone )
6. ถ่านโค้ก ( Coke )

#### 7.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็กหล่อด้วยเตาควิวโพล่า

ทำการติดเตาโดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงก่อไว้ที่ก้นเตา เมื่อฟืนติดไฟดีแล้วจึงเติมถ่านโค้กลงไป (รูลม เหล็ก รูซีตะกรัน จะเปิดอยู่) ถ่านโค้กที่เติมลงไปจะมีความสำคัญต่อน้ำเหล็กที่หลอมละลายมาก ถ้าว่านโค้กที่เติมมากเกินไปทำให้น้ำเหล็กไหลออกช้า และน้ำเหล็กจะมีกำมะถันมาก เพราะน้ำเหล็กจะดูดซึมกำมะถันและถ่านโค้กมาก ถ้าว่านโค้กมีปริมาณน้อยจะทำให้เหล็กสูญเสียซิลิกอนและ แมงกานีสจากน้ำเหล็กมากเกินไป ปริมาณถ่านโค้กที่เหมาะสมควรให้ระดับของถ่านโค้กสูงกว่ารูลมประมาณ 0.9 -1.35 ม.

ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเตา ทำการเติมถ่านโค้กจนได้ปริมาณ พอเหมาะ แล้วจึงเป่าลมเข้าเตา จนกระทั่งถ่านโค้กร้อนแดงจึงลดปริมาณลงและวัดปริมาณถ่านโค้กอยู่ในระดับที่ต้องการหรือไม่ จากนั้นจึงเริ่มเติมหินปูนสลับกับเหล็กดิบ เศษเหล็กและสารเคมีพวกเฟอร์โรซิลิกอน สลับกันเช่นนี้ไปเรื่อยๆ เมื่อเติมวัตถุดิบจนเต็มถึงระดับช่องเติมวัตถุดิบของเตา แล้วทำการปิดรูน้ำเหล็ก รูชีตะกรัน แล้วเพิ่มลมเป่าเข้าเตา เพื่อให้เกิดความร้อนอย่างเพียงพอที่จะทำให้ การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ จนทำให้เหล็กหลอมละลาย และไหลลงสู่ด้านล่างของเตาจำนวน วัตถุดิบในเตาจะลดลงจึงต้องเติมวัตถุดิบลงไปอย่างต่อเนื่อง โดยให้ระดับของวัตถุดิบถึงบริเวณปากช่องเติมวัตถุดิบ เมื่อเหล็กหลอมละลายได้ปริมาณพอควรแล้ว ( สังเกตจากช่องมองข้างเตา) แล้วทำการเจาะรูเอาชีตะกรัน ( Slag) ออกก่อน หลังจากนั้นจะเอาน้ำเหล็กออก โดยนำเข้มารองรับน้ำเหล็ก เพื่อนำไปเทในแบบหล่อที่เตรียมไว้ ( รายละเอียดกล่าวไว้ในหน่วยที่ 3 )

### 8. การผลิตเหล็กอ่อนด้วยเตापุดเคิล ( Puddle Furnace )

เหล็กอ่อนเป็นเหล็กที่มีความบริสุทธิ์สูง ไม่นิยมนำมาใช้งานเพราะอ่อนเกินไป แต่เป็นที่นิยมของช่างตีเหล็ก ขึ้นรูปได้ง่าย เหล็กอ่อนนี้มีความบริสุทธิ์ ถึง 99.9% เหล็กอ่อนถลุงได้จากเตापุดเคิล ผลิตขึ้นในประเทศอังกฤษ ลักษณะเตาเป็นเตารูปยาว ข้างบนมีลักษณะเป็นอ่างกระทะที่ข้าง ๆ จะมีกองไฟสำหรับให้ความร้อนตามมากับลมร้อนที่จะออกทางปล่องเตา ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะเตापุดเคิล

ที่มา [http://www.vrsteel.com/th\\_business\\_news\\_detail.php,2558](http://www.vrsteel.com/th_business_news_detail.php,2558)

#### วัตถุดิบที่ใส่ลงในเตापุดเคิล

1. เหล็กดิบสีขาว
2. เศษเหล็ก (เหล็กออกไซด์)
3. ลมร้อน

### ธาตุที่ใช้เป็นส่วนผสมในเหล็กอ่อน

ธาตุที่ผสมอยู่ในเหล็กอ่อนประกอบด้วย คาร์บอน แมงกานีส ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ ซิลิกอน และมี ฟิเตอร์ผสมอยู่ด้วย สำหรับปริมาณส่วนผสมของเหล็กอ่อน

#### 8.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็กอ่อนด้วยเตาพุดเดิ้ล ( Pudding Process )

นำเหล็กดิบสีขาวและเศษเหล็กที่เตรียมไว้ใส่ลงไปในอ่างกระทะ ซึ่งภายในเตาจะมีความร้อนที่ข้างๆแพร่กระจายความร้อนเข้าไปในเตาทำให้เหล็กดิบและเศษเหล็กหลอมละลาย ซึ่งสังเกตจากแสงก จะลอยมาสู่ส่วนบนของผิวน้ำเหล็ก ผู้ผลิตทำการตีสแลกให้จมลงไปในน้ำเหล็กและเติมเศษเหล็กลงไป อีกเพื่อให้คาร์บอนและสารมลทินอื่นๆในน้ำเหล็กทำปฏิกิริยากับเศษเหล็ก ( มีแก๊สออกซิเจนปนอยู่) เมื่อ คาร์บอนทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนก็จะกลายเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ลอยอยู่บนผิวน้ำเหล็ก และเกิดการเผาไหม้คาร์บอนจะลดลงเหล็กจะเริ่มแข็งตัว จึงทำการเทน้ำเหล็กออกจากเตา ในเนื้อเหล็กอ่อนที่ผลิต จากเตาพุดเดิ้ลจะมีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.1% ในปัจจุบันการผลิตเหล็กอ่อนสามารถผลิตได้ด้วยกรรมวิธี แอสตัน ( Aston - Process ) ดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะการผลิตเหล็กอ่อนด้วยเตาพุดเดิ้ล

ที่มา : <http://dit-km.myreadyweb.com/article/topic-42048.ht,2558>

#### ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กอ่อน

ชื่อธาตุ	ปริมาณส่วนผสม (%)
คาร์บอน	0.02
แมงกานีส	0.03
ฟอสฟอรัส	0.12
ซัลเฟอร์	0.02
ซิลิกอน	0.15
ฟิเตอร์	3.0

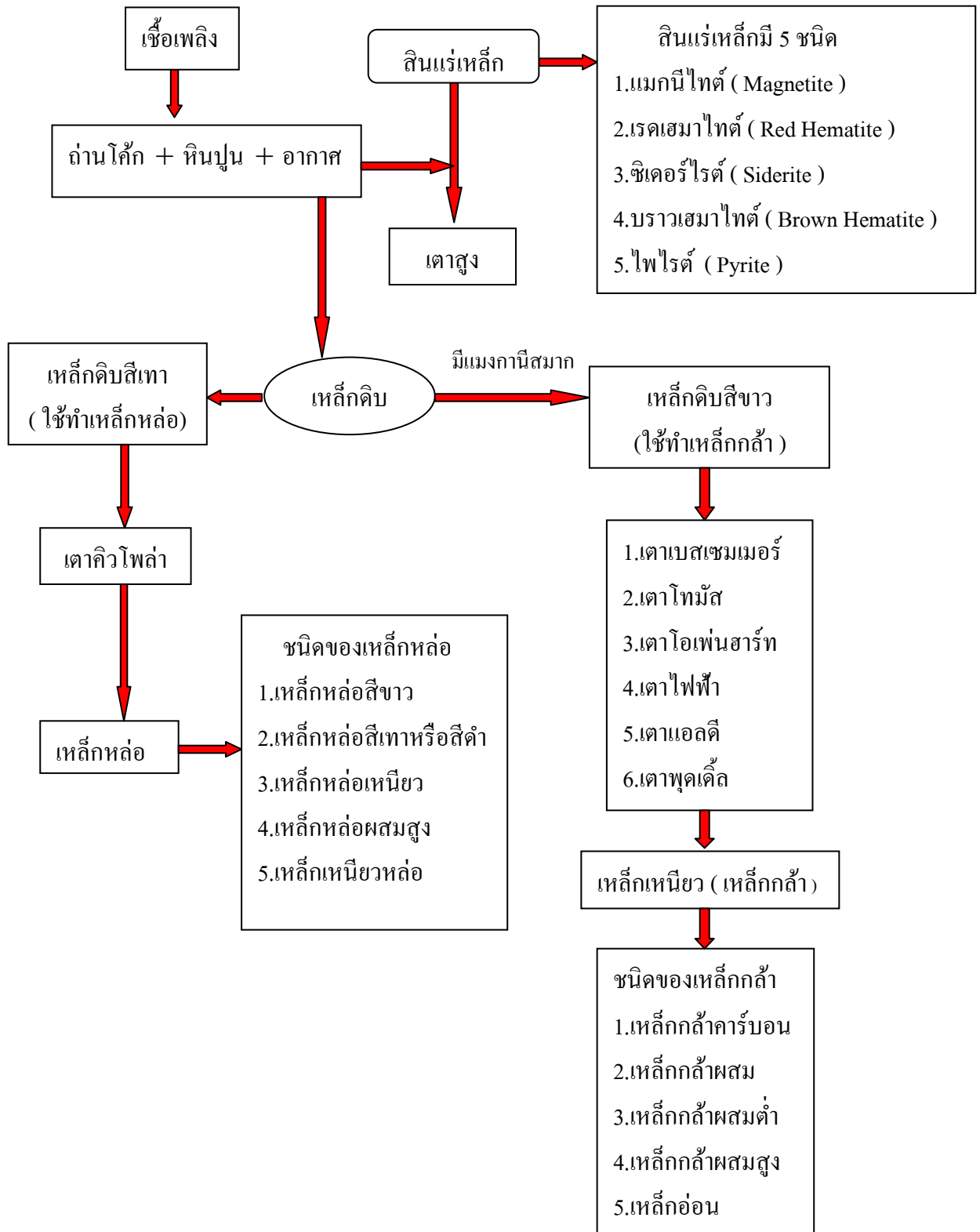
**สมบัติของเหล็กอ่อน**

1. มีความบริสุทธิ์สูง
2. มีคาร์บอนผสมไม่เกิน 1%
3. มีสแลกอยู่ในเนื้อเหล็ก และตีขึ้นรูปได้ง่ายมาก
4. เชื่อมประสานได้ดี

**ประโยชน์ของเหล็กอ่อน**

1. ใช้ทำโซ่
2. ใช้ทำข้อต่อรถไฟ
3. ใช้ทำขอเกี่ยว

ขั้นตอนการผลิตเหล็กแบบต่างๆ



แผนภูมิที่ 2.2 แสดงลักษณะขั้นตอนการผลิตเหล็ก

ที่มา : นายสุเทพ นุชิต , 2558



## 2.6 การขึ้นรูปเหล็กกล้า

เหล็กกล้าที่ได้จากการผลิตจากเตาแบบต่างๆข้างต้น จะนำมาแปรสภาพให้เหมาะสมที่จะใช้กับวัสดุในงานช่างนั้น มีอยู่ 2 แบบ คือ

### 1. การผลิตเป็นเหล็กกึ่งสำเร็จรูป ( Semi Finish Steel Product )

น้ำเหล็กเมื่อผ่านวิธีการปรับสภาพให้เป็นเหล็กกล้าแล้ว น้ำเหล็กกล้าจะถูกนำไปเทลงในแบบหล่อ (Mold) ให้เป็นอินกอท ที่ไวัระยะหนึ่งน้ำโลหะจะจับตัวเป็นรูปร่าง ยกแบบหล่อออกจากแท่งอินกอทจากนั้นลำเลียงแท่งอินกอท ที่ไวัระยะหนึ่งน้ำโลหะจะจับตัวเป็นรูปร่าง ยกแบบหล่อออกจากแท่งอินกอท แล้วลำเลียงแท่งอินกอทที่ยังร้อนแดงไปเก็บไว้ในเตาอบ (Soaking Pit) ที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 – 1,200 องศาเซลเซียส ที่ไวัที่อุณหภูมินี้ระยะหนึ่ง เพื่อให้แท่งอินกอท มีอุณหภูมิสม่ำเสมอทั้งแท่งจึงนำแท่งอินกอทไปทำการรีด เพื่อลดขนาดให้เล็กลง เหล็กกล้าที่ผ่านวิธีการขึ้นรูป เรียกว่า “เหล็กกึ่งสำเร็จรูป” สำหรับนำไปทำการผลิตให้เป็นเครื่องมือเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ ต่อไป มี 3 ชนิด คือ

1. บลูม ( Blooms ) เป็นเหล็กที่ผ่านวิธีการรีด มีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ มีขนาดประมาณ 6 × 6 นิ้ว

2. บิลเลท ( Billets ) เป็นเหล็กที่ผ่านวิธีการรีด มีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดเล็กกว่าบลูม โดยปกติจะมีขนาด 1.5 นิ้ว หรืออาจจะเท่ากับบลูม

3. สแลบ ( Slabs ) เป็นเหล็กที่ผ่านวิธีการรีด มีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาดความกว้างเป็น 3 เท่าของความหนา ซึ่งจะมีความกว้างประมาณ 10 นิ้ว ความหนา 1.5 นิ้ว

### 2. การผลิตเป็นเหล็กสำเร็จรูป ( Finish Steel Product )

เหล็กสำเร็จรูป คือ เหล็กที่ผลิตออกมาในรูปของผลิตภัณฑ์วัสดุช่างที่มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสม นำไปใช้งานได้เลย เช่น ทำสกรู เหล็กโครงสร้าง เหล็กเครื่องมือ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้นำมาทำเหล็กกึ่งสำเร็จรูป เช่น

1. บลูม ( Blooms ) ใช้ทำเหล็กโครงสร้างรูปร่างต่างๆ เช่น เหล็กรูปตัวไอ ( I ) เหล็กทรงรถไฟ ท่อไร้ตะเข็บเหล็กแท่งกลมตัน

2. บิลเลท ( Billets ) ใช้ทำเหล็กแท่งสี่เหลี่ยม เส้นลวด เหล็กเส้น

3. สแลบ ( Slabs ) ใช้ทำเป็นแผ่น โลหะแบบหนา และแบบบาง ท่อขนาดต่างๆ แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่นำไปทำเป็นกระป๋องต่างๆ

#### สมบัติของเหล็กกล้า

เหล็กกล้า เหล็กอ่อน ตามท้องตลาดจะเรียกว่า เหล็กเหนียว มีสมบัติดังนี้

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| 1. รับแรงดึงได้ดี          | 4. รับแรงอัดได้ไม่ดี                     |
| 2. มีสารมลทินน้อย          | 5. มีจุดหลอมเหลวสูง                      |
| 3. ใช้ผลิตชิ้นงานได้ทั่วไป | 6. เมื่อเผาร้อนจะอ่อนตัว และตีขึ้นรูปได้ |

## 2.7 สมบัติของธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กคิบ มีดังนี้

1. คาร์บอน (Carbon : C) ทำให้เหล็กมีจุดหลอมเหลวต่ำลงจึงทำให้เหล็กหลอมได้ง่ายขึ้น
2. ซิลิกอน (Silicon : Si) เหล็กที่มีซิลิกอนผสมอยู่มากเกินไปจะมีความเปราะและแตกหักง่าย
3. แมงกานีส (Manganese : Mn) ที่ผสมอยู่ในเหล็กคิบจะทำให้เหล็กมีความแข็งแรงและทนต่อการสึกหรอได้ดี
4. ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P) ถ้ามีมากในสินแร่เหล็กจะทำให้การถลุงยากขึ้น
5. กำมะถัน (Sulphur : S) ถ้ามีมากในเนื้อเหล็กจะทำให้เหล็กเปราะหักง่าย

## 2.8 สมบัติของธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กหล่อ มีดังนี้

1. คาร์บอน (Carbon : C) เหล็กหล่อที่มีส่วนผสมของคาร์บอนมากจะมีความแข็งมากมีจุดหลอมละลายต่ำ
2. ซิลิกอน (Silicon : Si) เป็นตัวช่วยให้เกิดกราฟไฟต์ในเหล็กหล่อ ถ้าเหล็กหล่อมีซิลิกอนผสมอยู่มากจะเป็นเหล็กหล่อสีเทา
3. กำมะถัน (Sulphur : S) เป็นตัวกั้นไม่ให้คาร์บอนรวมตัวกันอยู่ในรูปของกราฟไฟต์เหล็กหล่อที่มีกำมะถันผสมผสมอยู่มากจะเป็นเหล็กหล่อสีขาว
4. แมงกานีส (Manganese : Mn) เป็นตัวช่วยให้คาร์บอนรวมกันเหล็กในรูปของซีเมนต์ไคท์
5. ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P) เป็นตัวช่วยให้น้ำเหล็กไหลได้ง่าย

## 2.9 สมบัติของธาตุที่ผสมใช้ในเหล็กหล่อผสม (Alloy Cast Iron) มีดังนี้

1. โครเมียม (Chromium : Cr) รวมตัวกับคาร์บอนในเหล็กหล่อกลายเป็นโครเมียมคาร์ไบด์ ทำให้เหล็กหล่อผสม มีสมบัติทนต่อการเสียดสีได้สูง
2. แมงกานีส (Manganese : Mn) รวมตัวกับคาร์บอนเกิดเป็นคาร์ไบด์ ทำให้เหล็กแข็งขึ้นแต่ถ้ามีมากจะทำให้เหล็กหล่อเปราะ
3. ทองแดง (Copper : Cu) ช่วยให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงในเหล็กหล่อ แต่ถ้ามีมากกว่า 2% จะทำให้ความสามารถในการทนต่อแรงดึงลดลง
4. ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P) จะเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนจากกรดเกลือกรดกำมะถัน และกรดอะซิติก แต่ถ้ามีมากจะทำให้เหล็กหล่อเปราะ มีความเค้นแรงดึงต่ำ
5. นิกเกิล (Nickel : Ni) ทำให้เหล็กหล่อไม่เป็นสนิมและยังช่วยให้เกิดแกรไฟต์
6. โมลิบดีนัม (Molybdenum : Mo) ทำให้เหล็กหล่อทนต่อการพองตัวที่อุณหภูมิสูงและทำให้ชุบแข็งได้ดี

### สรุปท้ายหน่วย

สินแร่เหล็ก หมายถึงวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเหล็กโดยขุดพบจากเหมืองแร่เหล็กต่างๆ ส่วนมากจะผสมรวมอยู่กับหิน ดิน ทราย กำมะถัน ฟอสฟอรัส คาร์บอน และแร่อื่นๆ แร่เหล็กที่พบโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของออกไซด์ (Oxide)

สินแร่เหล็กที่ค้นพบ แบ่งออกเป็น 5 ชนิด ดังนี้

1. สินแร่เหล็กแมกนีไทต์ (Magnetite)
2. สินแร่เหล็กเฮมาไทต์ (Hematite) หรือ เรดเฮมาไทต์ (Red Hematite)
3. สินแร่เหล็กซิเดอไรต์ (Siderite) มีชื่อทางเคมีว่าเหล็กคาร์บอเนต
4. สินแร่เหล็กบราวน์เฮมาไทต์ (Brown Hematite) หรือ แร่เหล็กไลมอไนต์
5. สินแร่เหล็กไพไรต์ (Iron Pyrite)

ลำดับขั้นการเตรียมสินแร่ มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมสินแร่
2. ล้างหิน ดิน ทราย
3. บดทำให้เป็นผงละเอียด
4. ใช้แม่เหล็กดูดเพื่อแยกเอาเฉพาะผงเหล็ก
5. ผสมผงถ่าน หินปูนเตรียมสินแร่
6. อบไล่ความชื้น
7. อัดเป็นก้อนกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 – 15 มม.

กรรมวิธีการผลิตเหล็กดิบ มีดังนี้

1. การผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง ( Blast Furnace )

วัตถุดิบที่ใช้เติมเข้าไปในเตาสูงเพื่อถลุงเหล็กดิบ

- |                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| 1.สินแร่เหล็ก (Iron Ore ) | 3.หินปูน (Limestone)  |
| 2.ถ่านโค้ก (Coke)         | 4.ลมร้อนหรืออากาศร้อน |

กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้า มีดังนี้

1. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสเซมเมอร์ ( Bessemer Furnace )
2. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโทมัส (Thomas Furnace)
3. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาแอลดี ( LD Furnace )
4. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ท (Open Heart Furnace)
5. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาไฟฟ้า (Electrical Furnace)
6. การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสัญญากาศ (Vacuum Furnace)
7. การผลิตเหล็กหล่อด้วยเตาคิวโพล่า ( Cupola Furnace )

### 8. การผลิตเหล็กอ่อนด้วยเตาพุดเดิ้ล ( Pudding Process )

การขึ้นรูปเหล็กกล้า มีอยู่ 2 แบบ คือ

1. การผลิตเป็นเหล็กกึ่งสำเร็จรูป ( Semi Finish Steel Product )
2. การผลิตเป็นเหล็กสำเร็จรูป ( Finish Steel Product )

#### สมบัติของธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กดิบ มีดังนี้

1. คาร์บอน (Carbon : C) ทำให้เหล็กมีจุดหลอมเหลวต่ำลงจึงทำให้เหล็กหลอมได้ง่ายขึ้น
2. ซิลิกอน (Silicon : Si) เหล็กที่มีซิลิกอนผสมอยู่มากเกินไปจะมีความเปราะและแตกหักง่าย
3. แมงกานีส (Manganese : Mn) ที่ผสมอยู่ในเหล็กดิบจะทำให้เหล็กมีความแข็งและทนต่อการสึกหรอ
4. ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P) ถ้ามีมากในสินแร่เหล็กจะทำให้การถลุงยากขึ้น
5. กำมะถัน (Sulphur : S) ถ้ามีมากในเนื้อเหล็กจะทำให้เหล็กเปราะหักง่าย

#### สมบัติของธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กหล่อ มีดังนี้

1. คาร์บอน (Carbon : C) เหล็กหล่อที่มีส่วนผสมของคาร์บอนมากจะมีความแข็งมาก แต่จะมีจุดหลอมละลายต่ำ
2. ซิลิกอน (Silicon : Si) เป็นตัวช่วยให้เกิดกราฟไฟต์ในเหล็กหล่อ
3. กำมะถัน (Sulphur : S) เป็นตัวกั้นไม่ให้คาร์บอนรวมตัวกันอยู่ในรูปของกราฟไฟต์
4. แมงกานีส (Manganese : Mn) เป็นตัวช่วยให้คาร์บอนรวมกันเหล็กในรูปของซีเมนต์ไต์ท์
5. ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P) เป็นตัวช่วยให้น้ำเหล็กไหลได้ง่าย

#### สมบัติของธาตุที่ผสมใช้ในเหล็กหล่อผสม (Alloy Cast Iron) มีดังนี้

1. โครเมียม (Chromium : Cr) รวมตัวกับคาร์บอนในเหล็กหล่อกลายเป็นโครเมียมคาร์ไบด์ ทำให้เหล็กหล่อผสมมีสมบัติทนต่อการเสียดสีได้สูง
2. แมงกานีส (Manganese : Mn) รวมตัวกับคาร์บอนเกิดเป็นคาร์ไบด์ ทำให้เหล็กแข็งขึ้น แต่ถ้ามีมากจะทำให้เหล็กหล่อเปราะ
3. ทองแดง (Copper : Cu) ช่วยให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงในเหล็กหล่อ แต่ถ้ามีมาก (มากกว่า 2%) จะทำให้ความสามารถในการทนต่อแรงดึงลดลง
4. ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P) จะเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนจากกรดเกลือกรดกำมะถัน และกรดอะซิติก แต่ถ้ามีมากจะทำให้เหล็กหล่อเปราะ มีความเค้นแรงดึงต่ำ
5. นิกเกิล (Nickel : Ni) ทำให้เหล็กหล่อไม่เป็นสนิมและยังช่วยให้เกิดแกรไฟต์
6. โมลิบดีนัม (Molybdenum : Mo) ทำให้เหล็กหล่อทนต่อการพองตัวที่อุณหภูมิสูงและทำให้ชุบแข็งได้ดี

### คำศัพท์ประจำหน่วย

1. Blast Furnace หมายถึง เตาสูง
2. Bessemer Furnace หมายถึง เตาเบสเซมเมอร์
3. Thomas Furnace หมายถึง เตาโทมัส
4. LD Furnace หมายถึง เตาแอลดี
5. Open Heart Furnace หมายถึง เตาโอเพ่นฮาร์ท
6. Electrical Furnace หมายถึง เตาไฟฟ้า
7. Arc Furnace หมายถึง เตาอาร์ก
8. Induction Furnace หมายถึง เตาอินดักชั่น
9. Vacuum Furnace หมายถึง เตาสุญญากาศ
10. Cupola Furnace หมายถึง เตาคิวโလာ
11. Semi Finish Steel Product หมายถึง เหล็กกึ่งสำเร็จรูป
12. Finish Steel Product หมายถึง เหล็กสำเร็จรูป

## ใบงานหน่วยที่ 2

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1.ครูเตรียมรูปภาพหรือตัวอย่างลักษณะของสินแร่ และให้กลุ่มผู้เรียนทำการระดมสมองแล้วกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนลักษณะของสินแร่และ ส่วนผสมของแร่เหล็กลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ถูกต้อง ( 4 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อสินแร่	ลักษณะของสินแร่	แร่เหล็กที่ผสม ( % )
ตัวอย่าง	แมกนีไทต์	ก้อนมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มและดำ	60 - 75
1	เฮมาไทต์		
2	ซิเดอไรต์		
3	บราวเฮมาไทต์		
4	ไพไรต์		

2.ครูเตรียมรูปภาพหรือตัวอย่างลักษณะของชื่อเหล็ก หรือรูปเตาที่ใช้ผลิตเหล็ก และให้กลุ่มผู้เรียนทำการระดมสมองแล้วกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนชื่อของเตาให้ถูกต้องตามชื่อเหล็กที่ใช้การผลิตหรือลักษณะของเตาลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ถูกต้อง ( 10 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อเหล็ก / ลักษณะการทำงานของเตา	ชื่อเตาที่ใช้ผลิต
ตัวอย่าง	เหล็กดิบ	เตาสถู
1	เหล็กกล้า	
2	เตาตั้งอยู่บนแกนเอียงลง ตั้งขึ้นได้	
3	ใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์เป่าเข้าไปทำปฏิกิริยากับธาตุต่างๆในน้ำเหล็ก	
4	มีลักษณะเหมือนเตากระทะเหนือขอบเตาจะมีท่อแก๊สเชื้อเพลิง และท่ออากาศร้อนข้างซ้าย 2 ท่อ ข้างขวา 2 ท่อ	
5	ใช้ผลิตเหล็กกล้าผสมที่ทนความร้อนสูง ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวให้ความร้อน	
6	ต่อกระแสไฟสลับ 3 เฟส เข้าไปทำให้อิเล็กโตรดเกิดการอาร์กกับวัตถุดิบ	
7	ใช้ความร้อนจากการเหนี่ยวนำอำนาจแม่เหล็กของขดลวดหรือคอยล์	
8	ขณะทำการหลอมเหลวจะเป่าอากาศที่อยู่ภายในเตาออก ภายนอกจะเป็นสุญญากาศ	
9	เหล็กหล่อ	
10	เหล็กอ่อน	

3.ครูเตรียมรูปภาพหรือตัวอย่างของธาตุที่ผสมในเนื้อเหล็ก และให้กลุ่มผู้เรียนทำการระดมสมอง แล้วกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนสัญลักษณ์และสมบัติธาตุแต่ละตัวให้ถูกต้องตามลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ถูกต้อง ( 8 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อธาตุที่ผสมในเหล็กดิบ	สัญลักษณ์	สมบัติ
ตัวอย่าง	คาร์บอน	C	ทำให้เหล็กมีจุดหลอมเหลวต่ำลงจึงทำให้เหล็กหลอมได้ง่ายขึ้น
1	ซิลิกอน		
2	แมงกานีส		
ลำดับที่	ชื่อธาตุที่ผสมในเหล็กหล่อ	สัญลักษณ์	สมบัติ
1	แมงกานีส		
2	ฟอสฟอรัส		
3	กำมะถัน		
ลำดับที่	ชื่อธาตุที่ผสมในเหล็กหล่อผสม	สัญลักษณ์	สมบัติ
1	โครเมียม		
2	ทองแดง		
3	โมลิบดีนัม		

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 2

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

- 1.จงบอกความหมายของสินแร่เหล็ก
- 2.สินแร่เหล็กแบ่งออกได้เป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง
- 3.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง
- 4.การเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเตาสูงแบ่งออกเป็นกี่ช่วง อะไรบ้าง
- 5.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสซึมเมอร์
- 6.จงบอกข้อดี ข้อเสีย ของกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสซึมเมอร์
- 7.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโทมัส
- 8.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาแอลดี
- 9.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ท
- 10.จงบอกข้อดี ข้อเสีย ของกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ท
- 11.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาอาร์ค
- 12.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาอินดักชัน
- 13.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสูญญากาศ
- 14.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กหล่อด้วยเตาคิวโพล่า
- 15.จงบอกชื่อส่วนประกอบของเตาคิวโพล่า
- 16.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กอ่อนด้วยเตापुकเดิ้ล
- 17.จงบอกประโยชน์ของเหล็กอ่อน มา 3 ข้อ
- 18.การขึ้นรูปเหล็กกล้าแบ่งออกเป็นกี่รูปแบบ อะไรบ้าง
- 19.เหล็กกึ่งสำเร็จรูปแบ่งออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง
- 20.จงบอกสมบัติของเหล็กกล้า มา 5 ข้อ



## เฉลยใบงานหน่วยที่ 2

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1.ครูเตรียมรูปภาพหรือตัวอย่างลักษณะของสินแร่ และให้กลุ่มผู้เรียนทำการระดมสมองแล้วกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนลักษณะของสินแร่และ ส่วนผสมของแร่เหล็กลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ถูกต้อง

ลำดับที่	ชื่อสินแร่	ลักษณะของสินแร่	แร่เหล็กที่ผสม (%)
ตัวอย่าง	แมกนีไทต์	ก้อนมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มและดำ	60 - 75
1	เฮมาไทต์	ก้อนมีลักษณะสีแดงจนถึงสีน้ำตาลเข้ม	40 - 60
2	ซิเดอไรท์	ก้อนมีลักษณะสีน้ำตาล	30 - 45
3	บราวเฮมาไทต์	ก้อนมีลักษณะสีน้ำตาลจนถึงเหลืองเข้ม	20 - 45
4	ไพไรต์	ก้อนมีลักษณะสีน้ำตาล	40 - 45

2.ครูเตรียมรูปภาพหรือตัวอย่างลักษณะของชื่อเหล็ก หรือรูปเตาที่ใช้ผลิตเหล็ก และให้กลุ่มผู้เรียนทำการระดมสมองแล้วกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อของเตาให้ถูกต้องตามชื่อเหล็กที่ใช้หรือลักษณะการทำงานของเตาลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ถูกต้อง

ลำดับที่	ชื่อเหล็ก / ลักษณะการทำงานของเตา	ชื่อเตาที่ใช้ผลิต
ตัวอย่าง	เหล็กคืบ	เตาสุง
1	เหล็กกล้า	เบสแซมเมอร์
2	เตาตั้งอยู่บนแกนเอียงลง ตั้งขึ้นได้	โทมัส
3	ใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์เป่าเข้าไปทำปฏิกิริยากับธาตุต่างๆในน้ำเหล็ก	แอลดี
4	มีลักษณะเหมือนเตากระทะเหนือขอบเตาจะมีท่อแก๊สเชื้อเพลิงและท่ออากาศร้อนข้างซ้าย 2 ท่อ ข้างขวา 2 ท่อ	โอเพ่นฮาร์ท
5	ใช้ผลิตเหล็กกล้าผสมที่ทนความร้อนสูง ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวให้ความร้อน	เตาไฟฟ้า
6	ต่อกระแสไฟสลับ 3 เฟส เข้าไปทำให้เหล็กเกิดการอาร์กกับวัตถุคืบ	เตาอาร์ก
7	ใช้ความร้อนจากการเหนี่ยวนำอำนาจแม่เหล็กของขดลวดหรือคอยล์	เตาอินดักชั่น
8	ขณะทำการหลอมเหลวจะเป่าอากาศที่อยู่ภายในเตาออก ภายในเตาจะเป็นสุญญากาศ	เตาสูญญากาศ
9	เหล็กหล่อ	เตาคิวโพล่า
10	เหล็กอ่อน	เตาพุดเคิ้ล

3. ระบุเตรียมรูปภาพหรือตัวอย่างของธาตุที่ผสมในเนื้อเหล็ก และให้กลุ่มผู้เรียนทำการระดมสมอง แล้วกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนสัญลักษณ์และสมบัติธาตุแต่ละตัวให้ถูกต้องตามลงในช่องตามตาราง ที่กำหนดให้ถูกต้อง

ลำดับที่	ชื่อธาตุที่ผสมในเหล็กดิบ	สัญลักษณ์	สมบัติ
ตัวอย่าง	คาร์บอน	C	ทำให้เหล็กมีจุดหลอมเหลวต่ำลงจึงทำให้เหล็กหลอมได้ง่ายขึ้น
1	ซิลิกอน	Si	เหล็กที่มีซิลิกอนผสมอยู่มากเกินไปจะมีความเปราะและแตกหักง่าย
2	แมงกานีส	Mn	ทำให้เหล็กมีความแข็งแรงและทนต่อการสึกหรอได้ดี
ลำดับที่	ชื่อธาตุที่ผสมในเหล็กหล่อ	สัญลักษณ์	สมบัติ
1	แมงกานีส	Mn	เป็นตัวช่วยให้คาร์บอนรวมกันเหล็กในรูปของซีเมนต์ไคท์
2	ฟอสฟอรัส	P	เป็นตัวช่วยให้น้ำเหล็กไหลได้ง่าย
3	กำมะถัน	S	เป็นตัวกั้นไม่ให้คาร์บอนรวมตัวกันอยู่ในรูปของกราไฟต์เหล็กหล่อที่มีกำมะถันผสมอยู่มากจะเป็นเหล็กหล่อสีขาว
ลำดับที่	ชื่อธาตุที่ผสมในเหล็กหล่อผสม	สัญลักษณ์	สมบัติ
1	โครเมียม	Cr	รวมตัวกับคาร์บอนในเหล็กหล่อกลายเป็นโครเมียมคาร์ไบด์ ทำให้เหล็กหล่อกมีสมบัติทนต่อการเสียดสีได้สูง
2	ทองแดง	Cu	ช่วยให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงในเหล็กหล่อ แต่ถ้ามีมาก (มากกว่า 2%) จะทำให้ความสามารถในการทนต่อแรงดึงลดลง
3	โมลิบดีนัม	Mo	ทำให้เหล็กหล่อกทนต่อการพองตัวที่อุณหภูมิสูงและทำให้ชุบแข็งได้ดียิ่งขึ้น

## ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 2

ชื่อ – ชื่อสกุล ..... แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 2	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน)	ดีมาก ( 20 – 22 )	ดี ( 17 – 19 )	พอใช้ ( 14 – 16 )

### เกณฑ์การประเมินผล

- 20 - 22 คะแนน หมายถึง ดีมาก
- 17 - 19 คะแนน หมายถึง ดี
- 14 - 16 คะแนน หมายถึง พอใช้
- ต่ำกว่า 13 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวนใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 2 และทำใบงานใหม่

## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 2

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของสินแร่เหล็ก

ตอบ วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเหล็กโดยขุดพบจากเหมืองแร่เหล็กต่างๆ ส่วนมากจะผสมรวมอยู่กับหิน ดิน ทราช กำมะถัน ฟอสฟอรัส คาร์บอน และแร่อื่นๆ แร่เหล็กที่พบโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของออกไซด์ (Oxide)

2. สินแร่เหล็กแบ่งออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

ตอบ 5 ชนิดคือ 1. สินแร่เหล็กแมกนีไทต์ (Magnetite) ก่อนมีลักษณะสีน้ำตาลเข้มและดำมีผิวมันวาว พบมากแถบประเทศเยอรมัน สวีเดน โรมาเนีย รัสเซีย และแอฟริกา มีแร่เหล็กประมาณ 60-75 %

2. สินแร่เหล็กเฮมาไทต์ ( Hematite) หรือ เรดเฮมาไทต์ ( Red Hematite) ก่อนมีลักษณะสีแดงจนถึงสีน้ำตาลเข้ม เม็ดเกรนเกาะกันแน่น พบมากแถบประเทศ อังกฤษ สวิตเซอร์แลนด์ แคนาดา สหรัฐอเมริกา และบราซิล มีแร่เหล็กประมาณ 40-60%

3. สินแร่เหล็กซิเดอไรต์ (Siderite) มีชื่อทางเคมีว่าเหล็กคาร์บอเนต ก่อนมีลักษณะสีน้ำตาล พบมากแถบประเทศ เยอรมัน อังกฤษ สหรัฐอเมริกา สกอตแลนด์ และออสเตรเลีย มีแร่เหล็กประมาณ 30-45 %

4. สินแร่เหล็กบราวน์เฮมาไทต์ (Brown Haematite) หรือ แร่เหล็กโลมอไนต์ ก่อนมีลักษณะสีน้ำตาลจนถึงเหลืองเข้ม พบมากแถบประเทศเยอรมัน อังกฤษ สหรัฐอเมริกา และไทย มีแร่เหล็กประมาณ 20-45%

5. สินแร่เหล็กไพไรต์ (Iron Pyrite) มีชื่อทางเคมีว่าเหล็กไพไรต์ ก่อนมีลักษณะสีน้ำตาลเป็นแร่เหล็กที่มีกำมะถันปะปนอยู่มากทำให้เหล็กเปราะไม่ค่อยนิยมนำไปถลุง พบมากแถบประเทศสเปน ประเทศไทยพบมากทางจังหวัดกาญจนบุรี อำเภอยะลา จังหวัดเลย อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา และทางภาคใต้พบที่จังหวัดกระบี่ มีปริมาณเหล็ก 40-45%

3. จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง

ตอบ นำสินแร่เหล็ก หินปูน และถ่านโค้ก บ้อนทางด้านบนบริเวณส่วนบนปากของเตา จะเรียงแยกกันมาเป็นชั้น ๆ ความร้อนในการถลุงได้มาจากการเผาไหม้ของถ่านโค้กจะทำปฏิกิริยาหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,650 องศาเซลเซียส ( 3,000 องศาฟาเรนไฮต์) โดยมีลมร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส ( 2,000 องศาฟาเรนไฮต์) เป่ามาจากด้านล่างของเตาเพื่อช่วยการเผาไหม้ หินปูนจะรวมตัวกับสารมลทินและสิ่งสกปรกต่าง ๆ เกิดเป็นฟองชีตะกรัน (Slag) ส่วนเนื้อเหล็กจะหลอมละลายรวมตัวกับคาร์บอนในถ่านโค้กแล้วจมลงด้านล่างของเตา โดยมีชีตะกรันลอยอยู่ด้านบนโลหะ

4. จงอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเตาสูง ขณะทำการผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง

ตอบ การเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเตาสูง ขณะทำการผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง มี 4 ชั้น คือ

1. ช่วงเผาไหม้ ( Combustion Zone ) เป็นช่วงที่เกิดจากการรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนร้อนหรืออากาศร้อน เกิดการเผาไหม้อยู่บริเวณด้านล่างของเตา มีอุณหภูมิประมาณ 2,000 องศาเซลเซียส

2. ช่วงหลอมละลาย ( Fusion Zone ) เป็นช่วงถลุงสินแร่ สินแร่จะหลอมละลายเป็นน้ำเหล็กตกลงข้างล่างช่วงนี้จะมีความร้อนมากอุณหภูมิสูงประมาณ 1,650 องศาเซลเซียส

3. ช่วงดูดซับความร้อน ( Heat Absorption Zone ) เป็นช่วงที่ถ่านโค้กจะผ่านการสันดาปรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนสินแร่บางส่วนจะถูกลดแก๊สออกซิเจนละลายเป็นเหล็กดิบ มีอุณหภูมิประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส

4. ช่วงลดแก๊สออกซิเจน ( Reduction Zone ) เป็นช่วงที่สินแร่ถูกลดแก๊สออกซิเจนด้วยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเกิดขึ้นมาจากการเผาไหม้จากด้านล่างของเตา มีอุณหภูมิประมาณ 300 – 800 องศาเซลเซียส

5. จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสแซมเมอร์

ตอบ นำน้ำเหล็กเทลงในเตาประมาณ 20 - 25 ตัน แล้วเป่าลมหรืออากาศร้อนเข้าไป แก๊สออกซิเจนที่ปนอยู่ในอากาศร้อนที่เป่าเข้าไปจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่อยู่ในน้ำ เหล็กจะกลายเป็นแก๊สออกทางปากเตาซึ่งสังเกตได้จากสีของแก๊สหรือควันซึ่งจะมีสีจางๆ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 – 20 นาทีเหล็กนั้นจะมีความบริสุทธิ์สามารถที่จะเทน้ำเหล็กออกจากเตาเทลงใส่ในแบบแม่พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นแท่งๆ เมื่อน้ำเหล็กเย็นตัวแล้วทำการแกะออกจากแบบแม่พิมพ์ จะได้เหล็กกล้าที่พร้อมจะนำไปผลิตเป็นเหล็กผสมชนิดต่างๆ

6. จงบอกข้อดี ข้อเสีย ของกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสแซมเมอร์

ตอบ

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ใช้เวลาในการถลุงน้อย	1. บรรจุน้ำเหล็กได้น้อย
2. ใช้เชื้อเพลิงน้อย	2. ถลุงเศษเหล็กไม่ได้
3. เหล็กที่ผลิตได้ราคาถูกลง	3. คุณภาพของเหล็กต่ำ

7. จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโทมัส

ตอบ นำเหล็กดิบและหินปูนหรือแร่โคโคไลไมต์ เทลงในเตาโทมัส แล้วเป่าอากาศร้อนเข้าไปแก๊สออกซิเจนที่ปนอยู่ในอากาศร้อนที่เป่าเข้าไปจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่อยู่ในเหล็กดิบจะกลายเป็นแก๊สลอยขึ้นไปทางปากเตา ส่วนหินปูนที่ใส่เข้าไปเมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวเป็นปูนขาวโดยดึงเอาสารมลทินที่อยู่ในน้ำเหล็กเกิดเป็นธาตุฟอสฟอรัสและสแลกจะทำให้เหล็กมีความบริสุทธิ์มาก

ขึ้น เหล็กกล้าที่ได้จากกรรมวิธีผลิตนี้จะมีเม็ดเกรนโต สีขาว นำไปตีขึ้นรูป เชื่อมประสาน ริด และดึงได้

8.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาแอลดี

ตอบ นำน้ำเหล็กหรือเหล็กดิบ และหินปูนใส่เข้าไปในเตา แล้วเป่าแก๊สออกซิเจนเป็นจุดหลายๆจุด พร้อมกับเติมหินปูนเพื่อให้เกิดสแลก ทำการเทสแลกออกแล้วเป่าแก๊สออกซิเจนเข้าไปอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้แก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่อยู่ในน้ำเหล็กกลายเป็นแก๊สลอยออกไป จะทำให้เหล็กมีความบริสุทธิ์มากขึ้น กรรมวิธีการผลิตแบบนี้เหมาะนำไปผลิตเหล็กกล้าอ่อนหรือเหล็กกล้าปกติ

9.จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ท

ตอบ นำเหล็กดิบ 50 % เศษเหล็ก 50 % ( เพื่อเพิ่มเนื้อเหล็ก ทำให้เกิดสแลก และดึงเอาซิลิกอนและแมงกานีสออกมา)และหินปูนเล็กน้อย ลงในเตา แล้วเป่าแก๊สและอากาศเข้าทางด้านล่างของเตาผ่านช่องเปลวไฟและอิฐทนไฟที่ทนความร้อน ซึ่งความร้อนในอิฐทนไฟทำให้เชื้อเพลิงแก๊สและอากาศที่ผ่านเกิดการเผาไหม้ขึ้น และเกิดความร้อนไปหลอมละลายเหล็ก เมื่อเกิดปฏิกิริยาในเตาเกิดเป็นไอเสียจะลอยออกทางด้านซ้ายของเตาซึ่งจะมีท่อผ่านไปยังอิฐทนไฟ เมื่ออิฐทนไฟได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง อุณหภูมิของอิฐทนไฟทางด้านขวามือจะลดลง การทำงานของเตาจะเปลี่ยนมาเริ่มต้นทางด้านขวามือ โดยปิดแก๊สและอากาศทางด้านซ้ายมือ เปิดให้เข้าทางขวามือผ่านอิฐทนไฟเข้าสู่เตา การทำงานจะสลับกันไปเรื่อยๆ ใช้เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง จะได้เหล็กประมาณ 300 ตัน

10.จงบอกข้อดี ข้อเสีย ของกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ท

ตอบ

ข้อดี	ข้อเสีย
1.ได้เนื้อเหล็กมาก	1.เหล็กที่ผลิตได้มีราคาแพง
2.ถลุงเศษเหล็กได้มาก	2.ใช้เวลาในการผลิตนาน
3.เนื้อเหล็กมีคุณภาพดี	3.สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
4.เหล็กมีความบริสุทธิ์สูง	

11. จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาอาร์ก

**ตอบ** เติมเหล็กดิบและธาตุต่างๆที่ผสมลงไปเพื่อให้เหล็กมีสมบัติดีขึ้น และต่อกระแสไฟกระแสสลับ 3 เฟส เข้าไปทำให้เหล็กเกิดการอาร์กกับวัตถุดิบที่ผสมอยู่ในเตา เหล็กจะหลอมละลายทำการผลิตเหล็กกล้าได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง จากนั้นทำการเทน้ำเหล็กลงในแบบที่มีลักษณะเป็นแท่ง เรียกว่า อินกอต ( Ingot ) เพื่อนำไปผลิตต่อเป็นวัสดุในงานช่าง

12. จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาอินดักชัน

**ตอบ** การผลิตเหล็กกล้าแบบนี้จะใช้ความร้อนจากการเหนี่ยวนำอำนาจแม่เหล็กของขดลวดหรือคอยล์ ซึ่งขดลวดจะพันอยู่รอบๆเบ้าซึ่งภายในเบ้าจะบรรจุวัตถุดิบไว้ ไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดไฟฟ้าที่มีความถี่สูงประมาณ 1,000 ไซเคิล

13. จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสุญญากาศ

**ตอบ** เติมเหล็กดิบและธาตุต่างๆที่ผสมลงไปเพื่อให้เหล็กมีสมบัติดีขึ้น และต่อกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด เมื่อขดลวดเกิดความร้อนจะแผ่ความร้อนเข้าไปในเบ้า เหล็กจะหลอมละลายภายในเวลา 50 – 90 นาที รอบๆเตาจะนำหล่อเย็นเพื่อระบายความร้อนเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิร้อนเกินไป

14. จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กหล่อด้วยเตาคิวโพล่า

**ตอบ** เหล็กหล่อ เป็นเหล็กที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนน้อยรองจากเหล็กดิบ ( Pig Iron ) ดังนั้นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเหล็กหล่อ ได้แก่ เหล็กดิบและเศษเหล็ก จะต้องนำมาถลุงใหม่เพื่อลดปริมาณสารเจือปนจุดหลอมละลายของเหล็กหล่อประมาณ 1,150 – 1,250 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิเหล็กบริสุทธิ์หรือเหล็กกล้าสามารถถลุงได้เร็วและประหยัดเชื้อเพลิง

15. จงบอกชื่อส่วนประกอบของเตาคิวโพล่า

**ตอบ** 1. เปลือกเตา 2. ฐานเตา 3. ก้นเตา 4. ห้องพักลม 5. ช่องเติมวัตถุดิบ 6. ฝาครอบปล่องเตา

16. จงอธิบายกรรมวิธีการผลิตเหล็กอ่อนด้วยเตาพุดเดิ้ล

**ตอบ** นำเหล็กดิบสีขาวและเศษเหล็กที่เตรียมไว้ใส่ลงไปให้อ่างกระทะ ซึ่งภายในเตาจะมีความร้อนที่ข้างๆแพร่กระจายความร้อนเข้าไปในเตาทำให้เหล็กดิบและเศษเหล็กหลอมละลาย ซึ่งสังเกตจากแสงจะลอยมาสู่ส่วนบนของผิวน้ำเหล็ก ผู้ผลิตทำการตีแสกให้จมลงไปในน้ำเหล็กและเติมเศษเหล็กลงไปอีกเพื่อให้คาร์บอนและสารมลทินอื่นๆในน้ำเหล็กทำปฏิกิริยากับเศษเหล็ก ( มีแก๊สออกซิเจนปนอยู่ ) เมื่อคาร์บอนทำปฏิกิริยากับออกซิเจนก็จะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ลอยอยู่เหนือน้ำเหล็ก และเกิดการเผาไหม้คาร์บอนจะลดลงเหล็กจะเริ่มแข็งตัว จึงทำการเทน้ำเหล็กออกจากเตา ในเนื้อเหล็กอ่อนที่ผลิตจากเตาพุดเดิ้ลจะมีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.1%

17. จงบอกประโยชน์ของเหล็กอ่อน มา 3 ข้อ

ตอบ 1. ใช้ทำโซ่ 2. ใช้ทำข้อต่อรถไฟ 3. ใช้ทำขอเกี่ยว

18. การขึ้นรูปเหล็กกล้าแบ่งออกเป็นกี่รูปแบบ อะไรบ้าง

ตอบ 2 แบบ คือ 1. การผลิตเป็นเหล็กกึ่งสำเร็จรูป ( Semi Finish Steel Product ) 2. การผลิตเป็นเหล็กสำเร็จรูป ( Finish Steel Product )

19. เหล็กกึ่งสำเร็จรูปแบ่งออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

ตอบ 3 ชนิด คือ 1. บลุ่ม (Blooms) ใช้ทำเหล็กโครงสร้างรูปร่างต่างๆ เช่น เหล็กรูปตัวไอ ( I ) เหล็กวางรถไฟ ท่อไร้ตะเข็บ เหล็กแท่งกลมตัน

2. บิลเลท ( Billets ) ใช้ทำเหล็กแท่งสี่เหลี่ยม เส้นลวด เหล็กเส้น

3. สแลบ ( Slabs ) ใช้ทำเป็นแผ่นโลหะแบบหนา และแบบบาง ท่อขนาดต่างๆ แผ่นเหล็กเคลือบดินบุกที่นำไปทำเป็นกระป๋องต่างๆ

20. จงบอกสมบัติของเหล็กกล้า

ตอบ 1. รับแรงดึงได้ดี 2. รับแรงอัดได้ไม่ดี 3. มีสารมลทินน้อย 4. มีจุดหลอมเหลวสูง



## บรรณานุกรม

- ดอกธูป พุทธมงคล. วัสดุช่าง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์พิทักษ์อักษร, 2532
- นริศ ศรีเมฆ. วัสดุช่างอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เอมพันธ์จำกัด, 2541
- ประเวช มณีกุล. วัสดุช่างอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จักรวัฒน์, 2541
- สุเทพ นุชิต. 2558
- อาพล ชื้อตรง. วัสดุช่างอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2541
- www : kkcwork.com/ttnksrx.html.
- www: adswow.net.
- www: replicafansrings.com
- www: paandcasecenter.blogspot.com
- www: hairskincarpets.com
- www: bloggang.com
- www: instron.co.th
- www: instron.co.th
- www: instron.co.th
- www: eng.sut.ac.th
- www: tpa.or.th
- www: tpa.or.th
- www: pantip.com
- www: instron.co.th
- www: thummech.com
- www: home.kapook.com
- www: siamsafety.com
- www: siamsafety.com
- www: siamsafety.com
- www: portalhuarpe.com
- www: portalhuarpe.com
- www: siamtraffic.com
- www: es.pinterest.com

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

[www: slideshare.com](http://www.slideshare.com)  
[www: bangkokbusclub.com](http://www.bangkokbusclub.com)  
[www: labsafety.nrct.go.th](http://www.labsafety.nrct.go.th)  
[www: sptn.dss.go.th](http://www.sptn.dss.go.th)  
[www: labsafety.nrct.go.th](http://www.labsafety.nrct.go.th)  
[www: eric.chula.ac.th](http://www.eric.chula.ac.th)  
[www: jorpor.org](http://www.jorpor.org)  
[www: thailandindustry.com](http://www.thailandindustry.com)  
[www: thakotech.co.th](http://www.thakotech.co.th)  
[www: thakotech.co.th](http://www.thakotech.co.th)  
[www: thaifranchisecenter.com](http://www.thaifranchisecenter.com)  
[www: industry.go.th](http://www.industry.go.th)  
[www: saraburi.cad.go.th](http://www.saraburi.cad.go.th) ,  
[www: cc.tsu.ac.th](http://www.cc.tsu.ac.th)  
[www: softbankthai.com](http://www.softbankthai.com)  
[www: board.palungjit.org/4165685-post 7.html](http://www.board.palungjit.org/4165685-post-7.html)  
[www: board.palungjit.org/4165685-post 7.html](http://www.board.palungjit.org/4165685-post-7.html)  
[www: tpa.or.th/writer/readthis\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/readthis_book_topic.php)  
[www: crystalprince.com/knowledge-detail.php](http://www.crystalprince.com/knowledge-detail.php)  
[www: tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php)  
[www1: dpim.go.th/mtl/primary steel](http://www1.dpim.go.th/mtl/primary-steel)  
[www: kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php](http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php)  
[www: studysunday.blogspot.com/2014/10/blast-furnace-ingot-furnace-furnace.html](http://www.studysunday.blogspot.com/2014/10/blast-furnace-ingot-furnace-furnace.html)  
[www: tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php)  
[www: tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php)  
[www: electron.rmutphysics.com/science-news/index.php](http://www.electron.rmutphysics.com/science-news/index.php)  
[www: thummech.com/index.php](http://www.thummech.com/index.php)  
[www: tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php)

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

[www: thummech.com/index.php](http://www.thummech.com/index.php)  
[www: thummech.com/index.php](http://www.thummech.com/index.php)  
[www: rmutphysics.com/charud/scibook/metalswu/lesson4-7.htm](http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/metalswu/lesson4-7.htm)  
[www: sripetch.com/articledetail.asp?id= 3831](http://www.sripetch.com/articledetail.asp?id= 3831)  
[www: vrsteel.com/th\\_business\\_news\\_detail.php](http://www.vrsteel.com/th_business_news_detail.php)  
[www: dit-km.myreadyweb.com/article/topic-42048.th](http://www.dit-km.myreadyweb.com/article/topic-42048.th)  
[www: nanasupplier.com/hmfactive](http://www.nanasupplier.com/hmfactive)  
[www: rsu.ac.th/engineer/ac/academic%/20 present](http://www.rsu.ac.th/engineer/ac/academic%/20 present)  
[www: truck2hand.com/index](http://www.truck2hand.com/index)  
[www: bbntool.co.th/articles](http://www.bbntool.co.th/articles)  
[www: board2.trekkingthai.com/board/print.php](http://www.board2.trekkingthai.com/board/print.php)  
[www: mahacivil.com/index.php](http://www.mahacivil.com/index.php)  
[www: nachithailand.com](http://www.nachithailand.com)  
[www: getmovabletype.org](http://www.getmovabletype.org)  
[www: ppssteel.thailandpages.com/product](http://www.ppssteel.thailandpages.com/product)  
[www: tpa.or.th](http://www.tpa.or.th)  
[www: gear 5000.wordpress.com](http://www.gear 5000.wordpress.com)  
[www: oss.co.th](http://www.oss.co.th)  
[www: hifi55.com](http://www.hifi55.com)  
[www: tpa.or.th](http://www.tpa.or.th)  
[www: arkarnsin.com](http://www.arkarnsin.com)  
[www: tpa.or.th](http://www.tpa.or.th)  
[www: jacobvicro.com.tw/tha/granite-machine-table.htm](http://www.jacobvicro.com.tw/tha/granite-machine-table.htm)  
[www: tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php)  
[www: somkidkorakarn.tarad.com](http://www.somkidkorakarn.tarad.com)  
[www: jarmjooree.com](http://www.jarmjooree.com)  
[www: industrialengineerblog.files.wordpress.com](http://www.industrialengineerblog.files.wordpress.com)  
[www: marinerthai.net/forum/index.php?topic](http://www.marinerthai.net/forum/index.php?topic)

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

[www: topicstock.pantip.com/jatujak/topic](http://www.topicstock.pantip.com/jatujak/topic)  
[www: somkitkorakarn.tarad.com](http://www.somkitkorakarn.tarad.com)  
[www: m.pooyingnaka.com](http://www.m.pooyingnaka.com)  
[www: tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php)  
[www: 2013.gun.in.th](http://www.2013.gun.in.th)  
[www: anansteel.com](http://www.anansteel.com)  
[www: chemistconfused.blogspot.com/p/blog-page\\_8475.html](http://www.chemistconfused.blogspot.com/p/blog-page_8475.html)  
[www: thai.alibaba.com/product-detail/toothpaste-tube-material-1004299497.html](http://www.thai.alibaba.com/product-detail/toothpaste-tube-material-1004299497.html)  
[www: jacobvicro.com](http://www.jacobvicro.com)  
[www: telepart.net](http://www.telepart.net)  
[www: boonthavorn.com/bathroom/product-detail.php,](http://www.boonthavorn.com/bathroom/product-detail.php)  
[www: truck2hand.com](http://www.truck2hand.com)  
[www: m.pantip.com/topic/31303998](http://www.m.pantip.com/topic/31303998)  
[www: sangchaimeter.com/product\\_page](http://www.sangchaimeter.com/product_page)  
[www: ktw.co.th](http://www.ktw.co.th)  
[www: webhtml.horhook.com/wbi/ec/5magnet-03](http://www.webhtml.horhook.com/wbi/ec/5magnet-03)  
[www: thai.alibaba.com/product-detail](http://www.thai.alibaba.com/product-detail)  
[www: ktw.co.th](http://www.ktw.co.th)  
[www: pspotech.co.th](http://www.pspotech.co.th)  
[www: martlume.com](http://www.martlume.com)  
[www: ktw.co.th](http://www.ktw.co.th)  
[www: tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php)  
[www: thaisylphyclub.com/index.php?topic](http://www.thaisylphyclub.com/index.php?topic)  
[www: thermal-mech.com/category/knowledge/kn-welding](http://www.thermal-mech.com/category/knowledge/kn-welding)  
[www: tpa.com](http://www.tpa.com)  
[www: thai.alibaba.com/product-detail/cast-aluminum-cylinder-head-series.html](http://www.thai.alibaba.com/product-detail/cast-aluminum-cylinder-head-series.html)  
[www: pantip.com/topic/30697394](http://www.pantip.com/topic/30697394)

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

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

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

[www: th.aliexpress.com/item/custom-shape-metal-clip/305574071](http://www.th.aliexpress.com/item/custom-shape-metal-clip/305574071)

[www: 4x4thaikingoption.blogspot.com](http://www.4x4thaikingoption.blogspot.com)

[www: pantip.com/topic/37068019](http://www.pantip.com/topic/37068019)

[www: eng-99.weebly.com](http://www.eng-99.weebly.com)

[www: thai.alibaba.com](http://www.thai.alibaba.com)

[www: thanasarn.co.th](http://www.thanasarn.co.th)

[www: vcsasia.co.th](http://www.vcsasia.co.th)

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

[www: app.builk.com](http://www.app.builk.com)

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

[www : homemartonline.lnwshop.com](http://www.homemartonline.lnwshop.com)

[www: nst.or.th/article/notes01/article010.htm,](http://www.nst.or.th/article/notes01/article010.htm)

[www: thai.alibaba.com](http://www.thai.alibaba.com)

[www: alibaba.com/product-detail/emt-zinc-die-casting-connector-electrical](http://www.alibaba.com/product-detail/emt-zinc-die-casting-connector-electrical)

[www: l3nr.org/posts/548732](http://www.l3nr.org/posts/548732)

[www: dussthai.com/product/pro\\_detail.php](http://www.dussthai.com/product/pro_detail.php)

[www: brastechcompany.com/brass-solid.html](http://www.brastechcompany.com/brass-solid.html)

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

[www: eqindustrial.com/?p](http://www.eqindustrial.com/?p)

[www: http://thai.alibaba.com](http://http://thai.alibaba.com)

[www: wuthardware.com/store/product/view/OKURA](http://www.wuthardware.com/store/product/view/OKURA)

[www: thai.alibaba.com](http://www.thai.alibaba.com)

[www: pantip.com/topic](http://www.pantip.com/topic)

[www: stkplumbing.com/product](http://www.stkplumbing.com/product)

[www: itemsell.net/317657](http://www.itemsell.net/317657)

[www: telepart.net](http://www.telepart.net)

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

[www: thaiind.com/machine-tools.php?cate\\_id=65&group\\_id](http://www.thaiind.com/machine-tools.php?cate_id=65&group_id)  
[www: th.aliexpress.com/w/wholesale-toyota-piston-rings.html](http://www.th.aliexpress.com/w/wholesale-toyota-piston-rings.html)  
[www: th.aliexpress.com](http://www.th.aliexpress.com)  
[www: goberngroup.com/product](http://www.goberngroup.com/product)  
[www: gun.in.th/2012/index.php?topi](http://www.gun.in.th/2012/index.php?topi)  
[www: th.aliexpress.com](http://www.th.aliexpress.com)  
[www: sites.google.com/site/aluminium9999](http://www.sites.google.com/site/aluminium9999)  
[www: baramee.wordpress.com](http://www.baramee.wordpress.com)  
[www: tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php)  
[www: seangkong.ran4u.com](http://www.seangkong.ran4u.com)  
[www: beauty24store.com](http://www.beauty24store.com)  
[www: thaiind.com/machine-tools-spare-parts-accessories.php](http://www.thaiind.com/machine-tools-spare-parts-accessories.php)  
[www: haaksquare.com/th/node/2960](http://www.haaksquare.com/th/node/2960)  
[www: careandliving.com](http://www.careandliving.com)  
[www: ptkwood.com](http://www.ptkwood.com)  
[www: homesafead.blogspot.com](http://www.homesafead.blogspot.com)  
[www: decorreport.com](http://www.decorreport.com)  
[www: m.pantip.com/topic](http://www.m.pantip.com/topic)  
[www: smu.ac.th](http://www.smu.ac.th)  
[www: jameshandmade.com](http://www.jameshandmade.com)  
[www: th.aliexpress.com](http://www.th.aliexpress.com)  
[www: th.aliexpress.com](http://www.th.aliexpress.com)  
[www: board.trekkingthai.com](http://www.board.trekkingthai.com)  
[www: skulchai.com](http://www.skulchai.com)  
[www: globalfashionreport.com](http://www.globalfashionreport.com)  
[www: enjoyshopp.com](http://www.enjoyshopp.com)  
[www: megazy.com](http://www.megazy.com)  
[www: thai.alibaba.com](http://www.thai.alibaba.com)

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

[www: thaivitaminonline.weloveshopping.com](http://www.thaivitaminonline.weloveshopping.com)  
[www: pingpongboard.com](http://www.pingpongboard.com)  
[www: pakstore.net/plastic-bungee-ball-7065.html](http://www.pakstore.net/plastic-bungee-ball-7065.html)  
[www: vcharkarn.com](http://www.vcharkarn.com)  
[www: innnews.co.th/shownews/show?newscode=587254](http://www.innnews.co.th/shownews/show?newscode=587254)  
[www: babykidsonline.weloveshopping.com](http://www.babykidsonline.weloveshopping.com)  
[www: m.prachachat.net/news\\_detail.php,](http://www.m.prachachat.net/news_detail.php)  
[www: lyreco.com](http://www.lyreco.com)  
[www: hairrubberpart.com](http://www.hairrubberpart.com)  
[www: sisaan.com](http://www.sisaan.com)  
[www: mysoy.me/2012/12/layland.html](http://www.mysoy.me/2012/12/layland.html)  
[www: vcharkarn.com](http://www.vcharkarn.com)  
[www: toagroup.com](http://www.toagroup.com)  
[www: cicpaint.com](http://www.cicpaint.com)  
[www: cicpaint.com](http://www.cicpaint.com)  
[www: auto2drive.com](http://www.auto2drive.com)  
[www: charoenchaishop.com](http://www.charoenchaishop.com)  
[www: thai.alibaba.com](http://www.thai.alibaba.com)  
[www: b2bthai.com](http://www.b2bthai.com)  
[www: m-group.in.th](http://www.m-group.in.th)  
[www: Chiangmaiplastic.com](http://www.chiangmaiplastic.com)  
[www: newsplus.co.th/391](http://www.newsplus.co.th/391)  
[www: chaiwattana.co.th](http://www.chaiwattana.co.th)  
[www: great-pet.com](http://www.great-pet.com)  
[www: thai2market.com](http://www.thai2market.com)  
[www: paragonbike.com](http://www.paragonbike.com)  
[www: snk.co.th](http://www.snk.co.th)  
[www: thairaybanshop.com](http://www.thairaybanshop.com)

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

[www: unior-thailand.com](http://www.unior-thailand.com)  
[www: nanagarden.com](http://www.nanagarden.com)  
[www: pantip.com](http://www.pantip.com)  
[www: unior-thailand.com](http://www.unior-thailand.com)  
[www: springnews.co.th](http://www.springnews.co.th)  
[www: faifadd.com](http://www.faifadd.com)  
[www: xn--o3cama6ai2e0at5owb.blogspot.com](http://www.xn--o3cama6ai2e0at5owb.blogspot.com)  
[www: oocities.org/thaiinterhobby/knowledge.htm](http://www.oocities.org/thaiinterhobby/knowledge.htm)  
[www: momandmestory.com](http://www.momandmestory.com)  
[www: forcon-d.com](http://www.forcon-d.com)  
[www: allartcenter.com](http://www.allartcenter.com)  
[www: m.thai.alibaba.com](http://www.m.thai.alibaba.com)  
[www: pmpowertech.bentoweb.com](http://www.pmpowertech.bentoweb.com)  
[www: giftstorepremium.com](http://www.giftstorepremium.com)  
[www: th.aliexpress.com](http://www.th.aliexpress.com)  
[www: cleancoalisadirtylie.wordpress.com](http://www.cleancoalisadirtylie.wordpress.com)  
[www: il.mahidol.ac.th](http://www.il.mahidol.ac.th)  
[www: thaicapital.co.th](http://www.thaicapital.co.th)  
[www: fieldtrip.ipst.ac.th](http://www.fieldtrip.ipst.ac.th)  
[www: thaicapital.co.th/index](http://www.thaicapital.co.th/index)  
[www: manager.co.th](http://www.manager.co.th)  
[www: thaisafetyproduct.com](http://www.thaisafetyproduct.com)  
[www: thaisafetyproduct.com](http://www.thaisafetyproduct.com)  
[www: thaisafetyproduct.com](http://www.thaisafetyproduct.com)  
[www: tagenergy.co.th](http://www.tagenergy.co.th)  
[www: 203.172.168.26/m42555/M41/W09/29/7.html](http://www.203.172.168.26/m42555/M41/W09/29/7.html)  
[www: asiaautowork.co.th/2013/07/how-engine-works](http://www.asiaautowork.co.th/2013/07/how-engine-works)  
[www: c-filtration.com/th/page.php](http://www.c-filtration.com/th/page.php)



**บรรณานุกรม (ต่อ)**

[www: gasforcars.net/setup\\_ngv.php](http://www.gasforcars.net/setup_ngv.php)  
[www: homegas.blogspot.com/2012/03/lpg-liquefied-petroleum-gas.html](http://www.homegas.blogspot.com/2012/03/lpg-liquefied-petroleum-gas.html)  
[www: forpetroleum.blogspot.com/2009/07/cng-ngv.html](http://www.forpetroleum.blogspot.com/2009/07/cng-ngv.html)  
[www: wikiwand.com/th](http://www.wikiwand.com/th)  
[www: topicstock.pantip.com](http://www.topicstock.pantip.com)  
[www: ap-autopart.com](http://www.ap-autopart.com)  
[www: hatyai-saveoil.tarad.com](http://www.hatyai-saveoil.tarad.com)  
[www: m.thai.alibaba.com](http://www.m.thai.alibaba.com)  
[www: thailandindustry.com](http://www.thailandindustry.com)  
[www: mwagroups.com](http://www.mwagroups.com)  
[www: whitehorsecaster.com](http://www.whitehorsecaster.com)  
[www: anajaktools.com](http://www.anajaktools.com)  
[www: bpcastrollube.com](http://www.bpcastrollube.com)  
[www: itemsell.net/303464](http://www.itemsell.net/303464)  
[www: bloggang.com](http://www.bloggang.com)  
[www: krootewan2013.wordpress.com](http://www.krootewan2013.wordpress.com)  
[www: prizeofwood.com](http://www.prizeofwood.com)  
[www: bloggang.com](http://www.bloggang.com)  
[www: ruamcementr3.com](http://www.ruamcementr3.com)  
[www: thongratblockprasan.com](http://www.thongratblockprasan.com)  
[www: psvcompany.com](http://www.psvcompany.com)  
[www: ruangsangthai.com](http://www.ruangsangthai.com)  
[www: materialfocus.com](http://www.materialfocus.com)  
[www: nanagarden.com](http://www.nanagarden.com)  
[www: compacpaint.com](http://www.compacpaint.com)  
[www: prakard.com](http://www.prakard.com)  
[www: sashomemart.com](http://www.sashomemart.com)  
[www: steellead.com](http://www.steellead.com)

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

[www: lsthomesmart.com](http://www.lsthomesmart.com)  
[www: aluminiumextruded.com](http://www.aluminiumextruded.com)  
[www: hong-pak.com](http://www.hong-pak.com)  
[www: pcastrollube.com](http://www.pcastrollube.com)  
[www: microfiber.nalueng.com](http://www.microfiber.nalueng.com)  
[www: krootewan2013.wordpress.com](http://www.krootewan2013.wordpress.com)  
[www: catdumb.com](http://www.catdumb.com)  
[www: /th.wikipedia.org/wiki](http://www:/th.wikipedia.org/wiki)  
[www: thaigoodview.com](http://www.thaigoodview.com)  
[www: learning-physic.blogspot.com](http://www.learning-physic.blogspot.com)  
[www: thaiaircare.com](http://www.thaiaircare.com)  
[www: apae.co.th](http://www.apae.co.th)  
[www: weekendhobby.com](http://www.weekendhobby.com)  
[www: yojihardware.com](http://www.yojihardware.com)  
[www: peair2556.com](http://www.peair2556.com)  
[www: archawinbusiness.com](http://www.archawinbusiness.com)  
[www: kaidee.com](http://www.kaidee.com)  
[www: home.sanook.com](http://www.home.sanook.com)  
[www: l3nr.org/posts](http://www.l3nr.org/posts)  
[www: praguynakorn.com](http://www.praguynakorn.com)  
[www: praguynakorn.com](http://www.praguynakorn.com)  
[www: thaielectricity.com](http://www.thaielectricity.com)  
[www: pantip.com](http://www.pantip.com)  
[www: boonthavorn.com](http://www.boonthavorn.com)  
[www: konkao.net](http://www.konkao.net)  
[www: slideshare.net](http://www.slideshare.net)  
[www: coezinc.com](http://www.coezinc.com)  
[www: prt /2007.com](http://www.prt /2007.com)

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

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

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

[www: oknation.net](http://www.oknation.net)

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

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

[www: ec.in.th](http://www.ec.in.th)

[www: electricalcircuittheory.blogspot.com](http://www.electricalcircuittheory.blogspot.com)

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

[www: ledthai.net](http://www.ledthai.net)

[www: thai-reviews.com](http://www.thai-reviews.com)

[www: imarflex.co.th](http://www.imarflex.co.th)

[www: anj131.com](http://www.anj131.com)

[www: thanasarn.co.th](http://www.thanasarn.co.th)

[www: slideshare.net/woravith/metal-and-metalloids-12252404](http://www.slideshare.net/woravith/metal-and-metalloids-12252404)

[www: slideshare.net/woravith/metal-and-metalloids-12252404](http://www.slideshare.net/woravith/metal-and-metalloids-12252404)

[www: slideshare.net/woravith/metal-and-metalloids-12252404](http://www.slideshare.net/woravith/metal-and-metalloids-12252404)

[www: google.co.th](http://www.google.co.th)

[www: google.co.th/search?q](http://www.google.co.th/search?q)

[www: google.co.th/search?biw=1040&bih=619&tbm=isch&sa](http://www.google.co.th/search?biw=1040&bih=619&tbm=isch&sa)

[www: google.co.th/search?biw=1040&bih=619&tbm=isch&sa](http://www.google.co.th/search?biw=1040&bih=619&tbm=isch&sa)

[www: tonnanie.wordpress.com](http://www.tonnanie.wordpress.com)

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

[www: pantip.com/topic](http://www.pantip.com/topic)

[www: nutchar.wordpress.com](http://www.nutchar.wordpress.com)

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

[www: siamkaewkumsai.blogspot.com](http://www.siamkaewkumsai.blogspot.com)

[www: siamkaewkumsai.blogspot.com](http://www.siamkaewkumsai.blogspot.com)

[www: itemsell.net.com](http://www.itemsell.net.com)

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

[www: siamkaewkumsai.blogspot.com](http://www.siamkaewkumsai.blogspot.com)

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

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

[www: thai.alibaba.com](http://www.thai.alibaba.com)

[www: frontken-thai.blogspot.com](http://www.frontken-thai.blogspot.com)

[www: lazada.co.th](http://www.lazada.co.th)

[www: yellowpages.co.th](http://www.yellowpages.co.th)

[www: ecoplantservices.co.th](http://www.ecoplantservices.co.th)

[www: ecoplantservices.co.th](http://www.ecoplantservices.co.th)

[www: smartservicethailand.igetweb.com/product](http://www.smartservicethailand.igetweb.com/product)

[www: apecndt.com/en/component/content/category/9-uncategorised.html](http://www.apecndt.com/en/component/content/category/9-uncategorised.html)

[www: industry4u.com](http://www.industry4u.com)

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

[www: instron.co.th](http://www.instron.co.th)

[www: instron.co.th](http://www.instron.co.th)

[www: eng.sut.ac.th/me/2014/laboratory/TorsionTest.php](http://www.eng.sut.ac.th/me/2014/laboratory/TorsionTest.php)

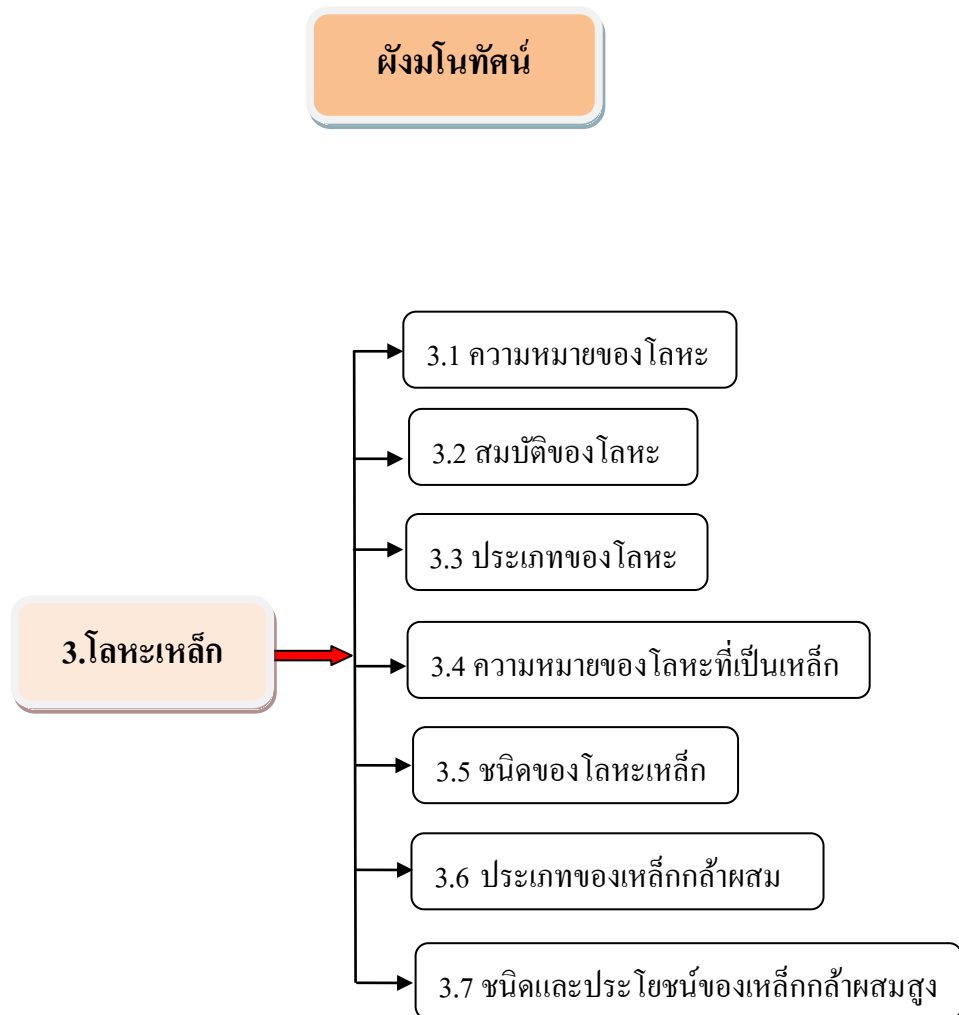
[www: instron.co.th](http://www.instron.co.th)





เอกสารประกอบการสอน  
วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002  
หน่วยที่ 3 โลหะเหล็ก





## หน่วยที่ 3

### โลหะเหล็ก

#### แนวคิด

โลหะที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมมากที่สุดในปัจจุบัน คือเหล็ก เนื่องจากเป็นวัสดุช่างที่มีสมบัติที่เหมาะสม แข็งแรงทนทาน เหล็กสามารถรับแรงกระทำจากภายนอกในรูปแบบต่างๆ ได้สูง ราคาค่อนข้างถูก เหล็กถูกพัฒนาให้มีสมบัติที่หลากหลาย สามารถเลือกใช้ได้เหมาะสมกับงานในลักษณะต่างๆตามที่ต้องการ

#### สาระการเรียนรู้

- 3.1 ความหมายของโลหะ
- 3.2 สมบัติของโลหะ
- 3.3 ประเภทของโลหะ
- 3.4 ความหมายของโลหะที่เป็นเหล็ก
- 3.5 ชนิดของโลหะเหล็ก
- 3.6 ประเภทของเหล็กกล้าผสม
- 3.7 ชนิดและประโยชน์ของเหล็กกล้าผสมสูง

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของโลหะได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายสมบัติของโลหะได้อย่างถูกต้อง
3. จำแนกประเภทของโลหะได้อย่างถูกต้อง
4. บอกความหมายของโลหะที่เป็นเหล็กได้อย่างถูกต้อง
5. บอกชนิดของโลหะเหล็กได้อย่างถูกต้อง
6. จำแนกประเภทของเหล็กกล้าผสมได้อย่างถูกต้อง
7. บอกชนิดและประโยชน์ของเหล็กกล้าผสมสูงได้อย่างถูกต้อง
8. มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

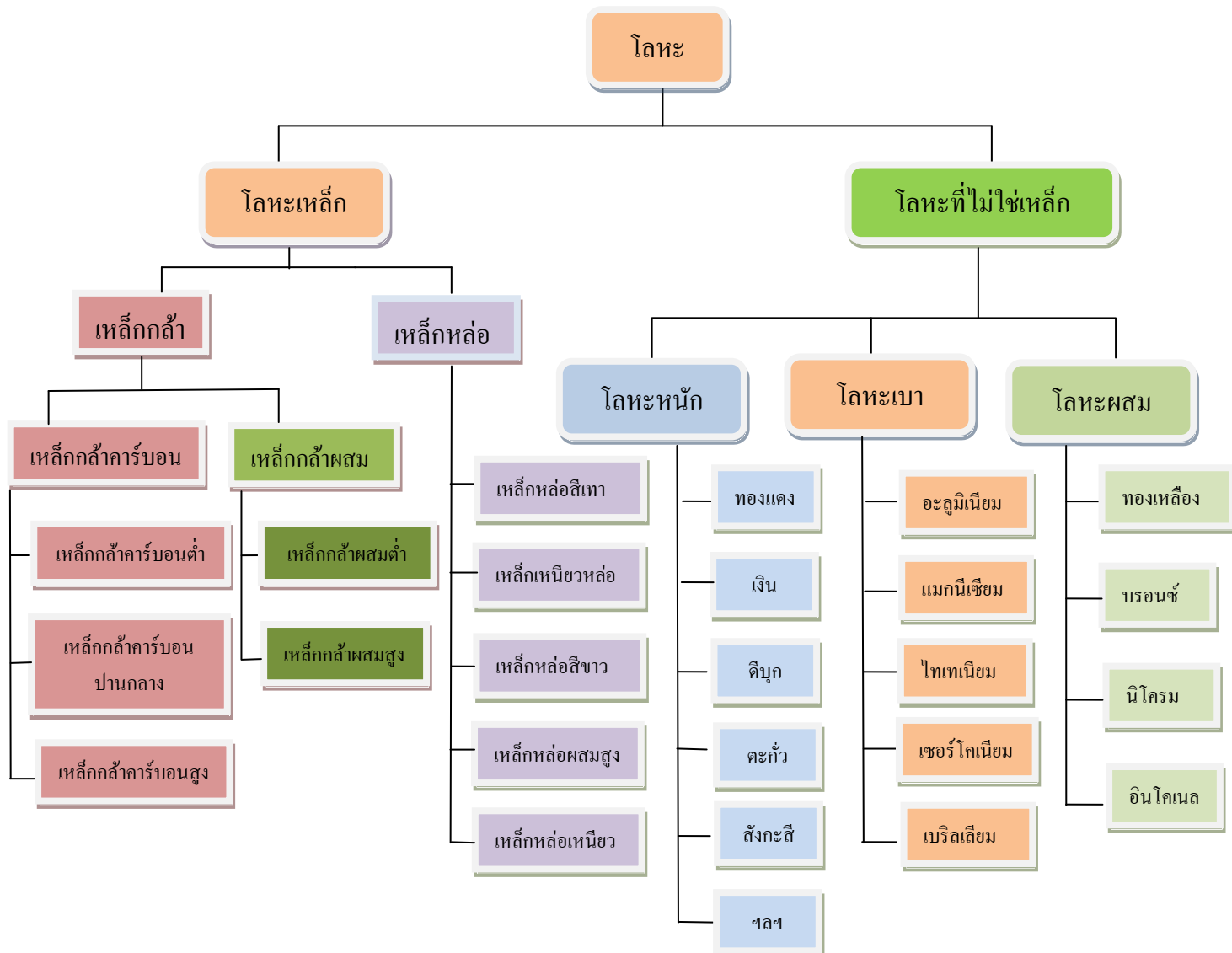


### 3.1 ความหมายของโลหะ

โลหะ (Metals) หมายถึง วัสดุที่ได้จากการถลุงสินแร่โลหะชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก ทองแดง ตะกั่ว ดีบุก อะลูมิเนียม และสังกะสี เป็นต้น มีการจัดเรียงตัวของอะตอมเป็นระเบียบ แต่เนื้อโลหะยังบริสุทธิ์ ต้องนำไปปรับปรุงสมบัติให้เหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้งาน

### 3.2 สมบัติของโลหะ มีดังนี้

1. เป็นตัวนำความร้อน และไฟฟ้าได้ดี
2. มีความแข็งแรง และมีความเหนียวสูงยกเว้นโลหะปรอท
3. มีความคงทนถาวร ไม่เสื่อมสลายหรือเปลี่ยนแปลงสถานะภาพได้ง่าย
4. เมื่อเคาะจะมีเสียงดังกังวาน และมีผิวมันแวววาว
5. มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ และมีการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูง



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงลักษณะประเภทโลหะ

ที่มา : นายสุเทพ นุชิต , 2558

### 3.3 ประเภทของโลหะ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. โลหะที่เป็นเหล็ก
2. โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก ( รายละเอียดกล่าวไว้ในหน่วยที่ 4.1)

### 3.4 ความหมายของโลหะที่เป็นเหล็ก ( Ferrous Metals )

โลหะที่เป็นเหล็ก หมายถึง โลหะที่มีธาตุเหล็กผสมอยู่เป็นธาตุหลัก ได้แก่ เหล็กเหนียว เหล็กหล่อ เหล็กกล้า ฯลฯ เป็นวัสดุโลหะที่ใช้กันมากที่สุดในวงการอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูง สามารถปรับปรุงคุณภาพและเปลี่ยนแปลงรูปทรงได้หลายวิธี เช่น การหล่อ การกลึง การอัดรีดขึ้นรูป

### 3.5 ชนิดของโลหะเหล็ก แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. เหล็กกล้า ( Steel ) เป็นเหล็กที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.1-1.5% โดยน้ำหนักซึ่งปริมาณธาตุคาร์บอนที่ผสมอยู่ทำให้เหล็กกล้ามีสมบัติที่แตกต่างกัน เหล็กกล้าถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างมาก นอกจากปริมาณของธาตุคาร์บอนแล้ว ยังมีการผสมธาตุต่าง ๆ ในเนื้อเหล็กกล้าอีกด้วย เช่น โครเมียม นิกเกิล ทังสเตน วาเนเดียม โมลิบดีนัม เพื่อเป็นการปรับปรุงสมบัติของเหล็กกล้าให้ดีขึ้น เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเฉพาะอย่าง เช่น ทนต่ออุณหภูมิได้สูง ทนต่อการเสียดสี ทนต่อการกัดกร่อน มีความแข็งแรงสูงขึ้น เหล็กกล้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 เหล็กกล้าคาร์บอน ( Carbon Steel ) เป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนเป็นหลัก อาจจะมีธาตุอื่นผสมอยู่ได้บ้างเล็กน้อย เช่น ซิลิกอน แมงกานีส กำมะถัน ฟอสฟอรัส เหล็กกล้าคาร์บอน แบ่งออกได้หลายชนิดตามปริมาณของธาตุคาร์บอนที่ผสมอยู่ในเนื้อเหล็ก จะทำให้มีสมบัติแตกต่างกัน นำไปใช้งานในลักษณะต่าง ๆ กัน แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

(1) เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ( Low Carbon Steel ) จัดได้ว่าเป็นเหล็กกล้าที่มีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมอยู่ในเนื้อเหล็กน้อยที่สุดคือ มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.30% หรือ เรียกว่า “เหล็กกล้าละมุน ” ( Mild Steel ) มีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมอยู่น้อย ทำให้มีความแข็งแรงต่ำไม่สามารถนำไปทำการชุบแข็งได้ เหมาะสำหรับนำไปใช้งานอุตสาหกรรม ได้แก่ โลหะแผ่นหนา โลหะแผ่นบาง ทำถังบรรจุของเหลว นำไปทำเป็นเหล็กเส้นใช้ในงานก่อสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 3.1



(ก) เหล็กเส้นก่อสร้าง

(ข) เหล็กฉาก

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

ที่มา : <http://www.nanasupplier.com/hmfactive> ,2558

(2) เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ( **Medium Carbon Steel** ) เป็นเหล็กกล้าที่มีปริมาณธาตุคาร์บอนเพิ่มขึ้นมากกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ คือมีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 0.3 % แต่ไม่เกิน 0.6 % ใช้ในงานที่ต้องการความแข็งแรงมากกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ นำไปใช้ผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลรถยนต์ อุปกรณ์การเกษตร เพลาส่งกำลัง เฟืองในเครื่องจักรกลต่าง ๆ สามารถนำไปชุบแข็งได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



(ก) เฟือง

(ข) เพลาส่งกำลัง

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง

ที่มา : <https://www.rsu.ac.th/engineer/ae/academic%20present> , 2558

(3) เหล็กกล้าคาร์บอนสูง ( **High Carbon Steel** ) เป็นเหล็กกล้าที่มีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมอยู่ในเนื้อสูงสุด คือมีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 0.6 % ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 1.5 % เป็นเหล็กกล้าที่มีความแข็งแรงสูง นำไปผลิตเครื่องมือคมตัดต่างๆ เช่น มีดกลึง ดอกสว่าน ดอกคว้านละเอียด ดอกทำเกลียว ใบเลื่อย ตะไบ ซึ่งเครื่องมือคมตัดต่างๆ เหล่านี้ จะนำไปผ่านกระบวนการขึ้นรูป ตามขนาด และรูปร่าง แล้วนำชิ้นงานไปปรับปรุงสมบัติด้วยความร้อน โดยการนำไปชุบแข็ง (Hardening) ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงสูงมาก แต่เมื่อได้รับแรงกระแทกจะเปราะหักได้ง่าย ดังแสดงในรูปที่ 3.3



(ก) ดอกสว่าน



(ข) มีดกลึง

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนสูง

ที่มา : <http://www.truck2hand.com/index, 2558>

**2.เหล็กกล้าผสม (Alloy Steel)** หมายถึง เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่แล้ว ยังมีธาตุหรือโลหะอื่น ๆ ผสม เช่น นิกเกิล โครเมียม โมลิบดีนัม วาเนเดียม ทั้งสแตนเลสที่ผสมเข้าไปนี้เพื่อปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับการใช้งานของเหล็กกล้า เช่น ความแข็งแรง ทนต่อความร้อนได้สูง ทนต่อการสึกหรอ ทนต่อการกัดกร่อน และ ทนต่อการเสียดสี เป็นต้น

#### สมบัติของเหล็กกล้าผสม

1. มีความแข็งแรงในการรับแรงดึง แรงอัด แรงบิด และแรงเฉือน ได้ดี
2. ทนความร้อนสูง
3. มีการยืดหยุ่นได้ดี
4. ชุบแข็งได้ดี
5. ทนต่อการกัดกร่อน
6. ทนต่อการเสียดสี และการสึกหรอ
7. ตีขึ้นรูปได้ดี
8. สมบัติทางแม่เหล็ก

### 3.6 ประเภทของเหล็กกล้าผสม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

**1.เหล็กกล้าผสมต่ำ (Low Alloy Steel)** เป็นเหล็กกล้าที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ 0.8 – 1.7 % และยังมีธาตุอื่นผสมอยู่อีกไม่เกิน 10% บางทีเรียกว่า เหล็กกล้าผสมชุบแข็ง เมื่อนำไปใช้งานโดยทั่วไป จะนิยมนำไปชุบแข็งด้วยอุณหภูมิประมาณ 700 – 830 องศาเซลเซียส แล้วชุบด้วยน้ำมันชุบแข็ง เหมาะสำหรับใช้ทำเครื่องมือที่ใช้งานความร้อนไม่เกิน 400 องศาเซลเซียส ได้แก่ ริมเมอร์คว้านรู แบบพิมพ์อัดขึ้นรูป เครื่องมือทำเกลียว เครื่องมือตีเหล็ก เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4



(ก) เครื่องมือทำเกลียว

(ข) รีมเมอร์คว้านรู

รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าผสมต่ำ

ที่มา : <http://www.bbntool.co.th/articles,2558>

2. เหล็กกล้าผสมสูง (High Alloy Steel) หมายถึง เหล็กกล้าที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่แล้วยังมีธาตุชนิดอื่นผสมอยู่มากกว่า 10% ขึ้นไป มีสมบัติคล้ายกับเหล็กกล้าคาร์บอนสูง แต่จะมีสมบัติพิเศษเฉพาะตัวสำหรับใช้งานเฉพาะอย่าง เช่น ทนต่อการเสียดสี ทนต่อการกัดกร่อน ไม่เป็นสนิม

### 3.7 ชนิดและประโยชน์ของเหล็กกล้าผสมสูง

เหล็กกล้าผสมสูงที่นิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม มีหลายชนิดและมีประโยชน์แตกต่างกัน แบ่งออกเป็นดังนี้

1.เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) มีชื่อเรียกทั่วไปว่าสแตนเลส เป็นเหล็กกล้าที่ผสมโครเมียมและนิกเกิลเป็นหลัก ลักษณะเด่นคือ มีผิวมันวาว สดใส ไม่เป็นสนิม ทนความร้อนและการกัดกร่อนได้ดี นำมาใช้ผลิตเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น ช้อนส้อม บรรทัดเหล็ก ท่อต่าง ๆ ในโรงงานเคมี โรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูป โรงงานกลั่นน้ำมัน โรงงานกระดาษ เครื่องมือวัด อุปกรณ์เครื่องครัว เป็นเหล็กกล้าที่เกี่ยวข้องกับของใช้ในชีวิตประจำวันมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.5



(ก) ช้อน

(ข) บรรทัด

รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าไร้สนิม

ที่มา : <http://www.board2.trekkingthai.com/board/print.php2558>

## 2. เหล็กกล้าทนการสึกหรอ (Wear Resisting Alloy Steel) หรือเหล็กกล้าแมงกานีส

มีส่วนผสมของแมงกานีส 10 – 14 % ซิลิกอน 0.5 – 1.0 % เป็นเหล็กกล้าที่มีความแข็ง เหนียว ทนต่อการเสียดสี ทนความร้อน ทนต่อการกระแทกก่อนใช้งานต้องชุบแข็งก่อน เหมาะสำหรับผลิตชิ้นงานสำเร็จโดยไม่ต้องเจาะ กลึง ตัด ใส เพราะทำได้ยาก ใช้ทำรางรถไฟ หัวตอกปั้นจั่น ตะแกรงเหล็ก เครื่องมือขุดแร่ เครื่องมือโม่หิน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.6



(ก) รางรถไฟ



(ข) หัวตอกปั้นจั่น

รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าทนการสึกหรอ

ที่มา : <http://www.mahacivil.com/index.php,2558>

## 3.เหล็กกล้ารอบสูง (High Speed Steel) เป็นเหล็กกล้าที่ผสมทั้งสแตน โครเมียม วาเนเดียม มี

คาร์บอนในเนื้อเหล็ก แข็งแรง ทนการเสียดสีที่รอบสูง และทนความร้อนได้ดี นิยมใช้ทำเครื่องมือตัดรอบสูง และเครื่องมือตัดคุณภาพสูง เช่น ดอกสว่าน มีดกัด มีดกลึง มีดไส ใบเลื่อยตัดเหล็ก อุปกรณ์ทำเกลียว เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.7



(ก) ดอกสว่าน



(ข) เฟือง

รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้ารอบสูง

ที่มา : <http://www.nachithailand.com, 2558>

4. เหล็กกล้าผสมความแข็งแรงสูง (High Strength Alloy Steel) เป็นเหล็กกล้าผสมสูงชนิดที่มีความแข็งแรงเพียงพอ สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องชุบแข็ง ส่วนผสมของเหล็กชนิดนี้จะไม่ป้องกันสนิม เวลานำไปใช้ต้องทาสีกันสนิม นิยมใช้ทำชิ้นส่วนของเครื่องจักร โดยลดขนาดให้เล็กลง ทำให้น้ำหนักเครื่องจักรลดลง ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้งานยังคงเดิม ใช้ทำป็นจัน อุปกรณ์การเกษตร ตัวถังรถยนต์ ล้อรถไฟ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.8



(ก) ปั้นจั่น



(ข) ตัวถังรถยนต์

รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าผสมความแข็งแรงสูง  
ที่มา : <http://www.getmovabletype.org>, 2558

5. เหล็กกล้าทนแรงดึงสูง (High Tensile Alloy Steel) เป็นเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของนิกเกิล 1.5 % โครเมียม 1.25% นิยมนำไปใช้งานที่ต้องทนแรงดึงและความแข็งแรงสูง เช่น ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เฟืองเกียร์ เพลาส่งกำลัง ตะขอตู้รถไฟ ตะขอรถพ่วง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.9



(ก) ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล



(ข) ตะขอรถพ่วง

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าทนแรงดึงสูง  
ที่มา : <http://www.ppssteel.thailandpages.com/product> , 2558

6.เหล็กกล้าหล่อผสม เป็นเหล็กกล้าที่นำมาหล่อผสมกับธาตุ โครเมียม ซิลิกอน แมงกานีส โมลิบดีนัม ทังสเทน เพื่อให้มีสมบัติ แข็งแรง เหนียว ชุบแข็งได้ นิยมนำไปใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าหล่อผสม  
ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php) , 2558

7.เหล็กกันลื่น เป็นเหล็กที่สามารถทนความร้อน และคงความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง ทนต่อการกัดกร่อนมีส่วนผสมของคาร์บอน ซิลิกอน โครเมียม นิกเกิล และทังสเทน นิยมนำไปใช้ทำลื่นไอดี ลื่นไอเสียในรถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้ารอบสูง  
ที่มา : <https://www.gear5000.wordpress.com> , 2558



**8.เหล็กสปริง** เป็นเหล็กที่มีความแข็ง เหนียว ยืดหยุ่น ได้ดี มีส่วนผสมของซิลิกอนและแมงกานีสเป็นหลัก และผสมธาตุอื่นเข้าไปเล็กน้อย เช่น โครเมียม นิกเกิล โมลิบดีนัม วาเนเดียม ก่อนใช้งานต้องชุบแข็งและนำไปอบเหนียวก่อน นิยมนำไปใช้ทำคอยล์สปริงรถยนต์ แหนบรถยนต์ และสปริงต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.12



(ก) ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

(ข) สปริง

รูปที่ 3.12 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กสปริง

ที่มา : [http://www.oss.co.th/index.php?option=com\\_content,2558](http://www.oss.co.th/index.php?option=com_content,2558)

**9.แม่เหล็กถาวร** เป็นเหล็กที่มีสมบัติเป็นแม่เหล็กถาวร สามารถดูด หรือ ผลักเหล็กได้ มีส่วนผสมของอะลูมิเนียม นิกเกิล โคบอลต์ โครเมียม ไทเทเนียม และคาร์บอนบางส่วนนิยมนำไปใช้ทำขั้วแม่เหล็กในมอเตอร์ขนาดเล็ก ลำโพงวิทยุ แม่เหล็กทดลองในห้องวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.13



(ก) ขั้วแม่เหล็กในมอเตอร์

(ข) ลำโพงวิทยุ

รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากแม่เหล็กถาวร

ที่มา : <http://www.hifi55.com,2558>

**10. เหล็กหล่อ (Cast Iron)** เป็นวัสดุช่างที่จัดอยู่ในพวกโลหะ มีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนผสมอยู่ตั้งแต่ 2 – 6 % จึงทำให้เหล็กหล่อมีความแข็ง มีสมบัติการไหลตัวสูงขณะหลอมเหลว มีการหดตัวต่ำเมื่อเย็นตัวลง การขึ้นรูปต้องนำไปหลอมแล้วเทลงแบบผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเหล็กหล่อมียู่มากมาย เช่น ทำฐานเครื่องจักร ตัวเครื่องจักร รางเครื่องกลึง เสื้อสูบเครื่องยนต์ พูลเลย์สายพาน ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เป็นต้น

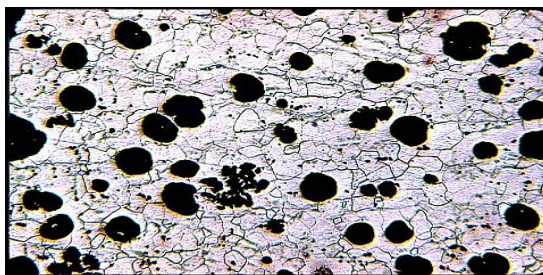
#### สมบัติของเหล็กหล่อ มีดังนี้

- 1.ผลิตจากเหล็กคิบสีเทา (มี Si สูง)
- 2.มีสารมลทินปนอยู่มาก
- 3.รับแรงดึง (Tensile) ไม่ดี
- 4.รับแรงอัด (Compressive) ได้ดี
- 5.จุดหลอมเหลวต่ำ
- 6.แม่เหล็กจะดูดผงเศษเหล็กได้น้อย
- 7.ไม่เป็นสปริงจะหักเปราะได้ง่าย
- 8.การรวมตัวของคาร์บอนอยู่ในรูปของกราไฟต์

#### ชนิดของเหล็กหล่อ

เหล็กหล่อที่ใช้ในปัจจุบันได้มีการผลิตให้มีสมบัติดีขึ้น และเหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน ผู้ที่จะนำเหล็กหล่อไปใช้งานต้องศึกษาสมบัติของเหล็กหล่อแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับลักษณะของงานที่นำมาใช้ ที่นิยมใช้กันทั่วไปมี 5 ชนิด คือ

**1.เหล็กหล่อสีเทา หรือ เหล็กหล่อธรรมดา รหัส GG** ถลุงจากเหล็กคิบสีเทาผสมเศษเหล็กเหนียว เศษเหล็กหล่อซิลิกอน ถ่าน ไม้ และหินปูน ผลิตด้วยเตาถลุงไฟฟ้า หรือเตาไฟฟ้า เหล็กหล่อที่ได้จะมีเม็ดละเอียดสม่ำเสมอเนื้อแน่น คาร์บอนในเนื้อเหล็กส่วนหนึ่งจะแยกตัวเป็นกราไฟต์คละอยู่กับเม็ดเกรนของเหล็กทำให้มองเห็นเป็นสีเทา ปาดผิวได้สะดวก ข้อเสีย คือเปราะแตกหักง่าย รับแรงดึงได้น้อย ดัดขึ้นรูปและชุบแข็งไม่ได้มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ 2- 4.5 % ซิลิกอน 1.8 – 2.5 % แมงกานีส 0.5 – 0.8 % ฟอสฟอรัส 0.03 % และกำมะถัน 0.03 % ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะเม็ดเกรนของเหล็กหล่อสีเทา

ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php , 2558](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php , 2558)

เหล็กหล่อสีเทา เหมาะสำหรับใช้ทำงานเบรก ฐานหรือ โครงของเครื่องจักร เพื่อง ล้อสายพาน ปากกาจับชิ้นงาน โต๊ะระดับ เลื่อยสุบรยนต์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.15



(ก) เลื่อยสุบรยนต์

(ข) ปากกาจับชิ้นงาน

รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อสีเทา

ที่มา : [http://www.arkarnsin.com/category\\_new\\_buy.php](http://www.arkarnsin.com/category_new_buy.php) , 2558

2. เหล็กหล่อแข็ง หรือ เหล็กหล่อสีขาว รหัส GH เหล็กหล่อชนิดนี้เมื่อนำออกจากเตา หลอมแล้วเทลงแบบ ทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว จะมีคาร์บอนผสมอยู่มาก ซึ่งจะอยู่ในรูปของ คาร์ไบด์ทำให้มี ความแข็ง ผู้ผลิตจะเติมธาตุ निकิล โครเมียม และ โมลิบดีนัม ลงไปด้วย เพื่อให้ เหล็กหล่อชนิดนี้มีความแข็งมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะเม็ดเกรนของเหล็กหล่อแข็ง

ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php) , 2558

นิยมนำไปใช้ทำ ฐานเครื่องจักร ใช้ทำแคร่สะพานเครื่องกลึง ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลการเกษตร อุปกรณ์ในงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.17



(ก) ฐานเครื่องจักร



(ข) แคร่สะพานเครื่องกลึง

รูปที่ 3.17 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อแข็ง

ที่มา : <http://www.jacobvicro.com.tw/tha/granite-machinery-table.htm>, 2558

**3.เหล็กหล่อเหนียวหรือเหล็กหล่อมัลลิเอเบิล (Malleable Cast Iron)** รหัสGT ผลิตขึ้นโดยนำเหล็กหล่อแข็งหรือเหล็กหล่อสีขาวมาทำกรรมวิธีอบอ่อน (Annealing) เพื่อเปลี่ยนคาร์บอนในรูปของสารประกอบหรือซีเมนไทต์ให้อยู่ในรูปของกราไฟต์ การอบใช้เวลา 40 – 100 ชั่วโมง จะมีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ 1-2% ซิลิกอน 0.60 – 1.10 % แมงกานีส 0.03 % และกำมะถัน 0.60 – 0.15 % แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

**3.1 เหล็กหล่อเหนียวสีขาว หรือ เหล็กหล่อมัลลิเอเบิล ไวท์ฮาร์ท (Malleable White Heart)** รหัส GTW ได้จากการถลุงเหล็กดิบสีขาว ผสมเศษเหล็กหล่อเหนียว คาร์บอน แมงกานีส ในเตาคิวโปลา เมื่อเทน้ำเหล็กลงในแบบแล้วปล่อยให้เย็นตัวจะได้เหล็กหล่อดิบ นำไปเผาให้ร้อนแดงในถลุงบรรจุสินแร่เหล็กออกไซด์ในเตาเทมเปอร์ด้วยอุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 2- 3 วัน คาร์บอนในเนื้อเหล็กจะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคาร์บอนภายในเนื้อเหล็กลดลงจาก 2-5% เหลือเพียง 1.8 % ทำให้มีความเหนียวเพิ่มขึ้น ความแข็งจะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงลักษณะเม็ดเกรนของเหล็กหล่อเหนียวสีขาว

ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php) , 2558

นิยมนำไปใช้ทำ ชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ เช่น ก้านสูบ ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลการเกษตร ใช้ทำหัวเผาแก๊ส ใช้ทำหัวเผาน้ำมัน ใช้ทำอุปกรณ์งานประปาต่างๆ เช่น ทำข้อต่อท่อน้ำ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.19



(ก) หัวเผาแก๊ส



(ข) ก้านสูบ

รูปที่ 3.19 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อเหนียวสีขาว

ที่มา : <http://www.somkidkorakarn.tarad.com/product-th , 2558>

### 3.2 เหล็กหล่อเหนียวสีดำ หรือ เหล็กหล่อมัลลิออบีล แบลคฮาร์ท ( Malleable Black Heart )

รหัส GTS ผลิตโดยการนำเหล็กหล่อสีขาวไปหมักทรายไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าไป และให้ความร้อน 950 องศาเซลเซียส ในการอบทิ้งไว้หลายวันจะทำให้คาร์บอนลดลง เม็ดเกรนจะมีสีดำ นิยมนำไปใช้ทำ ชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ เช่น ก้านสูบ ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลการเกษตร ใช้ทำหัวเผาแก๊ส ใช้ทำหัวเผาน้ำมัน ใช้ทำอุปกรณ์งานประปา เช่น ทำข้อต่อท่อน้ำ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.20



(ก) หัวเผาน้ำมัน

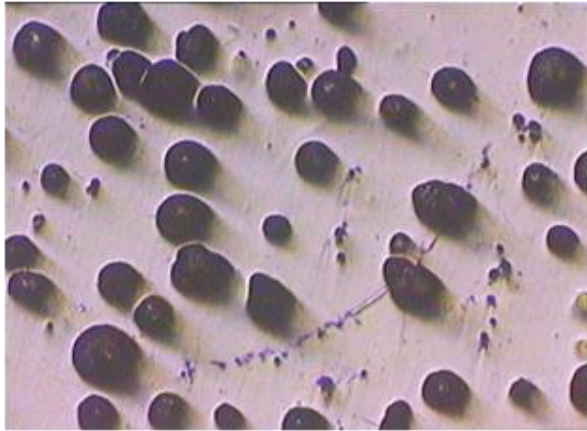


(ข) อุปกรณ์งานท่อประปา

รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อเหนียวสีดำ

ที่มา : <http://www.jarmjooree.com, 2558>

4.เหล็กหล่อพิเศษกราไฟต์ก้อนกลม ( Spherical Graphite Cast Iron ) เหล็กหล่อชนิดนี้จะ มีธาตุแมกนีเซียมผสมประมาณ 0.04 – 0.08 % และนิกเกิลผสมไม่เกิน 8 % ทำให้คาร์บอนอยู่ในรูปของ กราไฟต์จับตัวกันเป็นก้อนกลม มีสมบัติทนความเครียดได้ดี คัดงอได้ไม่มีรอยแตก สัมประสิทธิ์การยืด ตัวมากขึ้น มีความแข็ง ลื่น ทนต่อการกัดกร่อนและความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงลักษณะเม็ดเกรนของเหล็กหล่อพิเศษกราไฟต์ก้อนกลม

ที่มา : <https://www.industrialengineerblog.files.wordpress.com> , 2558

นิยมนำไปใช้ทำ ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เช่น เพลาข้อเหวี่ยง เครื่องมือการเกษตร ชิ้นส่วนเรือเดิน ทะเล โครงสร้างเครื่องจักรขนาดใหญ่ ท่อส่งน้ำ ใช้ทำท่อส่งแก๊ส เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.22



(ก) หัวเผาน้ำมัน



(ข) อุปกรณ์งานท่อประปา

รูปที่ 3.22 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อพิเศษกราไฟต์ก้อนกลม

ที่มา : <http://www.marinerthai.net/forum/index.php?topic> , 2558

5.เหล็กเหนียวหล่อ ( Cast Iron ) รหัส GS ได้จากการนำเหล็กหล่อเหนียวที่มีฟอสฟอรัส มากมาหลอมผสมกับเศษเหล็กเหนียว 1/3 เท่า ด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงจนหลอมเป็นน้ำเหล็ก แล้ว นำมาเทลงในแบบแล้วปล่อยให้เย็นแข็งตัว จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้มาอบคลายความเครียดเพื่อป้องกัน ชิ้นงานบิดงอที่อุณหภูมิประมาณ 800 – 900 องศาเซลเซียสทำให้เม็ดเกรนในเนื้อเหล็กแข็งตัว และ ปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อย่างรวดเร็ว ทำให้เม็ดเกรนเหล็กละเอียด ปล่อยให้เย็น

ตัวช้าๆ จนถึงอุณหภูมิปกติ จะมีการบวมอยู่ 0.25 – 0.6 % สมบัติหุบแข็งทั้งแท่งได้ ทนต่อการสึกหรอ มีผิวแข็ง มีความเค้นแรงดึงและมีความแข็งแรงมาก นิยมนำไปใช้ทำพานของรถไถนา หรือแผ่นขูดดินของรถไถนา ดังแสดงในรูปที่ 3.23



(ก) พานรถไถ



(ข) แผ่นขูดดินรถไถ

รูปที่ 3.23 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กเหนียวหล่อ  
ที่มา : <http://www.topicstock.pantip.com/jatujak/topicstock> , 2558

**6.เหล็กหล่อผสมสูง ( High Alloy Cast Iron )** ได้จากการนำเอาเหล็กเหนียวหล่อ เหล็กหล่อสีเทา หรือ เหล็กหล่อสีขาวมาผสมรวมกับธาตุอื่นมากกว่า 3 % เช่น โครเมียม นิกเกิล ซิลิกอน และแมงกานีส เพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

**1 เหล็กหล่อสีขาวผสมสูง ( White High Alloy Cast Iron )** เหล็กหล่อชนิดนี้จะผสมด้วย นิกเกิล และ โครเมียม เพื่อเพิ่มจุดตัดผิวและความแข็งให้สูงขึ้นต้านทานต่อการสึกหรอและรอยขีดข่วน นิยมนำไปใช้ทำเครื่องมือในงานเครื่องกล เช่น แบริ่ง และชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.24



(ก) แบริ่ง



(ข) ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

รูปที่ 3.24 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อสีขาวผสมสูง  
ที่มา : <http://www.somkidorkam.tarad.com> , 2558

2. เหล็กหล่อสีเทาผสมนิกเกิลสูง ( Gray Iron High Nickle ) และเหล็กหล่อสีเทาผสมดีบุก ( High Tin Alloy ) มีความต้านทานต่อการสนั้สะเทือนได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี นิยมนำไปใช้ทำเครื่องมือในงานเครื่องกล เช่น เกจวัดต่างๆ และกรอบแว่นตา เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.25



( ก ) เกจวัดต่างๆ

( ข ) กรอบแว่นตา

รูปที่ 3.25 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อสีเทาผสมนิกเกิลสูง

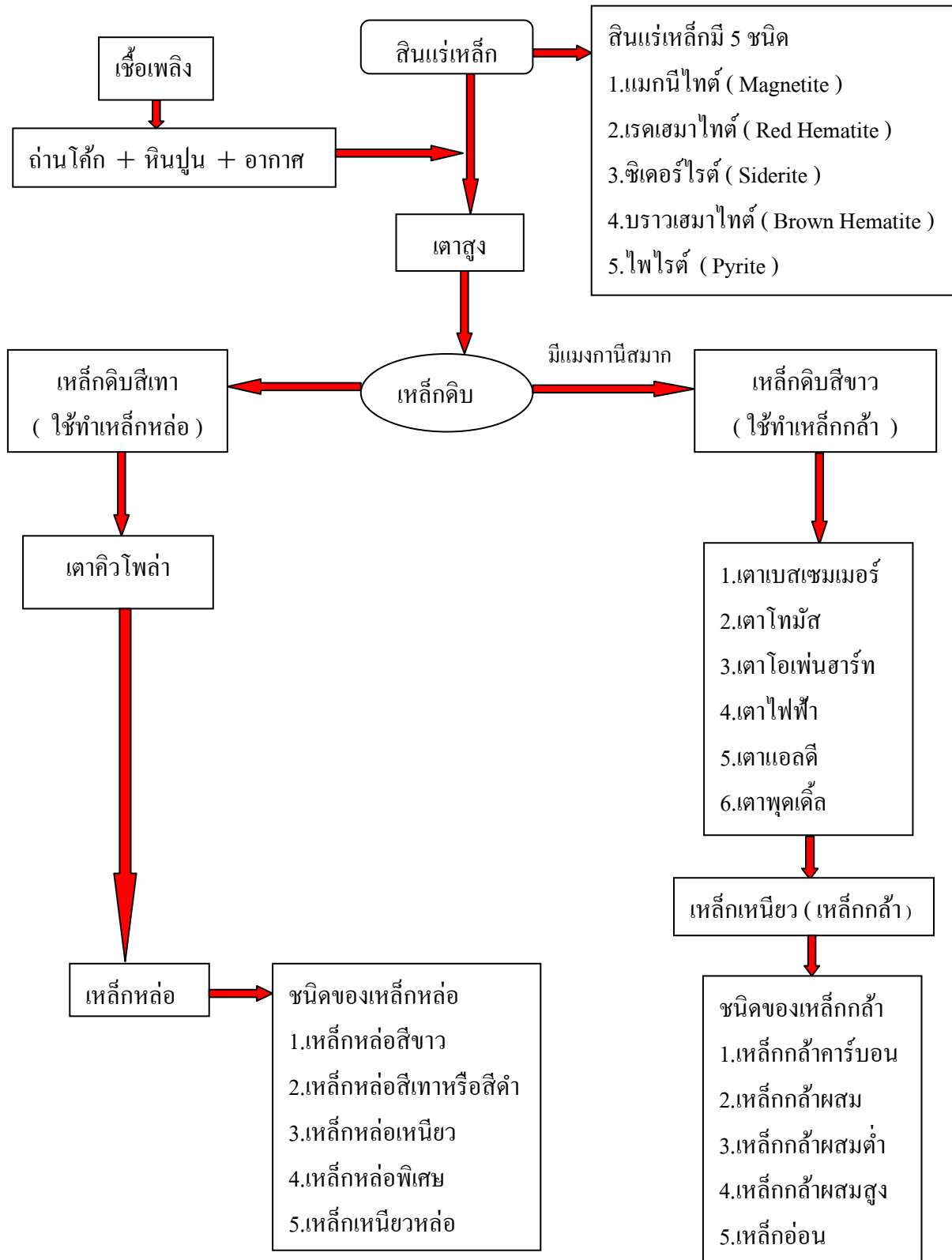
ที่มา : <http://www.m.pooyingnaka.com>, 2558

ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะตัวอย่างงานของเหล็กหล่อ

ลำดับ	ชนิดของเหล็กหล่อ	ตัวอย่างงาน
1	เหล็กหล่อขึ้นรูปทั่วไป	เสาคอลัมน์ เตาเหล็ก ท่อน้ำทิ้ง
2	เหล็กหล่อละเอียด	เสาโคมไฟ รูปปั้นต่าง ๆ เป็นเหล็กหล่อที่ต้องการความสวยงาม
3	เหล็กหล่อทำเครื่องจักรกลชนิดต่างๆ ไป	งานสร้างเครื่องจักร เครื่องมือกลทั่วไป
4	เหล็กหล่อทำเครื่องจักรกลชนิดดี	กระบอกสูบ แหวนลูกสูบ ลูกสูบ
5	เหล็กหล่อทำเครื่องจักรกลที่ต้องมีสมบัติแม่เหล็ก	เครื่องจักรไฟฟ้า
6	เหล็กหล่อแข็ง (GH)	ฟันเฟือง ลูกสูบไฮโดรลิก แผ่นภายในนอลมิลล์
7	เหล็กหล่อที่ทนกรดและทนด่าง	ล้อรถไฟ ลูกกลิ้งต่าง ๆ ในเครื่องพิมพ์
8	เหล็กหล่อทนไฟ	ปั้มน้ำกรด ภาชนะต้มผลิตสบู่
9	เหล็กหล่อพิเศษ	เตาไฟ หลอดไฟ ภาชนะหลอมโลหะ ทั้งดีเหล็ก เหล็กหล่อปล่อง เหล็กห้ามล้อรถไฟ



แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตเหล็กแบบต่างๆ



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงลักษณะขั้นตอนการผลิตเหล็กแบบต่างๆ

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

### เหล็กกล้าผสมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เหล็กกล้าผสมต่ำ (Low Alloy Steel)
2. เหล็กกล้าผสมสูง (High Alloy Steel) แบ่งออกเป็นดังนี้
  - 2.1 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)
  - 2.2 เหล็กกล้าทนการสึกหรอ (Wear Resisting Alloy Steel) หรือเหล็กกล้าแมงกานีส
  - 2.3 เหล็กกล้ารอบสูง (High Speed Steel)
  - 2.4 เหล็กกล้าผสมความแข็งแรงสูง (High Strength Alloy Steel)
  - 2.5 เหล็กกล้าทนแรงดึงสูง (High Tensile Alloy Steel)
  - 2.6 เหล็กกล้าหล่อผสม
  - 2.7 เหล็กก้านลิ้น
  - 2.8 เหล็กสปริง
  - 2.9 เหล็กแม่เหล็กถาวร
  - 2.10 เหล็กหล่อ

### ชนิดของเหล็กหล่อ แบ่งออกเป็นดังนี้

1. เหล็กหล่อสีเทา หรือ เหล็กหล่อธรรมดา รหัส GG
2. เหล็กหล่อแข็ง หรือ เหล็กหล่อสีขาว รหัส GH
3. เหล็กหล่อเหนียวหรือเหล็กหล่อมัลลิเอเบิล (Malleable Cast Iron) รหัส GT แบ่งออกเป็น

#### 2 ชนิด คือ

- 3.1 เหล็กหล่อเหนียวสีขาว หรือ เหล็กหล่อมัลลิเอเบิล ไวท์ฮาร์ท (Malleable White Heart) รหัส GTW
- 3.2 เหล็กหล่อเหนียวสีดำ หรือ เหล็กหล่อมัลลิเอเบิล แบลคฮาร์ท (Malleable Blacke Heart) รหัส GTS
4. เหล็กหล่อพิเศษกราฟไฟต์ก้อนกลม (Spherical Graphite Cast Iron)
5. เหล็กเหนียวหล่อ (Cast Iron) รหัส GS
6. เหล็กหล่อผสมสูง (High Alloy Cast Iron) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ
  - 6.1 เหล็กหล่อสีขาวผสมสูง (White High Alloy Cast Iron)
  - 6.2 เหล็กหล่อสีเทาผสมนิกเกิลสูง (Gray Iron High Nickle) และเหล็กหล่อสีเทาผสมดีบุก (High Tin Alloy)

## สรุปท้ายหน่วย

โลหะ (Metals) หมายถึง วัสดุที่ได้จากการถลุงสินแร่โลหะชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก ทองแดง ตะกั่ว ดีบุก อะลูมิเนียม และสังกะสี เป็นต้น มีการจัดเรียงตัวของอะตอมเป็นระเบียบ แต่เนื้อโลหะยังบริสุทธิ์ ต้องนำไปสมบัติให้เหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้งาน

### สมบัติของโลหะ มีดังนี้

- 1.เป็นตัวนำความร้อน และไฟฟ้าได้ดี
- 2.มีความแข็งแรง และมีความเหนียวสูงยกเว้น โลหะปรอท
- 3.มีความคงทนถาวร ไม่เสื่อมสลายหรือเปลี่ยนแปลงสถานะภาพได้ง่าย
- 4.เมื่อเคาะจะมีเสียงดังกังวาน
- 5.มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ และมีการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูง
- 6.ผิวมันแวววาว

### ประเภทของโลหะ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. โลหะที่เป็นเหล็ก 2. โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก

### โลหะที่เป็นเหล็ก ( Ferrous Metals ) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

#### 1. เหล็กกล้า ( Steel ) แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

##### 1.1 เหล็กกล้าคาร์บอน ( Carbon Steel ) แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

- 1.1.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ( Low Carbon Steel )
- 1.1.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ( Medium Carbon Steel )
- 1.1.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง ( High Carbon Steel )

#### 2. เหล็กกล้าผสม ( Alloy Steel )

##### สมบัติของเหล็กกล้าผสม

1. มีความแข็งแรงในการรับแรงดึง แรงอัด แรงบิด และแรงเฉือน ได้ดี
2. ทนความร้อนสูง
3. มีการยืดหยุ่นได้ดี
4. ชุบแข็งได้ดี
5. ทนต่อการกัดกร่อน
6. ทนการเสียดสี การสึกหรอ
7. ดีขึ้นรูปได้ดี

##### เหล็กกล้าผสม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เหล็กกล้าผสมต่ำ ( Low Alloy Steel )
2. เหล็กกล้าผสมสูง ( High Alloy Steel ) แบ่งออกเป็นดังนี้
  - 2.1 เหล็กกล้าไร้สนิม ( Stainless Steel )
  - 2.2 เหล็กกล้าทนการสึกหรอ ( Wear Resisting Alloy Steel ) หรือเหล็กกล้าแมงกานีส
  - 2.3 เหล็กกล้ารอบสูง ( High Speed Steel )
  - 2.4 เหล็กกล้าผสมความแข็งแรงสูง ( High Strength Alloy Steel )
  - 2.5 เหล็กกล้าทนแรงดึงสูง ( High Tensile Alloy Steel )

2.6 เหล็กกล้าหล่อผสม

2.7 เหล็กก้านลื่น

2.8 เหล็กสปริง

2.9 เหล็กแม่เหล็กถาวร

2.10 เหล็กหล่อ

**ชนิดของเหล็กหล่อ** แบ่งออกเป็นดังนี้

1.เหล็กหล่อสีเทา หรือ เหล็กหล่อธรรมดา รหัส GG

2.เหล็กหล่อแข็ง หรือ เหล็กหล่อสีขาว รหัส GH

3.เหล็กหล่อเหนียวหรือเหล็กหล่อมัลลิเอเบิล ( Malleable Cast Iron ) รหัสGT แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1 เหล็กหล่อเหนียวสีขาว หรือ เหล็กหล่อมัลลิเอเบิล ไวท์ฮาร์ท ( Malleable White Heart ) รหัส GTW

3.2 เหล็กหล่อเหนียวสีดำ หรือ เหล็กหล่อมัลลิเอเบิล แบลคฮาร์ท ( Malleable Blacke Heart ) รหัส GTS

4.เหล็กหล่อพิเศษกราฟไฟต์ก่อนกลม ( Sphericial Graphite Cast Iron )

5.เหล็กเหนียวหล่อ ( Cast Iron ) รหัส GS

6.เหล็กหล่อผสมสูง ( High Alloy Cast Iron แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

6.1 เหล็กหล่อสีขาวผสมสูง ( White High Alloy Cast Iron )

6.2 เหล็กหล่อสีเทาผสมนิกเกิลสูง ( Gray Iron High Nickle ) และเหล็กหล่อสีเทาผสมดีบุก ( High Tin Alloy )

**คำศัพท์ประจำหน่วย**

1.Metal หมายถึง โลหะ

2. Ferrous Metal หมายถึง โลหะที่เป็นเหล็ก

3.Non Ferrous Metal หมายถึง โลหะที่ไม่ใช่เป็นเหล็ก

4.Alloy Steel หมายถึง เหล็กกล้าผสม

5. Stainless Steel หมายถึง เหล็กกล้าไร้สนิม

6.Wear Resisting Alloy Steel หมายถึง เหล็กกล้าทนการสึกหรอ

7. High Speed Steel หมายถึง เหล็กกล้ารอบสูง

8. High Strength Alloy Steel หมายถึง เหล็กกล้าผสมความแข็งแรงสูง

9. High Tensile Alloy Steel หมายถึง เหล็กกล้าทนแรงดึงสูง

10. Cast Iron หมายถึง เหล็กหล่อ

### ใบงานหน่วยที่ 3

คำสั่ง 1. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ละ 3 – 5 คน โดยให้ทำการเขียนส่วนผสมของธาตุที่ผสมและชื่อของเหล็กกล้าในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 5 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อชิ้นงาน	ส่วนผสมของธาตุ (%)	ชื่อเหล็ก
ตัวอย่าง	โลหะแผ่นหนา แผ่นบาง	C ผสมไม่เกิน 0.30	เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ
1	ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล อุปกรณ์การเกษตร		
2	ดอกสว่าน ใบเลื่อย		
3	รีมเมอร์คว้านรู แบบพิมพ์อัดขึ้นรูป		
4	อุปกรณ์เครื่องครัว		
5	หัวรางรถไฟ หัวตอกปืนจั่น		

2. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนรหัสของเหล็กหล่อและประโยชน์การใช้งานของเหล็กหล่อแต่ละชนิดลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 5 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อชิ้นงาน	รหัส	ประโยชน์ใช้งาน
ตัวอย่าง	เหล็กหล่อสีเทา	GG	ล้อสายพาน ปากกาจับชิ้นงาน
1	เหล็กหล่อสีขาว		
2	เหล็กหล่อเหนียว		
3	เหล็กหล่อเหนียวสีขาว		
4	เหล็กหล่อเหนียวดำ		
5	เหล็กเหนียวหล่อ		

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 3

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของโลหะ
2. จงบอกสมบัติของโลหะมา 5 ข้อ
3. โลหะแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
4. เหล็กกล้าคาร์บอน แบ่งออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง
5. จงบอกความหมายของเหล็กกล้าผสม
6. จงบอกสมบัติของเหล็กกล้าผสมมา 5 ข้อ
7. เหล็กกล้าผสมแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
8. จงบอกสมบัติของเหล็กหล่อมา 5 ข้อ
9. เหล็กหล่อที่นิยมใช้กันทั่วไปมีกี่ชนิด อะไรบ้าง
10. เหล็กหล่อผสมสูงแบ่งออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

### เจลยโงงนหน่วยที่ 3

คำสั่ง 1.แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน โดยให้ทำการเขียนส่วนผสมของธาตุที่ผสมและชื่อของเหล็กกล้าในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 5 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อชิ้นงาน	ส่วนผสมของธาตุ ( % )	ชื่อเหล็ก
ตัวอย่าง	โลหะแผ่นหนา แผ่นบาง	C ผสมไม่เกิน 0.30 %	เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ
1	ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล อุปกรณ์การเกษตร	C ผสม 0.30 – 0.60 %	เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง
2	ดอกสว่าน ใบเลื่อย	C มากกว่า 0.6 % แต่ไม่เกิน 1.5 %	เหล็กกล้าคาร์บอนสูง
3	รีมเมอร์คว้านรู แบบพิมพ์อัดขึ้นรูป	C ผสม 0.8 – 1.7%	เหล็กกล้าผสมต่ำ
4	อุปกรณ์เครื่องจักร	C ผสมอยู่แล้วยังมีธาตุ ชนิดอื่นผสมอยู่มากกว่า 10 %	เหล็กกล้าไร้สนิม
5	หัวรางรถไฟ หัวดอกปืน จั่น	Mn ผสม 10 -14 Si ผสม 0.5 – 1.0 %	เหล็กกล้าทนการสึกหรอ

2.ให้นักเรียนกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนรหัสของเหล็กหล่อและประโยชน์การใช้งานของเหล็กหล่อแต่ละชนิดลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้

ลำดับที่	ชื่อชิ้นงาน	รหัส	ประโยชน์ใช้งาน
ตัวอย่าง	เหล็กหล่อสีเทา	GG	ล้อสายพาน ปากกาจับชิ้นงาน
1	เหล็กหล่อสีขาว	GH	ฐานเครื่องจักร แคร่สะพานเครื่องกลึง
2	เหล็กหล่อเหนียว	GT	ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลการเกษตร
3	เหล็กหล่อเหนียวสีขาว	GTW	ชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องยนต์ เช่น ก้านสูบ
4	เหล็กหล่อเหนียวดำ	GTS	ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลการเกษตร
5	เหล็กเหนียวหล่อ	GS	พาน แผ่นขูดดินของรถไถนา

หมายเหตุ คำตอบอาจจะอยู่ในดุลพินิจของครู

### ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 3

ชื่อ – ชื่อสกุล .....

แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้  
เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 3	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน)	ดีมาก ( 9 – 10 )	ดี ( 7 – 8 )	พอใช้ ( 5 – 6 )

#### เกณฑ์การประเมินผล

- 9 - 10 คะแนน หมายถึง ดีมาก
- 7 - 8 คะแนน หมายถึง ดี
- 5 - 6 คะแนน หมายถึง พอใช้
- ต่ำกว่า 4 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวน  
ใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 3 และทำใบงานใหม่



### เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 3

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของโลหะ

ตอบ วัสดุที่ได้จากการถลุงสินแร่โลหะชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก ทองแดง ตะกั่ว ดีบุก อะลูมิเนียม และสังกะสี เป็นต้น มีการจัดเรียงตัวของอะตอมเป็นระเบียบ แต่เนื้อโลหะยังบริสุทธิ์ ต้องนำไปสมบัติให้เหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้งาน

2. จงบอกสมบัติของโลหะมา 5 ข้อ

ตอบ 1. เป็นตัวนำความร้อน และไฟฟ้าได้ดี

2. มีความแข็งแรง และมีความเหนียวสูงยกเว้นโลหะปรอท

3. มีความคงทนถาวร ไม่เสื่อมสลายหรือเปลี่ยนแปลงสถานะภาพได้ง่าย

4. เมื่อเคาะจะมีเสียงดังกังวาน

5. มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ และมีการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูง

3. โลหะแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

ตอบ 2 ประเภท คือ 1. โลหะที่เป็นเหล็ก 2. โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก

4. เหล็กกล้าคาร์บอน แบ่งออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

ตอบ 3 ชนิด คือ 1. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 2. เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง 3. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง

5. จงบอกความหมายของเหล็กกล้าผสม

ตอบ เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่แล้ว ยังมีธาตุหรือโลหะอื่นๆ ผสม เช่น นิกเกิล โครเมียม โมลิบดีนัม วาเนเดียม ทั้งสแตน ธาตุที่ผสมเข้าไปนี้เพื่อปรับปรุงสมบัติต่างๆ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน ของเหล็กกล้า เช่น ความแข็งแรง ทนต่อความร้อนได้สูง ทนต่อการสึกหรอ ทนต่อการกัดกร่อน และทนต่อการเสียด

6. จงบอกสมบัติของเหล็กกล้าผสมมา 5 ข้อ

ตอบ 1. มีความแข็งแรงในการรับแรงดึง แรงอัด แรงบิด และแรงเฉือน ได้ดี 2. ทนความร้อนสูง

3. มีการยืดหยุ่นได้ดี 4. ชุบแข็งได้ดี 5. ทนต่อการกัดกร่อน

7. เหล็กกล้าผสมแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

ตอบ 2 ประเภท คือ 1. เหล็กกล้าผสมต่ำ 2. เหล็กกล้าผสมสูง

8. จงบอกสมบัติของเหล็กหล่อมา 5 ข้อ

ตอบ 1.ผลิตจากเหล็กดิบสีเทา (มี Si สูง) 2.มีสารมลทินปนอยู่มาก 3.รับแรงดึง (Tensile) ไม่ดี  
4.รับแรงอัด (Compressive) ได้ดี 5.จุดหลอมเหลวต่ำ

9. เหล็กหล่อที่นิยมใช้กันทั่วไปมีกี่ชนิด อะไรบ้าง

ตอบ 5 ชนิด คือ 1.เหล็กหล่อสีเทา 2.เหล็กหล่อสีขาว 3.เหล็กหล่อเหนียว 4.เหล็กหล่อกราไฟต์ก่อนกลม  
5.เหล็กเหนียวหล่อ

10. เหล็กหล่อผสมสูงแบ่งออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

ตอบ 2 ชนิด คือ 1.เหล็กหล่อสีขาวผสมสูง เหล็กหล่อชนิดนี้จะผสมด้วยนิกเกิล และ โครเมียม  
เพื่อเพิ่มจุดล้าตัวและความแข็งให้สูงขึ้น ด้านทานต่อการสึกหรอและรอยขีดข่วน

2. เหล็กหล่อสีเทาผสมนิกเกิลสูง และเหล็กหล่อสีเทาผสมดีบุก จะมีความต้านทานต่อการ  
ล้นสะเก็ดได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี นิยมนำไปใช้ทำเครื่องมือในงานเครื่องกล เช่น เกจวัดต่างๆ  
และกรอบแวนดา





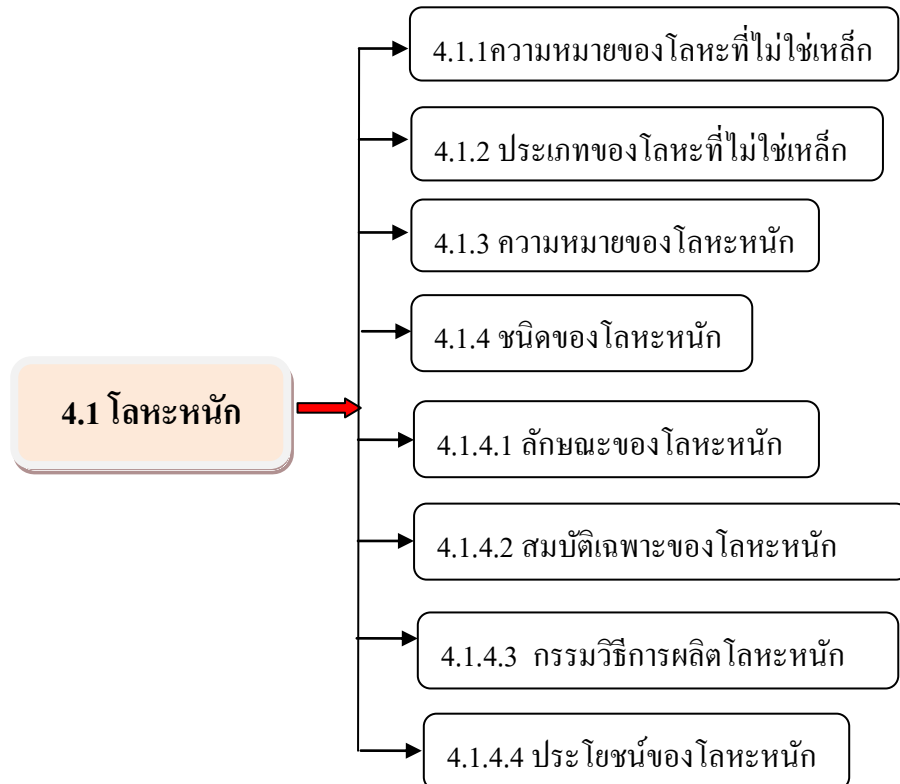
## เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

หน่วยที่ 4.1 โลหะหนัก



## หน่วยที่ 4 โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก



## หน่วยที่ 4.1

### โลหะหนัก

#### แนวคิด

ในระบบงานอุตสาหกรรม นอกจากใช้โลหะเหล็กเป็นวัสดุหลักแล้ว ยังมีการใช้งานของโลหะอื่นๆที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม ตะกั่ว ดีบุก เงิน ทังสแตน และสังกะสี เป็นต้น โดยจะคำนึงถึงความเหมาะสมด้านความแข็งแรง การทนความร้อน ทนต่อการเสียดสี ทนต่อการกัดกร่อน การนำไฟฟ้า การขึ้นรูป สมบัติทางกล สมบัติทางเคมี ในหน่วยการเรียนนี้จะกล่าวถึงโลหะที่ไม่ใช่เหล็กที่นิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมเท่านั้น

#### สาระการเรียนรู้

- 4.1.1 ความหมายของโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก
- 4.1.2 ประเภทของโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก
- 4.1.3 ความหมายของโลหะหนัก
- 4.1.4 ชนิดของโลหะหนัก
  - 4.1.4.1 ลักษณะของโลหะหนัก
  - 4.1.4.2 สมบัติของโลหะหนัก
  - 4.1.4.3 กรรมวิธีการผลิตโลหะหนัก
  - 4.1.4.4 ประโยชน์ของโลหะหนัก

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของโลหะที่ไม่ใช่เหล็กได้อย่างถูกต้อง
2. จำแนกประเภทของโลหะที่ไม่ใช่เหล็กได้อย่างถูกต้อง
3. บอกความหมายของโลหะหนักได้อย่างถูกต้อง
4. จำแนกชนิดของโลหะหนักได้อย่างถูกต้อง
5. อธิบายลักษณะของโลหะหนักได้อย่างถูกต้อง
6. อธิบายสมบัติของโลหะหนักได้อย่างถูกต้อง
7. อธิบายกรรมวิธีการผลิตโลหะหนักได้อย่างถูกต้อง
8. บอกประโยชน์ของโลหะหนักได้อย่างถูกต้อง
9. มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### 4.1.1 ความหมายของโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก

โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก ( Non Ferrous Metals ) หมายถึง โลหะที่ไม่มีส่วนผสมของเหล็กผสมอยู่ ปัจจุบันนับได้ว่ามีความสำคัญมากต่อระบบการผลิตมากขึ้นตามลำดับ

### 4.1.2 ประเภทของโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก

โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ โลหะหนัก โลหะเบา และโลหะผสม ( โลหะผสม รายละเอียดกล่าวในหน่วยที่ 5 )

### 4.1.3 ความหมายของโลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นมากกว่า 4 กิโลกรัมต่อตารางเดซิเมตร ( กก./ $\text{cm}^3$  ) มีความสำคัญในระบบอุตสาหกรรมปัจจุบัน

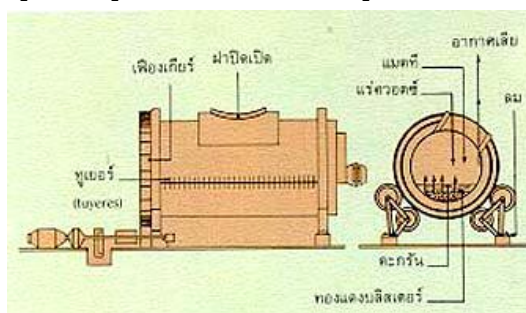
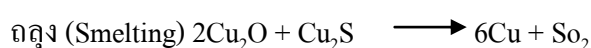
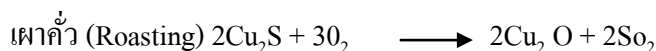
### 4.1.4 ชนิดของโลหะหนัก มีดังนี้

#### 1. ทองแดง ( Copper ) สัญลักษณ์ทางเคมี : Cu

**ลักษณะทั่วไป :** เป็นโลหะสีแดงบรอนซ์ อ่อน เหนียว ผิวเป็นมัน มีความลื่น สนิมมีลักษณะสีเขียว

**กรรมวิธีการผลิต:** ทำการถลุงสินแร่ผ่านกระบวนการกำจัดแก๊สออกซิเจน ( Reduction ) ผ่านกระบวนการไล่สารมลทิน ได้ทองแดง 99 % ผ่านเตาแก๊สเฟอร์เนส จะได้ทองแดง 99.8 % ผ่านกรรมวิธีทางไฟฟ้าได้ทองแดง 99.8 % แร่ที่นำมาถลุงเอาทองแดง คือ แร่ทองแดงไพไรต์ แร่ทองแดงออกไซด์ แร่ทองแดงซัลไฟด์ แร่ทองแดงดำ และแร่ทองแดงคาร์บอนเนต กรรมวิธีถลุงนั้นมี 2 วิธี คือ

(1) กรรมวิธีแห้ง (Dry Process) นำแร่ทองแดงซัลไฟด์ ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) มาเผาแล้ว กำมะถันที่ปนอยู่ในแร่จะทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนกลายเป็นแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) แร่ทองแดงซัลไฟด์มีแก๊สออกซิเจนเข้าแทนที่กำมะถันกลายเป็นทองแดงออกไซด์ นำทองแดงออกไซด์ไปถลุงกับแร่ทองแดงซัลไฟด์ อีกครั้งหนึ่ง กำมะถันที่อยู่ในแร่ทองแดงซัลไฟด์จะรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนที่ปนอยู่ในแร่ทองแดงออกไซด์ กลายเป็นแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ระเหยออกไป ได้น้ำทองแดงมา ดังสมการ



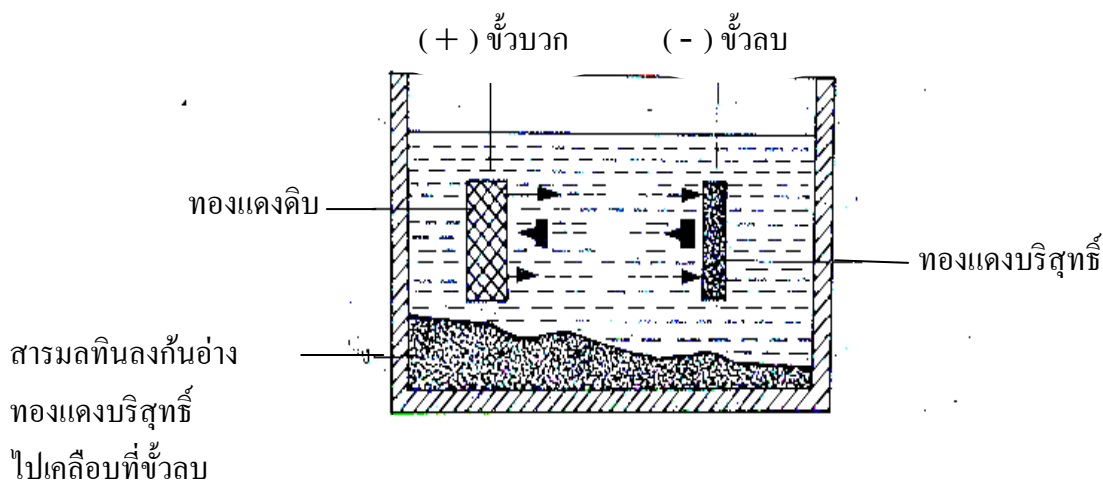
รูปที่ 4.1.1 แสดงลักษณะเตาถลุงแร่ทองแดง

ที่มา : <http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php>, 2558

(2) **กรรมวิธีเปียก ( Fluid Process )** นำแร่ทองแดงซัลไฟด์ละลายกับกรดกำมะถันหรือกรดเกลือ กรดเกลือจะกัดเนื้อทองแดงออกจากแร่ผสมอยู่ในกรดเกลือ นำสารละลายนี้ไปแยกทองแดงด้วยกระแสไฟฟ้า ทองแดงจะเคลือบอยู่ที่แผ่นอิเล็กโทรดขั้วลบ ทองแดงที่ได้มาจากกรรมวิธีแห้งและวิธีเปียกนี้ นำไปใช้งานยังไม่ได้เพราะมีสารมลทินปนอยู่ต้องนำไปแยกสารมลทินออกโดยวิธีทำให้ทองแดงบริสุทธิ์

#### กรรมวิธีการทำทองแดงดิบให้เป็นทองแดงบริสุทธิ์

นำแผ่นทองแดงดิบเป็นอิเล็กโทรดทำหน้าที่เป็นขั้วบวก แผ่นทองแดงบริสุทธิ์เป็นขั้วลบจุ่มอยู่ในสารละลายที่มีกรดกำมะถันกับทองแดงละลายอยู่ เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไป เกิดปฏิกิริยาทองแดงบริสุทธิ์ไปเคลือบที่ขั้วลบ สารมลทินปนอยู่ในสารละลายทองแดงที่ได้ี้มีความบริสุทธิ์ 99.99% เรียกว่า อิเล็กโทรไลต์ดีคอปเปอร์ เป็นทองแดงที่นำไฟฟ้าได้ดีที่สุด ใช้ทำวงจรมพิมพ์ในเครื่องรับวิทยุ ดังแสดงในรูปที่ 4.1.2



รูปที่ 4.1.2 แสดงลักษณะกรรมวิธีทำทองแดงดิบให้เป็นทองแดงบริสุทธิ์

ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php) , 2558

**ลักษณะเฉพาะ :** ความหนาแน่น 8.9 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 1,083 องศาเซลเซียส

**ค่าความเค้นแรงดึง :** 20 – 36 กก./ $\text{mm}^2$  ถ้าเป็นเส้นลวดความเค้นแรงดึงสูงถึง 60 กก./ $\text{cm}^3$  อัตราการยืดตัว 35 – 50 % ดัชนีการนำไฟฟ้า 56 ซีเมนต์



**สมบัติของทองแดง**

- 1.อ่อนเหนียว
- 2.ดึงและรีดได้
- 3.นำไฟฟ้าได้ดี
- 4.เชื่อมติดยาก แต่บัดกรีได้
- 5.นำความร้อนได้ดี
- 6.ทนต่อการสึกหรอ
- 7.ทนต่อการกัดกร่อน
- 8.ใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรดไม่ได้
- 9.ทองแดงรีดได้บางที่สุด 0.01 มม. ดึงได้เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.02 มม.

**ประโยชน์ใช้งาน**

- 1.ใช้ทำสายไฟฟ้า
- 2.ชิ้นส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้า
- 3.ทำโลหะหุ้มแรงบัดกรี
- 4.ชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์
- 5.ปลอกกระสุน
- 6.เหรียญกษาปณ์
- 7.ชิ้นส่วนอุปกรณ์ทำความเย็น
- 8.ใช้ผสมกับสังกะสีได้เป็นทองเหลือง



(ก) ปลอกกระสุน



(ข) เหรียญกษาปณ์

รูปที่ 4.1.3 แสดงลักษณะประโยชน์ของทองแดง

ที่มา : <http://2013.gun.in.th>, 2558

## 2. สังกะสี (Zinc) สัญลักษณ์ทางเคมี : Zn

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะอ่อนสีขาวปนน้ำเงิน สีแวววาว

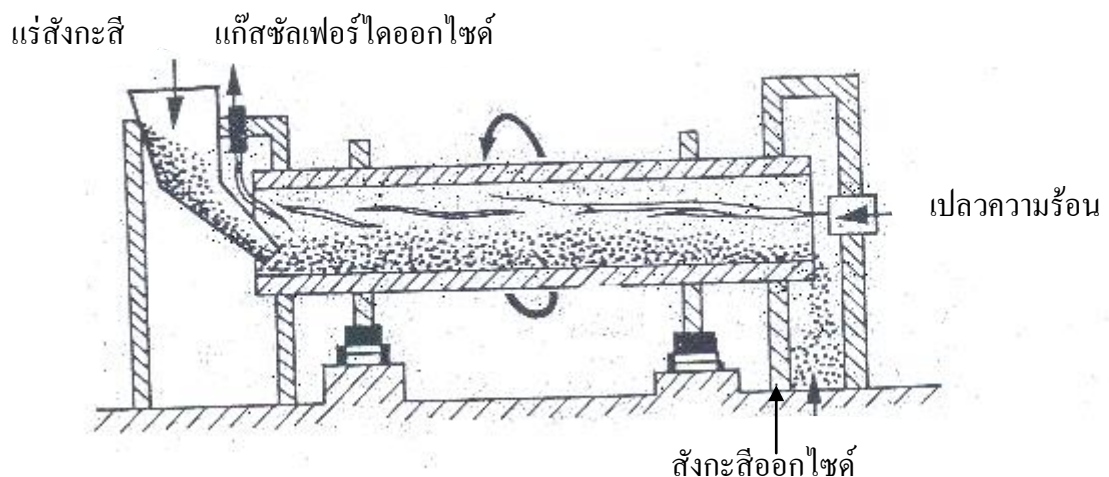
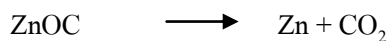
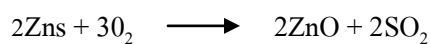
กรรมวิธีการผลิต : นำสินแร่สังกะสีออกไซด์มาละลายในกรดกำมะถัน จนได้สารละลาย  $ZnSO_4$  แล้วนำไปแยกด้วยไฟฟ้า

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 7.1 กก./ $cm^3$  จุดหลอมเหลว 419 องศาเซลเซียส

ค่าความเค้นแรงดึง : 14 กก./ $mm^2$  อัตราการยืดตัว 1 % ที่ 20 องศาเซลเซียส และ 25 % ที่ 90 – 160 องศาเซลเซียส ดัชนีการนำไฟฟ้า 15.9 ซีเมนต์

### กรรมวิธีการถลุงสังกะสี

แร่ที่นำมาถลุงสังกะสี คือ แร่สังกะสีซัลไฟด์ ทางโลหะวิทยาเรียกว่า สปาร์เลอร์ไรต์นำมาเผาที่กำมะถันที่ปนอยู่ในแร่รวมตัวกับแก๊สออกซิเจนในอากาศกลายเป็นแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระเหยออกไป แก๊สออกซิเจนจะเข้าแทนที่กำมะถัน แร่สังกะสีซัลไฟด์จะกลายเป็นสังกะสีออกไซด์ ( $ZnO$ ) นำแร่สังกะสีออกไซด์ไปถลุง โดยมีถ่านคาร์บอนเป็นเชื้อเพลิงคาร์บอน (C) ที่อยู่ในถ่านรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนที่อยู่ในแร่กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระเหยออกไป ก็จะได้สังกะสีออกมา ดังสมการ



รูปที่ 4.1.4 แสดงลักษณะเตาถลุงแร่สังกะสี

ที่มา : นริศ ศรีเมฆ , 2558

**สมบัติของทองแดง**

- 1.รีดเป็นแผ่นบางๆได้ดี
- 2.ทนการกัดกร่อนจากสนิมได้ดี
- 3.ถ้าเผาให้ร้อนที่อุณหภูมิ 90 – 160 องศาเซลเซียส จะอ่อนตัวรีดเป็นแผ่นบางๆได้
- 4.เคลือบติดกับโลหะอื่นได้ดี
- 5.ไม่ทนกรด กรด และด่าง

**ประโยชน์ใช้งาน**

- 1.ใช้อาบแผ่นเหล็ก เช่น สังกะสีมุงหลังคา ลวดหนาม ท่อประปา และ กระจับปี่
- 2.ชิ้นงานหล่อใช้ทำคาร์บูเรเตอร์รถยนต์ โครมปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง
- 3.ใช้เป็นขั้วลวดในแบตเตอรี่รถยนต์
- 4.ทำสี
- 5.เคลือบเหล็กแผ่น
6. ลวดหนาม



(ก) ลวดหนาม



(ข) เหล็กอาบสังกะสี

รูปที่ 4.1.5 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากสังกะสี

ที่มา : <http://www.anasteel.com> , 2558

### 3. ดีบุก (Tin) สัญลักษณ์ทางเคมี : Sn

ลักษณะทั่วไป : มีสีขาวบรอนซ์เงิน แฉวาว สวยงาม



รูปที่ 4.1.6 แสดงลักษณะของดีบุก

ที่มา : [http://chemistconfused.blogspot.com/p/blog-page\\_8475.html](http://chemistconfused.blogspot.com/p/blog-page_8475.html), 2558

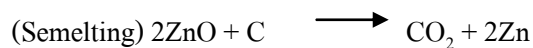
**กรรมวิธีการผลิต :** ถลุงสินแร่ดีบุกในเตาสูง และทำให้บริสุทธิ์ด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าหรือเคมี

**ลักษณะเฉพาะ :** ความหนาแน่น 7.3 กก.ดม<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 232 องศาเซลเซียส

**ค่าความเค้นแรงดึง :** 400 – 500 นิวตัน /มม.<sup>2</sup> ดัชนีการนำไฟฟ้า 8.33 ซีเมนต์

### กรรมวิธีถลุงดีบุก

แร่ที่นำมาถลุง คือ แร่ดีบุกออกไซด์ ทางโลหะวิทยาเรียกว่า เกล็ดซีเทอไรต์ นำแร่ดีบุกออกไซด์ มาถลุงโดยใช้คาร์บอน คาร์บอนจะดึงเอาแก๊สออกซิเจนที่อยู่ในแร่มารวมเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ระบายออกไป จะได้เนื้อดีบุก ดังสมการ



### สมบัติของทองแดง

1. อ่อน ริดเป็นแผ่นบางๆ ได้ดี
2. เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี
3. ทนต่อการกัดกร่อน
4. ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดในอาหาร
5. จุดหลอมเหลวต่ำ
6. หล่อขึ้นรูปได้ดี
7. เกาะติดกับผิวงานซึ่งเป็นโลหะอื่นได้ดี

### ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ฉาบแผ่นเหล็ก (เหล็กกล้า)
2. ใช้ทำโลหะบัดกรี
3. ผลิตภัณฑ์ป้องกันอาหาร
4. เคลือบผิวภาชนะบรรจุอาหาร
5. ภาชนะบรรจุอาหาร
6. ใช้ทำแผ่นฟอยล์
7. แบบหล่อตัวพิมพ์
8. ใช้ทำเครื่องประดับ
9. หลอดบรรจุยาสีฟัน



(ก) กระป๋องบรรจุอาหาร



(ข) หลอดบรรจุยาสีฟัน

รูปที่ 4.1.7 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากดีบุก

ที่มา : <http://thai.alibaba.com/product-detail/toothpaste-tube-material-1004299497.html> , 2558

#### 4. ตะกั่ว (Lead) มีสัญลักษณ์ทางเคมี : Pb

ลักษณะทั่วไป : อ่อน นิ่ม เหนียว ลื่น ทนการกัดกร่อนได้



รูปที่ 4.1.8 แสดงลักษณะของตะกั่ว

ที่มา : <http://www.jacobvicro.com> , 2558

กรรมวิธีการผลิต : นำสินแร่ตะกั่วออกไซด์มาถลุงในเตาสูง และนำมาแยกด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้า

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 11.2 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส

ค่าความเค้นแรงดึง : 14.7 – 19.60 นิวตัน / $\text{mm}^2$  อัตราการยืดตัว 40 %

#### กรรมวิธีการถลุงตะกั่ว

แร่ที่นำมาถลุง คือ แร่ตะกั่วซัลไฟด์ ทางโลหะวิทยาเรียกว่า กาลินา (Calena) หรือกาลิไนต์ (Calinte) นำแร่ตะกั่วซัลไฟด์เผาแล้ว ออกซิเจนในอากาศจะดึงเอากำมะถันที่อยู่ในแร่รวมตัวเป็นแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระเหยออกไป แร่ตะกั่วก็จะกลายเป็นตะกั่วออกไซด์นำไปถลุงต่อ คาร์บอนที่อยู่ในถ่านคิงเอาแก๊สออกซิเจนในแร่รวมตัวกลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระเหยออกไปที่เหลือจะเป็นเนื้อตะกั่ว

### สมบัติของตะกั่ว

1. มีความเหนียว
2. ทนกรด
3. นิ่ม อ่อน
4. สารประกอบเป็นพิษต่อร่างกาย
5. เป็นตัวหล่อลื่นที่ดี
6. ทนการกัดกร่อนได้ดี

### ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ผสมหมึกพิมพ์สี
2. ทำโลหะผสม
3. ใช้ทำเลนส์
4. ใช้ทำแผ่นฟอยล์
5. ใช้ในงานอุตสาหกรรมทำสี เช่น สีขาว สีเงิน
6. ทำแผ่นตะกั่วในหม้อแบตเตอรี่ (ขั้วบวก)
7. ทำโลหะหุ้มสายเคเบิล โลหะแบริง
8. ทำฉากป้องกันกัมมันตภาพรังสีต่าง ๆ
9. ใช้บุตามผนังห้อง พื้นห้อง เพื่อเก็บเสียงและลดความสั่นสะเทือน
10. หัวกระสุนปืน
11. ทำโลหะฟิวส์



(ก) หัวกระสุนปืน



(ข) ฟิวส์

รูปที่ 4.1.9 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากตะกั่ว

ที่มา : <http://www.telepart.net> , 2558

5. นิกเกิล (Nickel) สัญลักษณ์ทางเคมี : Ni

ลักษณะทั่วไป : มีสีขาวคล้ายเงิน ผิวขจัดมันได้สวยงาม

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 8.5 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 1,450 องศาเซลเซียส

ค่าความเค้นแรงดึง : อบเหนียว 40 – 50 นิวตัน / $\text{mm}^2$  ดัชนีการนำไฟฟ้า 11.1 ซีเมนต์

#### สมบัติของนิกเกิล

- 1.เหนียว แข็ง ทนความร้อน
- 2.ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมี
- 3.ทนต่อการกัดกร่อน
- 4.ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมี

#### ประโยชน์ใช้งาน

- 1.ทำวาล์วที่อยู่ในอ่าง
- 2.เป็นโลหะผสม
- 3.ใช้ทำเครื่องมือแพทย์
- 4.ทำเครื่องมือเกี่ยวกับสารเคมี
- 5.ผสมกับเหล็กเป็นเหล็กไร้สนิม
- 6.ใช้ในงานชุบเคลือบผิวป้องกันสนิม
- 7.ชุบผิวทองเหลือง



(ก) วาล์วในอ่างล้างหน้า



(ข) ชุบเคลือบผิวประแจเลื่อน

รูปที่ 4.1.10 แสดงลักษณะวัสดุที่ชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิล

ที่มา : <http://www.boonthavorn.com/bathroom/product-detail.php, 2558>

## 6. โครเมียม (Chromium) สัญลักษณ์ทางเคมี : Cr

ลักษณะทั่วไป : มีสีเทาเงิน เป็นมันวาว

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 6.8 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 1,900 องศาเซลเซียส ดัชนีการนำไฟฟ้า 36 ซีเมนต์

### สมบัติของโครเมียม

- 1.เปราะ
- 2.เป็นมันวาวเหมือนเงิน
- 3.ทนต่อการกัดกร่อน
- 4.แข็ง
- 5.ทนต่อการสึกหรอ

### ประโยชน์ใช้งาน

- 1.ใช้ชุบเคลือบผิวป้องกันสนิม
- 2.ใช้ในงานอุตสาหกรรมฟอกหนัง
- 3.ทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- 4.ทำกระบอกสูบ
- 5.เครื่องมือทางการแพทย์
- 6.ทำเหล็กไร้สนิม



(ก) ฝาครอบฝาท้ายรถยนต์



(ข) เครื่องมือแพทย์

รูปที่ 4.1.11 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโครเมียม

ที่มา : <http://www.truck2hand.com>, 2558



7. ทังสเทน ( Tungsten ) หรือวูลแฟรม ( Wulfram ) สัญลักษณ์ทางเคมี : W

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะสีขาวเหมือนเงิน

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 19.3 กก./ลบ.ซม<sup>3</sup>จุดหลอมเหลว 3,337 องศาเซลเซียส ดัชนีการนำไฟฟ้า

#### 18.2 ซีเมนต์

สมบัติของทังสเทน

- 1.จุดหลอมเหลวสูงที่สุด
- 2.ทนการกัดกร่อนได้ดี
- 3.นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี
- 4.ทนและคงสภาพได้ดีที่อุณหภูมิสูง

ประโยชน์ใช้งาน

- 1.ทำไส้หลอดไฟฟ้า
- 2.ตัวต้านทานไฟฟ้า
- 3.อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- 4.อุปกรณ์ทนความร้อนสูง
- 5.หน้าคอนแทค



(ก) ไส้หลอดไฟ



(ข) หน้าคอนแทค

รูปที่ 4.1.12 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากทังสเทน

ที่มา : <http://m.pantip.com/topic/31303998> , 2558

### 8. โมลิบดีนัม ( Molybdenum ) สัญลักษณ์ทางเคมี : Mo

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะสีชาวยเงิน

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 10.2 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 2,622 องศาเซลเซียส

#### สมบัติของโมลิบดีนัม

1. ทนแรงดึงได้สูง
2. มีความเหนียว
3. รีดเป็นแผ่นและ โกงัดงอได้
4. ทนความร้อนได้ดี

#### ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ผสมสารหล่อลื่น
2. ใช้ผสมทำโลหะแข็ง
3. ใช้ทำตัวอิเล็กทรอนิกส์ในหลอดรังสีเอกซ์เรย์
4. ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการกลั่นน้ำมัน



(ก) โลหะแข็ง



(ข) สารหล่อลื่น

รูปที่ 4.1.13 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโมลิบดีนัม

ที่มา : [ww.sangchaimeter.com/product\\_page](http://ww.sangchaimeter.com/product_page) , 2558

### 9. วานาเดียม ( Vanadium ) สัญลักษณ์ทางเคมี : V

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะสีเทาเงิน ราคาถูก

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 16.6 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 3,030 องศาเซลเซียส

#### สมบัติของวานาเดียม

1. ทนความร้อนได้สูงมาก
2. นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี
3. ทนการกัดกร่อนของสนิมได้ดีมาก
4. ทนกรดและสารเคมีได้ดี ( ยกเว้นกรดฟลูออริก )
5. ดูดซับแก๊สต่างๆได้ดี

### ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ทำตัวเก็บประจุในงานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์
2. ผสมในเนื้อเหล็กร่วมกับโลหะอื่น
3. ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องมือ เครื่องจักร
4. ใช้ทำเครื่องมือตัดเจาะชนิดพิเศษ
5. ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องบินไอพ่น ยานอวกาศ และอุปกรณ์เตาปฏิกรณ์ปรมาณู



(ก) เครื่องมือตัด



(ข) เครื่องมือเจาะ

รูปที่ 4.1.14 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากวานาเดียม

ที่มา : <https://www.ktw.co.th> , 2558

### 10. โคบอลต์ (Cobalt) สัญลักษณ์ทางเคมี : Co

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะสีขาวอมชมพู ปนเทา

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 8.6 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 1,490 องศาเซลเซียส

#### สมบัติของโคบอลต์

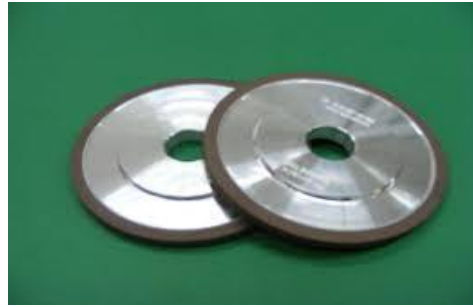
1. ทนการกัดกร่อน
2. มีความเหนียวมาก
3. มีความแข็งแรง

#### ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ทำวัสดุประสานในการทำโลหะแข็ง
2. ผสมในเนื้อเหล็กเพื่อทำแม่เหล็กถาวร
3. ใช้ทำเครื่องมือตัดความเร็วสูง หรือโลหะคาร์ไบด์



(ก) แม่เหล็กถาวร



(ข) เครื่องมือตัด

รูปที่ 4.1.15 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโคบอลต์  
ที่มา : <http://webhtml.horhook.com/wbi/ec/5magnet-03, 2558>

### 11. บิสมัท (Bismuth) สัญลักษณ์ทางเคมี : Bi

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะสีค่อนข้างแดง เป็นเม็ดเล็กๆ

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 9.8 กก./ดม<sup>3</sup> จุดหลอมเหลว 279 องศาเซลเซียส

#### สมบัติของบิสมัท

- 1.แข็ง เปราะ
- 2.จุดหลอมเหลวต่ำ

#### ประโยชน์ใช้งาน

- 1.ผสมกับโลหะอื่นใช้ทำฟิวส์
- 2.ทำคอมไฟ
- 3.โลหะบัดกรี
- 4.ของเด็กเล่น



(ก) อุปกรณ์คอมไฟ



(ข) คอมไฟ

รูปที่ 4.1.16 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากบิสมัท  
ที่มา : <http://thai.alibaba.com/product-detail, 2558>

**12.ปรอท (Mercury) มีสัญลักษณ์ทางเคมี : Hg**

**ลักษณะทั่วไป :** เป็นโลหะชนิดเหลว สีบรอนซ์ มีอัตราการยึดตัว หดตัว สม่่าเสมอ

**ลักษณะเฉพาะ :** ความหนาแน่น 13.6 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว - 39 องศาเซลเซียส ดัชนีการนำไฟฟ้า

1.04 ซีเมนต์ จุดกลายเป็นไอ 357 องศาเซลเซียส

**สมบัติของปรอท**

- 1.ความหนาแน่นสูง
- 2.นำความร้อนได้ดี
- 3.มีอัตราการหดตัว ยึดตัวสม่่าเสมอ

**ประโยชน์ใช้งาน**

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1.ใช้ทำเทอร์โมมิเตอร์ และทำเครื่องวัดความดันโลหิต | 4.ใช้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้า             |
| 2.สวิตช์ควบคุมอุณหภูมิเครื่องเย็น                 | 5.ใช้ฉาบหลอดไฟเรืองแสง          |
| 3.สวิตช์ควบคุมระดับของเหลว                        | 6.ใช้ทำเครื่องมืออุตสาหกรรมเคมี |



(ก) เทอร์โมมิเตอร์



(ข) อุปกรณ์ไฟฟ้า

รูปที่ 4.1.17 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากปรอท

ที่มา : <https://www.ktw.co.th> , 2558

**13 เงิน (Silver) สัญลักษณ์ทางเคมี : Ag**

**ลักษณะทั่วไป :** เป็นโลหะสีขาวเงินแวววาว สวยงาม คงสภาพในบรรยากาศได้ดี ไม่มีหมอง

ไม่เป็นสนิม หายาก ราคาแพง

**ลักษณะเฉพาะ :** ความหนาแน่น 10.5 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 960 องศา

**สมบัติของเงิน**

- |                      |   |
|----------------------|---|
| 1.นำไฟฟ้าได้ดีที่สุด | 4.เหนียวขึ้นรูปได้ทั้งการตี การดึง การรีด โดยไม่มีรอยแตกปริ |
| 2.นำความร้อนได้ดีมาก | 5.ไม่เป็นสนิม มันวาว สะท้อนแสงได้ดี                         |
| 3.มีจุดหลอมเหลวต่ำ   |   |

### ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ทำเครื่องมือวัดด้วยแสง เช่น กล้องจุลทรรศน์
2. ทำหน้าสัมผัสอุปกรณ์ไฟฟ้าคุณภาพสูง
3. ใช้ฉาบกระจกสะท้อนแสง และ ทำเครื่องประดับ เช่น สร้อย เข็มขัดและทำเหรียญเงินสกุลต่างๆ



(ก) เทอร์โมมิเตอร์



(ข) อุปกรณ์ไฟฟ้า

รูปที่ 4.1.18 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเงิน

ที่มา : <http://www.pspstech.co.th> , 2558

### 14. ทองคำ ( Gold ) สัญลักษณ์ทางเคมี : Au

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะสีเหลืองอร่าม เปล่งแสงในตัวเอง สวยงาม ไม่มัวหมอง ไม่เป็นสนิมหายากราคาสูง

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 19.3 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 1,063 องศาเซลเซียส

#### สมบัติของทองคำ

1. เป็นโลหะอ่อน ริด ดึง ตีขึ้นรูปได้ง่าย
2. นำไฟฟ้า และ นำความร้อนได้ดี
3. ทนต่อการกัดกร่อน
4. สีมันสวยงาม

#### ประโยชน์ใช้งาน

1. ทำเครื่องประดับ เช่น สร้อย แหวน นาฬิกา กรอบพระ
2. ทำสายโยงใยต่อวงจรในชุดไอซีตัวเล็กๆ
3. ทำฟันปลอม

### 15. ทองคำขาว ( Platinum ) สัญลักษณ์ทางเคมี : Pt

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะสีขาว เป็นมันวาว มีน้ำหนักมากที่สุด ราคาแพง

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 21.5 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 1,770 องศาเซลเซียส

**สมบัติของทองคำขาว**

- 1.เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี
- 2.ทนความร้อนได้สูง
- 3.ทนการกัดกร่อนและปฏิกิริยาเคมี
- 4.ดึงเป็นเส้นเล็กและรีดเป็นแผ่นบางๆได้ดี

**ประโยชน์ใช้งาน**

1. ใช้ทำเครื่องประดับ
2. ใช้ทำเครื่องมือแพทย์ และใช้ทำฟันปลอม ทั่วอุดฟัน
3. ใช้ทำชิ้นส่วนวงจรและอุปกรณ์ไฟฟ้า รีเลย์ เทอร์โมคัปเปิล



(ก) เครื่องประดับ



(ข) ฟันปลอม

รูปที่ 4.1.19 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากทองคำขาว

ที่มา : <http://martlume.com>, 2558

**16. แทนทาลัม (Tantalum) สัญลักษณ์ทางเคมี : Ta**

**ลักษณะทั่วไป :** เป็นโลหะสีเทาเงิน ราคาถูก

**ลักษณะเฉพาะ :** ความหนาแน่น 16.6 กก./ $\text{dm}^3$  จุดหลอมเหลว 3,030 องศาเซลเซียส

**สมบัติของแทนทาลัม**

- 1.เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีมาก
- 2.ทนความร้อนได้สูง
- 3.ทนการกัดกร่อนของสนิมได้ดีมาก
- 4.ทนกรดและสารเคมีได้ดี ( ยกเว้นกรดฟลูออริก )

### ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ทำตัวเก็บประจุในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
2. ผสมในเนื้อเหล็กร่วมกับโลหะอื่น
3. ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องมือ เครื่องจักร
4. ใช้ทำเครื่องมือตัดเจาะชนิดพิเศษ
5. ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องเทอร์ไบน์ เครื่องบิน ไอพ่น ยานอวกาศ ยุทโธปกรณ์
6. ใช้ทำอุปกรณ์เตาปฏิกรณ์ปรมาณู



(ก) ตัวเก็บประจุ



(ข) ดอกเจาะ

รูปที่ 4.1.20 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากแทนทาลัม  
ที่มา : [www.ktw.co.th](http://www.ktw.co.th) , 2558

### 17. แคดเมียม (Cadmium) สัญลักษณ์ทางเคมี : Ca

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะฟิวต์อัน สีขาวเทา

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 8.6 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 320 องศาเซลเซียส

#### สมบัติของแคดเมียม

1. แข็ง ทนการกัดกร่อนได้ดี
2. จุดหลอมเหลวต่ำ

#### ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ในงานชุบผิวเครื่องมือกล เครื่องมือวัด
2. ชุบผิวอะลูมิเนียม
3. ใช้ผสมนิกเกิล ทำโลหะแบบริง
4. ใช้ทำแผ่นธาตุแบตเตอรี่





(ก) ชุบผิวอะลูมิเนียม



(ข) เครื่องมือวัด

รูปที่ 4.1.21 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากแคดเมียม

ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php,2558](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php,2558)

### 18. พลวง ( Antimony ) สัญลักษณ์ทางเคมี : Sb

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะสีขาวก้ำเงิน

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 6.6 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 630 องศาเซลเซียส

สมบัติของพลวง

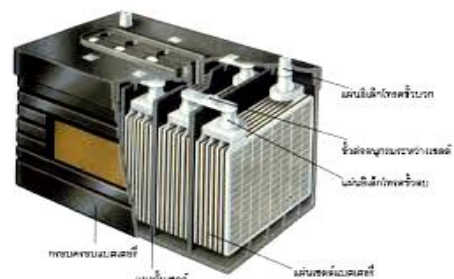
1. แข็ง ทนการกัดกร่อนได้ดี
2. จุดหลอมเหลวต่ำ

ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ผสมทำโลหะแบริง
2. ใช้ทำโลหะบัดกรี
3. ใช้ทำแผ่นธาตุแบตเตอรี่



(ก) แบริง



(ข) แผ่นธาตุแบตเตอรี่

รูปที่ 4.1.22 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากพลวง

ที่มา : <http://www.thaisylphyclub.com/index.php?topic,2558>

**19. แมงกานีส (Manganese) สัญลักษณ์ทางเคมี : Mn**

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะสีเทา เทา

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 7.4 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 1,250 องศาเซลเซียส

สมบัติของแมงกานีส

1. แข็ง เปราะ

ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ผสมในเนื้อเหล็กเพื่อควบคุมการแยกตัวของกราไฟต์
2. ใช้ผสมอะลูมิเนียมเพื่อเพิ่มความแข็ง
3. ทำปุ๋ยเคมี
4. ทำฟลักซ์หุ้มลวดเชื่อมไฟฟ้า



รูปที่ 4.1.23 แสดงลักษณะฟลักซ์ลวดเชื่อมไฟฟ้าที่หุ้มด้วยแมงกานีส

ที่มา : <http://thermal-mech.com/category/knowledge/kn-welding> , 2558

**20. เยอรมันเนียม (Germanium) สัญลักษณ์ทางเคมี : Ge**

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะกึ่งตัวนำใหญ่

ประโยชน์ใช้งาน

1. ใช้ทำทรานซิสเตอร์ อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
2. ใช้ทำเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องเสียง คอมพิวเตอร์



(ก) อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์



(ข) โทรทัศน์

รูปที่ 4.1.24 แสดงลักษณะวัสดุที่ผสมด้วยเยอรมันเนียม

ที่มา : <http://www.tpa.com> , 2558

### สรุปท้ายหน่วย

โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก ( Non Ferrous Metals ) หมายถึง โลหะที่ไม่มีส่วนผสมของเหล็กผสมอยู่ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. โลหะหนัก ( Heavy Metal ) คือ โลหะที่มีความหนาแน่นมากกว่า 4 กิโลกรัมต่อตารางเดซิเมตร ( กก./ $\text{dm}^3$  ) มีความสำคัญในระบบอุตสาหกรรมปัจจุบัน แบ่งออกเป็นดังนี้

- 1.1 ทองแดง
- 1.2 สังกะสี
- 1.3 ดีบุก
- 1.4 ตะกั่ว
- 1.5 นิกเกิล
- 1.6 โครเมียม
- 1.7 ทังสแตน
- 1.8 โมลิบดีนัม
- 1.9 วานาเดียม
- 1.10 โคบอลต์
- 1.11 บิสมัท
- 1.12 พรอท
- 1.13 เงิน
- 1.14 ทองคำ
- 1.15 ทองคำขาว
- 1.16 แทนทาลัม
- 1.17 แคลเดียม
- 1.18 พลวง
- 1.19 แมงกานีส
- 1.20 เซอร์มันเนียม

หมายเหตุ ประเภทที่ 2 โลหะเบา ( รายละเอียดกล่าวในหน่วยที่ 4.2 และประเภทที่ 3 โลหะผสม ( รายละเอียดกล่าวในหน่วยที่ 5 )

### คำศัพท์ประจำหน่วย

1. Non ferrous Metal หมายถึง โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก
2. Heavy Metals หมายถึง โลหะหนัก

## ใบงานหน่วยที่ 4.1

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อของโลหะหนัก ลักษณะ และประโยชน์การใช้งานมา 10 ชนิด ในช่องตามตารางที่กำหนด ( 10 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะหนัก	ลักษณะ	ประโยชน์ใช้งาน
ตัวอย่าง	ทองแดง	สีแดงบรอนซ์ อ่อนเหนียว	ทำสายไฟ ปลูกกระสุน
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

### แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4.1

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก
2. โลหะที่ไม่ใช่เหล็กแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
3. จงบอกความหมายของโลหะหนัก
4. จงยกตัวอย่างโลหะหนักมา 10 ชนิด พร้อมเขียนสัญลักษณ์

### เฉลยใบงานหน่วยที่ 4

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนชื่อของโลหะหนัก ลักษณะ และประโยชน์การใช้งานมา 10 ชนิด ในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 10 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะหนัก	ลักษณะ	ประโยชน์ใช้งาน
ตัวอย่าง	ทองแดง	สีแดงบรอนซ์ อ่อนเหนียว	ทำสายไฟ ปลอกกระสุน
1	ตะกั่ว	อ่อน นิ่ม เหนียว ลื่น	ใช้ทำเซลล์ขั้วแบตเตอรี่
2	ดีบุก	สีขาว บรอนซ์เงิน แวววาวสวยงาม	เคลือบผิวภาชนะบรรจุอาหาร
3	สังกะสี	โลหะอ่อนสีขาวปนน้ำเงิน แวววาว	เคลือบแผ่นเหล็กอาบสังกะสีมุงหลังคา
4	เงิน	สีขาวเงิน แวววาว สวยงาม	ใช้ทำเครื่องประดับ ต่างๆ
5	ทองคำ	สีเหลืองอร่าม เปล่งแสงในตัวเอง	ทำฟันปลอม เครื่องประดับ
6	ปรอท	เป็นโลหะชนิดเหลว สีบรอนซ์	ทำเทอร์โมมิเตอร์
7	โครเมียม	สีเทาเงิน เป็นมันวาว	ใช้เคลือบผิวเหล็กป้องกันสนิม
8	ทังสเตน	โลหะสีขาวเหมือนเงิน	ทำไส้หลอดไฟฟ้า
9	นิกเกิล	โลหะสีขาวคล้ายเงิน	ชิ้นส่วนเครื่องยนต์
10	โคบอลต์	โลหะสีขาวอมชมพู	ทำเครื่องมือตัดความเร็วสูง โลหะคาร์ไบด์

หมายเหตุ คำตอบอาจจะอยู่ในคู่มือของครู

## ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 4.1

ชื่อ – ชื่อสกุล .....

แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้  
เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 4.1	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน)	ดีมาก ( 9 – 10 )	ดี ( 7 – 8 )	พอใช้ ( 5 – 6 )

## เกณฑ์การประเมินผล

- 9 - 10 คะแนน หมายถึง ดีมาก
- 7 - 8 คะแนน หมายถึง ดี
- 5 - 6 คะแนน หมายถึง พอใช้
- ต่ำกว่า 4 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวน  
ใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 4.1 และทำใบงานใหม่



## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 4.1

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก

ตอบ โลหะที่ไม่มีส่วนผสมของเหล็กผสมอยู่ ปัจจุบันนับได้ว่ามีความสำคัญมากต่อระบบการผลิตมากขึ้นตามลำดับ เพราะวัสดุเหล่านี้จะมีสมบัติ ทนต่อการกัดกร่อน ทนความร้อน เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี น้ำหนักเบา ขึ้นรูปได้ง่าย

2. โลหะที่ไม่ใช่เหล็กแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

ตอบ 3 ประเภท คือ 1 โลหะหนัก 2 โลหะเบา 3 โลหะผสม

3. จงบอกความหมายของโลหะหนัก

ตอบ โลหะที่มีความหนาแน่นมากกว่า 4 กิโลกรัมต่อตารางเดซิเมตร ( กก./ $\text{cm}^3$ )

4. จงยกตัวอย่างโลหะหนักมา 10 ชนิด พร้อมเขียนสัญลักษณ์ทางเคมี

ตอบ

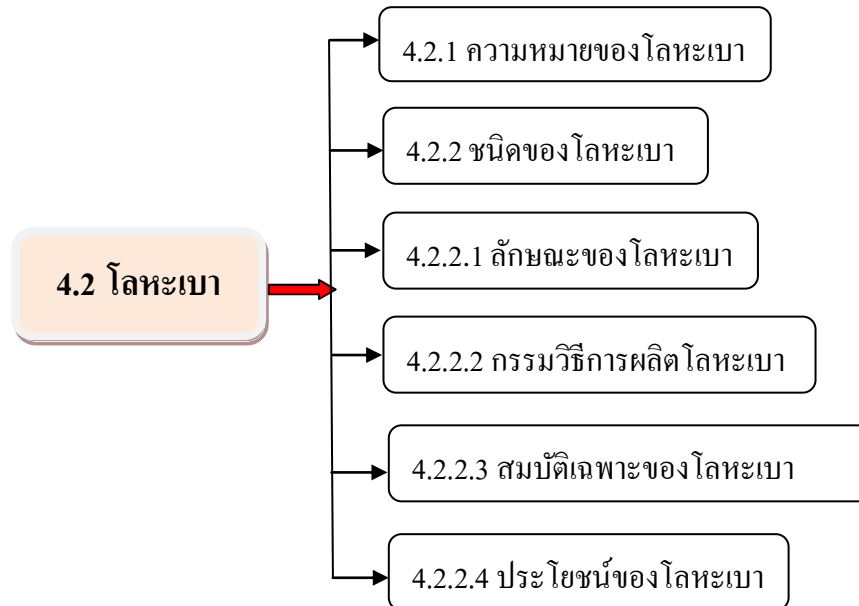
ชื่อโลหะหนัก	สัญลักษณ์ทางเคมี
1. ทองแดง	Cu
2. ตะกั่ว	Pb
3. ดีบุก	Tn
4. สังกะสี	Zn
5. เงิน	Ag
6. ทองคำ	Au
7.ปรอท	Hg
8. โครเมียม	Cr
9. ทังสแตน	W
10. นิกเกิล	Ni



เอกสารประกอบการสอน  
วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002  
หน่วยที่ 4.2 โลหะเบา



## ผังมโนทัศน์



## หน่วยที่ 4.2

### โลหะเบา

#### แนวคิด

ในระบบงานอุตสาหกรรม นอกจากใช้โลหะหนักในการผลิตวัสดุต่างๆแล้ว ยังมีการใช้งานของโลหะเบาเช่น ทองแดง อะลูมิเนียม แมกนีเซียม ไททาเนียม เบริลเลียม เซอร์โคเนียม เป็นต้น โดยโลหะเบาเหล่านี้จะมีน้ำหนักเบา มีความเหนียว หลอมละลายได้ง่าย ทนต่อการกัดกร่อนของอากาศ นำไฟฟ้าได้ดีและทนการสึกหรอที่อุณหภูมิสูง

#### สาระการเรียนรู้

- 4.2.1 ความหมายของโลหะเบา
- 4.2.2 ชนิดของโลหะเบา
  - 4.2.2.1 ลักษณะของโลหะเบา
  - 4.2.2.2 กรรมวิธีการผลิตโลหะเบา
  - 4.2.2.3 สมบัติของโลหะเบา
  - 4.2.2.4 ประโยชน์ของโลหะเบา

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1.บอกความหมายของโลหะเบาได้อย่างถูกต้อง
- 2.จำแนกชนิดของโลหะเบาได้อย่างถูกต้อง
- 3.อธิบายลักษณะของโลหะเบาได้อย่างถูกต้อง
- 4.อธิบายกรรมวิธีการผลิตโลหะเบาได้อย่างถูกต้อง
- 5.อธิบายสมบัติของโลหะเบาได้อย่างถูกต้อง
- 6.บอกประโยชน์ของโลหะเบาได้อย่างถูกต้อง
- 7.มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### 4.2.1 ความหมายของโลหะเบา ( Light Metals )

โลหะเบา หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า 4 กิโลกรัมต่อตารางเดซิเมตร(กก./ $\text{ดม}^3$ )

### 4.2.2 ชนิดของโลหะเบา

โลหะเบาที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

#### 1.อะลูมิเนียม (Aluminium) สัญลักษณ์ทางเคมี : Al

ลักษณะทั่วไป : เป็นโลหะสีเงิน ผิวละเอียด สวยงาม

กรรมวิธีผลิต : นำสินแร่บอกไซต์มาสกัด และนำไปอบไล่ในเตาหมุนที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส จะได้อะลูมิเนียมออกไซด์ นำไปแยกด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 900 – 950 องศาเซลเซียส จะได้อะลูมิเนียมบริสุทธิ์

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 2.7 กก./ $\text{ดม}^3$  จุดหลอมเหลว 658 องศาเซลเซียส

ค่าความเค้นแรงดึง : หล่อ 9 – 12 กก./ $\text{มม}^2$  อบเหนียว 7 กก./ $\text{มม}^2$  รีดแข็ง 13 - 20 กก./ $\text{มม}^2$  อัตราการยืดตัว 3 – 35% ดัชนีการนำไฟฟ้า 38 ซีเมนต์

#### สมบัติของอะลูมิเนียม

- 1.น้ำหนักเบา
- 2.มีความเหนียว หลอมละลายได้ง่าย
- 3.ทนการกัดกร่อนของอากาศ
- 4.นำไฟฟ้าได้ดีรองจากทองแดง
- 5.ขึ้นรูปได้ง่าย ทั้งการหล่อ อัด รีด ดึง ตัด เจาะ กลึง กัด ไส

#### ประโยชน์ใช้งาน

ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องบิน ยานอวกาศ สายไฟฟ้า โคมไฟฟ้า ชิ้นส่วนของรถยนต์ ฝาสูบเครื่องยนต์ อุปกรณ์ประดับยนต์ แผ่นหลังคา กรอบประตู หน้าต่าง บันได โครงฝ้าเพดาน เป็นวัสดุประดับ วัสดุหีบห่อ เครื่องครัว เป็นต้น เนื่องจากอะลูมิเนียมมีน้ำหนักเบา ขึ้นรูปได้ง่าย ดังแสดงในรูปที่ 4.2.1



(ก) บันได



(ข) ฝาสูบเครื่องยนต์

รูปที่ 4.2.1 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยอะลูมิเนียม

ที่มา : <http://www.thai.alibaba.com/product-detail/cast-aluminum-cylinder-head-series.html,2558>

## 2.แมกนีเซียม (Magnesium) สัญลักษณ์ทางเคมี : Mg

**ลักษณะทั่วไป :** เป็นโลหะสีขาว ผิวละเอียด สวยงามเป็นโลหะเบามาก เบากว่าอะลูมิเนียม  $\frac{2}{3}$  เท่า มีความแข็งแรงน้อยมาก ใช้เป็นโลหะหลักไม่ได้ แต่เมื่อผสมกับโลหะอื่นจะเพิ่มสมบัติให้โลหะอื่น ลุกเป็นไฟได้เองในอากาศ

**กรรมวิธีผลิต :** นำสินแร่แมกนีไซต์ และ โดโลไมต์ มาหลอมและแยกด้วยไฟฟ้า ให้สารประกอบแมกนีเซียมที่มีน้ำหนักเบา ลอยตัวขึ้นและและคัดออกมาหลอมกับเกลือเพื่อทำการแยกสารเจือปนจะทำให้ได้แมกนีเซียมบริสุทธิ์ ขณะทำการหลอมจะต้องไม่ให้แก๊สออกซิเจนในอากาศ เข้าไปผสมเพราะจะทำให้เกิดการลุกเป็นไฟ

### สมบัติของแมกนีเซียม

1. น้ำหนักเบา
2. ใช้ผสมกับโลหะอื่น เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก แมงกานีส ซิลิกอน ทองแดง เพื่อลดน้ำหนัก เพิ่มความแข็งแรง และความสวยงาม

3. ทนการเสียดสี
4. ทนการกัดกร่อนของอากาศ
5. ทนการสึกหรอที่อุณหภูมิสูง
6. กลึงขึ้นรูปได้ง่าย

### ประโยชน์ใช้งาน

ใช้ผสมกับโลหะสำหรับทำล้อรถยนต์ หรือเรียกว่า “กระทะล้อแม็ก” ทำชิ้นส่วนเครื่องบิน ยานอวกาศ ชิ้นส่วนเครื่องจักร เครื่องยนต์ เครื่องเทอร์ไบน์ เครื่องพิมพ์ และงานที่ต้องการลดน้ำหนัก แต่คงไว้ซึ่งความแข็งแรง ถ้าเป็นแมกนีเซียมบริสุทธิ์จะใช้ทำแฟลช เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2.2



(ก) แฟลช



(ข) กระทะล้อแม็ก

รูปที่ 4.2.2 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยแมกนีเซียม

ที่มา : <http://www.pantip.com/topic/30697394> , 2558

### 3.ไททาเนียม ( Titanium ) สัญลักษณ์ทางเคมี : Ti

ลักษณะทั่วไป : เป็น โลหะเบาสีขาวเหมือนเงิน มีความแข็งแรง ทนต่อแรงดึง ทนต่อการกัดกร่อน และอุณหภูมิได้สูง

กรรมวิธีผลิต : ได้จากการถลุงสินแร่อิลเมนไนต์ และรูไทล์ มาลดแก๊สออกซิเจนด้วยแมกนีเซียม จะได้ผงไททาเนียม และนำผงไททาเนียมมาหลอมในสุญญากาศ หรือคลุมด้วยก๊าซเฉื่อย

ลักษณะเฉพาะ : ความหนาแน่น 4.51 กก./ $\text{cm}^3$  จุดหลอมเหลว 1,700 องศาเซลเซียส

#### สมบัติของไททาเนียม

- 1.น้ำหนักเบา
2. เป็นโลหะที่มีความแข็งแรง ทนแรงดึงได้สูง
- 3.ทนการกัดกร่อนได้ดี
- 4.ทนการสึกหรอ และทนต่อการเสียดสี
- 5.ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 400 องศาเซลเซียส

#### ประโยชน์ใช้งาน

ใช้ทำชิ้นส่วนของเครื่องบิน ยานอวกาศ ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์โรบินในเครื่องบินไอพ่น ชิ้นส่วนในงานศัลยกรรมกระดูก ดังแสดงในรูปที่ 4.2.3



(ก) ชิ้นส่วนเครื่องบิน



(ข) ชิ้นส่วนเครื่องยนต์โรบิน

รูปที่ 4.2.3 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยไททาเนียม

ที่มา : <http://www.thaisylphyclub.com> , 2558

### 4.เบริลเลียม ( Beryllium ) สัญลักษณ์ทางเคมี : Be

#### สมบัติของเบริลเลียม

- 1.น้ำหนักเบา
- 2.มีความแข็งแรงสูง
- 3.ทนการกัดกร่อนได้ดี แต่ยึดตัวได้น้อย

### ประโยชน์ใช้งาน

ใช้เป็นโลหะผสมในงานที่ต้องการน้ำหนักเบาและต้องการความแข็งแรงสูง ดังแสดงในรูปที่ 4.2.4



รูปที่ 4.2.4 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยเบริลเลียม

ที่มา : <http://th.aliexpress.com/item/custom-shape-metal-clip/305574071.html> , 2558

### 5.เซอโรเนียม ( Zirconium ) สัญลักษณ์ทางเคมี : Zr

#### สมบัติของเซอโรเนียม

- 1.น้ำหนักเบา
- 2.ทนการกัดกร่อนของอากาศ กรด น้ำทะเล ได้ดี
- 3.ทนการสึกหรอที่อุณหภูมิสูง

#### ประโยชน์การใช้งาน

ใช้ทำชิ้นส่วนในงานสัลยกรรม อุปกรณ์ในเตาปฏิกรณ์ปรมาณู เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2.5



รูปที่ 4.2.5 แสดงลักษณะเตาปฏิกรณ์ปรมาณูที่ผลิตด้วยเซอโรเนียม

ที่มา : <http://www.nst.or.th/article/notes01/article010.htm>, 2558



### สรุปท้ายหน่วย

โลหะเบา หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า 4 กิโลกรัมต่อตารางเดซิเมตร ( กก./ $\text{ดม}^3$ ) ที่นิยมใช้ในระบบอุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

1. อะลูมิเนียม (Aluminium) สัญลักษณ์ทางเคมี : Al
2. แมกนีเซียม (Magnesium) สัญลักษณ์ทางเคมี : Mg
3. ไททานเนียม (Titanium) สัญลักษณ์ทางเคมี : Ti
4. เบริลเลียม (Beryllium) สัญลักษณ์ทางเคมี : Be
5. เซอร์โคเนียม (Zirconium) สัญลักษณ์ทางเคมี : Zr

### คำศัพท์ประจำหน่วย

1. Light Metals หมายถึง โลหะเบา

## ใบงานหน่วยที่ 4.2

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อ โลหะเบา ลักษณะ และประโยชน์การใช้งาน มา 4 ชนิด ในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 4 คะแนน ) เวลา 4 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะเบา	ลักษณะ	ประโยชน์ใช้งาน
ตัวอย่าง	อะลูมิเนียม	สีเงิน ผิวละเอียด	ทำกรอบประตู ฝาสูบเครื่องยนต์
1			
2			
3			
4			

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4.2

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

- 1.จงบอกความหมายของโลหะเบา
- 2.จงยกตัวอย่างของโลหะเบามา 5 ชนิด พร้อมเขียนสัญลักษณ์

## เฉลยใบงานหน่วยที่ 4.2

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อ โลหะเบา ลักษณะ และประโยชน์การใช้งาน มา 4 ชนิด ในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 4 คะแนน ) เวลา 4 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะเบา	ลักษณะ	ประโยชน์ใช้งาน
ตัวอย่าง	อะลูมิเนียม	สีเงิน ผิวละเอียด	ทำกรอบประตู ฝาตู้ปรับอากาศ
1	แมกนีเซียม	น้ำหนักเบามาก	ใช้ผสมในโลหะสำหรับทำล้อรถยนต์
2	ไททานเนียม	มีสีขาวเหมือนเงิน มีความแข็งแรง	ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องบิน ยานอวกาศ
3	เบริลเลียม	น้ำหนักเบา มีความแข็งแรงสูง	ใช้เป็นโลหะผสมในงานที่ต้องการน้ำหนักเบา
4	เซอร์โคเนียม	น้ำหนักเบา ทนต่อการกัดกร่อนของอากาศ กรด และน้ำทะเลได้ดี	ใช้ทำชิ้นส่วนในงานสัณยกรรม อุปกรณ์ในเตาปฏิกรณ์ปรมาณู

หมายเหตุ คำตอบอาจจะอยู่ในดุลพินิจของครู

## ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 4.2

ชื่อ – ชื่อสกุล .....

แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้  
เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 4.2	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน)	ดีมาก ( 9 – 10 )	ดี ( 7 – 8 )	พอใช้ ( 5 – 6 )

### เกณฑ์การประเมินผล

- |                          |           |       |         |              |
|--------------------------|-----------|-------|---------|--------------|
| <input type="checkbox"/> | 9 - 10    | คะแนน | หมายถึง | ดีมาก        |
| <input type="checkbox"/> | 7 - 8     | คะแนน | หมายถึง | ดี           |
| <input type="checkbox"/> | 5 - 6     | คะแนน | หมายถึง | พอใช้        |
| <input type="checkbox"/> | ต่ำกว่า 4 | คะแนน | หมายถึง | ต้องปรับปรุง |

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวน  
ใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 4.2 และทำใบงานใหม่

## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 4.2

1. จงบอกความหมายของโลหะเบา

ตอบ โลหะที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า 4 กิโลกรัมต่อตารางเดซิเมตร ( กก./ $\text{dm}^3$  )

2. จงยกตัวอย่างของโลหะเบา 5 ชนิด พร้อมเขียนสัญลักษณ์

ตอบ

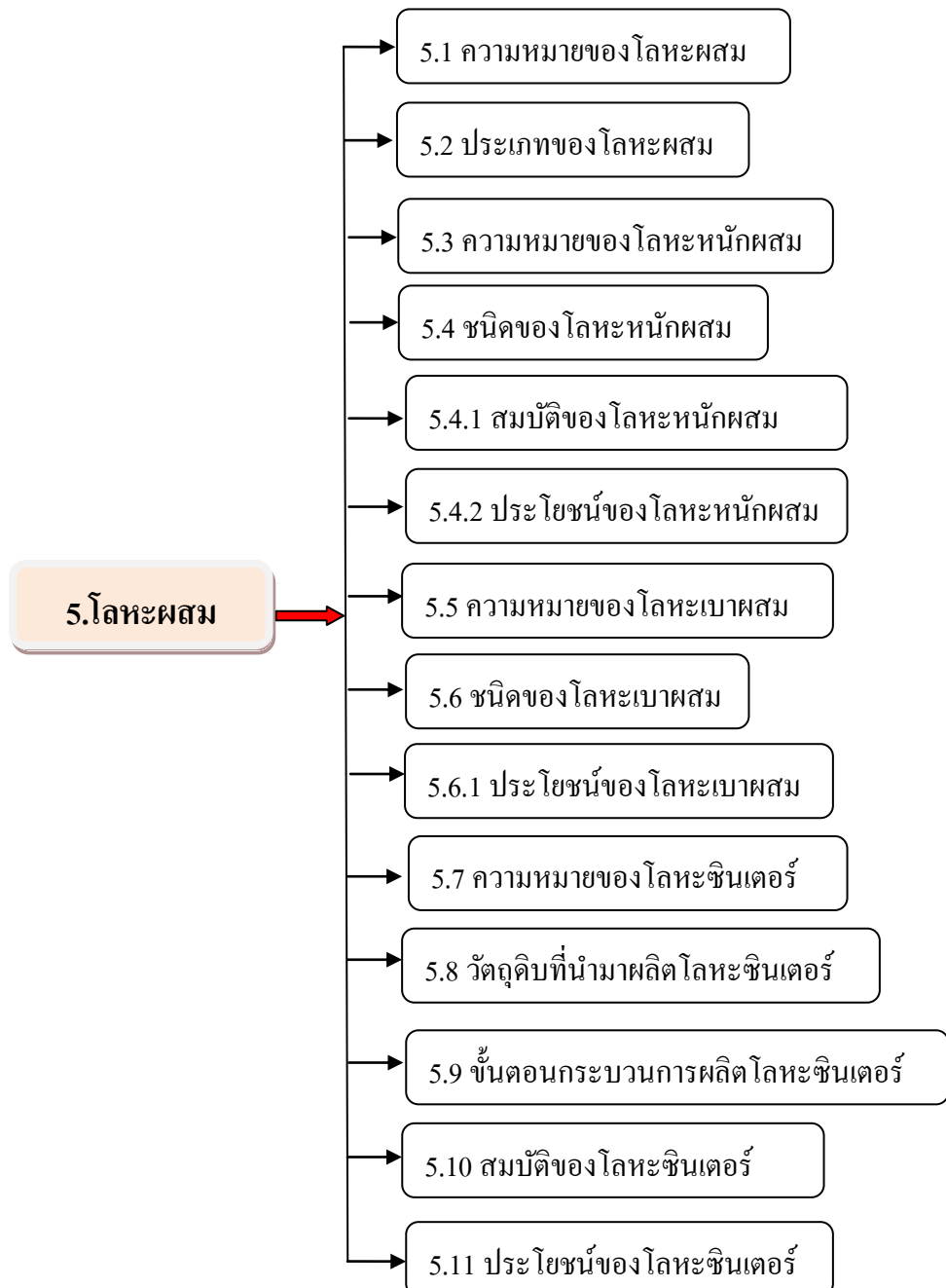
ชื่อโลหะเบา	สัญลักษณ์
1. อะลูมิเนียม	Al
2. แมกนีเซียม	Mg
3. ไททานเนียม	Ti
4. เบริลเลียม	Be
5. เซอร์โคเนียม	Zr



เอกสารประกอบการสอน  
วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002  
หน่วยที่ 5 โลหะผสม



## ผังมโนทัศน์





## หน่วยที่ 5

### โลหะผสม

#### แนวคิด

โลหะผสมเป็นการผลิตเพื่อเพิ่มคุณภาพของโลหะ ตามความเหมาะสมและลักษณะการใช้งาน โดยการนำจุดเด่นของแต่ละโลหะแต่ละชนิดมาผสมในอัตราส่วนที่กำหนด เพื่อให้ได้โลหะผสมที่ดีที่สุดสำหรับงานนั้นๆ โลหะที่ใช้ผสมที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่ ทองเหลือง บรอนซ์ โลหะเบริง โมเนล เป็นต้นในหน่วยนี้จะกล่าวถึงโลหะหนักผสม ได้แก่ สังกะสีผสม ทองแดงผสม ดีบุกผสม ตะกั่วผสม และนิกเกิลผสม โลหะเบาผสม ได้แก่ แมกนีเซียมผสม อลูมิเนียมผสม เป็นต้น

#### สาระการเรียนรู้

- 5.1 ความหมายของโลหะผสม
- 5.2 ประเภทของโลหะผสม
- 5.3 ความหมายของโลหะหนักผสม
- 5.4 ชนิดของโลหะหนักผสม
  - 5.4.1 สมบัติของโลหะหนักผสม
  - 5.4.2 ประโยชน์ของโลหะหนักผสม
- 5.5 ความหมายของโลหะเบาผสม
- 5.6 ชนิดของโลหะเบาผสม
  - 5.6.1 ประโยชน์ของโลหะเบาผสม
- 5.7 ความหมายของโลหะซินเตอร์
- 5.8 วัตถุประสงค์ที่นำมาผลิตโลหะซินเตอร์
- 5.9 ขั้นตอนกระบวนการผลิตโลหะซินเตอร์
- 5.10 สมบัติของโลหะซินเตอร์
- 5.11 ประโยชน์ของโลหะซินเตอร์

## จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1.บอกความหมายของโลหะผสมได้อย่างถูกต้อง
- 2.จำแนกประเภทของโลหะผสมได้อย่างถูกต้อง
- 3.บอกความหมายของโลหะหนักผสมได้อย่างถูกต้อง
- 4.บอกชนิดของโลหะหนักผสมได้อย่างถูกต้อง
- 5.อธิบายสมบัติของโลหะหนักผสมได้อย่างถูกต้อง
- 6.บอกประโยชน์ของโลหะหนักผสมได้อย่างถูกต้อง
- 7.บอกความหมายของโลหะเบาผสมได้อย่างถูกต้อง
- 8.บอกชนิดของโลหะเบาผสมได้อย่างถูกต้อง
- 9.บอกประโยชน์ของโลหะเบาผสมได้อย่างถูกต้อง
- 10.บอกความหมายของโลหะซินเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
- 11.บอกวัตถุดิบที่นำมาผลิตโลหะซินเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
- 12.อธิบายขั้นตอนกระบวนการผลิตโลหะซินเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
13. อธิบายสมบัติของโลหะซินเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
- 14.บอกประโยชน์ของโลหะซินเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
15. มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### 5.1 ความหมายของโลหะผสม ( Alloy )

โลหะผสม หมายถึงการนำโลหะตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป นำมาผสมและหลอมละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกันในอัตราส่วนที่กำหนดโดยมาตรฐาน โลหะที่มีส่วนผสมมากกว่าเรียกว่า โลหะหลัก ในการผสมเพื่อให้ได้โลหะใหม่ซึ่งมีสมบัติทางกล ทางไฟฟ้า และทางเคมีตามความต้องการ และมีความสำคัญในชีวิตประจำวันและในงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน เครื่องครัว ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ เครื่องบิน ยานอวกาศ งานด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

### 5.2 ประเภทของโลหะผสม

โลหะผสมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. โลหะหนักผสม
2. โลหะเบาผสม

### 5.3 ความหมายของโลหะหนักผสม

โลหะหนักผสม หมายถึงโลหะที่มีส่วนผสมของโลหะหนักเป็นส่วนผสมหลัก โลหะที่เกิดจากการผสมนี้มีสมบัติดีกว่าโลหะแม่ (โลหะเดิม) ได้แก่ สังกะสีผสม ทองแดงผสม สังกะสีผสม บรอนซ์ ตะกั่วผสม นิกเกิลผสม

ข้อดีของโลหะผสม

1. มีความแข็ง
2. มีความแข็งแรง
3. ทนต่อการสึกหรอ ไม่มีสนิม
4. สีสวยงาม สีเปลี่ยนจากโลหะเดิม
5. ทนต่อความเค้นแรงดึง
6. ใช้งานได้มากกว่าเดิม

ข้อเสียของโลหะผสม

1. จุดหลอมเหลวจะลดลง
2. การนำไฟฟ้าจะลดลง

### 5.4 ชนิดของโลหะหนักผสม

โลหะหนักผสมที่นิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม แบ่งออกได้ดังนี้

1. สังกะสีผสม ( $Zn + Al + Mn + Cu$ ) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

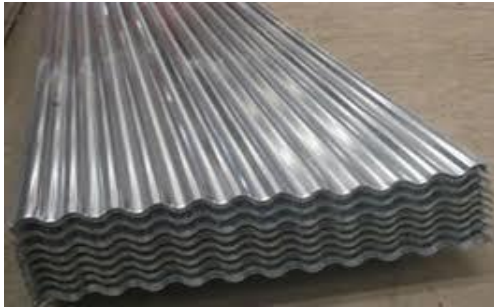
1.1 สังกะสีชนิดรีด เป็นสังกะสีที่ส่วนผสมของ อะลูมิเนียม 4-12% ทองแดงและแมงกานีสผสมอยู่เล็กน้อย ใช้งานลักษณะเดียวกับทองเหลือง

**สมบัติ**

- 1.เหมาะแก่งานรีด
- 2.มีความแข็งแรงน้อย
- 3.มีความเที่ยงตรงน้อย

**ประโยชน์ใช้งาน**

- 1.ใช้แทนทองเหลืองได้ดี



(ก) สังกะสี



(ข) ลวดหนาม

รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะวัสดุที่ผสมสังกะสี

ที่มา : <http://www.thai.alibaba.com> , 2558

**1.2 สังกะสีชนิดหล่ออัด** มีความแข็งแรงมากกว่าและยังมีความเที่ยงมากกว่าให้ผิวงานที่เรียบร้อยดีกว่าชนิดรีด ประกอบด้วย

1. สังกะสีหล่ออัดผสมดีบุก มีความแข็งแรงน้อยกว่าแต่จะมีความเที่ยงตรงสูง
2. สังกะสีหล่ออัดผสมอะลูมิเนียม มีความแข็งแรงสูง แต่จะมีความเที่ยงตรงน้อยกว่า

**สมบัติ**

- 1.มีความแข็งแรงมากกว่าชนิดรีด
- 2.มีความเที่ยงตรงมากกว่าชนิดรีด
- 3.มีผิวงานที่เรียบร้อย

**ประโยชน์ใช้งาน**

- 1.ใช้หล่อชิ้นงานที่ยาก ๆ
- 2.ใช้หล่อชิ้นงานที่ต้องการผิวที่ได้ขนาด



(ก) ชิ้นงานหล่อ



(ข) ข้อต่อ

รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะวัสดุที่ผสมสังกะสีชนิดหล่ออัด

ที่มา : <http://www.alibaba.com/product-detail/emt-zinc-die-casting-connector-electrical,2558>

2. ทองแดงผสม นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ประกอบด้วยทองเหลือง บรอนซ์ เงินเยอรมันและคอนสแตนแตน มีดังนี้

1. ทองเหลือง (Brass) สัญลักษณ์ Ms เป็นโลหะสีเหลืองอร่ามแวววาว สวยงาม เกิดจากทองแดงผสมกับสังกะสี โดยมีทองแดงผสมเป็นโลหะหลักไม่น้อยกว่า 50 % ทองเหลืองที่มีส่วนผสมของทองแดง 70 % ขึ้นไป มีชื่อเฉพาะว่า “ทอมบัค” (Tomback) ดังแสดงในรูปที่ 5.3



(ก) ทองเหลืองเส้นกลม



(ข) กระเพาะทองเหลือง

รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยทองเหลือง

ที่มา : <https://www.l3nr.org/posts/548732> , 2558

การเขียนสัญลักษณ์ของทองเหลือง

ตัวอย่างที่ 1 MS 60 คือ ทองเหลืองที่มีส่วนผสมของทองแดง 60% อีก 40% เป็นสังกะสี (Zn)  
ตัวอย่างที่ 2 MS 63 F 48 คือ ทองเหลืองที่มีทองแดงผสมอยู่ 63% มีความแข็งแรงดึงต่ำที่สุด 48 กก./ตร.มม. ทองเหลืองที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ประกอบด้วย

1.1 ทองเหลืองหล่อ (Cast Brass) ประกอบด้วยส่วนผสมของทองแดง สังกะสี และดีบุก ด้วยจุดหลอมเหลวที่ต่างกันมาก (ทองแดง 1,083 องศาเซลเซียส สังกะสี 419 องศาเซลเซียส) สังกะสีจะระเหยจากการหล่อ 5 – 10 % ถ้าจะหล่อครั้งต่อไป ต้องเพิ่มสังกะสีเข้าไปชดเชยส่วนที่ระเหยออกจากการหล่อ

ทองเหลืองหล่อจะมีความแข็งแรงสูง ทนการสึกหรอ การผุกร่อน นิยมใช้ทำก๊อกน้ำ ท่อในงานที่ต้องการความคงทนสูง ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะก๊อกน้ำที่ผลิตด้วยทองเหลืองหล่อ  
ที่มา : [http://www.dussthai.com/product/pro\\_detail.php](http://www.dussthai.com/product/pro_detail.php) , 2558

**1.2 ทองเหลืองรีด (Rolled Brass)** ได้จากการนำทองเหลืองแท่งมารีดเป็นเส้น เป็นแผ่น เป็นท่อ โดยการรีดร้อน หรือรีดเย็น ซึ่งจะทำให้เม็ดเกรนของทองเหลืองเบียดกันแน่น ทองเหลืองจะแข็งและทนความเค้นได้สูง ตัวอย่างชิ้นงาน เช่นทองเหลืองเส้นกลม เส้นทอเหลี่ยม เส้นสี่เหลี่ยม ทองเหลืองแผ่น ท่อทองเหลือง ลวดทองเหลือง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 5.5



(ก) ทองเหลืองแผ่น

(ข) ลวดทองเหลือง

รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยทองเหลืองรีด  
ที่มา : <http://www.brastechcompany.com/brass-solid.html> , 2558

**1.3 ทองเหลืองพิเศษ** ได้แก่ทองเหลืองที่ผสมโลหะอื่นเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ทองเหลืองที่มีสมบัติตรงตามความต้องการในการใช้งาน ได้แก่

1.ทองเหลืองดีบุก ( $M_s Sn$ ) ทำให้ทองเหลืองแข็งขึ้น ทนต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเล ใช้ทำชิ้นส่วนของเรือเดินทะเล และงานที่ต้องสัมผัสกับน้ำทะเล

2.ทองเหลืองตะกั่ว ( $M_s Pb$ ) ผสมตะกั่วประมาณ 1- 3 % นำไปใช้ในงานกลึงได้ง่ายขึ้น

3.ทองเหลืองอะลูมิเนียม ( Ms Al ) ผสมอะลูมิเนียมประมาณ 3 % จะเพิ่มความแข็งแรงทนต่อการกัดกร่อน

4.ทองเหลืองเหล็ก ( Ms Fe ) ผสมเหล็กประมาณ 1- 3 % ช่วยให้หลอมตัวทำการหล่อได้สะดวกขึ้น

5.ทองเหลืองแมงกานีส ( Ms Mn ) ทำให้ทองเหลืองแข็ง ทนความเค้นแรงดึงได้สูง ทนการกัดกร่อนของน้ำทะเล ใช้ทำชิ้นส่วนของเครื่องยนต์เรือเดินทะเล เช่น ก้านสูบ ก้านลิ้น ใบพัด เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 5.6



(ก) ก้านสูบ



(จ) ใบพัด

รูปที่ 5.6 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยทองเหลืองพิเศษ

ที่มา : <http://www.wuthardware.com> , 2558

ตารางที่ 5.1 แสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งกับความแข็งแรงของทองเหลือง

สัญลักษณ์มาตรฐาน	ลักษณะความแข็ง	ความเค้นแรงดึง กก./มม. <sup>2</sup>	อัตรายืดตัว %
MS 60 E 29	อ่อน	29-33	45
MS 60 F 35	กึ่งแข็ง	35-45	25
MS 60 F 41	แข็ง	41-50	18
MS 60 F 52	แข็งสปริง	ต่ำกว่า 25	5
MS 60 F 37	อ่อน	37 - 45	28
MS 58 F 44	กึ่งแข็ง	44-54	12
MS 52 F 51	แข็ง	51-63	6

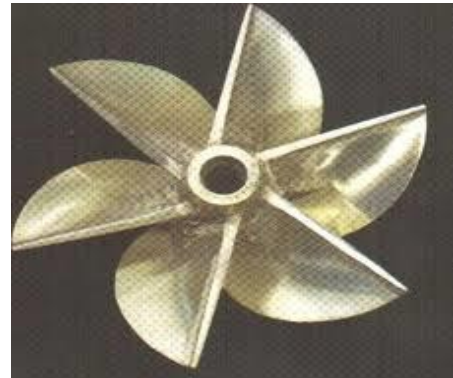
3.บรอนซ์ (Bronze) สัญลักษณ์ Bz เป็นโลหะผสมระหว่างทองแดงกับสังกะสี หรือโลหะอื่น จะมีทองแดงเป็นโลหะหลักประมาณ 60 – 98 % โลหะอื่นที่นำมาผสมได้แก่ ดีบุก อะลูมิเนียม นิกเกิล ซีลีคอน ฟอสฟอรัส แมงกานีส ในการผสมอาจใช้โลหะผสมมากกว่าหนึ่งชนิดก็ได้

ตัวอย่างเช่น G – Bz Sn 20 คือ บรอนซ์ดีบุกชนิดหล่อผสมดีบุก 20 % บรอนซ์ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมประกอบด้วย

3.1 บรอนซ์อะลูมิเนียม ( Bz AL) เป็นโลหะผสมทองแดงผสมอะลูมิเนียม มีสมบัติทนการกัดกร่อนได้ดี ทนความเค้นแรงดึงได้สูง เชื่อมได้ แต่บัดกรีไม่ได้ นิยมใช้ทำทุ่นอาร์มาเจอร์ ทำชุดเฟืองหนอน ทำก้านลิ้นใบพัดเรือ ดังแสดงในรูปที่ 5.7



(ก) ชุดเฟืองหนอน



(ข) ก้านลิ้นใบพัดเรือ

รูปที่ 5.7 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยบรอนซ์อะลูมิเนียม

ที่มา : <http://www.m.thai.alibaba.com/m/bronze-propeller-manufacturers.html>, 2558

3.2 บรอนซ์ดีบุก ( BZ Sn ) โลหะทองแดงผสมดีบุก ประมาณ 4 – 20 % สีทองปนเหลือง มีความแข็ง ทนการผุกร่อน ยึดตัวได้ดี เทแบบหล่อได้ง่าย นิยมใช้ทำสปริงล้อยตามตัวหนอนในกังหันตะแกรงลวดงานต่อเรือเดินทะเล ดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 แสดงลักษณะสปริงล้อยตามตัวหนอนที่ผลิตด้วยบรอนซ์ดีบุก

ที่มา : <http://www.eqindustrial.com/?p=2379> , 2558



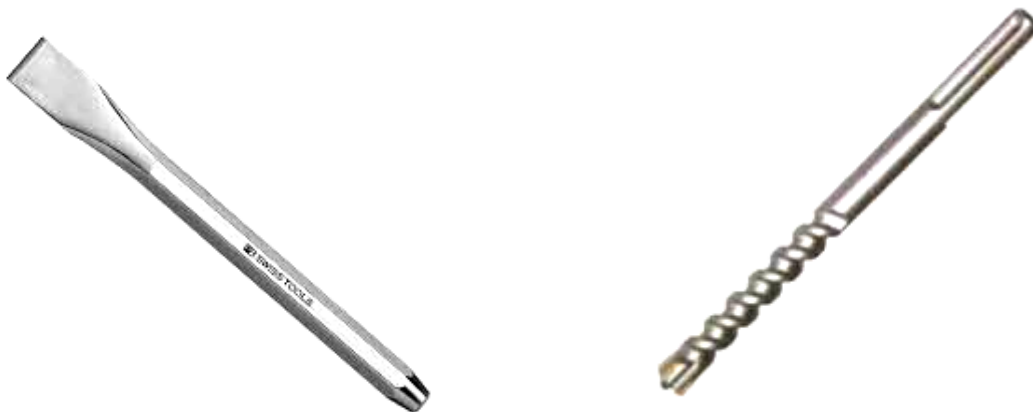
**3.3 บรอนซ์ตะกั่ว ( Bz Pb )** เป็นโลหะทองแดงผสมตะกั่วประมาณ 25 % สีคล้ายทองแดง มีความเรียบ ลื่นและนุ่ม ดัดขึ้นแรงกระแทกได้ดี รับแรงกดอัดบนผิวตัวมันเอง นิยมใช้ทำเป็นวัสดุแบบริง เพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 แสดงลักษณะเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ที่ผลิตด้วยบรอนซ์ตะกั่ว

ที่มา : <https://www.thai.alibaba.com>, 2558

**3.4 บรอนซ์เบริลเลียม ( Bz Be )** เป็นโลหะทองแดงผสมเบริลเลียมประมาณ 2 % มีสีน้ำตาลปนแดง มีความแข็งแรงมาก ยึดหยุ่นตัวได้สูง นิยมใช้ทำเครื่องมือ เช่น สกัด ดอกเจาะ สปริงแข็ง ชุดแบบริง ดังแสดงในรูปที่ 5.10



(ก) สกัด

(ข) ดอกเจาะ

รูปที่ 5.10 แสดงลักษณะสกัด ที่ผลิตด้วยบรอนซ์เบริลเลียม

ที่มา : <http://www.wuthardware.com/store/product/view/OKURA> , 2558

3.5 ทองแดงหล่อ (Bz Pb) เป็นบรอนซ์ชนิดหนึ่งมีสีค่อนข้างแดง มีสมบัติเป็นวัสดุแข็งที่ดี รับภาระหนักได้ดี ใช้ทำแบริง ใช้หล่อเป็นตัวหนอน และล้อตามตัวหนอน ดังแสดงในรูปที่ 5.11



(ก) แบริง



(ข) ล้อตามตัวหนอน

รูปที่ 5.11 แสดงลักษณะวัสดุแข็งที่ผลิตด้วยทองแดงหล่อ

ที่มา : <https://www.thai.alibaba.com>, 2558

4. ดีบุกผสม (Sn + Pb + Bi + Cd + Sb) โลหะกลุ่มนี้เป็นโลหะที่มีจุดหลอมต่ำ สมบัติ

1. มีความลื่นตัว มีจุดหลอมต่ำ

ประโยชน์

1. ทำโลหะบัดกรี อุปกรณ์ในมิเตอร์วัดน้ำ ใช้ทำมิเตอร์ไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 5.12



(ก) มิเตอร์วัดน้ำ



(ข) มิเตอร์ไฟฟ้า

รูปที่ 5.12 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยดีบุกผสม

ที่มา : <http://www.pantip.com/topic>, 2558

ตารางที่ 5.2 แสดงลักษณะมาตรฐานของโลหะบัดกรีชนิดต่างๆ

โลหะ	มาตรฐาน	ส่วนผสม %	อุณหภูมิงานต่ำสุด	ตัวอย่างการใช้งาน
โลหะบัดกรี 25	L Sn 25	ดีบุก 25 % พลวง 1.7 % ตะกั่วที่เหลือ	257	บัดกรีด้วยเปลวไฟจากหัวเชื่อม
โลหะบัดกรี 60	L Sn 60	ดีบุก 60 % พลวง 3.3 % ตะกั่วที่เหลือ	185	บัดกรีสายไฟ ลวดและงานทั่วไป
โลหะบัดกรี	66.6 – 33.4	ดีบุก 66.7 % ตะกั่ว 33.4 %		งานบัดกรีทั่วไป
โลหะบัดกรี	50 – 50	ดีบุก 50 % ตะกั่ว 50 %	418	งานบัดกรีเหล็กแผ่น
โลหะบัดกรี	33.4 – 66.6	ดีบุก 33.4 % ตะกั่ว 66.6 %		งานบัดกรีที่ต่ออ่อนในงานประปา

#### 4.1 ดีบุกผสมหล่ออัด ใช้ทำระบบกลไกในมิเตอร์วัดไฟฟ้า และมาตรวัดน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 แสดงลักษณะมาตรวัดน้ำที่ผลิตด้วยดีบุกผสมหล่ออัด

ที่มา : <http://www.stkplumbing.com/product, 2558>

5. โลหะเบริง มีส่วนผสมของดีบุกประมาณ 88.9 % พลวง 7.4 % ทองแดง 3.7 % ใช้รองรับส่วนที่หมุนของเครื่องยนต์ เพื่อลดแรงเสียดทานลดแรงกระแทกและดูดซับแรงสั่นสะเทือนทำให้งานหมุนคล่อง ดังแสดงในรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยโลหะเบริง

ที่มา : [http://www.itemsell.net/317657\\_2558](http://www.itemsell.net/317657_2558)

6. ตะกั่วผสม ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วย ตะกั่วแข็ง ตะกั่วบัดกรี และตะกั่วเบริง แบ่งออกได้ดังนี้

1. ตะกั่วแข็ง (Hard Lead) เป็นตะกั่วที่มีส่วนผสมของพลวง 5 – 25 % เป็นตะกั่วที่มีความแข็งแรงมาก นิยมใช้หล่อตัวพิมพ์ชนิดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.15



รูปที่ 5.15 แสดงลักษณะหล่อตัวพิมพ์ที่ผลิตด้วยตะกั่วแข็ง

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

2. ตะกั่วบัดกรี ( Solder Lead ) เป็นตะกั่วผสมที่ใช้ร่วมกับดีบุก เพราะโลหะบัดกรีจะมีส่วนผสมของตะกั่วและดีบุกเป็นหลัก ส่วนโลหะใดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับลักษณะงานที่จะนำไปใช้เป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 แสดงลักษณะตะกั่วบัดกรี  
ที่มา : <http://www.telepart.net/> , 2558

3. ตะกั่วแบริง เป็นตะกั่วที่มีส่วนผสมของพลวง ดีบุก ทองแดง แคลเดียม เพื่อเพิ่มสมบัติด้านความลื่นความเรียบ การดูดซับแรงกระแทก แรงสั่นสะเทือน การผสมผสานกับวัสดุหล่อลื่น นิยมใช้ทำแบริง หล่อทำตัวพิมพ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.17

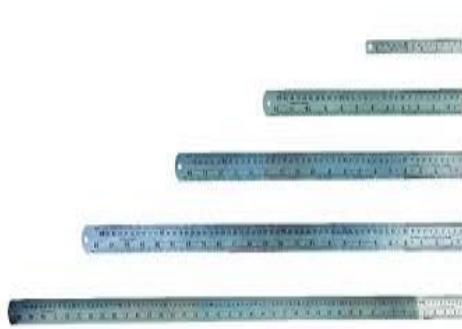


รูปที่ 5.17 แสดงลักษณะวัสดุตะกั่วแบริง

ที่มา : [http://www.thaiind.com/machine-tools.php?cate\\_id=65&group\\_id](http://www.thaiind.com/machine-tools.php?cate_id=65&group_id) , 2558

## 7. นิกเกิลผสม แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. นิกเกิลผสมทองแดง ( Ni + Cu ) มีนิกเกิล 70 % ทองแดง 30 % เป็นโลหะชนิดใหม่เรียกว่า โมเนล ( Monel Metal ) ทนต่อการกัดกร่อน และทนต่ออุณหภูมิสูง นิยมใช้ทำ อุปกรณ์ไฟฟ้า ขดลวดต้านทาน แหวนลูกสูบเครื่องยนต์ และบรรทัดเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 5.18



(ก) บรรทัดเหล็ก



(ข) ลูกสูบ

รูปที่ 5.18 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยนิกเกิลผสมทองแดง

ที่มา : <http://www.th.aliexpress.com/w/wholesale-toyota-piston-rings.html> , 2558

**2.นิกเกิลผสมเหล็ก (Ni + Fe)** โลหะชนิดนี้เรียกว่า อินเวอร์ สตีล (Invar Steel) ความเค้นแรงดึงสูงถึง 60กก./ตร.มม. ขยายตัวได้น้อย ถ้านิกเกิลผสมอยู่เกิน 25 % ขึ้นไป เหล็กจะหมดสมบัติด้านแม่เหล็ก ถ้านิกเกิล 30 % จะมีความต้านทานสูง ใช้นิยมใช้ทำ อุปกรณ์ไฟฟ้า ขดลวดต้านทาน แหวน ลูกสูบเครื่องยนต์ และบรรทัดโลหะ ดังแสดงในรูปที่ 5.19



(ก) บรรทัดโลหะ



(ข) ขดลวดต้านทาน

รูปที่ 5.19 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยนิกเกิลผสมเหล็ก

ที่มา : <http://www.th.aliexpress.com>, 2558

**3.นิกเกิลผสมโครเมียม (Ni + Cr)** มีนิกเกิล 70 – 92 % ทองแดง 8 -30 % ทนต่อความเร็วสูง ทนต่อการกัดได้ดี ถ้าผสมโครเมียม 35 % จะขึ้นรูปหรือแปดผิวได้ยาก นิยมใช้ทำเป็นท่อ ลวด เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 5.20



(ก) ท่อ



(ข) ลวด

รูปที่ 5.20 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยนิกเกิลผสมโครเมียม

ที่มา : <http://www.goberngroup.com/product, 2558>

**8. เงินเยอรมัน ( German Silver )** สัญลักษณ์ Ns โลหะผสมระหว่าง ทองแดง 40 – 70 % สังกะสี 20 – 45 % และ นิกเกิล 10 - 30 % มีลักษณะสีคล้ายเงิน ผลิตครั้งแรกในเยอรมนี จึงเรียกว่า “เงินเยอรมัน” มีสมบัติคือ มีความแข็ง คม ทนอุณหภูมิสูง ทนต่อการกัดกร่อน นิยมใช้ผลิตเครื่องมือที่มีคม เครื่องมือเขียนแบบ และส่วนผสมของลวดเชื่อมเงิน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 5.21



(ก) เครื่องมือเขียนแบบ



(ข) มีด

รูปที่ 5.21 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยเงินเยอรมัน

ที่มา : <http://www.gun.in.th/2012/index.php?topi , 2558>

**9. คอนสแตนแตน ( Constantan )** เป็นโลหะทองแดงผสมนิกเกิลอยู่ประมาณ 40 – 50 % มีความแข็ง ทนอุณหภูมิสูง ทนการกัดกร่อน ทนการสึกหรอได้ดี ใช้ทำอุปกรณ์ในงานไฟฟ้า เช่น สตาร์ทเตอร์ ลวดความต้านทาน ดังแสดงในรูปที่ 5.22



(ก) สตาร์ทเตอร์

(ข) ลวดต้านทาน

รูปที่ 5.22 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยคอนสแตนแตน

ที่มา : <http://www.th.aliexpress.com> , 2558

## 5.5 ความหมายของโลหะเบาผสม

โลหะเบาผสม หมายถึง โลหะที่มีส่วนผสมของโลหะเบาเป็นส่วนผสมหลัก ได้แก่ อะลูมิเนียมผสม แมกนีเซียมผสม

## 5.6 ชนิดของโลหะเบาผสม

โลหะเบาผสม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. อะลูมิเนียมผสม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1.1 ชนิดนิ่ม จะเรียกกันว่า (Gattung) นำหน้า เช่น

1.1.1 Gattung Al + Cu + Mg (อะลูมิเนียมผสมทองแดงและแมกนีเซียม) ได้โลหะใหม่ คือ ดิวตาลูมิน เป็น โลหะผสมอะลูมิเนียมที่สำคัญ ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องบิน และใช้งานที่อุณหภูมิสูงไว้ ป้องกันการกัดกร่อนได้ดีถ้าต้องการนำไปจนถึงต้องผสมตะกั่วลงไปประมาณ 1.5 %

1.1.2 Gattung Al + Mg + Si (อะลูมิเนียมผสมแมกนีเซียมและซิลิกอน) มีความแข็งแรงปานกลาง ชัดมันได้สวยงาม ใช้ทำโครงสร้างชิ้นงานในอุตสาหกรรมเคมีปาดผิวได้ดีแต่ต้องผสมตะกั่ว ดีบุก แคดเมียม และบิสมัทลงไปด้วย

1.1.3 Gattung Al + Mg (อะลูมิเนียมผสมแมกนีเซียม) มีความแข็งแรงทนต่อการกัดกร่อนทนต่อน้ำทะเล ชัดขึ้นเงาได้ง่าย เคลือบสีได้

1.1.4 Gattung Al + Cu + Ni (อะลูมิเนียมผสมทองแดงผสมนิกเกิล) ดีขึ้นรูปได้ง่าย ใช้ทำฝาสูบ และลูกสูบเครื่องยนต์

1.2 ชนิดหล่อ จะเขียนคำว่า (Gattung) นำหน้าตามด้วยตัว G เช่น

1.2.1 Gattung G Al + Si (อะลูมิเนียมผสมซิลิกอน) เป็นอะลูมิเนียมผสมที่ใช้กับงานหล่อ ชิ้นงานยาก ๆ งานบาง ๆ



1.2.2 Gattung  $G \text{ Al} + \text{Si} + \text{Mg}$  (อะลูมิเนียมผสมซิลิกอนผสมแมกนีเซียม) เป็นอะลูมิเนียมผสมที่เชื่อมประสานได้ แข็ง ลึกหรือยาก



(ก) ลูกสูบ

(ข) ฝาสูบ

รูปที่ 5.23 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยอะลูมิเนียมผสม

ที่มา : <https://www.sites.google.com/site/aluminium9999,2558>

## 2.แมกนีเซียมผสม

การใช้งานของแมกนีเซียมผสมคล้ายกับอะลูมิเนียมผสมแต่เป่าดผิวได้ง่ายกว่าผิวจะเรียบกว่าโลหะผสมอื่น ๆ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

### 2.1 ชนิดนึ่ง ใต้แก่

2.1.1 Gattung  $Mg + Mn$  (แมกนีเซียมผสมแมงกานีส) แมกนีเซียมผสมชนิดนี้เชื่อมได้ใช้กับงานอัด งานตีขึ้นรูป ทำถังน้ำมันบนเครื่องบินมีลักษณะเป็นแผ่น ท่อ แท่ง ภาคตัดเป็นรูปต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.24



รูปที่ 5.24 แสดงลักษณะถังน้ำมันเครื่องบินที่ผลิตด้วยแมกนีเซียมผสมแมงกานีส

ที่มา : <https://www.baramee.wordpress.com,2558>

2.1.2 Gattung Mg + Al (แมกนีเซียมผสมอะลูมิเนียม) มีความแข็งแรงทนทานดีมาก ใช้เป็นงานหล่อ งานตีขึ้นรูป เป็นเส้นที่มีหน้าตัดต่าง ๆ ได้ใช้ทำชิ้นส่วนรถยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องจักรพิเศษ ดังแสดงในรูปที่ 5.25



(ก) ชิ้นส่วนเครื่องจักร



(ข) ชิ้นส่วนรถยนต์

รูปที่ 5.25 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยแมกนีเซียมผสมอะลูมิเนียม  
ที่มา : [http://www.tpa.or.th/writer/read\\_this\\_book\\_topic.php](http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php), 2558

## 2.2 ชนิดหล่อ ได้แก่

2.2.1 Gattung G Mg + Al + Zn (แมกนีเซียมผสมอะลูมิเนียม ผสมสังกะสี) ใช้กับงานหล่อมีอัตรายึดตัวมาก แข็งแรงรับภาระได้สูง ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ใช้ทำชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 5.26



รูปที่ 5.26 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยแมกนีเซียมผสมอะลูมิเนียมผสมสังกะสี  
ที่มา : <http://www.seangkong.ran4u.com>, 2558

### 5.7 ความหมายของโลหะซินเตอร์ ( Sinter Metal )

โลหะซินเตอร์ หมายถึงโลหะแข็งที่ผ่านกระบวนการผลิตชิ้นงานจากโลหะผง ซึ่งทำให้ได้โลหะที่มีความแข็งแรงมาก ใช้สำหรับผลิตเป็นคอมดักชนิดต่างๆ

### 5.8 วัตถุดิบที่นำมาผลิตโลหะซินเตอร์

ในกรรมวิธีการผลิตโลหะซินเตอร์ จะมีการนำวัตถุดิบมาผลิต ดังนี้

1. ผงโคบอลต์ ( ทำหน้าที่เป็นวัสดุประสาน )
2. ผงทังสเตนคาร์ไบด์
3. ผงไทเทเนียมคาร์ไบด์
4. ผงแทนทาลัมคาร์ไบด์

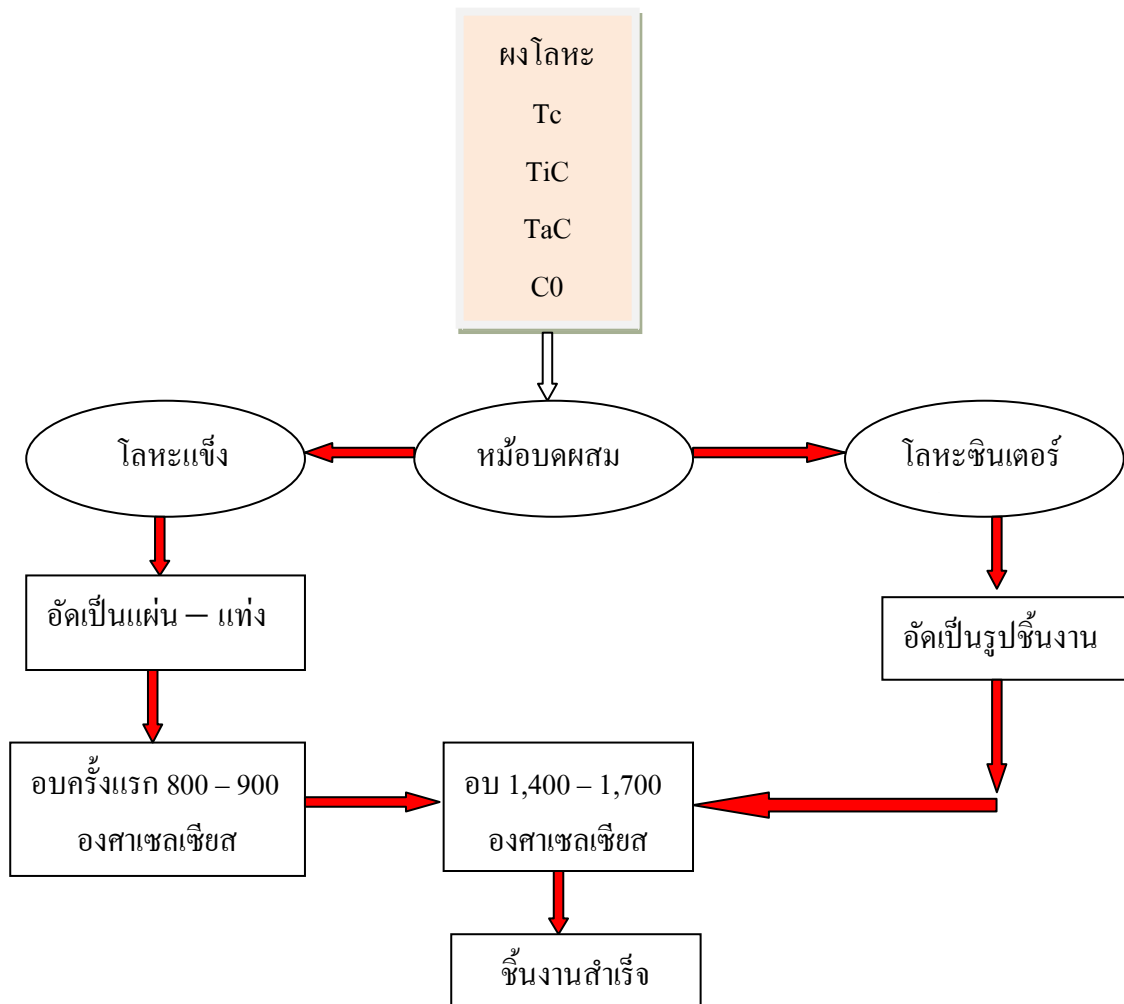


รูปที่ 5.27 แสดงลักษณะวัตถุดิบที่นำมาผลิตโลหะซินเตอร์

ที่มา : <http://www.beauty24store.com>, 2558

### 5.9 ขั้นตอนกระบวนการผลิตโลหะซินเตอร์ มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1.การผลิตผงโลหะ ( Powder Production ) จะใช้ทังสเตนคาร์ไบด์ประมาณ 70 – 85 % ไททาเนียมคาร์ไบด์ ประมาณ 10 - 15% และใช้ โคบอลต์เป็นวัสดุประสาน 5 – 15 % ใช้ตัวมันบดตัวเองจนเป็นผง
- 2.การผสมโลหะให้กลมกลืนกัน ( Blending )
3. การอัดขึ้นรูป ( Compaction ) โดยการนำไปอัดขึ้นรูปด้วยแรงอัด โดยใช้ความดัน 400 บาร์ ( บรรยากาศ )
- 4.การเผา ( Sintering ) โดยการนำเข้าเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 800 – 1,000 องศาเซลเซียส จนเม็ดเกรนโลหะหลอมละลายติดกัน และนำชิ้นงานมาตกแต่งเสร็จแล้วนำไปอบหลอมละลายอีกครั้งที่อุณหภูมิ 1,400 – 1,700 องศาเซลเซียส
- 5.การตกแต่งขั้นสำเร็จ ( Finishing Operation ) นำชิ้นงานดังกล่าวไปผ่านกระบวนการตกแต่งขั้นสุดท้าย เช่น การเจียรนัยเพื่อปรับปรุงขนาด การชุบผิวด้วยไฟฟ้า เป็นต้น



แผนภูมิที่ 5.1 แสดงลักษณะกระบวนการผลิตโลหะซินเตอร์

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

### 5.10 สมบัติของโลหะซินเตอร์

สมบัติของชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีผลิตโลหะซินเตอร์ มีดังนี้

1. ทนความร้อนได้สูง
2. ทนต่อการกัดกร่อน
3. ใช้โลหะหนักและโลหะแข็งมาผลิตได้
4. มีความเปราะ แตกหักง่ายเนื่องจากมีรูพรุน
5. มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา ลักษณะเป็นรูพรุน
6. มีความแข็งสูง
7. นำไปผลิตชิ้นงานที่มีความคมมากๆ เช่น มีดกลึงแบบพิเศษ

### 5.11 ประโยชน์การใช้งานของโลหะซินเตอร์ มีดังนี้

1. ทำเฟือง
2. ลูกเบี้ยว
3. บูช
4. เครื่องมือตัดต่างๆ



รูปที่ 5.28 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ได้จากกรรมวิธีผลิตโลหะซินเตอร์

ที่มา : <http://www.thaiind.com/machine-tools-spare-parts-accessories.php?> , 2558

## สรุปท้ายหน่วย

โลหะผสม หมายถึงการนำโลหะตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป นำมาผสมและหลอมละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกันในอัตราส่วนที่กำหนดโดยมาตรฐาน โลหะที่มีส่วนผสมมากกว่าเรียกว่า โลหะหลักในการผสมเพื่อให้ได้โลหะใหม่ซึ่งมีสมบัติทางกล ทางไฟฟ้า และทางเคมีตามความต้องการ เป็นต้น

โลหะผสม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. โลหะหนักผสม 2. โลหะเบาผสม

### ข้อดีของโลหะผสม

1. มีความแข็ง 2. มีความแข็งแรง 3. ทนต่อการสึกหรอไม่มีสนิม 4. สีสวยงามสีเปลี่ยนจากโลหะเดิม 5. ทนต่อความเค้นแรงดึง 6. ใช้งานได้มากกว่าเดิม

### ข้อเสียของโลหะผสม

1. จุดหลอมเหลวจะลดลง 2. การนำไฟฟ้าจะลดลง

1. โลหะหนักผสม หมายถึง โลหะที่มีส่วนผสมของโลหะหนักเป็นส่วนผสมหลัก โลหะที่เกิดจากการผสมจะมีสมบัติดีกว่าโลหะแม่ (โลหะเดิม) ที่นิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน แบ่งออกเป็นดังนี้

1. สังกะสีผสม (Zn + Al + Mn + Cu) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 สังกะสีชนิดรีด

1.2 สังกะสีชนิดหล่ออัด

2. ทองแดงผสม ที่นิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบัน ประกอบด้วยทองเหลือง บรอนซ์ เงินเยอรมัน และคอนสแตนแตน แบ่งออกเป็นดังนี้

2.1 ทองเหลือง (Brass) สัญลักษณ์ Ms ประกอบด้วย

2.1.1 ทองเหลืองหล่อ (Cast Brass)

2.1.2 ทองเหลืองรีด (Rolled Brass)

2.1.3 ทองเหลืองพิเศษได้แก่ทองเหลืองที่ผสมโลหะอื่นเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ทองเหลืองที่มีสมบัติตรงตามความต้องการในการใช้งาน ได้แก่

1. ทองเหลืองดีบุก (Ms Sn)

2. ทองเหลืองตะกั่ว (Ms Pb)

3. ทองเหลืองอะลูมิเนียม (Ms Al)

4. ทองเหลืองเหล็ก (Ms Fe)

5. ทองเหลืองแมงกานีส (Ms Mn)

3. บรอนซ์ (Bronze) ที่นิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วย

3.1 บรอนซ์อะลูมิเนียม (Bz AL)

3.2 บรอนซ์ดีบุก (Bz Sn)

3.3 บรอนซ์ตะกั่ว (Bz Pb)

3.4 บรอนซ์เบริลเลียม ( Bz Be )

3.5 ทองแดงหล่อ ( Bz Pb )

4. ดีบุกผสม ( Sn + Pb + Bi + Cd + Sb ) แบ่งออกเป็นดังนี้

1. ดีบุกผสมหล่ออัด ใช้ทำระบบกลไกในมอเตอร์วัดไฟฟ้า และมาตรวัดน้ำ

5. โลหะแบริง ใช้รองรับส่วนที่หมุนของเครื่องยนต์

6. ตะกั่วผสม ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วย

1. ตะกั่วแข็ง ( Hard Lead )

2. ตะกั่วบัดกรี ( Solder Lead )

3. ตะกั่วแบริง

7. นิกเกิลผสม แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

1. นิกเกิลผสมทองแดง ( Ni + Cu )

2. นิกเกิลผสมเหล็ก ( Ni + Fe )

3. นิกเกิลผสมโครเมียม ( Ni + Cr )

8. เงินเยอรมัน นิยมใช้ผลิตเครื่องมือที่มีคม เครื่องมือเขียนแบบ และส่วนผสมของลวด

เชื่อมเงิน

2. โลหะเบาผสม หมายถึง โลหะที่มีส่วนผสมของโลหะเบาเป็นส่วนผสมหลัก แบ่งออกเป็นดังนี้

1. อะลูมิเนียมผสม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1.1 ชนิดนิ่ม จะเรียกคำว่า ( Gattung ) นำหน้า

1.2 ชนิดหล่อ จะเขียนคำว่า ( Gattung ) นำหน้าตามด้วยตัว G

2. แมกนีเซียมผสม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

2.1. ชนิดนิ่ม ได้แก่

1. Gattung Mg + Mn (แมกนีเซียมผสมแมงกานีส) แมกนีเซียมผสมชนิดนี้เชื่อมได้ใช้กับงานอัด งานตีขึ้นรูป ทำถังน้ำมันบนเครื่องบินมีลักษณะเป็นแผ่น ท่อ แท่ง ภาคตัดเป็นรูปต่างๆ

2. Gattung Mg + Al (แมกนีเซียมผสมอะลูมิเนียม) มีความแข็งแรงทนทานดีมาก ใช้เป็นงานหล่อ งานตีขึ้นรูป เป็นเส้นที่มีหน้าตัดต่างๆ ได้ใช้ทำชิ้นส่วนรถยนต์ชิ้นส่วนเครื่องจักรพิเศษ

2.2 ชนิดหล่อ ได้แก่

1. Gattung G Mg + Al + Zn (แมกนีเซียมผสมอะลูมิเนียม ผสมสังกะสี) ใช้กับงานหล่อมีอัตรายึดตัวมาก แข็งแรงรับภาระได้สูง ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ใช้ทำชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์

โลหะซินเตอร์ หมายถึง โลหะแข็งที่ผ่านกระบวนการผลิตชิ้นงานจากโลหะผง ซึ่งทำให้ได้โลหะที่มีความแข็งแรงมาก ใช้สำหรับผลิตเป็นคอมดัดชนิดต่างๆ

**วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นโลหะซินเตอร์ มีดังนี้**

- 1.ผงโคบอลต์ ( ทำหน้าที่เป็นวัสดุประสาน )
- 2.ผงทังสเตนคาร์ไบด์
- 3.ผงไทเทเนียมคาร์ไบด์
4. ผงแทนทาลัมคาร์ไบด์

**กระบวนการผลิตโลหะซินเตอร์ มี 5 ขั้นตอน ดังนี้**

- 1.การผลิตผงโลหะ ( Powder Production )
- 2.การผสมโลหะให้กลมกลืนกัน ( Blending )
3. การอัดขึ้นรูป ( Compaction )
- 4.การเผา ( Sintering )
- 5.การตกแต่งชิ้นสำเร็จ ( Finishing Operation )

**สมบัติของโลหะซินเตอร์**

- 1.ทนความร้อนได้สูง
- 2.ทนต่อการกัดกร่อน
- 3.ใช้โลหะหนักและโลหะแข็งมาผลิตได้
- 4.มีความเปราะ แตกหักง่ายเนื่องจากมีรูพรุน
5. มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา ลักษณะเป็นรูพรุน
- 6.มีความแข็งแรงสูง
7. นำไปผลิตชิ้นงานที่มีความคมมากๆ เช่น มีดกลึงแบบพิเศษ

**ประโยชน์การใช้งานของโลหะซินเตอร์**

- 1.ทำเฟือง
- 2.ลูกเบี้ยว
- 3.บูช
- 4.เครื่องมือตัดต่างๆ

**คำศัพท์ประจำหน่วย**

1. Alloy หมายถึง โลหะผสม
2. Brass หมายถึง ทองเหลือง
3. Bronze หมายถึง บรอนซ์
4. Invar Steel หมายถึง โลหะผสมเหล็ก
5. Powder Production หมายถึง การผลิตโลหะผง
6. Blending หมายถึง การผสมโลหะให้กลมกลืนกัน
7. Compaction หมายถึง การอัดขึ้นรูป
8. Sintering หมายถึง การเผา
9. Finishing Operation หมายถึง การตกแต่งชิ้นสำเร็จ



## ใบงานหน่วยที่ 5

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนชื่อของโลหะหนัก ลักษณะ และประโยชน์การใช้งาน มา 9 ชนิด ในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 9 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะหนักผสม	ส่วนผสม	ประโยชน์ใช้งาน
ตัวอย่าง	ทองเหลือง	สีแดงบรอนซ์ อ่อนเหนียว	ทำสายไฟ ปลอกกระสุน
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

2. ให้นักเรียนกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนชื่อโลหะเบาผสม ลักษณะ และประโยชน์การใช้งาน มา 2 ชนิด ในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 1 คะแนน ) เวลา 2 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะเบาผสม	ลักษณะ	ประโยชน์ใช้งาน
ตัวอย่าง	อะลูมิเนียมผสม	สีเงิน ผิวละเอียด	ทำกรอบประตู ฝาสูบเครื่องยนต์
1			

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 5

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของโลหะผสม
2. จงบอกความหมายของโลหะหนักผสม
3. จงยกตัวอย่างของโลหะหนักผสมมา 5 ชนิด
4. จงบอกความหมายของโลหะเบาผสม
5. จงยกตัวอย่างของโลหะเบาผสม 2 ชนิด
6. จงบอกความหมายของโลหะซินเตอร์
7. จงบอกวัสดุที่นำมาผลิตโลหะซินเตอร์
8. กระบวนการผลิตโลหะแบบซินเตอร์ มีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง
9. จงบอกสมบัติของโลหะซินเตอร์ มา 5 ข้อ
10. จงยกตัวอย่างชิ้นงานที่ผลิตด้วยกรรมวิธีโลหะซินเตอร์

## เฉลยใบงานหน่วยที่ 5

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อของโลหะหนัก ลักษณะ และประโยชน์การใช้งาน มา 10 ชนิด ในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 10 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะหนักผสม	ส่วนผสม	ประโยชน์ใช้งาน
ตัวอย่าง	ทองเหลือง	ทองแดง และสังกะสี	ทำสายไฟ ปลอกกระสุน
1	สังกะสีผสมชนิดรีด	อะลูมิเนียม 4-12% ทองแดงและแมงกานีส	ใช้แทนทองเหลืองได้ดี
2	ทองเหลืองหล่อ	ทองแดง สังกะสี และดีบุก	นิยมใช้ทำก๊อกน้ำ
3	ทองเหลืองแมงกานีส	ทองเหลืองผสมแมงกานีส	ก้านสูบ ก้านลิ้น ไขพัด
4	บรอนซ์ดีบุก	ทองแดงผสมดีบุก	หล่อระฆัง
5	บรอนซ์อะลูมิเนียม	โลหะทองแดงผสม อะลูมิเนียม	ทำทุ่นอาร์มาเจอร์ ทำชุดเฟืองหนอน
6	โลหะแบริง	ดีบุก พลวง ทองแดง	รองรับส่วนที่หมุนของ เครื่องยนต์
7	ตะกั่วแข็ง	ตะกั่วที่มีส่วนผสมของ พลวง	หล่อตัวพิมพ์ชนิดต่างๆ
8	ตะกั่วแบริง	ตะกั่วที่มีส่วนผสมของ พลวง ดีบุก ทองแดง แคดเมียม	โลหะแบริง
9	เงินเยอรมัน	ทองแดง สังกะสี และ นิกเกิล	เครื่องมือที่มีคม เครื่องมือเขียนแบบ
10	คอนสแตนแตน	ทองแดงผสมนิกเกิล	อุปกรณ์งานไฟฟ้า

2. ให้นักเรียนกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนชื่อโลหะเบาผสม ลักษณะ และประโยชน์การใช้งาน มา 1 ชนิด ในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 1 คะแนน ) เวลา 2 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะเบาผสม	ลักษณะ	ประโยชน์ใช้งาน
ตัวอย่าง	อะลูมิเนียมผสม	สีเงิน ผิวละเอียด	ทำกรอบประตู ฝาสูบเครื่องยนต์
1	แมกนีเซียมผสม	มีน้ำหนักเบา ประมาณ $\frac{2}{3}$ เท่าของ อะลูมิเนียม	ใช้ทำเสื้อสูบ ลูกสูบเครื่องยนต์

## ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 5

ชื่อ – ชื่อสกุล ..... แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้  
เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 5	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน)	ดีมาก ( 9 – 10 )	ดี ( 7 – 8 )	พอใช้ ( 5 – 6 )

### เกณฑ์การประเมินผล

- |                          |           |       |         |              |
|--------------------------|-----------|-------|---------|--------------|
| <input type="checkbox"/> | 9 - 10    | คะแนน | หมายถึง | ดีมาก        |
| <input type="checkbox"/> | 7 - 8     | คะแนน | หมายถึง | ดี           |
| <input type="checkbox"/> | 5 - 6     | คะแนน | หมายถึง | พอใช้        |
| <input type="checkbox"/> | ต่ำกว่า 4 | คะแนน | หมายถึง | ต้องปรับปรุง |

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวน  
ใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 5 และทำใบงานใหม่

## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 5

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของโลหะผสม

ตอบ การนำโลหะตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป นำมาผสมและหลอมละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ในอัตราส่วนที่กำหนดโดยมาตรฐาน โลหะที่มีส่วนผสมมากกว่าเรียกว่าโลหะหลักในการผสม เพื่อให้ได้โลหะใหม่ ซึ่งมีสมบัติทางกล ทางไฟฟ้า และทางเคมี ตามความต้องการ

2. จงบอกความหมายของโลหะหนักผสม

ตอบ โลหะที่มีส่วนผสมของโลหะหนักเป็นส่วนผสมหลัก โลหะที่เกิดจากการผสมนี้มีสมบัติดีกว่าโลหะแม่ (โลหะเดิม) ได้แก่ สังกะสีผสม ทองแดงผสม สังกะสีผสม บรอนซ์ ตะกั่วผสม นิกเกิลผสม

3. จงยกตัวอย่างของโลหะหนักผสมมา 5 ชนิด

ตอบ 1. สังกะสีผสม 2. ทองแดงผสม 3. บรอนซ์ 4. ดีบุกผสม 5. ตะกั่วผสม

4. จงบอกความหมายของโลหะเบาผสม

ตอบ โลหะที่มีส่วนผสมของโลหะเบาผสมเป็นส่วนผสมหลัก

5. จงยกตัวอย่างของโลหะเบาผสม 2 ชนิด

ตอบ 1. อะลูมิเนียมผสม 2. แมกนีเซียมผสม

6. จงบอกความหมายของโลหะซินเตอร์

ตอบ โลหะแข็งที่ผ่านกระบวนการผลิตขึ้นงานจากโลหะผง ซึ่งทำให้ได้โลหะที่มีความแข็งแรงมาก ใช้สำหรับเป็นคมตัดชนิดต่างๆ

7. จงบอกวัสดุที่นำมาผลิตโลหะซินเตอร์

ตอบ 1. ผงโคบอลต์ ( ทำหน้าที่เป็นวัสดุประสาน ) 2. ผงทังสเตนคาร์ไบด์ 3. ผงไทเทเนียมคาร์ไบด์ 4. ผงแทนทาลัมคาร์ไบด์

8. กระบวนการผลิตโลหะแบบซินเตอร์ มีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง

ตอบ 1. การผลิตผงโลหะ จะใช้ทังสเตนคาร์ไบด์ประมาณ 70 – 85 % ไททาเนียมคาร์ไบด์ ประมาณ 10 - 15% และใช้ โคบอลต์เป็นวัสดุประสาน 5 – 15 % ใช้ตัวมันบดตัวเองจนเป็นผง

2. การผสมโลหะให้กลมกลืนกัน
3. การอัดขึ้นรูปโดยการนำไปอัดขึ้นรูปด้วยแรงอัด โดยใช้ความดัน 400 บาร์ ( บรรยากาศ )
4. การเผา โดยการนำเข้าเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 800 – 1,000 องศาเซลเซียส จนเม็ดเกรนโลหะ

หลอมละลายติดกัน และนำชิ้นงานมาตกแต่งเสร็จแล้วนำไปอบหลอมละลายอีกครั้งที่อุณหภูมิ 1,400 – 1,700 องศาเซลเซียส

5. การตกแต่งชิ้นสำเร็จ นำชิ้นงานไปผ่านกระบวนการตกแต่งขั้นสุดท้าย เช่น การเจียรนัย เพื่อปรับปรุงขนาด การชุบผิวด้วยไฟฟ้า เป็นต้น

9. จงบอกสมบัติของโลหะซินเตอร์ มา 5 ข้อ

ตอบ 1.ทนความร้อนได้สูง 2.ทนต่อการกัดกร่อน 3.ใช้โลหะหนักและโลหะแข็งมาผลิตได้

4. มีความเปราะ แตกหักง่ายเนื่องจากมีรูพรุน 5. มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา ลักษณะเป็นรูพรุน

10. จงยกตัวอย่างชิ้นงานที่ผลิตด้วยกรรมวิธีโลหะซินเตอร์

ตอบ 1.ทำเฟือง 2.ลูกเบี้ยว 3.บูช 4.เครื่องมือตัดต่างๆ







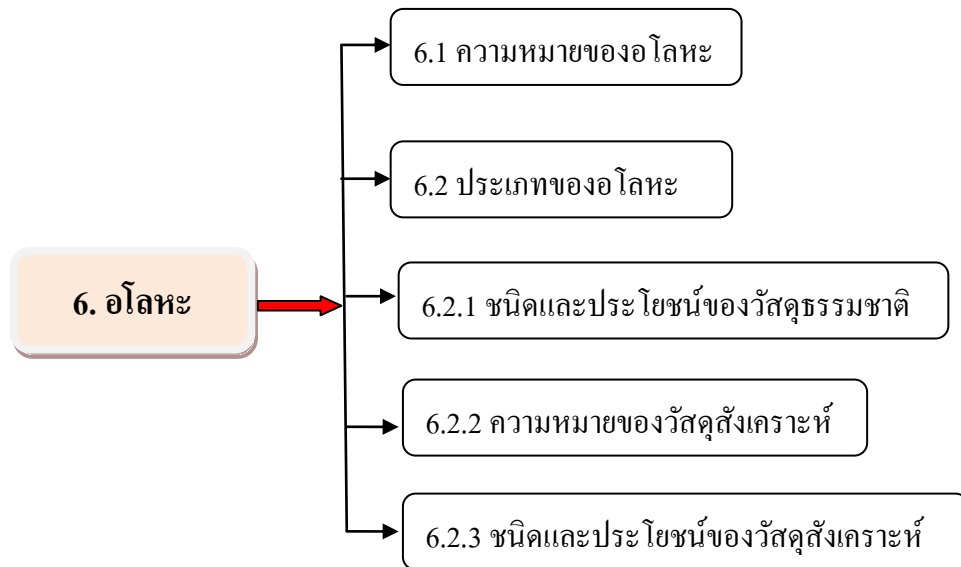
### เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

หน่วยที่ 6 อโลหะ



## ผังมโนทัศน์



## หน่วยที่ 6

### อโลหะ

#### แนวคิด

อโลหะ เป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมา ส่วนมากนิยมใช้ทำเครื่องใช้ทั่วไป ฉนวนป้องกันความร้อน ฉนวนป้องกันไฟฟ้า ( ยกเว้นคาร์บอน ) ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันได้แก่ ไม้ ยางสังเคราะห์ ไยหิน หนังสัตว์ สี กาว พลาสติก กระเบื้อง ผนังและสิ่งทอ ปูนซีเมนต์ และกระดาษ เป็นต้น

#### สาระการเรียนรู้

- 6.1 ความหมายของอโลหะ
- 6.2 ประเภทของอโลหะ
  - 6.2.1 ชนิดและประโยชน์ของวัสดุธรรมชาติ
  - 6.2.2 ความหมายของวัสดุสังเคราะห์
  - 6.2.3 ชนิดและประโยชน์ของวัสดุสังเคราะห์

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1.บอกความหมายของอโลหะได้อย่างถูกต้อง
- 2.จำแนกประเภทของอโลหะได้อย่างถูกต้อง
- 3.บอกชนิดและประโยชน์ของวัสดุธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง
- 4.บอกความหมายของวัสดุสังเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง
- 5.บอกชนิดและประโยชน์ของวัสดุสังเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง
- 6.มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

## 6.1 ความหมายของโลหะ

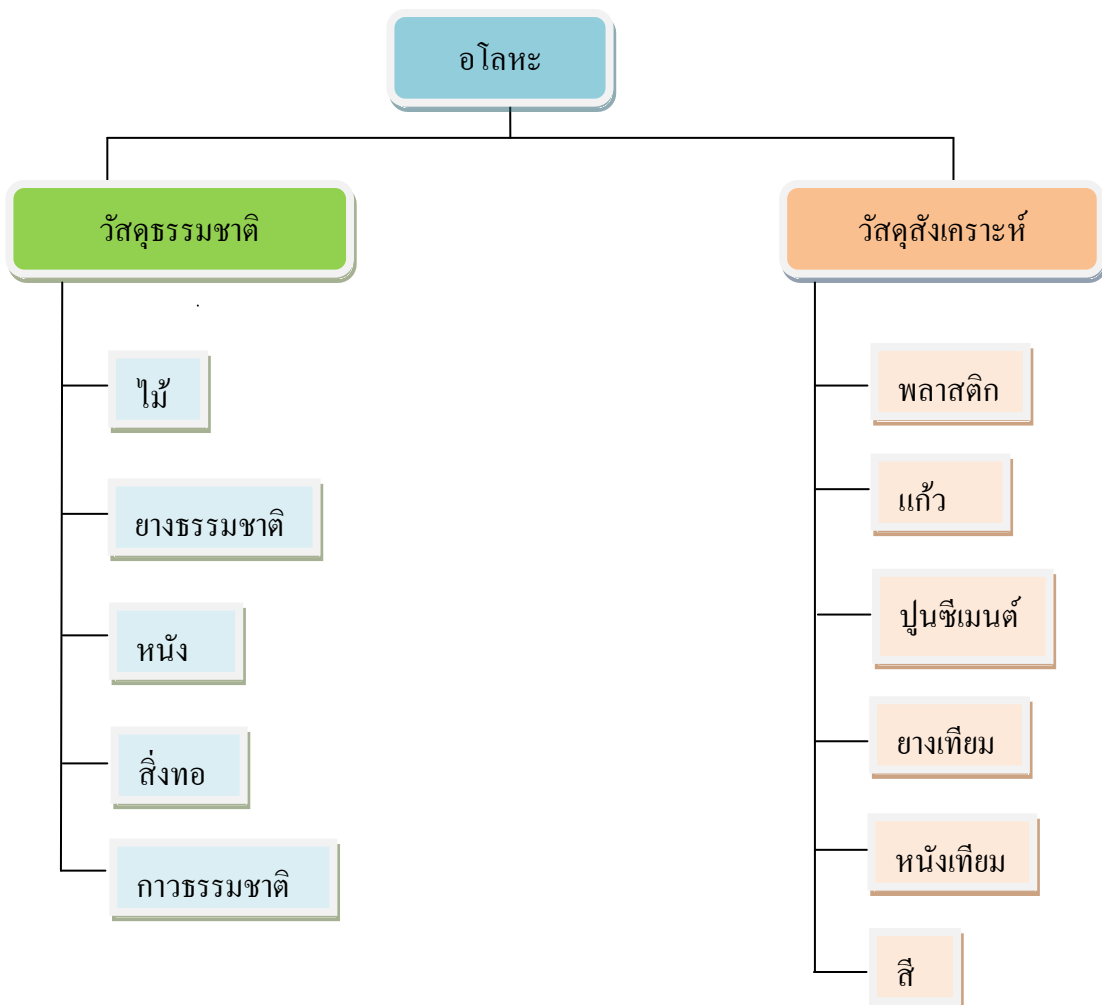
โลหะ หมายถึง วัสดุที่ได้จากธรรมชาติ หรือได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมา เช่น พลาสติก ปูนซีเมนต์ แก้ว ไม้ ยาง น้ำมัน เป็นต้น มีสมบัติแตกต่างจากโลหะ การเรียงตัวของอะตอมไม่เป็นระเบียบ

## 6.2 ประเภทของโลหะ

โลหะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. **วัสดุธรรมชาติ** หมายถึง วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ใช้ประโยชน์โดยทั่วไป เช่น ไม้ ยางธรรมชาติ หนัง สิ่งทอ และกาวธรรมชาติ เป็นต้น

2. **วัสดุสังเคราะห์** หมายถึง วัสดุที่ผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีทางเคมี เพื่อให้เป็นสารชนิดใหม่ หรือผลิตขึ้นเพื่อทดแทนวัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติ โดยมีสมบัติที่ดีกว่าหรือใกล้เคียงในการนำมาใช้ประโยชน์ เช่น พลาสติก แก้ว ปูนซีเมนต์ ยางเทียม หนังเทียม และ สี เป็นต้น



แผนภูมิที่ 6.1 แสดงลักษณะประเภทของโลหะ

ที่มา : นายสุเทพ นุชิต , 2558

### 6.2.1 ชนิดและประโยชน์ของวัสดุธรรมชาติ

วัสดุธรรมชาติที่นำมาใช้ แบ่งออกได้ดังนี้

1. ไม้ (Wood) ได้จากการนำต้นไม้ที่มีอายุมากๆ ขนาดใหญ่มาแปรรูป เพื่อนำไปใช้งานตามความเหมาะสมในด้านความสวยงามและความแข็งแรงทนทาน สีของไม้โดยทั่วไปจะเป็นสีน้ำตาลดำ น้ำตาลเหลือง และน้ำตาลแดง ไม้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1.1 ไม้เนื้อแข็ง

1.2 ไม้เนื้อแข็งปานกลาง

1.3 ไม้เนื้ออ่อน

1.1. ไม้เนื้อแข็ง มีลักษณะเนื้อแน่น มีความแข็งแรงสูง แปรรูปและตัดแต่งได้ยาก ผิวเรียบ ชักเงาได้ดี ทนปลวกและมอด ใช้ในงาน โครงสร้างที่ต้องรับภาระมาก และงานที่ต้องการความสวยงาม เช่น กาน ดง แปะ พื้น เครื่องเรือน เป็นต้น ที่นิยมใช้งานในปัจจุบัน ได้แก่

1. ไม้แดง มีสีน้ำตาลแดง เนื้อละเอียด เนื้อเหนียว แข็งแรงทนทาน ติดไฟยาก

2. ไม้เต็ง มีสีน้ำตาล เลียนหยาบ ใสตกแต่งได้ยาก ทนแดด ทนฝน เมื่อใช้งานจะมีรอยร้าวเป็นเส้นเล็กๆที่ผิว

3. ไม้รัง มีสีน้ำตาลเหลือง เนื้อหยาบ หนัก ใสตกแต่งได้ยาก จัดอยู่ในชนิดเดียวกันกับไม้เต็ง

4. ไม้ประดู่ มีสีน้ำตาลดำ มีลายสวยงาม เนื้อละเอียดปานกลาง

5. ไม้ชิงชัน มีสีน้ำตาลม่วง มีเส้นสีดำแทรก เลียนไม้เป็นระเบียบเนื้อละเอียดปานกลาง ใช้ทำเครื่องเรือน และด้ามของเครื่องมือต่างๆ

6. ไม้มะค่าโมง มีสีน้ำตาลอมเหลือง เนื้อหยาบเป็นมัน มีตา มีปุมสวยงาม ใช้ทำเครื่องเรือนที่มีราคาแพง

7. ไม้ตะเคียน มีสีน้ำตาลแก่ เลียนตรงเนื้อหยาบปานกลาง ตกแต่งได้ง่าย ใช้ทำวงกบและทำเรือ

8. ไม้เคี่ยม มีสีน้ำตาลดำ เลียนสั้น เนื้อละเอียด แข็ง เหนียว ทนแดด และทนฝน



(ก) ตู้



(ข) เก้าอี้

รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะเครื่องใช้ที่ผลิตจากไม้เนื้อแข็ง

ที่มา : <http://www.haaksquare.com/th/node/2960,2558>

**1.2 ไม้เนื้อแข็งปานกลาง** มีความแข็งแรงปานกลาง เนื้อละเอียด ตกแต่งได้ง่าย นิยมใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ไม้ชนิดนี้ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

1. ไม้สัก มีสีน้ำตาลอมเหลือง มีลวดลายสวยงาม ความแข็งแรงปานกลาง มีน้ำมันในตัว มีความทนทานสูง มอดปลวกไม่กิน ตกแต่งได้ง่าย ชักเงาได้ดี นิยมใช้ทำเครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์
2. ไม้ตะแบก มีสีน้ำตาลอมเทา เส้นตรงเนื้อละเอียดปานกลางไม่ทนแดดและฝนตกแต่งได้ง่าย
3. ไม้โมกมัน มีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อละเอียด เส้นตรง ตกแต่งได้ง่าย



(ก) ตู้เสื้อผ้า



(ข) เก้าอี้

รูปที่ 6.2 แสดงลักษณะเครื่องใช้ที่ผลิตจากไม้เนื้อแข็งปานกลาง

ที่มา : <http://www.careandliving.com,2558>

**1.3 ไม้เนื้ออ่อน** มีลักษณะเนื้อหยาบ อ่อน ความแข็งแรงน้อย นิยมใช้งานชั่วคราวที่ไม่รับภาระมากนัก เช่น ไม้แบบ เฟอร์นิเจอร์ราคาถูกลง ไม้เนื้ออ่อนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

1. ไม้ยาง มีสีน้ำตาล เนื้อหยาบ หดตัวมาก
2. ไม้กระบาก มีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อหยาบ บิดงอได้ง่าย
3. ไม้กระท้อน มีสีน้ำตาลปนแดง เนื้อหยาบ
4. ไม้จำปา มีสีน้ำตาลปนเหลือง น้ำหนักเบา

#### ข้อดีของไม้

1. หาได้ง่าย โดยได้จากการปลูก และเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ
2. มีความแข็งแรงทนทานและรับภาระได้ค่อนข้างดี
3. แปรรูปและตกแต่งได้ง่าย มีความสวยงาม
4. เป็นฉนวนความร้อน และไฟฟ้า
5. มีรูปแบบที่หลากหลาย เลือกใช้งานได้ตามความเหมาะสม

### ข้อเสียของไม้

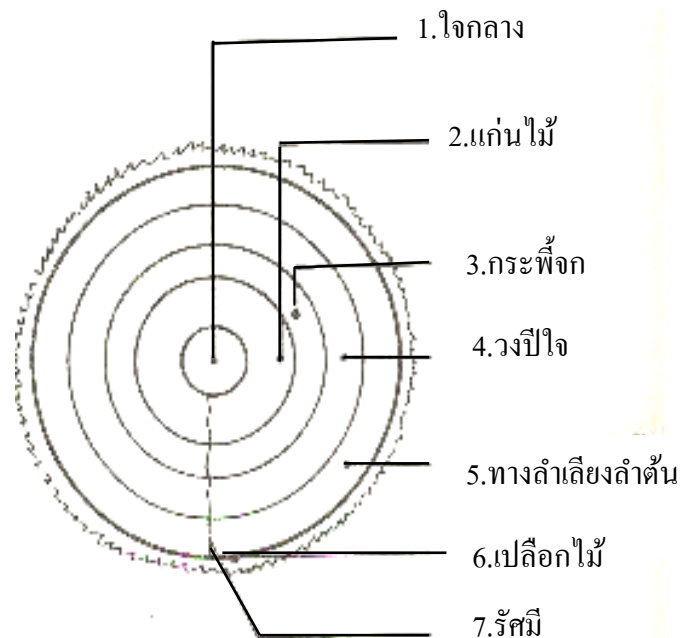
1. มีความแข็งแรงน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะ เนื่องจากไม้บางชนิด ปลูก มอด จะกัดกิน การสัมผัสความชื้น การเลือกใช้ไม้ไม่เหมาะสมกับงาน และการเก็บรักษาไม่ดี
2. มีการบิดงอ การคด และการแตกร้าว เนื่องจากการนำไม้มาใช้งานเร็วเกินไป หรือขาดการผึ่งแดดและอาบน้ำยา

### การป้องกันเนื้อไม้

1. การผึ่ง อบ และอาบน้ำยา
2. การทาสีหรือน้ำมันป้องกันเนื้อไม้

### ส่วนประกอบของไม้

ไม้เป็นวัสดุธรรมชาติที่นำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ในงานก่อสร้างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ต้นไม้ที่ตัดออกมาเป็นท่อนๆ เรียกว่า “ ท่อนซุง ” แล้วนำมาแปรรูปให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 แสดงลักษณะหน้าตัดท่อนไม้ตามขวาง

ที่มา : นริศ ศรีเมฆ , 2558

### ส่วนประกอบของไม้ มีดังนี้

1. ใจกลาง คือศูนย์กลางหน้าตัดลำต้น มีลักษณะเป็นรูเล็กๆ ถ้าเป็นต้นไม้ใหญ่ขนาดของรูจะโตเป็นโพรง ใจกลางของไม้จะไม่มีความแข็งแรง
2. แก่นไม้ คือส่วนที่อยู่ในส่วนกลางห่างจากใจกลาง เป็นส่วนที่เป็นเนื้อไม้ และมีความแข็งแรงมากที่สุดเป็นส่วนที่นำไปใช้งาน
3. กระทบ คือ ส่วนที่อยู่ห่างจากหน้าตัดลำต้น เนื้อไม้ส่วนนี้อ่อนไม่ทนต่อการใช้งาน แผลงกัดกินได้ง่าย
4. วงปี คือ ส่วนที่อยู่รอบๆ เป็นวงแสดงถึงการเจริญเติบโตของต้นไม้ ถ้าจะนับอายุของต้นไม้ดูจากวงปี 1 วง เท่ากับมีอายุ 1 ปี
5. ทางลำเลียงลำต้น คือ วงปีนอกสุดของลำต้น เป็นส่วนลำเลียงน้ำและอาหารไปสู่ส่วนต่างๆ ของลำต้น
6. เปลือกไม้ คือ ส่วนที่อยู่ส่วนนอกของลำต้น
7. เส้นรัศมี คือ เส้นตัดผ่านวงปีไปยังเปลือกไม้

### การเลือกใช้และเก็บรักษาไม้ มีดังนี้

1. ไม้แปรรูปได้ง่ายด้วยเครื่องมือธรรมดาได้ เช่น เลื่อย กบ สี่
2. น้ำหนักเบาแข็งแรง รับน้ำหนักได้
3. อบอุ่น อายุน้ำยา ทำให้เนื้อไม้ทนทาน อายุการใช้งานนาน
4. อาคารบ้านเรือนที่ทำด้วยไม้ป้องกันความร้อนได้ดี เพราะไม้เป็นฉนวนความร้อน
5. ไม้มีหลายประเภทมีลวดลายสวยงาม เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม
6. ไม้นอกจากใช้ในการก่อสร้างแล้วยังใช้งานอื่น ๆ ได้อีกมาก เช่น โครงประกอบยานพาหนะ เรือ และรถบรรทุก เป็นต้น

### วิธีการเลือกใช้ไม้ มีดังนี้

1. ไม้หัดตัวง่าย ต้องใช้ไม้แดง ไม้ประดู่ ไม้สัก ไม้มะค่า
2. พิจารณารอยตำหนิ ตาไม้ รอยแตกร้าว ควรหลีกเลี่ยงให้ม้น้อยที่สุด
3. พิจารณาสัมบัติของเนื้อไม้ ให้เหมาะสมกับงาน เช่น ความสวยงาม เลื่อยยากหรือไม่ แผลงเจาะง่ายหรือไม่ ดอกตะปูง่ายหรือยาก

### 4. ราคา

### สาเหตุที่ทำให้ไม้ผุพัง มีดังนี้

1. ความชื้นในเนื้อไม้
2. การใช้ไม้แปรรูปขณะที่ไม้ยังเปียกอยู่ อาจทำให้เกิดเชื้อรา หรือเมื่อไม้แห้งจะหดตัวลง
3. มีปลวก แมลง กินและทำลายเนื้อไม้



### การป้องกันไม่ให้ไม้ผุพังเร็ว มีดังนี้

1. ทำให้เนื้อไม้แห้ง ตากไม้ให้แห้ง 1-2 ปี ไม้จะทนทานลงทุนน้อย
2. อบไม้ด้วยไอน้ำ อากาศร้อน 3 - 5 วัน
3. ใช้น้ำยาป้องกันปลวก เชื้อรา เป็นวิธีรักษาเนื้อไม้ได้ดีที่สุด
4. เคลือบผิวไม้ด้วยวัสดุอื่น เช่น ทาสี เคลือบน้ำมันวานิช เคลือบด้วยน้ำยายูรีเทน
5. ไม้ที่ต้องใช้กร้าแตก กร้าฝนต้องใช้ไม้เนื้อแข็ง
6. เก็บไม้ไว้ในที่แห้ง อากาศถ่ายเทได้สะดวก

### ไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีดังนี้

1. ไม้สัก ง่ายต่อการเลื่อย ไส ไม้สักทอง มีลวดลายสวยงามที่สุด มีราคาแพง ใช้ทำเครื่องเรือน หน้าต่าง ประตู เป็นต้น
2. ไม้ตะเคียนทอง มีความแข็งแรงทนทาน ใช้ทำวงกบประตูหน้าต่าง
3. ไม้ยาง ง่ายต่อการเลื่อย ไส ราคาถูกใช้ทำฝาบ้าน
4. ไม้เต็ง มีความแข็งแรงสูง เลื่อย ไส ตอกตะปูยาก ถูกความร้อนจะแตกง่าย ใช้ทำคาน เสา
5. ไม้แดง มีสีแดง ลวดลายสวยงาม เลื่อย ไส ตอกตะปูยาก ใช้ทำเสา คาน และบันได้
6. ไม้อินทนิล มีสีแดงน้ำตาล ชมพูอ่อน หาซื้อได้ยาก ใช้ทำเครื่องเรือน หน้าต่าง ประตู เป็นต้น
7. ไม้ตะแบก มีความมันยาวในเนื้อไม้ เนื้อแข็ง ใช้ในงานก่อสร้าง ทำพื้นบ้าน
8. ไม้ประดู่ สีแดงอมเหลือง ใช้ทำเครื่องเรือน โต๊ะ เก้าอี้

### ข้อควรจำ

1. การซื้อขายไม้โดย ทั่วๆ ไป จะวัดความยาวเป็นเมตร และพื้นที่หน้าตัดวัดเป็นนิ้ว
2. การซื้อขายไม้สัก จะวัดความยาวเป็นฟุต และพื้นที่วัดเป็นนิ้ว

### รูปแบบกรรมวิธีการแปรรูปวัสดุที่ทำจากไม้

การแปรรูปไม้แต่ละครั้งจะมีการเหลือแผ่น ไม้อยู่จำนวน ไม่น้อย ซึ่งแผ่น ไม้พวกนี้สามารถนำไปผ่านกรรมวิธีแปรรูปต่างๆ แบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. แผ่น ไม้อัด
2. ไม้อัดแผ่นเรียบ
3. แผ่นชั้น ไม้อัด

**1. แผ่น ไม้อัด** ได้จากการนำท่อนซุงทั้งต้นมาผ่านเป็นแผ่น เรียกว่า วิเนียร์ นำแผ่น ไม้มาเลื่อย มีอัตราการผลิตน้อยที่สุด นำมาใช้ในงานก่อสร้าง งานตกแต่ง งานเฟอร์นิเจอร์ แปรรูปง่าย ราคาถูกตัดเป็นขนาด 4 , 6 , 10, 15, และ 20 มม. ขนาด 4"× 8" หรือ 3"×6" 4"× 6" หรือ 4"× 7" ดังแสดงในรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 แสดงลักษณะแผ่นไม้อัด  
ที่มา : <http://www.ptkwood.com>, 2558

2. ไม้อัดแผ่นเรียบด้านหนึ่งเรียบ อีกด้านหนึ่งเป็นลาย ทำจากเศษ ไม้ แล้วผ่านกรรมวิธีจนได้ใยไม้ แล้วนำมาอัดแผ่นได้ลายไม้อัดไทยที่ตกแต่งเป็นรูปต่างๆ นิยมนำมาใช้ทำเพดาน ผนังพื้นห้องเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ จะมีความหนา 2.5 , 3.2 , 4 , 4.8 , 5.6 และ 8 มม. กว้าง  $\times$  ยาว = 4  $\times$  5 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 แสดงลักษณะไม้อัดแผ่นเรียบด้านหนึ่งเรียบ อีกด้านหนึ่งเป็นลาย  
ที่มา : <http://homesafead.blogspot.com> , 2558

3. แผ่นชั้นไม้อัด ( Particle Board ) เริ่มนิยมนำใช้ คือ แผ่นชั้นไม้อัด เศษไม้เส้นเล็กๆ เช่น ไม้เลื่อยเส้นใย ชานอ้อย นำมาย่อย จากนั้นนำผสมกับสารสังเคราะห์ใช้ความร้อนและความดันสูงอัดเศษไม้ให้เป็นแผ่นแล้วนำไปตัดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ปัจจุบันนิยมนำไปใช้ทำ เฟอร์นิเจอร์ ผนังห้อง เพดาน ขนาดตามมาตรฐาน  $\frac{1}{4}$  นิ้ว ขนาดความหนา  $\frac{3}{8}$  นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 6.6



(ก) เฟอร์นิเจอร์



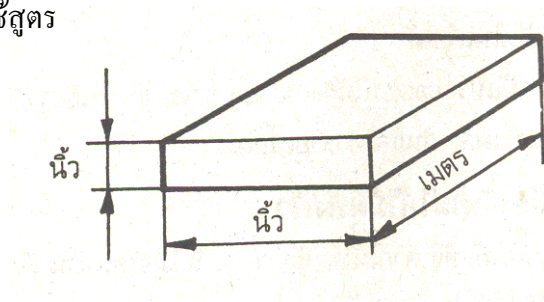
(ข) เพดาน

รูปที่ 6.6 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์แผ่นชั้นไม้อัด

ที่มา : <http://www.decorreport.com>, 2558

### การหาปริมาตรไม้

วิธีคำนวณ โดยการใช้สูตร



รูปที่ 6.7 แสดงลักษณะสูตรหาปริมาตรไม้เมื่อกำหนดความยาวเป็นเมตร

ที่มา : นริศ ศรีเมฆ, 2558

ตัวอย่าง ไม้ท่อนหนึ่งกว้าง 2 นิ้ว หนา 1 นิ้ว ยาว 4 เมตร จำนวน 100 ท่อน จงหาปริมาตรของไม้

วิธีทำ

ปริมาตรของไม้ กว้าง × หนา × ยาว × 0.0227 × 100

แทนค่า = 2" × 1" 4ม. × 100 × 0.0227

= 18.16 ลูกบาศก์ฟุต

**2.ยางธรรมชาติ (Rubber)** ได้จากการนำน้ำยางจากต้นยางพารา มาแยกน้ำออกจากเนื้อยาง โดยการเติมกรดน้ำส้ม (อะซิติก) ลงในน้ำยาง เนื้อยางจะตกตะกอน จับกันเป็นก้อน แล้วนำไปรีดให้เป็นแผ่นบางๆ แล้วนำมาทำการรมควันที่อุณหภูมิ 40 – 50 องศาเซลเซียส จะได้อย่างแผ่นรมควันสีน้ำตาล

ยางดิบที่นำไปทำผลิตภัณฑ์ยาง จะต้องมีกรรมวิธีทางเคมีปรุงแต่งเนื้อยาง เช่น ผสมผงคาร์บอน และกำมะถันเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ยางมีสมบัติทนความร้อนทนต่อการสึกหรอ เรียกว่า กรรมวิธีวัลคาไนเซชัน นอกจากนี้ยังมีสารเพิ่มคุณภาพยาง เช่น สังกะสีออกไซด์ แบเรียมซัลเฟต และยังทำการเสริมใยเหล็ก ฟ้าไบ เส้นลวด เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทนทานยิ่งขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางธรรมชาติที่อยู่ในรูปของยางแข็ง

ได้แก่ เปลือกแบตเตอรี่ วัสดุประสาน ยางเคลือบโลหะ ทำฟองน้ำโดยนำยางที่ผสมสารเคมีมาอบร้อน สารเคมีจะเกิดฟองอากาศแทรกตัวอยู่ในเนื้อของยาง ใช้ทำเบาะที่นอน ฟองน้ำทำความสะอาดส่วนผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ทำจากยางพารา ได้แก่ ยางรถยนต์ รองเท้า ท่อยาง สายพาน ยางขอบกระจก กาวยาง (ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 แสดงลักษณะต้นยางพารา  
ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558



(ก) ยางรถยนต์



(ข) ถุงมือ

รูปที่ 6.9 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางพารา  
ที่มา : <http://www.m.pantip.com/topic,2558>

ตารางที่ 6.1 แสดงลักษณะสมบัติและประโยชน์ของยางธรรมชาติ

สมบัติ	ประโยชน์
1.ทนต่อการสึกหรอ	1.ทำยางรถยนต์ รองเท้า
2.เหนียว	2.ยางแข็ง ยางฟองน้ำ
3.ทนแรงกระแทก	3.กาว สายพาน
4.มีความยืดหยุ่นสูง	4.ปะเก็นยาง
5.เป็นฉนวนไฟฟ้า	5.อื่น ๆ

**3.หนัง (Leather)** ได้จากหนังสัตว์ที่ตาย ก่อนนำไปใช้งานต้องผ่านการตากแดดให้แห้ง นิยมนำมาใช้ทำกล่อง ทำรูปหนังตะลุง และทำเชือก ส่วนการฟอกหนัง ทำให้หนังอ่อนนุ่ม มีสีสวยงาม ความหนาแน่นสม่ำเสมอ ไม่เนาเปื่อย ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและลักษณะการใช้งานเป็นสำคัญ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

**1.หนังแท้** หมายถึง หนังที่ได้จากสัตว์ต่าง ๆ เช่น หนังวัว หนังจระเข้ หรือจากสัตว์ป่าต่าง ๆ หนังสัตว์ที่มีลวดลายสวยงาม เช่น หนังจระเข้ งู เสือ ม้าลาย ฯลฯ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

**1.1 หนังดิบ** คือ หนังที่ได้จากหนังสัตว์ที่ตายแล้วนำมาตากให้แห้ง ตกแต่งตามความต้องการและนำมาใช้ประโยชน์ได้เลย ได้แก่ กล่องชนิดต่างๆ เช่น กล่องตามวัดวาอาราม กล่องในวงดนตรี กล่องยาว กล่องรามะนา ซอฮู้ ซอด้วง หนังตะลุง เป็นต้น หนังดิบมีลักษณะแข็งกระด้างถ้าต้องการให้หนังดิบอ่อนนุ่ม ต้องปรับปรุงคุณภาพโดยนำหนังดิบมาแช่ในน้ำส้มใช้กระเบื้องแก้วชุบน้ำกำพร้าวและไขมันจนบางตามที่ต้องการแล้วนำไปตากแห้ง บางแห่งใช้วิธีตากหนังให้แห้งเสียก่อนแล้วใช้กับไสไม้ไผ่ ดังแสดงในรูปที่ 6.10



(ก) กลองยาว



(ข) รูปหนังตะลุง

รูปที่ 6.10 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหนังดิบ

ที่มา : <http://www.smu.ac.th>, 2558

**1.2 หนังฟอก** คือ หนังดิบที่ผ่านกรรมวิธีฟอกแบบต่างๆ เพื่อให้หนังเนาเปื่อย มีความอ่อนนุ่ม เรียบสม่ำเสมอ สีสวยงาม ขนาดความหนาเลือกได้ตามที่ต้องการ แบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

**1.2.1 หนังสัตว์ที่ลวดลายสวยงาม** เป็นหนังที่มีราคาสูง เนื่องจากหาได้ยาก ส่วนมากได้มาจากสัตว์เลื้อยคลาน ได้แก่ งูต่างๆ หนังจระเข้หนังตะกวด หนังหิ้วย หนังสัตว์ใหญ่ที่มีลวดลายสวยงาม เช่น เสือ ชนิดต่างๆ กวาง ม้าลาย ยีราฟ ละมั่ง นำมาใช้ทำกระเป๋า เข็มขัด และรองเท้า เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.11



(ก) กระเป๋า



(ข) เข็มขัด

รูปที่ 6.11 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์หนังสัตว์ที่ลวดลายสวยงาม

ที่มา : <http://www.jameshandmade.com>, 2558

**1.2.2** หนังสัตว์ที่มีขนสวยงาม มักจะเป็นสัตว์ที่อยู่ในเมืองหนาว การที่นำหนังสัตว์ที่มีขนมาใช้ นั้น หรือผสมกับผ้าซึ่งเรียกว่า ผ้าขนสัตว์ ส่วนสัตว์ที่นำมาใช้ทั้งขนและหนังนั้นส่วนใหญ่เป็นหนังชนิดเดียวกันกับสัตว์ที่มีขนและมีลวดลายสวยงาม เช่น หมี สุนัขจิ้งจอก หมาป่า ละมั่ง เลียงผา เสือ สัตว์ที่นำมาใช้ไปผสมกับวัสดุอื่น เช่น แกะ มิงค์ นิยมนำไปใช้ทำ พรม เสื้อกันหนาว หมวก ผ้าห่ม และเฟอร์นิเจอร์ ราคาแพง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.12



(ก) เสื้อกันหนาว



(ข) หมวก

รูปที่ 6.12 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์หนังสัตว์ที่มีขนสวยงาม

ที่มา : <http://www.th.aliexpress.com>, 2558

**1.2.3** หนังสัตว์ทั่วไป คือ หนังสัตว์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น หนังวัว รองลงมา คือ หนังแพะ แกะ (ที่ตัดขนออกแล้ว) หนังสัตว์สีผิวไม่สวยงาม เมื่อฟอกแล้วจำเป็นต้องย้อมสีหรือฟันทึบก่อนนำไปใช้งาน นิยมใช้ทำ เบาะหนัง เข็มขัด กระเป๋า ชิ้นส่วนภายในรถยนต์ รองเท้า เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.13



(ก) รองเท้า



(ข) เข็มขัด

รูปที่ 6.13 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์หนังสัตว์ทั่วไป

ที่มา : <http://www.th.aliexpress.com>, 2558

2.หนังเทียม หมายถึง สารสังเคราะห์ที่ถูกนำมาทำให้มีลักษณะคล้ายหนังแท้ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1.1 หนังเทียมประเภทเลียนแบบหนังแท้ หมายถึง หนังเทียมที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในลักษณะงาน เช่นเดียวกับกับหนังแท้ เช่น กระเป๋า เข็มขัด เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.14



(ก) กระเป๋า



(ข) เข็มขัด

รูปที่ 6.14 แสดงลักษณะหนังเทียมประเภทเลียนแบบหนังแท้

ที่มา : <http://www.board.trekkingthai.com>, 2558

1.1 หนังเทียมประเภททดแทนหนังแท้ หมายถึง หนังเทียมที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้กับงาน ซึ่งถ้าใช้หนังแท้จะมีความสิ้นเปลืองมาก เช่น กระเป๋า เข็มขัด เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.15



(ก) เข็มขัด

(ข) กระเป๋า

รูปที่ 6.15 แสดงลักษณะหนังเทียมประเภททดแทนหนังแท้

ที่มา : <http://www.skulchai.com/>, 2558

#### ข้อดีของหนังเทียม

1. มีราคาถูกกว่าหนังแท้
2. ทนแดด ทนความชื้น
3. มีพื้นผิวสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิ ไม่เสียเศษ ไม่ต้องเลือกตำแหน่งที่จะตัด
4. การดูแลรักษาง่าย

#### ข้อเสียของหนังเทียม

1. รับน้ำหนักมากไม่ได้
2. ฉีดขาง่ายกว่าหนังแท้
3. การยืดหยุ่นไม่ดี
4. รักษารูปทรงได้ไม่มี

การฟอกหนัง หมายถึง การทำหนังดิบให้เป็นหนังสุก หรือหนังฟอก ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้

1. **หนังดิบ** หมายถึง หนังที่แต่ออกมาจากสัตว์หากปล่อยทิ้งไว้หนังจะเน่าเปื่อย และส่งกลิ่นเหม็น ถ้าต้องการให้หนังหนังดิบคงสภาพอยู่ได้นานต้องทำให้หนังและเซลล์เส้นเอ็นต่างๆแห้งโดยการตากแห้งหรือการนำหนังไปฟอก

2. **หนังฟอก(หนังสุก)** หมายถึง การนำหนังดิบมาผ่านกรรมวิธีต่างๆ เช่น ทำปฏิกิริยากับเคมีภัณฑ์หรือน้ำยาที่มีรสฝาดด้วยจุดมุ่งหมายที่จะไม่ทำให้หนังเน่าเปื่อยและอยู่ได้นาน

**ขั้นตอนการฟอกหนัง** การฟอกหนังตั้งแต่ต้นจนสำเร็จ มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมหนังดิบโดยการนำมาจากสัตว์โดยตรง ก่อนนำมาฟอกต้องตากแห้งหมักเกลืออาบน้ำยา

2. เตรียมหนัง โดยการตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก เช่น หัว หาง ขา เพราะมีขนาดเล็กใช้งานไม่ได้ เมื่อฟอกออกมาแต่อาจนำไปใช้ทำประโยชน์อื่นได้ เช่น กาว แคลปซูลยาเม็ด จากนั้นเอาขน ไขมัน ฟัง ผิด



นอกจากนี้ ส่วนวิธีการของโรงงานจะนำหนังแช่ในน้ำปูนขาวใสถึงหมัก หนังจะพองตัวทำให้ขนหลุดได้ง่าย แล้วเอาเข้าเครื่องถากหนัง ผู้ฟอกควรวางแผนว่าต้องการความหนาเท่าไร หนังที่ฟอกออกมาจะเป็นหนังผิวกับหน้าท้อง

3. ขั้นตอนฟอกหนัง เมื่อเราเตรียมหนังได้ตามขั้นต้นแล้วนำหนังไปฟอก มี 3 วิธี ได้แก่

1. การฟอกผาด
2. การฟอกด้วยแร่ธาตุ
3. การฟอกด้วยอัลดีไฮด์

วิธีการฟอกหนังในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. วิธีการฟอกหนังแบบฟอกผาด เริ่มต้นโดยการทำความสะอาดหนัง นำหนังไปแช่ในบ่อน้ำผาด ( น้ำที่ได้จากการแช่หมากและสียเสียด ) จากน้ำผาดเจือจางถึงน้ำผาดเข้มข้นจำนวน 5 ครั้ง ใช้เวลา 4 - 5 เดือนหนังจะเปลี่ยนจากหนังดิบเป็นหนังฟอก ซึ่งนิยมใช้ฟอกหนังที่มีความหนาเท่านั้น

2. วิธีการฟอกหนังด้วยสารเคมี จะเริ่มต้นโดยการทำความสะอาดหนัง นำหนังสะอาดไปทำการดองเพื่อปรับสภาพความเป็นกรด ค่า pH ให้เหมาะสม ฟอกหนังด้วยผงโครเมียมซัลเฟต หนังจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า รีดน้ำออกแล้วทำการฟอกซ้ำและชุดผิวให้สม่ำเสมอสีและผิวตามต้องการการฟอกใช้เวลา 4 - 5 สัปดาห์เหมาะสำหรับใช้ฟอกหนังบาง

4. สิ่งทอ หมายถึง สิ่งที่ได้จากธรรมชาติ คือ ไหม ฝ้าย ปอ ขนสัตว์ โดยผลิตขึ้นในลักษณะเส้นด้ายย้อมสี และนำมาถักทอเป็นผืนให้ได้สีสวยงดงาม ต่อจากนั้นจึงนำมาตัดเย็บเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น กระเป๋า เสื้อ กางเกง กระโปรง หมวก ผ้า màn เครื่องประดับ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.16



(ก) เสื้อทอ



(ข) กระเป๋าทอ

รูปที่ 6.16 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสิ่งทอ

ที่มา : <http://www.globalfashionreport.com>, 2558

### สิ่งทอที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่

1. **ฝ้าย** ได้จากดอกของต้นฝ้าย นำมาปั่นแล้วทำการเจียนเข้าม้วนเป็นเส้นเล็กๆ นำไปย้อมสีทำการทอเป็นผืนผ้าเรียกว่า “ ผ้าฝ้าย ” แล้วนำไปตัดเย็บเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ มีลักษณะนุ่ม คุณซับเหงื่อได้ดี มีการหดตัวสูง ริดยาก ชับง่าย เมื่อตัดเป็นเสื้อผ้าสวมใส่สบายไม่ร้อน ดังแสดงในรูปที่ 6.17



(ก) เสื้อ



(ข) กางเกง

รูปที่ 6.17 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากฝ้าย

ที่มา : <http://www.enjoyshopp.com,2558>

2. **ไหม** ได้จากการเลี้ยงตัวหม่อน ตัวหม่อนจะชักใยเข้าฝักเป็นฝักไหม นำฝักไหมมาต้มและสาวเป็นเส้น จะได้เส้นไหมที่มีความเหนียว ทนทาน สีเป็นมันวาวสวยงามนำเส้นไหมมามัดหมี่ ย้อม ทอเป็นผืนผ้า เรียกว่า “ ผ้าไหม ” แล้วนำไปตัดเย็บเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จมีลักษณะเป็นมันวาวสวย รีดง่าย เรียบ กลีบทน เป็นสินค้าคุณภาพสูง ราคาแพง เป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกที่ขึ้นชื่อของประเทศไทย ในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 6.18



(ก) กางเกง



(ข) เสื้อ

รูปที่ 6.18 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากไหม

ที่มา : <http://www.megazy.com,2558>

3.ปอ ได้จากการนำเอาต้นปอมาแช่น้ำไว้ประมาณ 7 – 10 วัน นำมาลอกเปลือก ทำความสะอาด และทำการตากแห้ง ฟันเป็นเชือก เรียกว่า “ เชือกปอ ” ส่วนมากจะเป็นเชือกขนาดใหญ่ มีน้ำหนักเบา ทนทาน ใช้ในงานทั่วไป เช่น งานก่อสร้าง งานเรือ ทอเป็นกระสอบบรรจุข้าวสาร กระเป๋าสะพาย เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.19



(ก) กระเป๋า



(ข) กระสอบ

รูปที่ 6.19 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากปอ

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

4.ขนสัตว์ ได้จากขนของแกะเป็นส่วนใหญ่ ทำการนำมาข้อมสี ถักทอเป็นผลิตภัณฑ์ประเภท ผ้าห่ม เสื้อผ้า พรม หมวก ผ้าพันคอ กระเป๋า เป็นต้น ส่วนใหญ่ นิยมใช้กันในประเทศที่มีอากาศหนาว เพื่อให้ร่างกายอบอุ่น ดังแสดงในรูปที่ 6.20



(ก) ผ้าพันคอ



(ข) ผ้าห่ม

รูปที่ 6.20 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากขนสัตว์

ที่มา : <http://www.thai.alibaba.com>, 2558

**5. กาวธรรมชาติ** หมายถึง วัสดุประสานที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรม ใช้ติดวัสดุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน โดยเฉพาะในงานไม้บางประเภทสามารถใช้กาวแทนตะปู กาวจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็ง สามารถรับแรงดึงทำให้วัสดุสองชิ้นติดกัน

#### ประโยชน์ของกาวธรรมชาติ

1. กาวติดกาวทำให้วัสดุเรียบ ไม่ต้องมีนอตหรือตะปูโผล่ขึ้นมาให้เห็น และทำให้ดูสวยงาม
2. สามารถติดวัสดุต่างชนิดกันได้
3. มีเสียงดังน้อยเมื่อรับแรงกระแทกหรือสั่น
4. ทำให้การผลิต และออกแบบในงานอุตสาหกรรมง่าย
5. สามารถติดวัสดุที่เปราะบางหรือมีขนาดเล็กได้ดี

**ข้อเสียของกาวธรรมชาติ** เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ นอต สกรู ตะปู ที่ใช้ยึด

1. เมื่อวัสดุติดกาวแล้วจะแกะออกมาเพื่อประกอบใหม่ทำได้ลำบากมาก
2. ทนแรงดึงได้ไม่สูง
3. ทำความสะอาดผิววัสดุก่อนติดกาวทำได้ลำบาก เพราะวัสดุแต่ละชนิดใช้วิธีการไม่เหมือนกัน

#### ชนิดของกาวธรรมชาติ

กาวธรรมชาติได้จากพวกพืช สัตว์ หรือเกลือแร่ธรรมชาติ มีราคาถูก ปัจจุบันได้รับความนิยมน้อยลง แต่ยังคงมีใช้อยู่บางชนิด ได้แก่

**1. กาวเคซีน** เป็นกาวที่ทนต่อความชื้น เป็นกาวโปรตีนทำจากกากถั่ว จากนมวัวแห้ง จำหน่ายในลักษณะเป็นผง สามารถละลายน้ำได้ ใช้สำหรับงานไม้ภายในที่มีสภาพอากาศปกติ ข้อดีของกาวชนิดนี้คือราคาถูก ใช้ง่ายมีความต้านทานต่อการชื้น ดังแสดงในรูปที่ 6.21



รูปที่ 6.21 แสดงลักษณะกาวเคซีน

ที่มา : <http://www.thaivitaminonline.weloveshopping.com> , 2558

2.กาวแป้ง นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันทำมาจากแป้งมันสำปะหลัง มีราคาถูก แต่ให้แรงประสานไม่ดี กาวแป้งมักใช้ผสมกับกาวอื่นเป็นการลดต้นทุน ดังแสดงในรูปที่ 6.22



รูปที่ 6.22 แสดงลักษณะกาวแป้ง

ที่มา : <http://www.pingpongboard.com> ,2558

3.กาวยาง ทำจากต้นยางพารา เหมาะสำหรับใช้ประสานหนังยางผ้าใบ และกระดาษแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 6.23



รูปที่ 6.23 แสดงลักษณะกาวยาง

ที่มา : <http://www.pakstore.net/plastic-bungee-ball-7065.html> , 2558

4.กาวสัตว์ วัสดุคิบที่นำมาทำกาวสัตว์ คือ ไข่เศษหนังวัว หนังหมู และหนังควาย ไข่เอ็นสัตว์หรือกระดูกสัตว์ ดังแสดงในรูปที่ 6.24



รูปที่ 6.24 แสดงลักษณะกาวสัตว์

ที่มา : <http://www.vcharkarn.com>, 2558

## 6.2.2 ความหมายของวัสดุสังเคราะห์

วัสดุสังเคราะห์ หมายถึง วัสดุที่คิดค้นด้วยกรรมวิธีทางเคมี เพื่อให้ได้สารชนิดใหม่ที่มีสมบัติตามที่ต้องการ โดยที่วัสดุธรรมชาติไม่สามารถให้ได้ หรือประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้แทนวัสดุธรรมชาติที่กำลังจะหมดไปหรือมีราคาแพง เช่น ยางสังเคราะห์ สี เซรามิก แก้ว ไยหิน พลาสติก สิ่งทอสังเคราะห์ และกาวสังเคราะห์ เป็นต้น

## 6.2.3 ชนิดและประโยชน์ของวัสดุสังเคราะห์

วัสดุสังเคราะห์ที่นำมาใช้งาน จำแนกออกได้ดังนี้

### 1.ยางสังเคราะห์ ( Synthesis Rubber )

ในสมัยก่อนมีการสู้รบ และการทำสงครามจึงมีความต้องการใช้อย่างจำนวนมาก จึงทำให้การผลิตยางธรรมชาติไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงได้คิดค้นวิธีทำยางเทียมขึ้น โดยนักวิทยาศาสตร์ที่ชื่อ Dr. Mettthews ซึ่งได้นำโซเดียม (Na) ใส่ลงในขวดของไอโซพรีน เพื่อให้โซเดียมช่วยควบแน่นแต่กลับกลายเป็นโพลิเมอร์ของไอโซพรีน ยางสังเคราะห์แบ่งออกได้ดังนี้

**1.1 ยาง buna ( Buna Rubber )** เป็นยางสังเคราะห์ที่ประเทศเยอรมันได้ผลิตขึ้นในระหว่างสงครามโลก มี 2 ชนิด คือ

**1.1.1 ยาง buna เอส ( Buna S )** มีสมบัติบางอย่างดีกว่ายางธรรมชาติ เช่น มีเนื้อยางแน่นแข็ง ไม่ยืดหยุ่น จึงฉีกขาดได้ง่าย จำเป็นต้องผสมยางธรรมชาติลงไปขณะทำการผลิต เพื่อให้สมบัติของยางดีขึ้นนำไปใช้ทำยางรถยนต์ ยางเครื่องบิน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.25



(ก) ยางรถยนต์



(ข) ยางเครื่องบิน

รูปที่ 6.25 แสดงลักษณะยางรถยนต์ที่ผลิตจากยาง buna เอส  
ที่มา : [http://www.m.prachachat.net/news\\_detail.php, 2558](http://www.m.prachachat.net/news_detail.php, 2558)

1.1.2 ยางบุนาเอ็น (Buna N) ยางชนิดนี้ทนต่อน้ำมันและสารเคมีได้ดี มีเนื้อเหนียวนำไปใช้ทำท่อส่งน้ำมัน ลูกยางปั๊มเบรก และสายเคเบิลใต้ดิน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.26



(ก) ลูกยางปั๊มเบรก



(ข) สายเคเบิลใต้น้ำ

รูปที่ 6.26 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางบุนาเอ็น

ที่มา : <http://www.innnews.co.th/shownews/show?newscode=587254,2558>

2. ยางสไตรีน บิวทาดีน (Styrene Butadiene Rubber ; SBR) เป็นยางสังเคราะห์ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ผลิตขึ้นเนื่องจากตัดสินใจเปิดสงครามโดยทำมาจากสไตรีน 1 ส่วน กับบิวทาดีน 3 ส่วนโดยน้ำหนัก ทำปฏิกิริยาที่ -18 ถึง -5 องศาเซลเซียส ได้ยางที่แข็งที่อุณหภูมิต่ำ เรียกว่า ยางเย็น (Cold Rubber) เป็นยางที่ใช้สำหรับงานที่รับภาระไม่มากนัก เช่น ทำสายรัดถุงเท้า ส้นรองเท้า เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.27



(ก) ส้นรองเท้า



(ข) สายรัดถุงเท้า

รูปที่ 6.27 แสดงลักษณะส้นรองเท้าที่ผลิตจากยางสไตรีน บิวทาดีน

ที่มา : <http://www.babykidsonline.weloveshopping.com,2558>

3. ยางบูไทล์ (Butyl Rubber) เป็นโคโพลิเมอร์ ของไอโซพรีน 98 ส่วน และไอโซพรีน 2 ส่วน นำไปใช้ทำยางรถยนต์ ยางล้อเครื่องบิน ใช้อัดและหล่อคอกรถยนต์ ซึ่งยางชนิดนี้ไม่สามารถยึดเป็นตะเข็บได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.28



(ก) ยางล้อเครื่องบิน



(ข) ยางรถยนต์

รูปที่ 6.28 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากยางบูไทล์

ที่มา : [http://www.m.prachachat.net/news\\_detail.php,2558](http://www.m.prachachat.net/news_detail.php,2558)

4. นีโอพรีน (Neoprene) มีโพลิเมอร์คล้ายกับยางธรรมชาติต่อกันเป็นเส้นยาว (Linear) ยางสังเคราะห์ชนิดนี้ดีกว่ายางธรรมชาติ เพราะไม่กัดกร่อนด้วยแก๊สออกซิเจนและถูกน้ำมัน โดยไม่บวมหรืออ่อนนุ่ม ทนกรดและด่าง นำไปใช้ทำเครื่องใช้ต่างๆ ถุงยาง พื้นรองเท้า ถุงมือ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.29



(ก) พื้นรองเท้า



(ข) ถุงมือ

รูปที่ 6.29 แสดงลักษณะพื้นรองเท้าที่ผลิตจากยางนีโอพรีน

ที่มา : <http://www.lyreco.com,2558>



5. ยางซิลิโคน (Silicone) ได้มาจากซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) ซึ่งประกอบด้วยธาตุซิลิกอน และแก๊สออกซิเจน ผสมเข้าไปในยางเทียม ได้ยางซิลิโคนที่มีสีขาว แข็งตัวได้อย่างรวดเร็ว โดยการเติมสารเร่งให้แข็ง ทนต่อน้ำมันและความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส ใช้ทำท่ออย่างหุ้มค้ำเครื่องมือ หุ้มสายเคเบิล เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.30



(ก) ท่ออย่างหุ้มค้ำเครื่องมือ

(ข) สายเคเบิล

รูปที่ 6.30 แสดงลักษณะวัสดุที่หุ้มซิลิโคน

ที่มา : <http://www.thairubberpart.com>, 2558

6. สี (Paint) สีมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับมนุษย์ตั้งแต่สมัยโบราณ จนถึงปัจจุบัน สีใช้เป็นสัญลักษณ์ของหมู่เหล่า หรือสัญลักษณ์ประจำชาติ สีจะบ่งบอกถึงอารมณ์ เช่น ทำให้เกิดความรู้สึกอบอุ่น เศร้าหมอง สดใส หรือ เร่งเร้าอารมณ์ นอกจากนี้เราใช้สีในการป้องกันการทำลายของปลวกและมด หรือ จากสภาพดินฟ้าอากาศ และช่วยป้องกันการกัดกร่อน

ชนิดของสีที่ใช้อยู่ทั่วไป แบ่งออกเป็น 5 ชนิด คือ

1. สีน้ำหรือสีพลาสติก (Water Thinned Paint or Emulsion Paint)
2. สีอีนาเมล (Enamel Paint)
3. สีแล็กเกอร์ (Lacquer Paint)
4. สียาง (Bituminous Paint)
5. สีรองพื้น (Primer)

1. สีน้ำหรือสีพลาสติก (Water Thinned Paint or Emulsion Paint) เป็นสีที่แห้งได้ด้วยการระเหยของน้ำ สารอินทรีย์ที่กระจายอยู่ในน้ำจะเข้ามารวมตัวและจับกันเป็นแผ่นฟิล์มใช้ทาวัสดุที่เป็นอิฐ คอนกรีต กระจก และกระดาษ เป็นต้น ส่วนประกอบที่สำคัญของสีน้ำ ได้แก่

1.1 กาว (Binder) สำหรับสีน้ำหรือสีพลาสติก คือ ลาเท็กซ์ (Latex) ซึ่งเป็นสารประกอบที่สำคัญที่สุดในการผลิตสีน้ำ มีลักษณะคล้ายยางไม้ มีสีขาวขุ่นเหมือนน้ำมัน มีสมบัติทำให้สีมีความคงทนต่อการใช้งาน และทาได้ราบเรียบบนผิวของชิ้นงาน

## 1.2 เนื้อสี (Pigment) สำหรับสีน้ำหรือสีพลาสติกจะใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ ดังแสดงในรูปที่ 6.31



รูปที่ 6.31 แสดงลักษณะสีน้ำ  
ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

**2.สีอีนาเมล ( Enamel Paint )** เป็นสีที่ประกอบด้วย วาณิช เนื้อสี ตัวทำละลาย และสารปรุงแต่งคุณภาพต่างๆ วาณิชนั้นเตรียมได้จากส่วนผสมของเรซิน น้ำมันชักแห้ง ด้วยวิธีการผสม ชนิดใช้ความร้อนเข้าช่วย ส่วนเรซินอาจเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ เช่น โคปาล หรือ ชันสน หรือสารสังเคราะห์ เช่น อัลคิด และโพลียูรีเทน เป็นต้น สีอีนาเมล เมื่อแห้งแล้วจะมีลักษณะเป็นฟิล์มแข็ง มีความเหนียวและเงามัน เมื่อทำการพ่นแล้วจะเกิดเงาขึ้นมาเองโดยไม่ต้องขัด มีความทนทานเป็นเยี่ยม ตามท้องตลาดทั่วไปนิยม เรียกว่า สีแห้งช้า สีอีนาเมลใช้พ่นรถยนต์ ต้องอบให้แห้งติดแน่นกับตัวถังด้วยความร้อน ใช้เวลาประมาณ 15 – 20 , 20- 30, 30 - 45 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความร้อนที่ใช้ออบและน้ำยาที่ผสมลงไป ซึ่งขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดสีอีนาเมลทำให้เงางามได้โดยการผสมน้ำมันสนลงไป ดังแสดงในรูปที่ 6.32



รูปที่ 6.32 แสดงลักษณะสีอีนาเมล  
ที่มา : <http://www.sisaan.com>,2558

### สมบัติของสีอีนาเมล

1. มีความมันเงาสูง โดยไม่ต้องขัดมัน
2. แห้งช้าแต่เมื่อแห้งแล้ว จะแข็งตลอดจากผิวหน้าถึงส่วนล่าง
3. มีความทนทานสูง ไม่ซีดจาง เกาะยัดและยัดหยุ่นได้ดี
4. ทำการอบให้แห้งด้วยความร้อนที่มีอุณหภูมิไม่สูงนัก
5. ในขณะที่พ่นสี มีการแตกตัวและการแพร่กระจายของสีดี ทำให้สีสม่ำเสมอ

**3.สีแลคเกอร์ (Lacquer Gloss)** เป็นสีที่นิยมนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย สีแลคเกอร์แห้งเป็นฟิล์มได้โดยอาศัยการระเหยของทินเนอร์ ส่วนประกอบที่สำคัญของสีแลคเกอร์ คือ ไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) เป็นตัวทำให้เกิดฟิล์ม สีแลคเกอร์ก่อนทำการพ่นจะต้องผสมด้วยทินเนอร์ เมื่อพ่นแล้วจะแห้งเร็วภายในเวลา 15- 20 นาที เมื่อแห้งสนิทแล้ว จะต้องขัดด้วยยาขัดผิวซึ่งมีลักษณะสีส้ม เพื่อให้ผิวเรียบดังแสดงในรูปที่ 6.33



รูปที่ 6.33 แสดงลักษณะสีแลคเกอร์

ที่มา : <http://www.mysoy.me/2012/12/layland.html> , 2558

### สมบัติของสีแลคเกอร์

1. ปลดทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ก็สามารถขัดสีได้
2. แห้งเร็วภายในเวลา 15 – 20 นาที
3. ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อบสี
4. การเกาะตัวของฝุ่นละอองมีน้อย เนื่องจากสีแห้งเร็ว
5. ขัดมันได้ง่าย
6. ควบคุมคุณภาพการผลิตได้ง่าย
7. ทนต่ออุณหภูมิได้สูง

**4.สียาง ( Bituminous Paint )** เป็นสีที่ใช้ในการเคลือบสีผิวของวัสดุ โดยมีส่วนผสมของยางมะตอย หรือน้ำมันดิบ เป็นสีที่มีราคาต่ำ มีสีเข้ม มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้ดี เช่น ในบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนใช้ได้ทั้งในน้ำและใต้ดิน ใช้ทาวัสดุได้หลายชนิด เช่น โลหะ คอนกรีตหรือพื้นผิวของวัสดุอื่นๆ ก็ได้ การทาสีควรทาอย่างน้อย 3 ชั้น ทาให้เรียบไม่ให้ฟิล์มของสีมีรูพรุน เพื่อให้อายุการใช้งานได้นานขึ้น โดยทั่วไปใช้ทาใต้ท้องรถยนต์ ท่อน้ำ ถังเก็บน้ำ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.34



รูปที่ 6.34 แสดงลักษณะสียาง

ที่มา : <http://www.vcharkarn.com,2558>

**5.สีรองพื้น ( Primer )** เป็นสีที่ใช้พ่นหรือทาทับชั้นแรกบนผิววัสดุที่ยังไม่เคยทาสี หรือทาสีมาแล้ว ซึ่งได้ทำความสะอาดแล้วเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในเกาะตัวของผิวโลหะ กับสีพ่นทับหน้าในชั้นต่อไป เพิ่มความทนทานของสีและป้องกันการหลุดตัวของสีทับหน้ามีหลายชนิด นอกจากนี้หน้าที่สำคัญของสีรองพื้นก็คือ ช่วยอุดรอยขีดข่วน หรือหลุมลึกบนผิวงานได้ดี มีหลายชนิดซึ่งใช้งานแตกต่างกัน ดังนี้

1.สีรองพื้นที่ใช้กับไม้ เป็นสีที่มีวารันิช โพลียูรีเทน และอัลคิด ผสมอยู่กับผงสี ซึ่งเป็นพวกไทเทเนียมไดออกไซด์ หรืออลูมิเนียมผง สีรองพื้นทาไม้ ไม่ต้องการความเข้มของผิวมากควรใช้เนื้อปริมาณน้อย ดังแสดงในรูปที่ 6.35



รูปที่ 6.35 แสดงลักษณะสีรองพื้น

ที่มา : <http://www.toagroup.com,2558>

2. สีรองพื้นที่ใช้กับปูนซีเมนต์ กระเบื้อง กระดาษ สีชนิดนี้จะทำหน้าที่ปิดรูพรุนในเนื้อวัสดุ ทำให้ผิวหน้าเรียบ ดังแสดงในรูปที่ 6.36



รูปที่ 6.36 แสดงลักษณะสีรองพื้นที่ใช้กับปูนซีเมนต์ กระเบื้อง กระดาษ

ที่มา : <http://www.cicpaint.com,2558>

6.สีรองพื้นกันสนิม เป็นสีที่มีผงสีเป็นตัวป้องกันการกัดกร่อนของเนื้อโลหะ ผงสีที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ ตะกั่วแดง เบสิกบลูโครเมต สังกะสีเหลือง และเหล็กออกไซด์ เป็นต้น สีรองพื้นกันสนิมชนิดแห้งช้า จะมีความทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดีกว่าชนิดแห้งเร็วสีรองพื้นควรเลือกตามความเหมาะสมของสภาพแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 6.37



รูปที่ 6.37 แสดงลักษณะสีรองพื้นกันสนิม

ที่มา : <http://www.cicpaint.com,2558>

### สีรองพื้น แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. **สีธรรมดา (Primer)** มีสมบัติในการเกาะตัวกับโลหะได้เป็นอย่างดี ใช้ในการเกาะตัวกับโลหะ เปลือย หรือพื้นสีเก่า

2. **สีพื้นแต่งหน้า (Primer Surface)** มีสมบัติการเกาะตัวกับโลหะได้ดี เช่นเดียวกับสีพื้นธรรมดา แต่มีเนื้อสีมากพอที่จะเติมรอยขูดขีดๆ ให้เต็ม เพื่อที่จะทำให้พื้นผิวเรียบ

3. **สีซีลเลอร์ (Sealer)** เป็นสีรองพื้นที่จะช่วยในการเกาะยึดระหว่างสีเดิม (สีเก่า) กับสีที่จะพ่นทับหน้าใหม่ให้มีการเกาะยึดตัวกันได้ดียิ่งขึ้น และจุดประสงค์ที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ พ่นกันซึม โดยป้องกันไม่ให้สีเดิมบางสีเกิดซึมมายังสีทับหน้า

4. **สีโป้ว (Putty)** ใช้สำหรับเติมรอยขีดข่วนเล็กๆ โดยทั่วไปมักใช้สีโป้วลงบนสีรองพื้น เฉพาะที่ที่พบว่าไม่เรียบ

### หลักการพ่นสี

งานพ่นสีเป็นงานที่ละเอียดละเป็นงานขั้นสุดท้ายที่สามารถทำให้งานนั้นๆ มีคุณภาพเพิ่มขึ้นอีกมากทั้งด้านราคาและความคงทนถาวร ซึ่งมีหลักการในการพ่นสีมี 8 ข้อดังนี้

1. ความสะอาดของผิวงาน (Clean The Surface) ต้องแน่ใจว่าผิวงานที่จะนำไปพ่นสีนั้นสะอาดปราศจากฝุ่นละออง ไขมันต่างๆ

2. เทคนิคการใช้กระดาษทราย (Correct Sanding Technique) ต้องเลือกใช้กระดาษทรายอย่างถูกต้องและควรใช้ไม้หรือยางที่มีผิวหน้าเรียบยึดติดเข้ากับกระดาษทราย แล้วถูลงบนแผ่นงานโดยใช้แรงกดเพียงเบาๆ เพื่อปล่อยให้กระดาษทรายทำหน้าที่ของมันเอง

3. ใช้ตัวทำละลายหรือทินเนอร์ที่มีคุณภาพสูง (Top Quality Thinner) การใช้ น้ำมันผสมสีที่มีคุณภาพต่ำจะทำให้เกิดผลเสียขึ้นภายหลัง แนวทางการแก้ไขคือ ทำการพ่นสีใหม่เท่านั้น

4. ส่วนผสมของทินเนอร์ (Correct Amount of Thinner) คือ ส่วนผสมระหว่างสีและน้ำมันผสมสีเป็นสิ่งสำคัญ

5. ผสมให้เข้ากัน โดยตลอด (Stir Thoroughly) ในการผสมสีจำเป็นต้องเขย่าให้เนื้อสี เรซิน และน้ำมันผสมสีให้เหลว ภายในกระป๋องให้เข้ากันโดยตลอดก่อนนำไปใช้

6. ความดันลมที่ใช้ในการพ่นสี (Atomizing Pressure) มักจะทำให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมาย เช่น เม็ดสีแห้งแล้วเกาะบนผิวงานเป็นการเกาะของผิวงานที่ไม่สวยงาม สีไม่เงา เป็นต้น ความดันลมที่เหมาะสมที่ใช้ในการพ่นสีอยู่ระหว่าง 40 – 45 ปอนด์/ตารางนิ้ว

7. การถ่ายเทอากาศ (Good Ventilation) บริเวณที่ทำการพ่นสีต้องมีการถ่ายเทอากาศที่ดี ซึ่งจะมีผลต่อการพ่นสีคือทำให้สีแห้งและมีความเงางาม และเกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย

8. วิธีการพ่นสีที่ถูกต้อง (Correct Painting Procedure) คือ ระยะห่างของหัวฉีดในการพ่นต้องอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับผิวงานตลอดเวลา และมีระยะห่างจากผิวงานประมาณ 6-8 นิ้ว และควรทิ้งช่วงเวลาในการพ่นสีแต่ละชั้นให้เหมาะสม



รูปที่ 6.38 แสดงลักษณะการพ่นสี

ที่มา : <http://www.auto2drive.com,2558>

7.เซรามิก (Ceramic) เป็นวัสดุที่มีความสำคัญต่องานอุตสาหกรรมทางด้านวิศวกรรม ใช้ในงานอุตสาหกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และงานอุตสาหกรรมเคมีได้แก่ ถ้วยชามและเครื่องสุขภัณฑ์ เซรามิก เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นจากดินเหนียวและวัสดุอื่นๆ หรือใช้ผลิตเป็นเครื่องปั้นดินเผา โดยมนุษย์เป็นผู้คิดสร้างขึ้น เพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น ถ้วย ชาม โถง และกระถาง เป็นต้น จะมีวัสดุที่เป็นโลหะและอโลหะเป็นส่วนประกอบ เช่น ดินเหนียว หินเขียวอนุมาน อะลูมินา แร่ทัลค์ และแมกนีไซท์ เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการผลิตจะนำวัสดุมาบดให้ละเอียด ผสมน้ำปั้นให้เป็นรูปต่างๆแล้วนำไปผึ่งแดดให้แห้งแล้วนำไปเผาอบให้ได้ อุณหภูมิตามที่กำหนด

ชนิดของเซรามิก แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1.เซรามิกที่เป็นฉนวน ( Insulator Porcelain ) ประกอบด้วย ดินเหนียว หินเขียวอนุมาน และ เฟลด์สปาร์

2.เซรามิกที่เป็นผง ( Steatitic ) ประกอบด้วย ดินเหนียว ทัลค์ และแมกนีไซท์ สามารถนำมาใช้ผลิต โถส้วม อ่างล้างหน้า ถ้วยจาน อิฐ ฉนวนไฟฟ้า กระเบื้อง เครื่องประดับ และ เครื่องมือตัด เป็นต้น

3.เซรามิกที่ใช้ป้องกันการสั่นสะเทือน ( High Frequency Porcelain ) ประกอบด้วย ดินเหนียว ควอตซ์ และแบเรียมคาร์บอเนต



รูปที่ 6.39 แสดงลักษณะชุดกาแฟที่ทำด้วยเซรามิก

ที่มา : <http://www.charoenchaishop.com,2558>

เซรามิกที่ใช้เป็นฉนวน ประกอบด้วย ดินเหนียว หินเขียวหนุมนหรือหินคอร์ตซ์ เฟลสปาร์

### ข้อดีของเซรามิก

1. มีความแข็งแรงและความหนาแน่นสูง
2. ไม่มีปฏิกิริยากับกรดและด่างเจือจาง
3. ทนต่ออุณหภูมิสูง ๆ
4. เป็นฉนวนที่ดี

**8. แก้ว ( Glass )** ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายอย่างในชีวิตประจำวัน โดยมีหลักฐานทางโบราณคดี แก้วมีต้นกำเนิดแถบเมโสโปเตเมีย ประเทศอียิปต์ โดยมีการค้นพบระปุกแก้วขนาดเล็กกว่า 3,000 ปี ในปัจจุบันแก้วได้มีบทบาทในงานอุตสาหกรรมเป็นอย่างยิ่ง

**ชนิดของแก้ว** แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

**1. แก้วโซดาไลม์ ( Sodalime Glass )** เป็นแก้วที่มีปริมาณการใช้งานมากที่สุด ใช้ทำพวกแผ่นกระจก ขวดแก้ว มีจุดหลอมละลายต่ำกว่า 950 – 1,000 องศาเซลเซียส ทนกรด ทนด่างได้น้อยแก้วชนิดนี้ทำจากทรายซิลิกา โซดาแอชและหินปูน เป็นต้น

**2. แก้วหิน หรือแก้วเจียรไน ( Flint Glass or Crystal Glass )** เป็นแก้วผสมโปแตสเซียมคาร์บอเนต กับตะกั่ว เป็นแก้วชั้นดีค่อนข้างแพง เหมาะสำหรับทำเครื่องแก้วประดับ กระจกแว่นตา แก้วชั้นดี เป็นต้น มีสมบัติสะท้อนแสงได้ดี ไสแวววาว มีน้ำหนักมากทำจากทรายซิลิกา โพแทสเซียมคาร์บอเนต และตะกั่วออกไซด์

**3. แก้วบอโรซิลิเกต หรือไพเร็กซ์ ( Borosilicate or Pyrex Glass )** มีความทนทานสูง แดกยาก และทนต่อสารเคมี ใช้ทำพวกแก้วที่ใช้ในเตาอบ แก้วในงานปฏิบัติการเคมี เป็นต้น

### วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแก้ว

1. ทรายแก้ว ในประเทศไทยมีมากที่ภาคใต้
2. หินปูน ได้จากจังหวัดสระบุรี
3. โครโมไมท์ ได้จากจังหวัดกาญจนบุรี
4. โซดาไฟและ Salt Cake ต้องสั่งจากต่างประเทศ

### สมบัติของแก้ว

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. ไม่มีกลิ่น                              | 5. ป้องกันการซึมของน้ำ                |
| 2. โปร่งใส และทึบแสง                       | 6. ทนต่อความร้อนและอุณหภูมิสูงๆ ได้ดี |
| 3. หลอมเหลวง่าย                            | 7. เป็นฉนวนไฟฟ้า                      |
| 4. แข็งเปราะ และอ่อนตัวได้เมื่อโดนความร้อน | 8. สัมประสิทธิ์การขยายตัวน้อยมาก      |



แก้วที่ใช้ในงานวัสดุช่าง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. **แก้วนิรภัย (Safety Glass)** แก้วชนิดนี้จะใช้ผลิตกระจกรถยนต์ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ขับขี่รถยนต์ เพราะเมื่อกระจกแตกจะร่อนออกเป็นชิ้นเล็กๆ ไม่มีคมแหลม ซึ่งจะไม่เกิดอันตรายต่อผู้ใช้รถ กระจกนิรภัยทำจากกระจกอบเหนียว 2 แผ่น ประกบกัน โดยมีแผ่นพลาสติกคั่นอยู่ตรงกลาง ทำให้สามารถรับแรงกระแทกได้ดี มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ กระจกนิรภัยหลายชั้น และ กระจกนิรภัยเทมเปอร์ ดังแสดงในรูปที่ 6.40



รูปที่ 6.40 แสดงลักษณะกระจกรถยนต์ที่ผลิตด้วยแก้วนิรภัย

ที่มา : <http://www.thai.alibaba.com>, 2558

2. **ใยแก้ว (Glass Fiber)** แก้วชนิดนี้จะเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีมาก ไม่ติดไฟ ใช้เป็นวัสดุเก็บเสียงได้เป็นอย่างดี มีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา ไม่เป็นสนิม ทนต่อความชื้น ข้อดีของใยแก้ว คือ สามารถหุบกับโพลีเอสเตอร์ ขึ้นรูปโครงสร้างต่างๆ ได้สวยงามและแข็งแรง เช่น ทำแผ่นฝ้าฝ้า และลำตัวเรือเร็ว เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.41



รูปที่ 6.41 แสดงลักษณะฉนวนใยแก้ว

ที่มา : <http://www.thai.alibaba.com/>, 2558

**9.ใยหิน (Asbestos)** มีลักษณะเป็นเส้นเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

**สมบัติของใยหิน**

- 1.ทนไฟ
- 2.ทนความร้อน
- 3.ทนต่อกรด
- 4.เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี

**ประโยชน์ของใยหิน**

- 1.ทำเป็นผ้าใยหิน
- 2.ใช้ป้องกันเปลวไฟ
- 3.ทำกระเบื้องกระดาด
- 4.ผสมกับยางทำเป็นผงหรือฉนวนหุ้มท่อ
- 5.ผสมทำเป็นปูนซีเมนต์



รูปที่ 6.42 แสดงลักษณะฉนวนใยหิน

ที่มา : <http://www.b2bthai.com,2558>

**10.พลาสติก ( Plastic )** เป็นสารสังเคราะห์ เป็นอโลหะและไม่ยืดหยุ่น วัตถุดิบที่นำมาใช้พลาสติก ได้แก่ น้ำมันดิบถ่านหิน ใยพืช น้ำ อากาศ เป็นต้น โมเลกุลของพลาสติกประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน พลาสติกเป็นวัสดุที่ถูกคิดค้นโดยนักเคมีชาวอังกฤษ ชื่อ ปาร์ค (Alixander Park) ได้ทำสเกลกอสอดคล้องบนก้อนฟ้ายที่มีการบูรผสมอยู่ ปรากฏว่าได้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นคือมีลักษณะเป็นของแข็งคล้ายเขาสัตว์ สามารถนำไปทำลูกบิดเกลียวได้

ต่อมาได้มีการค้นพบพลาสติกแบบใหม่เรียกว่า เซลลูลอยด์ ได้นำมาใช้ทำหวี กรอบแว่นตา เหยือก ฟันปลอม กระจกรถยนต์ และฟิล์มถ่ายรูป เมื่อถูกความร้อนจะอ่อนตัวและติดไฟได้ง่ายและมีการพบพลาสติกชนิดที่ถูกความร้อนแล้วไม่อ่อนตัว เรียกว่า เบเกอไลที่ใช้ทำหม้อ หูกระทะและมือจับเตารีด

พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

**1.เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) หรือ พลาสติกอ่อน** หมายถึง เป็นพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เพราะเมื่อถูกความร้อนจะอ่อนตัวหลอมละลาย เมื่อเย็นตัวจะแข็งตัว สามารถนำไปหลอมละลายกลับมาใช้ได้อีกเช่น ถุงพลาสติกใส่ไอศกรีม หลอดกาแฟ ขวดยา ท่อพลาสติก สายยางรดน้ำ เชือกพลาสติก และเปลือกสายไฟ เป็นต้น ไม่ควรใช้งานที่มีความร้อนเกินกว่า 80 องศาเซลเซียส เพราะจะอ่อนตัวมาก ชนิดของพลาสติกอ่อนที่นิยมใช้ได้แก่

**1.1 ไนลอน (Nylon หรือ Polyamide)** พลาสติกชนิดนี้พัฒนาขึ้นโดย ดับบลิว เอสคาโรเซอร์ ออกเผยแพร่สู่ตลาดเมื่อปี ค.ศ. 1938 ในรูปของสิ่งทอ เพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทน เส้นไหมในงานอุตสาหกรรม ทำถุงเท้า มีน้ำหนักเบา รับแรงดึงและแรงอัดได้ดี ทนการขีดข่วน เป็นฉนวนไฟฟ้าแรงสูง ทนกรดชนิดอ่อน และด่างได้ ใช้งานที่มีความร้อนไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส ไนลอนนิยมนำไปใช้ทำ ร่มชูชีพ ถุงเท้า เสื้อผ้า ท่อส่งน้ำมัน แบร็ง บูช เฟืองพลาสติก ทำแท่งเลื่อน และอวนดักปลา ดังแสดงในรูปที่ 6.43



(ก) อวนดักปลา



(ข) ร่มไนลอน

รูปที่ 6.43 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากไนลอน

ที่มา : <http://www.m-group.in.th,2558>

**1.2 โพลีเอทิลีน (Polyethylene) หรือ พลาสติก พีอี (PE)** ผลิตจากแก๊สเอทิลีน (Ethylene  $C_2H_4$ ) ซึ่งได้จากอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน กรรมวิธีคือ นำแก๊สมาอัดจนได้ความดันสูงถึง 3,000 บรรยากาศ ให้แก๊สไหลผ่านตัวเร่ง (Catalyst) โมเลกุลแก๊สเอทิลีน ( $C_2H_4$ ) ทั้งหลายจับต่อกันยาวเป็น โมเลกุลใหม่ใหญ่ขึ้นมากกว่าเดิมเป็น โพลีเอทิลีน แปลว่าจำนวนมากๆ

**สมบัติ :** ลักษณะเป็นมันลื่นคล้ายขี้ผึ้ง ยึดตัวได้ดี เนื้อใสเมื่อบาง และขุ่นเมื่อหนา ไม่ทนต่อน้ำมันเบนซินและน้ำมันก๊าด แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

**1. ชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE : Low Density Polyethelene)** ใช้มากที่สุดในประเทศไทย ใช้ทำถุงพลาสติกแบบใส่ไอศกรีมที่เรียกว่า “ ถุงเย็น ” เพราะถูกความร้อนไม่ได้ ถุงน้ำ ถุงทิ้งขยะ ดอกไม้พลาสติก ตุ๊กตาเด็กเล่น กระจป้อง ขันตักน้ำ ขวดชนิดอ่อน นิ่ม ลังใส่น้ำอัดลม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.44



(ก) ถังน้ำ



(ข) ชันตักน้ำ

รูปที่ 6.44 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีเอททีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

ที่มา : <http://www.chiangmaiplastic.com,2558>

2. ชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDPE : Medium Density Polyethelene) ใช้ผลิตเครื่องถ้วยชาม  
ดังแสดงในรูปที่ 6.45



รูปที่ 6.45 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีเอททีลีนชนิดความหนาปานกลาง

ที่มา : <http://www.newsplus.co.th/391,2558>

3. ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE : High Density Polyethelene) ใช้ทำขวดพลาสติก  
เชือกพลาสติก และอวนจับปลา ดังแสดงในรูปที่ 6.46



(ก) ขวดพลาสติก



(ข) เชือกพลาสติก

รูปที่ 6.46 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีเอททีลีนชนิดความหนาแน่นสูง

ที่มา : <http://www.chaiwattana.co.th,2558>

1.3 โคโพลิเมอร์ (Copolymer) ใช้ผลิตเครื่องใช้ในครัวเรือน โรงงานผลิตเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีน อยู่ที่จังหวัดระยอง ใช้แก๊สธรรมชาติในอ่าวไทยเป็นวัตถุดิบ ดังแสดงในรูปที่ 6.47



รูปที่ 6.47 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโคโพลิเมอร์

ที่มา : <http://www.great-pet.com,2558>

1.4 โพลีสไตรีน (Polystyrene) หรือ พลาสติก พี เอส (PS) มีปริมาณการผลิตมากที่สุด มีน้ำหนักเบา หดตัวน้อยมาก

สมบัติ : มีทั้งชนิดใส ฝ้า และทึบ ย้อมสีได้ ทนความร้อนได้ ไม่ทนต่อน้ำมันเบนซิน ทินเนอร์ แต่ทนกรดด่างและเกลือได้ดี ผิวเป็นรอยขีดข่วนได้ง่าย

ประโยชน์: นำมาใช้ทำชั้นอ่อนนุ่ม พลาสติก ราคาถูก ตะเกียบ หวี ไม้บรรทัด ค้ำแปรงสีฟัน ก่อสร้างใส่แปรงสีฟัน ขวดใส่ยาเม็ด หมวกกันน็อก ถาดอาหาร โฟมสีขาว ทำตัวอักษร ชื่อป้ายตามงานต่างๆ พลาสติกชนิดนี้สามารถรับแรงกระแทกได้สูง คือ เอ บี เอส (ABS) ซุปโครเมียมได้ เครื่องรับโทรศัพท์ ปุ่มวิทยุ หน้ากาก เครื่องปรับอากาศ ชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.48



(ก) ชิ้นส่วนรถยนต์



(ข) หน้ากากโทรศัพท์

รูปที่ 6.48 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีสไตรีน

ที่มา : <http://www.thai2market.com,2558>

**1.5 โพลีโพรไพลีน ( Polypropylene ) หรือ พลาสติก พี เอส ( PP )** มีสมบัติคล้ายกับพลาสติกชนิด พีอี แต่สามารถทนความร้อนได้ดีกว่า แข็งแรงกว่า คุณภาพดีกว่า ราคาแพง ใช้ทำถุงช้อนใส่อาหารร้อน หรือเรียกว่า “ ถุงร้อน ” ยังใช้ทำสายไฟฟ้า หุ้มซองบุหรี่ หมวกกันน็อก ปกแฟ้ม ฝาปิดโถส้วม เชือกฟางมัดของ ขวด ถังตักน้ำ กะละมัง ดังแสดงในรูปที่ 6.49



(ก) ฝาปิดโถส้วม



(ข) หมวกกันน็อก

รูปที่ 6.49 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีโพรไพลีน

ที่มา : <http://www.paragonbike.com,2558>

**1.6 โพลีคาร์บอเนต ( Polycarbonate ) หรือ PC** มีลักษณะใสมีความแข็งแรงมากที่สุด ทนต่อแรงกระแทกได้สูง มีความเหนียว ใช้ทำอุปกรณ์สื่อสาร โคมไฟสาธารณะ ช่องมองหน้าหมวกนักบินอวกาศ สามารถทำเป็นสีต่างๆ ได้ มีความใสสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามที่ต้องการ ได้ใช้งานในช่วงอุณหภูมิ 6 – 180 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 6.50



(ก) หน้ากากโทรศัพท์

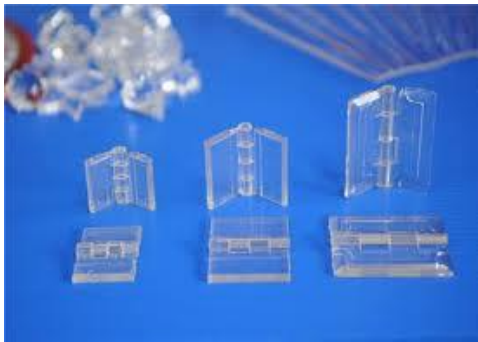


(ข) โคมไฟสาธารณะ

รูปที่ 6.50 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีคาร์บอเนต

ที่มา : <http://www.snk.co.th, 2558>

**1.7 อะคริลิก (Acrylic)** เป็นพลาสติกที่ใช้ในงานส่งกำลังเบาๆ ได้ดี ง่ายต่อการขึ้นรูปและทนความชื้นได้ อะคริลิก มีชื่อเรียกในท้องตลาดว่า เพลลิกลาส ( Plexiglas ) หรือลูไซท์ ( Lucite ) หรือโพลีกลาส ( Polyglass ) มีลักษณะใส โปร่งแสง นำไปใช้ทำฝาครอบเครื่องบิน หน้าปัดเครื่องมือวัด แวนตาพลาสติก ป้ายร้านค้า ด้ามเครื่องมือต่างๆ และใช้ในงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.51



(ก) แผ่นอะคริลิก



(ข) แวนตาพลาสติก

รูปที่ 6.51 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากอะคริลิก

ที่มา : <http://www.thairaybanshop.com>, 2558

**1.8 เซลลูโลส ( Cellulose )** เป็นพลาสติกที่ได้จากธรรมชาติ ทำจากเยื่อไม้และฝ้าย เป็นพลาสติกชนิดแรกๆ ที่นำมาใช้ในงานด้านอุตสาหกรรม รู้จักกันในชื่อ เซลลูลอยด์ แบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด คือ

**1.เซลลูโลส ไนเตรด(Cellulose Nitrate)** เป็นพลาสติกที่มีความเหนียวมากที่สุด ใช้ทำฟิล์มภาพยนตร์ ดินระเบิด ดังแสดงในรูปที่ 6.52



(ก) ฟิล์มภาพยนตร์



(ข) ดินระเบิด

รูปที่ 6.52 แสดงลักษณะของวัสดุที่ผลิตจากเซลลูโลส ไนเตรด

ที่มา : <http://www.nanagarden.com>, 2558

2.เซลลูโลส อะซิเตด (Cellulose Acetate) ใช้ห่อหุ้มวัสดุเป็นฉนวนไฟฟ้า พิล์มถ่ายรูป  
 ดังแสดงในรูปที่ 6.53



(ก) ฉนวนไฟฟ้า

(ข) พิล์มถ่ายรูป

รูปที่ 6.53 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเซลลูโลส อะซิเตด

ที่มา : <http://www.pantip.com> , 2558

3.เซลลูโลส อะซิเตด บิวเทรต (Cellulose Acetate Butyrate) เป็นพลาสติกที่นำมาข้อมลี้ได้  
 เกือบทุกสี เป็นฉนวนไฟฟ้าที่มีความแข็งแรง ใช้ทำด้ามเครื่องมือ สายพาน กรอบแว่นตา ดังแสดง  
 ในรูปที่ 6.54



(ก) ด้ามเครื่องมือ

(ข) สายพาน

รูปที่ 6.54 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเซลลูโลส อะซิเตด บิวเทรต

ที่มา : <http://www.unior-thailand.com>, 2558



4.เซลลูโลส โพรพิโอเนต (Cellulose Propionate) เป็นพลาสติกที่นำมาใช้ทำชิ้นส่วนรถยนต์ ปากกา ดินสอ หูโทรศัพท์ ของเด็กเล่น ชิ้นส่วนวิทยุและโทรทัศน์ ดังแสดงในรูปที่ 6.55



(ก) ดินสอ



(ข) ปากกา

รูปที่ 6.55 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเซลลูโลส โพรพิโอเนต

ที่มา : <http://www.springnews.co.th,2558>

5. เอธิล เซลลูโลส (Ethyl Cellulose) เป็นพลาสติกที่มีความแข็งแรงที่สุดในกลุ่มเซลลูโลส ไม่ทนต่อกรด ด่าง และน้ำมัน นำมาทำขอบโต๊ะ อุปกรณ์ไฟฟ้า กระจกไฟฉาย ดังแสดงในรูปที่ 6.56



(ก) กระจกไฟฉาย



(ข) อุปกรณ์ไฟฟ้า

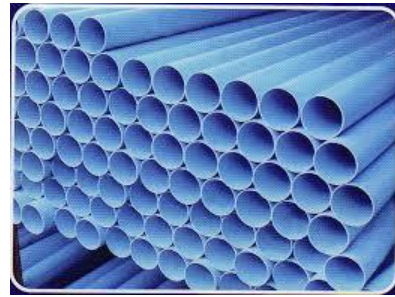
รูปที่ 6.56 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเอธิล เซลลูโลส

ที่มา : <http://www.faiifadd.com,2558>

1.9 ไวนิล (Vinyl) หรือโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride) ตามท้องตลาดเรียกว่า พีวีซี (PVC) สมบัติทนต่อสารเคมี ไม่สกปรกง่าย นำไปใช้ทำท่อน้ำประปา (ท่อเอสลอน) สายยางรดน้ำต้นไม้ เปลือกสายไฟ รองเท้าแตะ ขวดชนิดใสแข็ง กระเบื้องยาง หนังสือพิมพ์ ผ้าใย ของเป่าลม ห่วงชูชีพ หมอนยางทูนลอยอวน เสื้อกันฝน ของใส่ธนบัตร และแกลลอนใส่น้ำมัน ดังแสดงในรูปที่ 6.57



(ก) สายยางรดน้ำ



(ข) ท่อน้ำประปา

รูปที่ 6.57 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากไวนิล

ที่มา : <http://www.xn--o3cama6ai2e0at5owb.blogspot.com>, 2558

**2. เทอร์โมเซตติง (Thermo Setting) หรือ พลาสติกแข็ง** เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างเป็นแบบยึดขวาง ( Cross Link ) และแบบตาข่าย ( Network ) มีความแข็งแรงทนต่อสภาพความร้อน และความกดดันได้ดี เมื่อเปลี่ยนรูปร่างแล้วไม่สามารถนำกลับมาหลอมใช้ได้อีก เปรียบเสมือนไข่ เมื่อนำไปต้มสุกแล้วไม่สามารถที่จะนำกลับให้มาอยู่ในสภาพเดิมได้อีก พลาสติกชนิดนี้นำมาหล่อเป็นรูปร่างต่างๆ มีดังนี้

**2.1 ยูรีเทน หรือ โพลียูรีเทน ( Urethane or Polyurethane )** ปัจจุบันยูรีเทน ถูกนำมาใช้ในรูปของโฟม ( โฟมแข็ง โฟมอ่อน และในรูปของเหลว )

ในรูปของโฟมแข็ง จะฉีดเข้าไปในท้องเรือเพื่อให้เรือลอยได้ดี ฉีดเข้าไปในผนังห้องเย็นตู้เย็น และปีกเครื่องบิน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.58



(ก) ผนังห้องเย็น



(ข) ปีกเครื่องบิน

รูปที่ 6.58 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากยูรีเทนในรูปโฟมแข็ง

ที่มา : <http://www.oocities.org/thaiinterhobby/knowledge.htm>, 2558

ในรูปของโฟมอ่อน จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม ยืดหยุ่นได้ดี ใช้ทำฟองน้ำ เบาะรถยนต์ ที่นอน เบาะผ้าห่มและเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.59



(ก) ฟองน้ำ



(ข) เบาะ

รูปที่ 6.59 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากยูรีเทนในรูปโฟมอ่อน

ที่มา : <http://www.momandmestory.com> , 2558

ในรูปของเหลว ใช้เป็นน้ำยาเคลือบเงา ผิววัสดุต่างๆ เช่น เคลือบไม้ เคลือบหนัง เคลือบยาง และใช้ทำกาว เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.60



(ก) น้ำยาเคลือบเงา



(ข) กาวยูรีเทน

รูปที่ 6.60 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากยูรีเทนในรูปของเหลว

ที่มา : <http://www.forcon-d.com> , 2558

**2.2 ซิลิโคน ( Silicone )** เป็นโพลิเมอร์ของธาตุซิลิกอน เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักมาก มีทั้งของเหลวและชนิดคงรูปร่าง เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี ดัดไฟซ้ามากแต่นำความร้อนได้ดี ทนกรด และด่างได้เกือบทุกชนิด มีสมบัติลื่น นิยมนำไปใช้ทำ แบบแม่พิมพ์ ใช้เป็นกาวอุดหลังคากันรั่ว ใช้เป็นสารลดแรงเสียดทานเพื่อให้ถอดแบบหล่อได้ง่ายใช้ตีเส้นขาวกำหนดขอบเขตบนถนน ใช้ทำอวัยวะเทียมในด้านการแพทย์ ดังแสดงในรูปที่ 6.61



(ก) แบบแม่พิมพ์



(ข) อวัยวะเทียม

รูปที่ 6.61 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากซิลิโคน

ที่มา : <http://www.allartcenter.com> , 2558

**2.3 อีพอกซี (Epoxy)** มีน้ำหนักปานกลาง มีการหดตัวได้น้อยมากเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนความร้อนได้สูง 600 องศาฟาเรนไฮต์ ติดไฟช้ามากและดับได้เอง ทนกรด ทนด่าง รับแรงดึงและแรงอัดได้ดี รับแรงดึงได้สูงสุด 65,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สมบัติของอีพอกซี คือ สามารถยึดติดวัตถุต่างๆ ได้ดี เหมาะสำหรับนำไปใช้ทำกาว หรือนำไปใช้ร่วมกับพลาสติกเหลว เพื่อทำเป็นไฟเบอร์กลาส ดังแสดงในรูปที่ 6.62



(ก) พื้นทากด้วยอีพอกซี



(ข) ไฟเบอร์กลาส

รูปที่ 6.62 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ใช้อีพอกซีเป็นตัวยึด

ที่มา : <http://www.m.thai.alibaba.com>, 2558

2.4 อามิโน ( Amino ) เป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักมาก รับแรงอัดและแรงบิดได้ดี ทนความร้อนได้สูง ถ้านำไปผสมกับใยหิน ( Asbestos ) สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 400 องศาฟาเรนไฮต์ มีเนื้อแข็ง ด้านทานรอยขีดข่วนได้ดี เป็นฉนวนไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าความถี่ต่ำ ทนกรด ทนด่าง ชนิดอ่อนได้ดี ทนต่อสารเคมีอื่นๆ เช่น น้ำมัน ทินเนอร์ ผงซักฟอก เป็นต้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.ยูเรีย (Urea) นิยมนำไปใช้ทำกาวยไม้อัด น้ำยาเคลือบผิว ฉนวนหุ้มไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 6.63



(ก) กาวย



(ข) น้ำยาเคลือบผิว

รูปที่ 6.63 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยยูเรีย

ที่มา : <https://www.pmpowertech.bentoweb.com> , 2558

2.เมลามีน ( Melamine ) นิยมนำไปใช้ทำภาชนะบรรจุอาหาร ถ้วย จาน หรือวัสดุปิดผิว หรือมีชื่อเรียกว่า ฟอ์เมกา ดังแสดงในรูปที่ 6.64



(ก) จานพลาสติก



(ข) ถ้วย

รูปที่ 6.64 แสดงลักษณะภาชนะบรรจุอาหารที่ผลิตด้วยเมลามีน

ที่มา : <http://www.giftstorepremium.com> , 2558

**2.5 ฟีนอลิก (Phenolic)** พลาสติกชนิดนี้รู้จักกันในนามเบเกอร์ไลท์ (Bakelite) มีสมบัติทนความร้อนได้สูง นำความร้อนได้ต่ำทนกรด ทนด่าง สามารถทำเป็นโฟมได้ โฟมฟีนอลิก นิยมทำเป็นฟุ่นลอยน้ำ และใช้เสริมความแข็งแรงในปีกของเครื่องบิน ทำมือจับหุหม้อ อุปกรณ์เครื่องครัว และฝาครอบจานจ่ายรถยนต์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.65



(ก) อุปกรณ์เครื่องครัว

(ข) มือจับหุหม้อ

รูปที่ 6.65 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากฟีนอลิก

ที่มา : <http://www.th.aliexpress.com/>, 2558

## สรุปท้ายหน่วย

โลหะ หมายถึงวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ หรือได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมา เช่น พลาสติกปูนซีเมนต์ แก้ว ไม้ ยาง น้ำมัน เป็นต้น มีสมบัติแตกต่างจากโลหะ การเรียงตัวของอะตอมไม่เป็นระเบียบ

โลหะ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. วัสดุธรรมชาติ 2. วัสดุสังเคราะห์

1. วัสดุธรรมชาติ ที่นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ประโยชน์โดยทั่วไป มีดังนี้

1. ไม้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1.1 ไม้เนื้อแข็ง 1.2 ไม้เนื้อแข็งปานกลาง 1.3 ไม้เนื้ออ่อน

2. ยางธรรมชาติ (Rubber) เป็นยางดิบที่นำไปทำผลิตภัณฑ์ยาง จะต้องมีการรมวิธีทางเคมีปรุงแต่งเนื้อยาง เช่น ผสมผงคาร์บอนและกำมะถันเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ยางมีสมบัติทนความร้อนทนต่อการสึกหรอหรือเรียกว่ากรรมวิธีวัลคาไนเซชัน นอกจากนี้ยังมีสารเพิ่มคุณภาพยาง เช่น สังกะสีออกไซด์ แบเรียมซัลเฟต และยังทำการเสริมใยเหล็ก ผ้าใบ เส้นลวด เพื่อให้สามารถใช้งานได้ทนทานยิ่งขึ้น

3. หนัง (Leather) แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1. หนังแท้ 2. หนังเทียม  
การฟอกหนัง หมายถึง การทำหนังดิบให้เป็นหนังสุก หรือหนังฟอก ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้

1. หนังดิบ

2. หนังฟอก(หนังสุก)

ขั้นฟอกหนัง เมื่อเราเตรียมหนังได้ตามขั้นต้น แล้วยำหนังไปฟอก มี 3 วิธี ได้แก่

1. การฟอกผาด

2. การฟอกด้วยแร่ธาตุ

3. การฟอกด้วยอัลดีไฮด์

4. สิ่งทอ หมายถึง สิ่งที่ได้จากธรรมชาติ คือ ไหม ผ้า ย ปอ ขนสัตว์ โดยผลิตขึ้นในลักษณะเส้นด้ายข้อมสี และนำมาถักทอเป็นผืนให้ได้สีสันสวยงาม ต่อจากนั้นจึงนำมาตัดเย็บเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป สิ่งทอที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ 1. ผ้า 2. ไหม 3. ปอ 4. ขนสัตว์

5. กาวธรรมชาติ หมายถึง วัสดุประสานที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรม ใช้ติดวัสดุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน โดยเฉพาะในงานไม้บางประเภทสามารถใช้กาวแทนตะปู กาวจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็ง สามารถรับแรงดึงทำให้วัสดุสองชิ้นติดกัน

### ชนิดของกาวธรรมชาติ

กาวธรรมชาติได้จากพวกพืช สัตว์ หรือเกลือแร่ธรรมชาติ มีราคาถูก ปัจจุบันได้รับความนิยมน้อยลง แต่ยังคงมีใช้อยู่บางชนิด ได้แก่ 1. กาวเคซีน 2. กาวแป้ง 3. กาวยาง 4. กาวสัตว์

2. วัสดุสังเคราะห์ หมายถึง วัสดุที่คิดค้นด้วยกรรมวิธีทางเคมี เพื่อให้ได้สารชนิดใหม่ที่มีสมบัติตามที่ต้องการ โดยที่วัสดุธรรมชาติไม่สามารถให้ได้ หรือประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้แทนวัสดุธรรมชาติที่กำลังจะหมดไปหรือมีราคาแพง เช่น ยางสังเคราะห์ สี เซรามิค แก้ว โยหิน พลาสติก กาวสังเคราะห์

### 1.ยางสังเคราะห์ ( Synthesis Rubber ) แบ่งออกได้เป็นดังนี้

1.1 ยาง buna ( Buna Rubber ) เป็นยางสังเคราะห์ที่ประเทศเยอรมันได้ผลิตขึ้น ในระหว่างสงครามโลก มี 2 ชนิด คือ

1. ยาง buna เอส ( Buna S )

2. ยาง buna เอ็น ( Buna N )

1.2 ยาง สไตรีน บูทาดีน ( Styrene Butadiene Rubber ; SBR )

1.3 ยาง บูไทล์ ( Butyl Rubber )

1.4 นีโอพรีน ( Neoprene )

1.5 ยางซิลิโคน ( Silicone )

**2. สี ( Paint )** สีมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับมนุษย์ตั้งแต่สมัยโบราณ จนถึงปัจจุบัน สีใช้เป็นสัญลักษณ์ของหมู่เหล่า หรือสัญลักษณ์ประจำชาติ สีจะบ่งบอกถึงอารมณ์ต่างๆ นอกจากนี้เราใช้สีในการป้องกันการทำลาของปลวกและมด หรือจากสภาพดินฟ้าอากาศ และช่วยป้องกันการกัดกร่อน

**ชนิดของสีที่ใช้ทั่วไป** แบ่งออกเป็น 5 ชนิด ดังนี้

1. สีน้ำหรือสีพลาสติค ( Water Thinned Paint or Emulsion Paint )

2. สีอีนาเมล ( Enamel Paint )

3. สีแลกเกอร์ ( Lacquer Paint )

4. สียาง ( Bituminous Paint )

5. สีรองพื้น ( Primer )

**3. เซรามิก ( Ceramic )** เป็นวัสดุที่มีความสำคัญต่องานอุตสาหกรรมทางด้านวิศวกรรม ใช้ในงานอุตสาหกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และงานอุตสาหกรรมเคมีได้แก่ ถ้วยชามและเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก

**ชนิดของเซรามิก** แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. เซรามิกที่เป็นฉนวน ( Insulator Porcelain )

2. เซรามิกที่เป็นผง ( Steatitic )

3. เซรามิกที่ใช้ป้องกันการสั่นสะเทือน ( High Frequency Porcelain )

**4. แก้ว ( Glass )** ในปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายอย่างในชีวิตประจำวัน โดยมีหลักฐานทางโบราณคดี แก้วมีต้นกำเนิดแถบเมโสโปเตเมีย ประเทศอียิปต์ โดยมีการค้นพบระปุกแก้วขนาดเล็กอายุกว่า 3,000 ปี ในปัจจุบันแก้วได้มีบทบาทในงานอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก

**ชนิดของแก้ว** แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. แก้วโซดาไลม์ ( Soda Lime Glass )

2. แก้วหิน หรือแก้วเจียรไน ( Flint Glass or Crystal Glass )

3. แก้วบอโรซิลิเกต หรือไพเร็กซ์ ( Borosilicate or Pyrex Glass )



5.ใยหิน (Asbestos) มีลักษณะเป็นเส้นเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

สมบัติของใยหิน

- 1.ทนไฟ
- 2.ทนความร้อน
3. ทนต่อการกัดกร่อน
3. เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี

ประโยชน์ของใยหิน

- 1.ทำเป็นผ้าใยหิน
- 2.ใช้ป้องกันเปลวไฟ
- 3.ทำกระเบื้องกระดาด
- 4.ผสมกับยางทำเป็นผงหรือฉนวนหุ้มท่อ
- 5.ผสมทำเป็นปูนซีเมนต์

6.พลาสติก ( Plastic ) เป็นสารสังเคราะห์ เป็นอโลหะและไม่ยืดหยุ่น วัสดุดิบที่นำมาใช้พลาสติก ได้แก่ น้ำมันดิบ ถ่านหิน ใยพืช น้ำ อากาศ เป็นต้น โมเลกุลของพลาสติกประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.เทอร์โมพลาสติก ( Thermoplastic ) หรือ พลาสติกอ่อน ตัวอย่างของพลาสติกอ่อน ที่นิยมใช้ ได้แก่

- 1.1 ไนลอน ( Nylon หรือ Polyamide )
- 1.2 โพลีเอทิลีน ( Polyethylene ) หรือ พลาสติก พีอี ( PE )
- 1.3 โคโพลิเมอร์ ( Copolymer )
- 1.4. โพลีสไตรีน ( Polystyrene ) หรือ พลาสติก พี เอส ( PS )
- 1.5 โพลีโพรไพลีน (( Polypropylene ) หรือ พลาสติก พี เอส ( PP )
- 1.6 โพลีคาร์บอเนต ( Polycarbonate ) หรือ PC
- 1.7 อะครีลิก (Acrylic )
- 1.8 เซลลูโลส ( Cellulose )
- 1.9 ไวนิล ( Vinyl )หรือ โพลีไวนิลคลอไรด์ ( Polyvinyl Chloride )

2. เทอร์โมเซตติง ( Thermo Setting ) หรือ พลาสติกแข็ง แบ่งออกเป็นดังนี้

- 2.1 ยูรีเทน หรือ โพลียูรีเทน ( Urethane or Polyurethane )
- 2.2 ซิลิโคน ( Silicone )
- 2.3 อีพอกซี ( Epoxy )
- 2.4 อะมิโน ( Amino ) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1.ยูเรีย (Urea) 2.เมลามีน ( Melamine )

### คำศัพท์ประจำหน่วย

1. Wood หมายถึง ไม้
2. Rubber หมายถึง ยางธรรมชาติ
3. Leather หมายถึง หนังสัตว์
4. Glue หมายถึง กาว
5. Synthesis หมายถึง ยางสังเคราะห์
6. Paint หมายถึง สี
7. Ceramic หมายถึง เซรามิค
8. Glass หมายถึง แก้ว
9. Asbestos หมายถึง ใยหิน
10. Thermo plastic หมายถึง พลาสติกอ่อน
11. Thermo setting หมายถึง พลาสติกแข็ง

## ใบงานหน่วยที่ 6

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนกลุ่มระดมความคิด แล้วทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อของโลหะ จำนวน 4 ชนิด ที่ได้จากธรรมชาติ และบอกประโยชน์การใช้งานลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 4 คะแนน ) เวลา 3 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะ	ประโยชน์การใช้งาน
ตัวอย่าง	ไม้	ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ งานก่อสร้าง เครื่องใช้ต่างๆ
1		
2		
3		
4		

2. ให้นักเรียนกลุ่มระดมความคิด แล้วทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อของโลหะ จำนวน 5 ชนิด ที่ได้จากการสังเคราะห์ และบอกประโยชน์การใช้งานลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 5 คะแนน ) เวลา 3 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะ	ประโยชน์การใช้งาน
ตัวอย่าง	ยางสังเคราะห์	ทำยางรถยนต์ ลูกยางปั๊มเบรก และสายเคเบิลใต้ดิน
1		
2		
3		
4		
5		

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 6

### ตอนที่ 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของอโลหะ
2. อโลหะแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
3. จงเขียนแผนภูมิของอโลหะ
4. ไม้แบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
5. การแปรรูปวัสดุที่ทำจากไม้ แบ่งออกเป็นกี่แบบ อะไรบ้าง
6. จงอธิบายกรรมวิธีวัดคาโนเซชัน
7. หน้แบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
9. กาวหมายถึงอะไร จงยกตัวอย่างชนิดของกาวที่นิยมใช้มา 4 ชนิด
10. วัสดุสังเคราะห์หมายถึงอะไร ยกตัวอย่างประกอบ

## เฉลยใบงานหน่วยที่ 6

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนระดมความคิด แล้วทำการกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนชื่อของโลหะ จำนวน 4 ชนิด ที่ได้จากธรรมชาติ และบอกประโยชน์การใช้งานลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 4 คะแนน ) เวลา 3 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะ	ประโยชน์การใช้งาน
ตัวอย่าง	ไม้	ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ งานก่อสร้าง เครื่องใช้ต่างๆ
1	ยางธรรมชาติ	เปลือกแบตเตอรี่ วัสดุประสาน ทำฟองน้ำ
2	หนัง	กลองชนิดต่างๆที่ใช้ตามวัด
3	สิ่งทอ	ตัดเย็บเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น กระเป๋า เสื้อ กางเกง กระโปรง หมวก ผ้าม่าน เครื่องประดับ
4	กาวธรรมชาติ	ใช้ติด หรือประสานวัสดุต่างๆให้ติดกัน

หมายเหตุ คำตอบอาจจะอยู่ในคุณพิณิจของครู

2. ให้นักเรียนระดมความคิด แล้วทำการกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนชื่อของโลหะ จำนวน 5 ชนิด ที่ได้จากการสังเคราะห์ และบอกประโยชน์การใช้งานลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 5 คะแนน ) เวลา 3 นาที

ลำดับที่	ชื่อโลหะ	ประโยชน์การใช้งาน
ตัวอย่าง	ยางสังเคราะห์	ทำยางรถยนต์ ลูกยางปั๊มเบรก และสายเคเบิลใต้ดิน
1	สี	ใช้ทาหรือพ่นวัสดุต่างๆเพื่อให้เกิดความคงทน และมีความสวยงาม
2	เซรามิก	ใช้ทำเครื่องสุขภัณฑ์ที่ใช้ในห้องน้ำ เครื่องใช้
3	แก้ว	ทำเครื่องประดับ กระจกรถยนต์ต่างๆ แว่นตา
4	ใยหิน	ใช้ทำผ้าใยหิน ผสมทำเป็นปูนซีเมนต์
5	พลาสติก	นำมาใช้ทำหวี กรอบแว่นตา เหยือก ฟันปลอม กรอบ กระจกรถยนต์ และฟิล์มถ่ายรูป หูกระทะ และมือจับ เตารีด เป็นต้น

## ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 6

ชื่อ – ชื่อสกุล ..... แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 6	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน )	ดีมาก ( 8-9 )	ดี ( 6-7 )	พอใช้ ( 4-5 )

### เกณฑ์การประเมินผล

<input type="checkbox"/>	8-9	คะแนน	หมายถึง	ดีมาก
<input type="checkbox"/>	6-7	คะแนน	หมายถึง	ดี
<input type="checkbox"/>	4-5	คะแนน	หมายถึง	พอใช้
<input type="checkbox"/>	ต่ำกว่า 3	คะแนน	หมายถึง	ต้องปรับปรุง

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวนใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 6 และทำใบงานใหม่

## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 6

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของอโลหะ

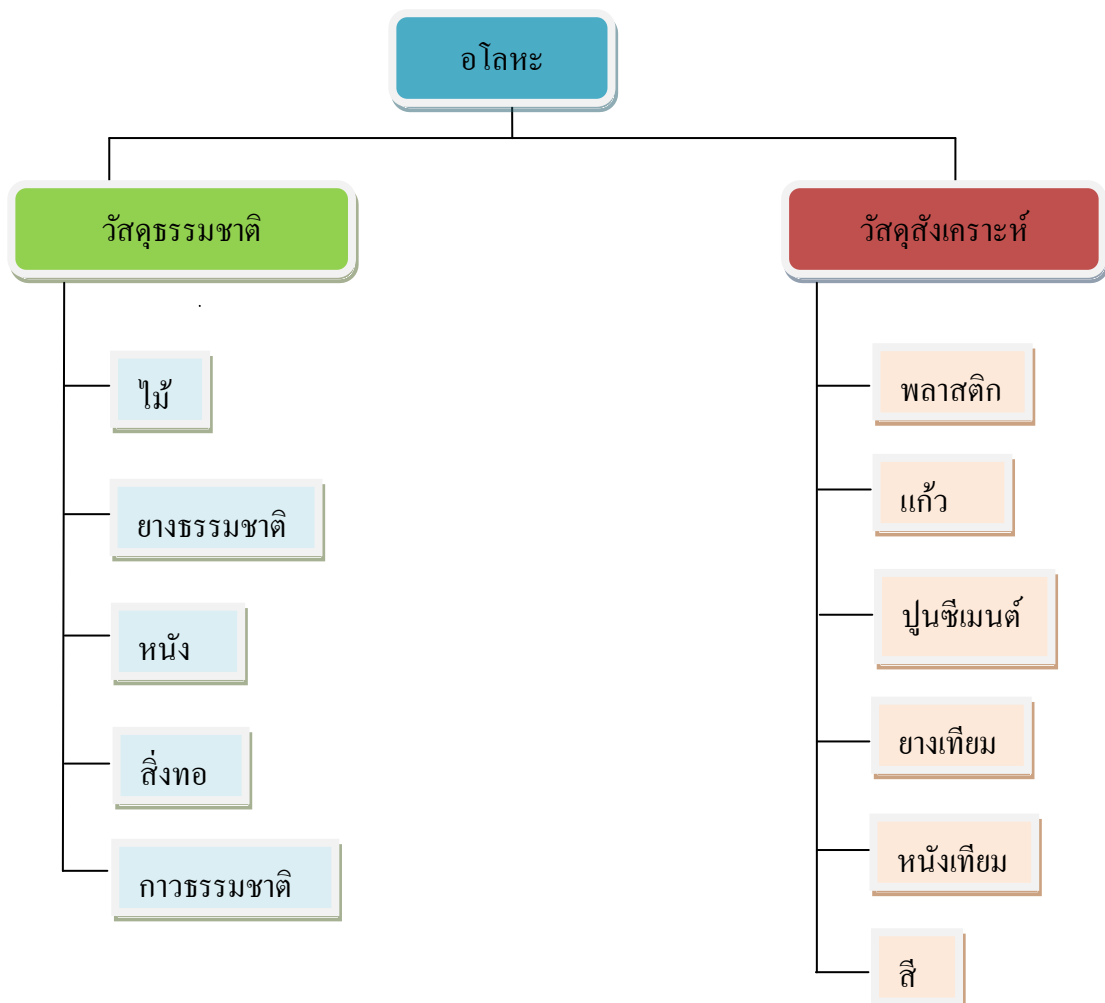
ตอบ วัสดุที่ได้จากธรรมชาติ หรือ ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมา เช่น พลาสติก ปูนซีเมนต์ แก้ว ไม้ ยาง น้ำมัน เป็นต้น มีสมบัติแตกต่างจากโลหะ การเรียงตัวของอะตอมไม่เป็นระเบียบ

2. อโลหะแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

ตอบ 2 ประเภท คือ 1. วัสดุธรรมชาติ 2. วัสดุสังเคราะห์

3. จงเขียนแผนภูมิของอโลหะ

ตอบ



4. ไม้แบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

**ตอบ** 3 ประเภท คือ 1. ไม้เนื้อแข็ง มีลักษณะเนื้อแน่น มีความแข็งแรงสูง แปรรูปและตัดแต่งได้ยาก ผิวเรียบชักเงาได้ดี ทนปลวกและมอด ใช้ในงานโครงสร้างที่ต้องรับภาระมาก และงานที่ต้องการความสวยงาม เช่น คาน ตง แปะ พื้น เครื่องเรือน

2. ไม้เนื้อแข็งปานกลาง มีความแข็งแรงปานกลาง เนื้อละเอียด ตกแต่งได้ง่าย นิยมใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ไม้ชนิดนี้ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

3. ไม้เนื้ออ่อน มีลักษณะเนื้อหยาบ อ่อน ความแข็งแรงน้อย นิยมใช้งานชั่วคราวที่ไม่รับภาระมากนัก เช่น ไม้แบบ เฟอร์นิเจอร์ราคาถูก

5. การแปรรูปวัสดุที่ทำจากไม้ แบ่งออกเป็นกี่แบบ อะไรบ้าง

**ตอบ** แบ่งออกได้ 3 แบบ คือ 1. แผ่นไม้อัด 2. ไม้อัดแผ่นเรียบ 3. แผ่นชั้นไม้อัด

6. จงอธิบายกรรมวิธีวัลคาไนเซชัน

**ตอบ** การนำยางดิบไปทำผลิตภัณฑ์ยาง จะต้องมีการรมวิธีทางเคมีปรุงแต่งเนื้อยาง เช่น ผสมผงคาร์บอน และกำมะถันเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ยางมีสมบัติทนความร้อนทนต่อการสึกหรอ

7. หนังแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

**ตอบ** 2 ประเภท คือ 1. หนังแท้ หมายถึงหนังที่ได้จากสัตว์ต่าง ๆ เช่น หนังวัว หนังจระเข้ หรือจากสัตว์ป่าต่าง ๆ หนังสัตว์ที่มีลวดลายสวยงาม เช่น หนังจระเข้ งู เสือ ม้าลาย ฯลฯ

2. หนังเทียม หมายถึง สารสังเคราะห์ที่ถูกนำมาใช้ให้มีลักษณะคล้ายหนังแท้

8. สิ่งทอ หมายถึงอะไร

**ตอบ** สิ่งที่ได้จากธรรมชาติ คือ ไหม ฝ้าย ปอ ขนสัตว์ โดยผลิตขึ้นในลักษณะเส้นด้ายข้อมล และนำมาถักทอเป็นผืนให้ได้สีสวยงดงาม ต่อจากนั้นจึงนำมาตัดเย็บเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น กระเป๋า เสื้อ กางเกง กระโปรง หมวก ผ้า màn เครื่องประดับ เป็นต้น

9. กาว หมายถึงอะไร จงยกตัวอย่างชนิดของกาวที่นิยมใช้มา 4 ชนิด

**ตอบ** วัสดุประสานที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรม ใช้ติดวัสดุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน โดยเฉพาะในงานไม้บางประเภทสามารถใช้กาวแทนตะปู กาวจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็งสามารถรับแรงดึงทำให้วัสดุสองชิ้นติดกัน ชนิดของกาวที่นิยมใช้มีดังนี้ 1. กาวเคซิน 2. กาวแป้ง 3. กาวยาง 4. กาวสัตว์



10. วัสดุสังเคราะห์หมายถึงอะไร ยกตัวอย่างมา 5 ชนิด

ตอบ วัสดุที่คิดค้นด้วยกรรมวิธีทางเคมี เพื่อให้ได้สารชนิดใหม่ที่มีสมบัติตามที่ต้องการ โดยที่วัสดุธรรมชาติไม่สามารถให้ได้ หรือประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้แทนวัสดุธรรมชาติที่กำลังจะหมดไปหรือมีราคาแพง ตัวอย่างของวัสดุสังเคราะห์ 5 ชนิด ได้แก่ 1. ยางสังเคราะห์ 2. ลี 3. เซรามิก 4. พลาสติก 5. แก้ว



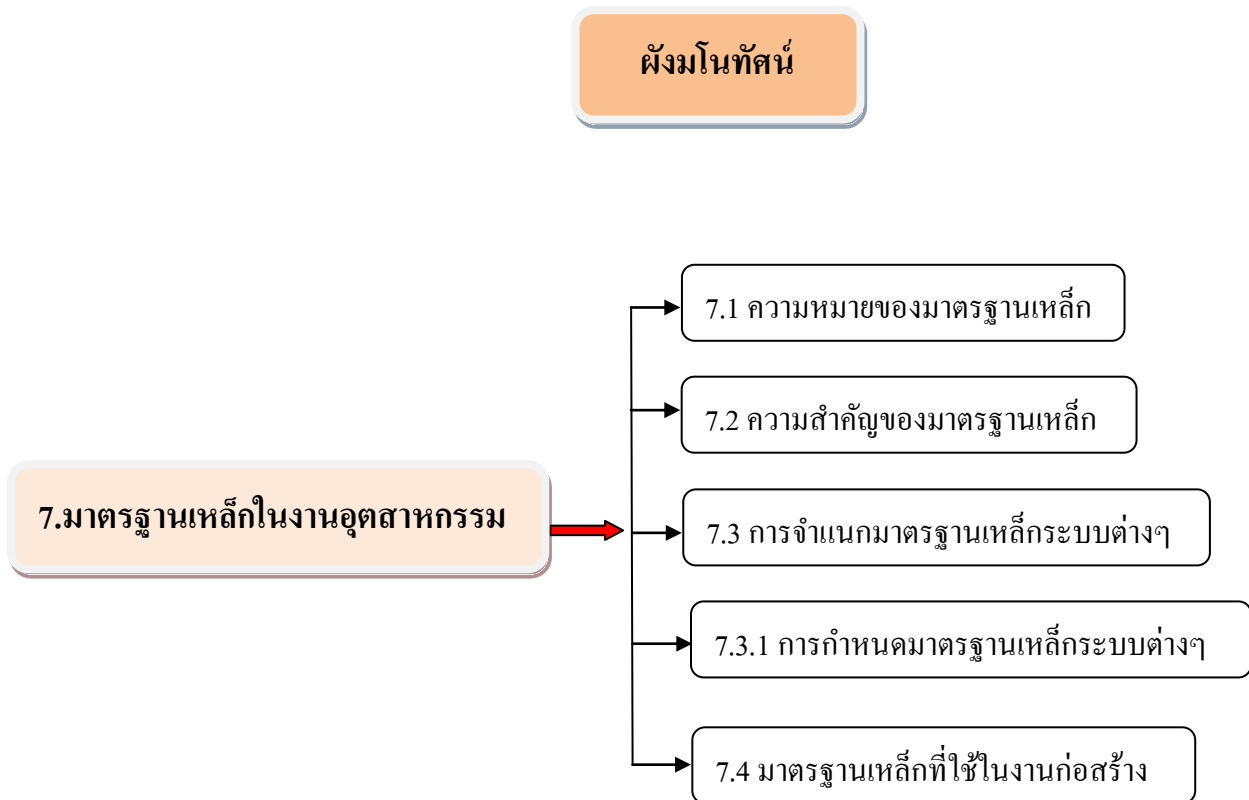
## เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

หน่วยที่ 7 มาตรฐานเหล็กในงานอุตสาหกรรม



## ผังมโนทัศน์



## หน่วยที่ 7

### มาตรฐานเหล็กในงานอุตสาหกรรม

#### แนวคิด

ในการผลิตภัณฑ์ทุกชนิด ผลผลิตที่ได้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานสากลที่กำหนดขึ้นระหว่างโรงงานอุตสาหกรรมกับผู้บริโภค หรือระหว่างประเทศ การกำหนดมาตรฐานดังกล่าวต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับกลุ่มของประเทศนั้นๆ ซึ่งในหน่วยนี้จะกล่าวถึงมาตรฐานของเหล็กที่ใช้กันมากในระบบอุตสาหกรรม

#### สาระการเรียนรู้

- 7.1 ความหมายของมาตรฐานเหล็ก
- 7.2 ความสำคัญของมาตรฐานเหล็ก
- 7.3 การจำแนกมาตรฐานเหล็กระบบต่างๆ
  - 7.3.1 การกำหนดมาตรฐานเหล็กระบบต่างๆ
- 7.4 มาตรฐานเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้าง

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของมาตรฐานเหล็กได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายความสำคัญของมาตรฐานเหล็กได้อย่างถูกต้อง
3. จำแนกมาตรฐานเหล็กระบบต่างๆได้อย่างถูกต้อง
4. กำหนดมาตรฐานเหล็กระบบต่างๆได้อย่างถูกต้อง
5. อธิบายมาตรฐานเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง
6. มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### 7.1 ความหมายของมาตรฐานเหล็ก

มาตรฐานเหล็ก หมายถึง สิ่งที่ใช้เทียบหรือกำหนด ซึ่งในแต่ละประเทศจะมีการกำหนดเกรดหรือคุณภาพ เป็นมาตรฐานของตัวเอง

### 7.2 ความสำคัญของมาตรฐานเหล็ก

เหล็กเมื่อถูกนำไปใช้งาน เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันเกี่ยวกับชื่อ คุณภาพ คุณลักษณะ เป็นต้น จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานขึ้นมาใช้ ซึ่งมีความสำคัญ คือ

1. ทำให้เกิดความมั่นใจในการใช้งาน
2. ทำให้ทราบสมบัติของเหล็กชนิดต่างๆ
3. ทำให้ทราบส่วนผสมของเหล็กชนิดต่างๆ
4. ทำให้ทราบสัญลักษณ์ของเหล็กจากผู้ผลิต
5. ใช้งานได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และเกิดความปลอดภัย

### 7.3 การจำแนกมาตรฐานเหล็ก

ประเทศไทยได้นำมาตรฐานเหล็กต่างๆมาใช้โดยทั่ว ๆ ไป มี 4 มาตรฐาน คือ

1. มาตรฐานเหล็กเยอรมัน ( DIN )
2. มาตรฐานเหล็กอเมริกา ( SAE/AISI )
3. มาตรฐานเหล็กญี่ปุ่น ( JIS )
4. มาตรฐานเหล็กไทย ( มอก.)

เหล็กทั้ง 4 มาตรฐานสามารถนำมาเปรียบเทียบเกรดหรือคุณภาพกันได้ โดยบริษัทผู้จำหน่ายเหล็กจะทำคู่มือหรือเรียกว่า“ไบทะเบียนเกรด”เพื่อบอกรายละเอียดของตนเองเปรียบเทียบกับมาตรฐานต่าง ๆ ไว้ ในหน่วยนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดตามมาตรฐานโดยทั่ว ๆ ไปก่อน

**1. มาตรฐานเหล็กเยอรมัน ( DIN: Deutsche Industrial Norms)** ตัวอักษรในการกำหนดมาตรฐานเหล็กของเยอรมัน เขียนด้วยย่อ DIN เหล็กกล้าและเหล็กหล่อทั่วไป เขียนกำหนดเป็นมาตรฐาน เช่น DIN 1600 – 1699 ส่วนเหล็กต่างๆ นอกเหนือออกไป เช่น DIN 17006

ตารางที่ 7.1 แสดงการกำหนดมาตรฐานเหล็ก ตามมาตรฐาน DIN 1600 – 1699

ชนิดของเหล็ก	สัญลักษณ์
1.เหล็กกล้า	St
2.เหล็กหล่อธรรมดา	GG
3.เหล็กหล่อแข็ง	GH
4.เหล็กหล่อเหนียว	GT
5.เหล็กหล่อเหนียวสีขาว	GTW
6.เหล็กหล่อเหนียวสีดำ	GTS

การกำหนดมาตรฐานเหล็กของเยอรมัน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

- 1.เหล็กกล้า ( Steel)
- 2.เหล็กผสม (Alloy Steel)
- 3.เหล็กหล่อ (Cast Iron)

การกำหนดมาตรฐานเหล็กกล้า มีหลักการกำหนดดังนี้

1. เหล็กกล้า ( Steel) การกำหนดมาตรฐานได้มีรูปแบบการกำหนด ดังนี้คือ

1.1 การเขียนชื่อเหล็ก และตามด้วยกำหนดมาตรฐานค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด (Maximum tensile strength) เพื่อสะดวกในการนำไปใช้งานได้เลย ไม่ต้องนำไปปรับปรุงสมบัติก่อนการใช้งาน โดยมีหน่วยค่าความเค้นแรงดึง ตัวอย่างเช่น

1. St - 37 หมายถึง เหล็กกล้าที่รับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 37 กก./ ตร.มม.
2. GG - 10 หมายถึง เหล็กหล่อธรรมดาที่รับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 10 กก./ ตร.มม.
3. GTS - 35 หมายถึง เหล็กหล่อเหนียวสีดำที่รับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 35 กก./ ตร.มม.

1.2 การเขียนจุดทศนิยมต่อท้ายชื่อเหล็กอีก 2 หลัก จุดทศนิยมจะบอกลักษณะของเหล็กหรือการนำไปใช้งานของชนิดเหล็ก ซึ่งจุดทศนิยมเริ่มจาก .00 - .99 ตัวเลขหลังจุดทศนิยม หมายถึง การกำหนดตามมาตรฐาน DIN

ตารางที่ 7.2 แสดงรายการจุดทศนิยม และชนิดของเหล็กตามมาตรฐาน DIN

รายการจุดทศนิยม	ชนิดของเหล็ก
.11	เหล็กสร้างเครื่องมือกล
.12	เหล็กแท่งหน้าตัดต่างๆ และเหล็กแผ่นขนาดใหญ่
.13	เหล็กทำนอตสกรู
.16	เหล็กแผ่นเรียบและเหล็กแผ่นบาง
.21	เหล็กแผ่นที่มีความหนามากกว่า 4.75 มม.
.22	เหล็กแผ่นที่มีความหนาปานกลาง 3- 4.75 มม.
.23	เหล็กแผ่นที่มีความหนาน้อยกว่า 3 มม.
.26	ท่อเหล็กที่มีตะเข็บเชื่อม
.29	ท่อเหล็กกลมที่ไม่มีตะเข็บ
.81	เหล็กเหนียวหล่อ
.91	เหล็กหล่อกราไฟต์
.92	เหล็กหล่อเหนียว
.93	เหล็กหล่อกราไฟต์ก้อนกลม

**ตัวอย่างเช่น**

1. St34.12 หมายถึง เหล็กกล้าหรือเหล็กเหนียวที่รับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 34 กก./ตร.มม. ตามกำหนดมาตรฐาน DIN 1611 (12 มาจาก .12 คือเหล็กแท่งหน้าตัดต่างๆ หรือเหล็กแผ่นขนาดใหญ่)
2. GG 10.91 หมายถึง เหล็กหล่อธรรมดา ที่รับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 10 กก./ตร.มม. ตามมาตรฐาน DIN 1691
3. GTS 35.92 หมายถึง เหล็กหล่อเหนียวสีดำ ที่รับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 35 กก./ตร.มม. ตามมาตรฐาน DIN 1692

**การกำหนดมาตรฐานเหล็กตาม DIN 17006**

ใช้เขียนสัญลักษณ์ของเหล็กต่างๆ เช่น เหล็กเหนียวหล่อ และเหล็กคาร์บอน การเขียนชื่อของเหล็กตามมาตรฐานจะเขียนเป็นตัวอักษร 3 หมู่ คือ

หมู่ที่ 1 บอกเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนที่ผสมอยู่ในเนื้อเหล็ก

หมู่ที่ 2 บอกชื่อธาตุที่ผสมอยู่ในเหล็ก

หมู่ที่ 3 ตัวเลขบอกปริมาณของธาตุที่ผสมอยู่ในเหล็กคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยมีตัวหารตามชื่อธาตุต่างๆ

**ตารางที่ 7.3 แสดงตัวหารตามชื่อธาตุต่างๆ**

ธาตุที่หารด้วย 4	ธาตุที่หารด้วย 10	ธาตุที่หารด้วย 100
1. โคบอลต์ (Co)	1. อะลูมิเนียม (Al)	1. คาร์บอน (C)
2. โครเมียม (Cr)	2. ทองแดง (Cu)	2. ฟอสฟอรัส (P)
3. แมงกานีส (Mn)	3. โมลิบดีนัม (Mo)	3. กำมะถัน (S)
4. นิกเกิล (Ni)	4. ไททาเนียม (Ti)	
5. ซิลิกอน (Si)	5. วาเนเดียม (V)	
6. ทังสเตน (W)		

**ตัวอย่าง การเขียนสัญลักษณ์ตามมาตรฐาน Din 17006**

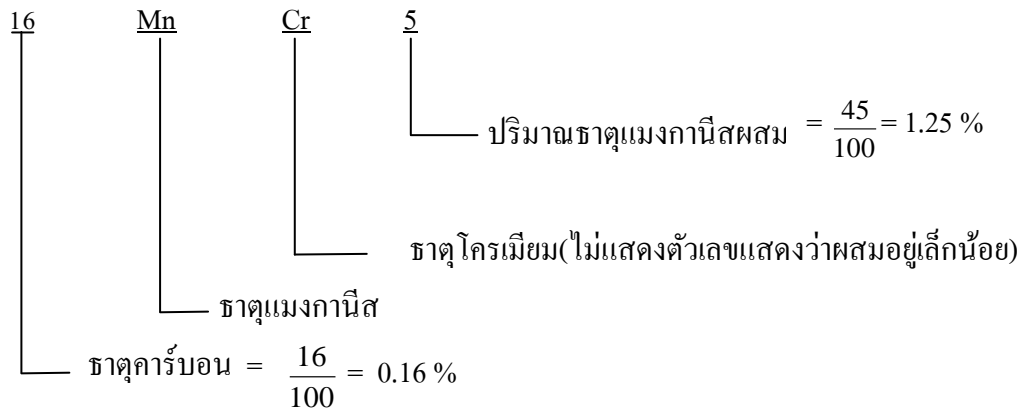
**ตัวอย่างที่ 1** เหล็กคาร์บอน คือ เหล็กที่มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 1.4 % เช่น

C 35 หมายถึง เหล็กคาร์บอน มีคาร์บอนผสมอยู่  $\frac{35}{100} = 0.35 \%$

C 45 หมายถึง เหล็กคาร์บอน มีคาร์บอนผสมอยู่  $\frac{45}{100} = 0.45 \%$

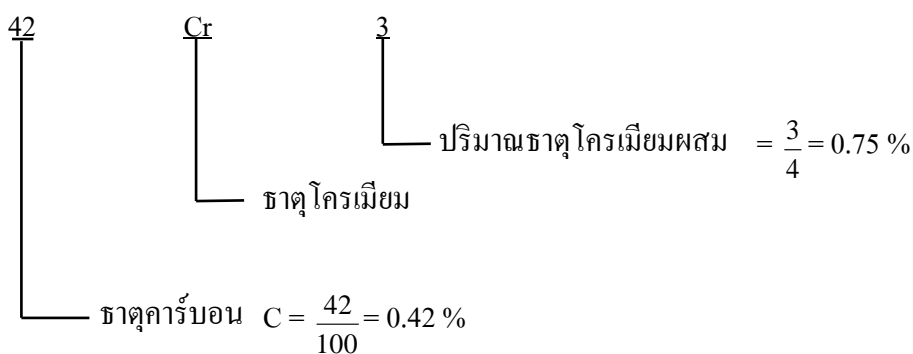
**ตัวอย่างที่ 2** เหล็กกล้าผสมต่ำ (Low Alloy Steels) คือ เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่ และยังมีโลหะชนิดอื่นรวมกันแล้วไม่เกิน 10% การเขียนสัญลักษณ์ไม่นิยมเขียนธาตุคาร์บอน (C) ไว้ข้างหน้า ดังตัวอย่าง

**1. 16 Mn Cr 5** หมายถึง เหล็กกล้าผสมต่ำที่มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.16 % มีแมงกานีสผสมอยู่ 1.25 % และมีโครเมียมผสมอยู่เล็กน้อย



**จากตัวอย่าง** ธาตุต่างๆ ที่ผสม คือ C = 0.16 %, Mn = 1.25 %, Cr = เล็กน้อย  
ผลรวมของธาตุอื่นๆ ที่นอกเหนือจากเหล็ก = 0.16 + 1.25 = 2.85%

**2. 42 Cr 3** หมายถึง เหล็กกล้าผสมต่ำที่มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.42 % มีโครเมียมผสมอยู่ 0.75 %

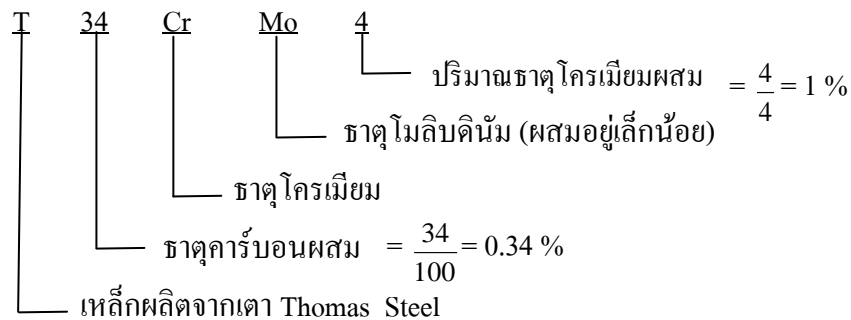


**จากตัวอย่าง** ธาตุต่างๆ ที่ผสมคือ C = 0.42 %, Cr = 0.75%  
ผลรวมธาตุอื่นๆ ที่นอกเหนือจากเหล็ก = 0.42 + 0.75 = 1.17 %



ในบางกรณีการเขียนสัญลักษณ์เหล็กชนิดนี้อาจบอกกรรมวิธีการผลิตได้ด้วย เช่น

**T – 34 Cr Mo 4** หมายถึง เหล็กกล้าผสมต่ำที่ผลิตจากเตาไฟฟ้า มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.34 % มีโครเมียมผสมอยู่ 1 % และมีโมลิบดีนัมผสมอยู่เล็กน้อย

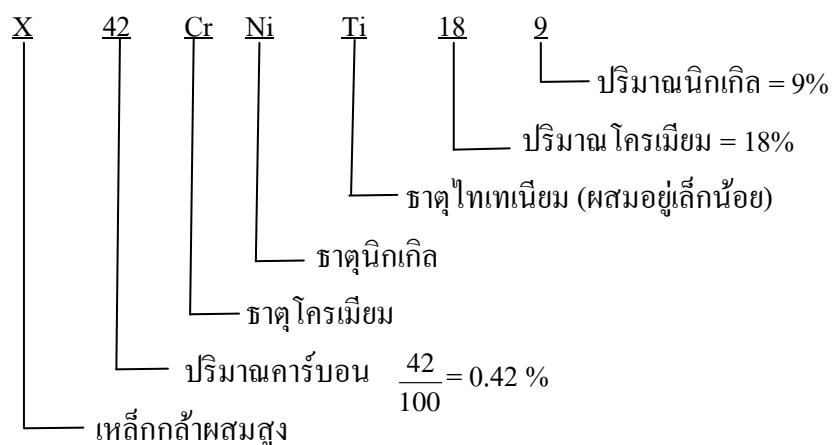


### สัญลักษณ์กรรมวิธีการผลิตจากเตาชนิดต่าง ๆ

- M = Siemeno – Martin - Steel
- T = Thomas - Steel
- E = Electrode - Steel
- U = Unkilled - Steel (Rimmed Steel)
- R = Killed - Steel
- RR = Double - Killed Steel

**ตัวอย่างที่ 3** เหล็กกล้าผสมสูง (High Alloy Steels) คือ เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่ และยังมีโลหะอื่นๆผสมรวมกันอยู่มากกว่า 10 % การเขียนชื่อของเหล็ก จะเขียนตัวอักษร X นำหน้า และตามด้วยตัวเลข ปริมาณธาตุคาร์บอน (C) ต้องหารด้วย 100 ส่วนตัวเลขที่เขียนไว้ข้างหลังธาตุอื่นไม่ต้องหาร

### ตัวอย่างเช่น X 42 Cr Ni Ti 189



### การเขียนสัญลักษณ์ของเหล็กหล่อ และเหล็กเหนียวหล่อพิเศษ ตามมาตรฐาน Din 17006

การเขียนสัญลักษณ์ของเหล็กหล่อ และเหล็กเหนียวหล่อพิเศษ เหล็กชนิดนี้การผลิตจะเติมซิลิกอน 0.4 % และแมงกานีส 0.6 % ลงไปด้วยทุกครั้ง แม้ในสัญลักษณ์จะไม่ได้กำหนดมาให้ จะเขียนนำด้วยสัญลักษณ์แทนชนิดของเหล็กหล่อและตามด้วยตัวเลขแทนค่า Max. Tensile strength (GS-45) หรืออีกแบบหนึ่งคือ จะเขียนนำด้วยชนิดของเหล็กหล่อ และตามด้วยจำนวนเปอร์เซ็นต์คาร์บอน โดยเขียน C กำกับมาด้วย (GS-025) หรือเขียนตามด้วยวัสดุ (GS-22 CrMo 54 )

#### สัญลักษณ์ที่ใช้เขียนแทนเหล็กหล่อชนิดต่าง ๆ

- 1.GH - Casting Steel
- 2.GG - Grey cast iron
- 3.GGG - Globular Grey cast iron
- 4.GT - Malleable cast iron
- 5.GTS - Black malleable cast iron
- 6.GTW - White malleable cast iron

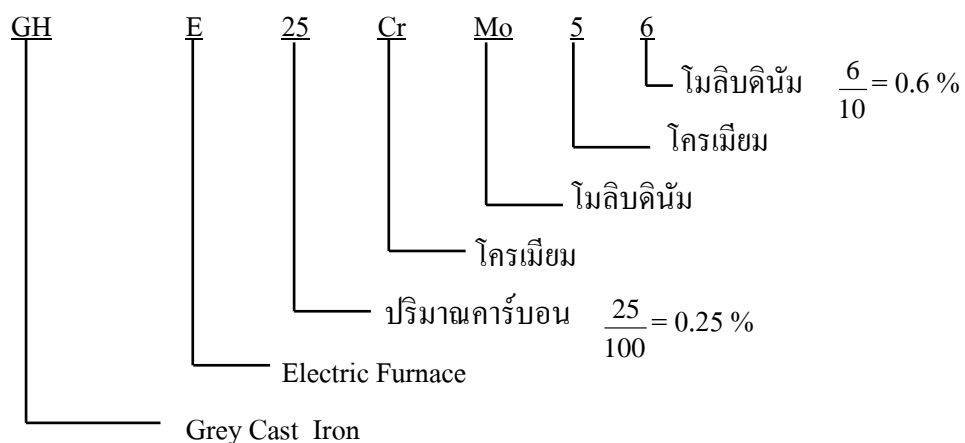
ตัวอย่าง GS - 45 = เหล็กเหนียวหล่อที่รับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 45 กก./ ตร.มม.

GS - C25 = เหล็กเหนียวหล่อ มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.25%

GS - 22 CrMo 54 = เหล็กเหนียวหล่อที่มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.22% มีโครเมียมผสมอยู่  $\frac{5}{4}$  = 1.25%, และมีโมลิบดีนัมผสมอยู่  $\frac{4}{10}$  = 0.4%

ในบางกรณีการเขียนสัญลักษณ์เหล็กหล่อ จะบอกกรรมวิธีการผลิตไว้ด้วย เช่น

GG - E 25 Cr Mo 56 หมายถึง เหล็กหล่อแข็งที่ผลิตจากเตาไฟฟ้ามีคาร์บอนผสมอยู่ 0.25 % มีโครเมียมผสมอยู่ 1.25 % และมีโมลิบดีนัมผสมอยู่ 0.6 %



การจำแนกเหล็กตามพื้นที่หน้าตัด ในการจำแนกเหล็กตามพื้นที่หน้าตัด แบ่งได้ ดังนี้

#### 1. รูปทรงหน้าตัด แบ่งออกเป็น

- 1.1 วงกลม
- 1.2 เหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- 1.3 เหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- 1.4 เหล็กหกเหลี่ยม
- 1.5 เหล็กฉาก
- 1.6 เหล็กรูปตัวยู
- 1.7 เหล็กรูปตัวไอ
- 1.8 เหล็กรูปตัวที

#### 2. เหล็กแผ่นมี 3 ขนาด คือ

- 2.1 เหล็กแผ่นที่มีขนาดความหนาต่ำกว่า 3 มม. เรียกว่า เหล็กแผ่นบาง
- 2.2 เหล็กแผ่นที่มีขนาดความหนาระหว่าง 3 – 4.75 มม. เรียกว่า เหล็กแผ่นธรรมดา
- 2.3 เหล็กแผ่นที่มีขนาดความหนามากกว่า 4.75 มม. เรียกว่า เหล็กแผ่นหนา

ลักษณะของเหล็กแผ่นมีหลายแบบ เช่น แผ่นดำ แผ่นคลื่น แผ่นรูเจาะ แผ่นเหล็กอาบสังกะสี แผ่นเหล็กอาบดีบุก

#### 3. ท่อมี 2 ลักษณะ คือ

1. ท่อกลม ไม่มีตะเข็บ
2. ท่อกลมมีตะเข็บมีทั้งต่อชนและต่อเกลย

สัญลักษณ์หน้าตัดของเหล็ก มีดังนี้

1. U 20 หมายถึง เหล็กตัวยู มีขนาดความสูง 20 มม.
2. T 10 หมายถึง เหล็กตัวที มีขนาดความสูง 10 มม.
3. T 12 × 5 หมายถึง เหล็กตัวที มีขนาดฐานกว้าง 12 มม. และมีความสูง 5 มม.
4. I 12 หมายถึง เหล็กตัวไอ มีขนาดความสูง 12 มม.
5. L 20 × 20 × 3 หมายถึง เหล็กฉาก มีขนาดความกว้าง 20 มม. ความยาว 20 มม. ความหนา 3 มม.
6.  $\phi$  25 หมายถึง เหล็กกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม.
7.  $\square$  20 × 20 หมายถึง เหล็กรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสกว้าง 20 มม. ยาว 20 มม.
8.  $\square$  45 × 10 หมายถึง เหล็กเส้นแบนกว้าง 45 มม. หนา 10 มม.

ตารางที่ 7.4 แสดงลักษณะงานของเหล็กชนิดต่างตามมาตรฐาน DIN

มาตรฐาน DIN	ความเค้นแรงดึง กก. / ตร.มม.	เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน	สมบัติ	ตัวอย่างการใช้งาน
St 00.11	-	-	เหล็กทั่วไป	ใช้กับลักษณะงานทั่วไป
St 37.11	37 – 45	-	เชื่อมประสานไม่ดี	ใช้กับงาน โครงสร้าง
St 34.11	34 - 42	0.12	ชุบแข็งได้ เชื่อมได้	งานตีเหล็ก
St 50.11	50 - 60	0.35	ชุบแข็งได้ เชื่อมไม่ได้	สร้างเครื่องจักร
St 70.11	70 – 85	0.60	ชุบแข็งได้ ชุบเหนียว	สร้างเครื่องจักร และ เครื่องมือกล
St 37.12	37 - 45	0.18	เชื่อมหลอมได้	เหล็กแท่งภาคตัดรูปต่างๆ
St 42.12	42 - 60	0.25	เชื่อมได้	เหล็กแท่งภาคตัดรูปต่างๆ
St 38.13	38 - 45	0.20	เหล็กทำเกลียว	เกลียว และนอตสกรู
17 Mn Si 5	52 – 64	0.20	เชื่อมประสานได้	โครงสร้างเหล็ก โครง สะพาน รด
C 10	42 – 52	0.06 – 0.12	ชุบผิวแข็งได้	ชิ้นส่วนเครื่องมือกลเล็กๆ
16 Mn Cr 5	80 - 110	0.14 – 0.19	ชุบผิวแข็งได้	เฟืองเพลลา
14 Cr 4	155 – 180	0.38 – 0.44	ชุบผิวแข็งได้	เฟืองที่ต้องชุบผิว
37 Mn Si 5	90 - 105	0.33 – 0.41	ชุบเหนียวได้	ก้านสูบ เพลลาข้อเหวี่ยง
55 Si 7	130	0.5 – 0.6	เหล็กเหน็บสปริง	เหน็บ และสปริง

## 2.การกำหนดมาตรฐานเหล็กระบบอเมริกัน

ประเทศสหรัฐอเมริกา มีความเจริญทางด้านอุตสาหกรรมและเป็นประเทศที่มีนักวิชาการมาก จึงได้คิดมาตรฐานของเหล็กในประเทศไว้มากมาย เช่น ASTM , ASA , SAE และ AISI แต่ที่เป็นมาตรฐานและเป็นที่ยอมรับ ได้แก่ SAE และ AISI

ASTM ย่อมาจาก American Society for Testing Materials

ASA ย่อมาจาก American Standards Association

AISI ย่อมาจาก American Iron and Steel Institute

SAE ย่อมาจาก Society of Automotive Engineer

ในหน่วยนี้มาตรฐานเหล็กอเมริกันจะกล่าวถึงระบบ AISI และระบบ SAE เพราะทั้งสองมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนี้

### 1.มาตรฐานระบบ AISI (The American Iron and Steel Institute)

กำหนดมาตรฐานใช้ตัวเลข 4 ตัว เป็นตัวกำหนด โดยตัวเลขตัวที่หนึ่งบอกชนิดของเหล็กว่าเป็นเหล็กอะไร เลขตัวที่สองเป็นตัวบอกปริมาณส่วนในเนื้อเหล็ก และสองตัวสุดท้ายบอกถึงปริมาณคาร์บอน

ตารางที่ 7.5 แสดงความหมายของตัวอักษรนำหน้าตัวเลขในระบบ AISI

ตัวอักษร	กรรมวิธีการผลิตเหล็ก
A	เหล็กผสมที่ผลิตจากเตากระทะ ( Openheart )
B	เหล็กที่ผลิตจากเตาเบสเซมเมอร์ ( Bessemer )
C	เหล็กที่ผลิตจากเตากระทะ ( Openheart ) ชนิดที่เป็นด่าง
D	เหล็กที่ผลิตจากเตากระทะ ( Openheart ) ชนิดที่เป็นกรด
E	เหล็กที่ผลิตจากเตาไฟฟ้า ( Electric Furnace )

ตัวอย่างที่ 1 เหล็ก AISI B 1030 หมายถึง เหล็กตามมาตรฐาน AISI ผลิตจากเตาเบสเซมเมอร์ เป็นเหล็กคาร์บอน มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.30 %

ตัวอย่างที่ 2 เหล็ก AISI E 1040 หมายถึง เหล็กตามมาตรฐาน AISI ผลิตจากเตาไฟฟ้า เป็นเหล็กคาร์บอน มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.40 %

ตารางที่ 7.6 แสดงสัญลักษณ์ของตัวเลขสองตัวแรกในระบบ AISI

รหัส	ความหมาย
10 XX	เหล็กคาร์บอนธรรมดา
11 XX	เหล็กคาร์บอนที่ใช้ในงานปาดผิว
13 XX	เหล็กผสมแมงกานีส
23 XX	เหล็กผสมนิกเกิล
33 XX	เหล็กผสมโครเมียม - นิกเกิล
40 XX	เหล็กผสมโมลิบดีนัม - โครเมียม
41 XX	เหล็กผสมโมลิบดีนัม - โครเมียม - นิกเกิล
46 XX	เหล็กผสมโมลิบดีนัม - นิกเกิล ( มีนิกเกิลมากกว่า 1.83 % )
48 XX	เหล็กผสมโมลิบดีนัม - นิกเกิล ( มีนิกเกิลมากกว่า 3.5 % )
51 XX	เหล็กผสมโครเมียม
61 XX	เหล็กผสมโครเมียม - วานเดียม
7 XXX	เหล็กผสมโครเมียม - วูลแฟรม
9 XXX	เหล็กผสมซิลิกอน - แมงกานีส

**ตัวอย่างที่ 1** เหล็ก AISI 5180 หมายถึง เหล็กตามมาตรฐาน AISI เป็นเหล็กผสมโครเมียม มีโครเมียมผสมอยู่ 1 % และมีคาร์บอนผสมอยู่ 0.80%

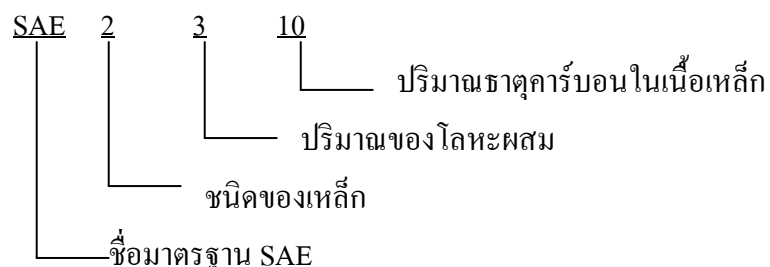
## 2.มาตรฐานระบบ SAE ( Society of Automotive Engineer )

ตัวเลขหลักที่หนึ่งจะแสดงชนิดของเหล็ก ตัวเลขหลักที่สอง แสดงปริมาณของโลหะผสม ตัวเลขหลักที่เหลือ แสดงปริมาณของคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อเหล็ก

**ตารางที่ 7.7** แสดงสัญลักษณ์ชนิดของเหล็กในระบบ SAE

ตัวเลข	ชนิดของเหล็ก
1	เหล็กคาร์บอน
2	เหล็กนิกเกิล
3	เหล็กผสมนิกเกิล – โครเมียม
4	เหล็กผสมโมลิบดีนัม
5	เหล็กผสมโครเมียม
6	เหล็กผสมโครเมียม – วานาเดียม
7	เหล็กผสมทั้งสแตน
8	เหล็กผสมนิกเกิล – โครเมียม - โมลิบดีนัม
9	เหล็กผสมซิลิกอน – แมงกานีส

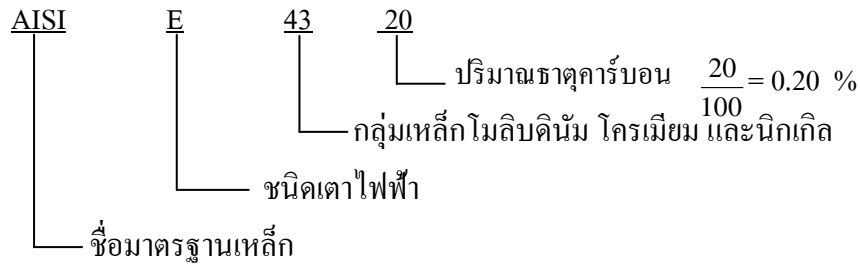
**ตัวอย่างที่ 1** เหล็ก SAE 2310 หมายถึง เหล็กตามมาตรฐาน SAE เป็นเหล็กผสมนิกเกิลมีนิกเกิลผสมอยู่ 3 % และมีคาร์บอนผสมอยู่ 0.10 %



**ตัวอย่างที่ 2** เหล็ก SAE 7230 หมายถึง เหล็กตามมาตรฐาน SAE เป็นเหล็กผสมทั้งสแตน มีทั้งสแตนผสมอยู่ 2 % และมีคาร์บอนผสมอยู่ 0.30 %

การเขียนสัญลักษณ์มาตรฐานเหล็กอเมริกัน AISI จะมีการเขียนเหมือนกับ SAE ต่างกันที่ AISI จะมีสัญลักษณ์ การใช้เตาผลิตไว้หน้าตัวเลข 4 ตัว ดังตัวอย่าง

## ตัวอย่าง



## 3. การกำหนดมาตรฐานเหล็กระบบญี่ปุ่น ( JIS : Japanese Industrial Standard )

มาตรฐานเหล็กของญี่ปุ่น เขียน ตัวอย่างว่า JIS ซึ่งย่อมาจาก Japanese Industrial Standard ระบบญี่ปุ่นตามมาตรฐาน JIS การกำหนดมาตรฐานแบ่งตามลักษณะของการใช้งานออกเป็นหมวดหมู่ ซึ่งแต่ละประเภทหรือชนิดจะมีสัญลักษณ์เขียนดังนี้

1. ขึ้นต้นด้วยคำว่า JIS

2. ตามด้วยตัวอักษร ซึ่งตัวอักษรจะแสดงให้เห็นว่าเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเภทใด

ตารางที่ 7.8 แสดงลักษณะตัวอักษรและความหมายของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

อักษร	รายการ	อักษร	รายการ
A	งานวิศวกรรมก่อสร้าง	K	งานวิศวกรรมสิ่งทอ
B	งานวิศวกรรมเครื่องกล	M	แร่
C	งานวิศวกรรมไฟฟ้า	P	กระดาษ และเยื่อกระดาษ
D	งานวิศวกรรมรถยนต์	R	เซรามิก
E	งานวิศวกรรมรถไฟ	S	สินค้าที่ใช้ในบ้านเรือน
F	งานก่อสร้างเรือ	T	ยา
G	โลหะประเภทเหล็ก	W	การบิน
H	โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	Z	งานบรรจุหีบห่อ งานเชื่อม

3. ตัวอักษรตัวถัดไปจะเป็นกลุ่มตัวเลขมีอยู่ 4 ตัว ซึ่งแต่ละตัวจะมีความหมายต่างกัน

ตัวเลขตัวแรก หมายถึง กลุ่มประเภทของเหล็กซึ่งได้แก่

0 = หมายถึงเรื่องทั่วไป

1 = วิธีวิเคราะห์

2 = วัตถุประสงค์เหล็กคือ วัตถุประสงค์

3 = เหล็กกล้าคาร์บอน

4 = เหล็กกล้าผสม

5 = เหล็กกล้าหล่อ และเหล็กหล่อ

9 = เบ็ดเตล็ด และคำแนะนำ

ตัวเลขที่สอง หมายถึง การแยกประเภทของเหล็กกลุ่มนั้น ๆ ได้แก่

- 1 = เหล็กกล้านิกเกิล-โครเมียม โครเมียม-โมลิบดีนัม
- 2 = เหล็กกล้าอลูมิเนียม-โครเมียม โครเมียม-โมลิบดีนัม
- 3 = เหล็กไร้สนิม (เป็นแท่ง)
- 4 = เหล็กเครื่องมือ
- 8 = เหล็กทำสปริง
- 9 = เหล็กกล้าต้านทานการกัดกร่อนและความร้อน

ตัวเลขสองตัวสุดท้าย จะเป็นตัวแยกชนิดของเหล็กตามส่วนของธาตุที่มีอยู่ในเหล็กนั้น ได้แก่

- 01 = เหล็กเครื่องมือคาร์บอน
- 02 = เหล็กروبสูง
- 03 = เหล็กเครื่องมือ

สัญลักษณ์ SK1 เป็นสัญลักษณ์ใช้เขียนแทนชนิดของเหล็ก ซึ่งในที่นี้ SK1 หมายถึงเหล็กเครื่องมือคาร์บอน  
ตัวอย่างที่ 1



ตัวอักษรจะเป็นตัวบอกถึงว่าเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเภทใด เช่น A หมายถึง งานวิศวกรรมก่อสร้างและสถาปัตยกรรม G หมายถึง โลหะประเภทเหล็ก เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 1 มาตรฐานเหล็กระบบญี่ปุ่น

**เหล็กแผ่นและเหล็กแท่ง**

JIS G -3101 หมายถึง เหล็กรีดสำหรับโครงสร้างทั่วไป เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้

JIS G -3103 หมายถึง เหล็กรีดสำหรับงานความดันสูง ความร้อนสูง เช่นหม้อไอน้ำ เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้

JIS G -3112 หมายถึง เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตก่อสร้าง เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้

JIS G -3350 หมายถึง เหล็กท่อไลท์เกจ เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้



## เหล็กท่อ

JIS G -3350 หมายถึง ท่อน้ำ อาบสังกะสี เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้

ตารางที่ 7.9 แสดงลักษณะตัวอย่างมาตรฐาน JIS

Jis G 4401	เหล็กเครื่องมือคาร์บอน (Carbon Tool Steel) สัญลักษณ์ SK1-SK7
SK 1	1.30-1.50C, 0.50 Si, 0.50 Mn, 0.30 P, 0.030 S ใช้ทำเครื่องมือตัด ไบมีดโกน ตะไบคมมีด
SK 2	1.10-1.30C, 0.35Si, 0.50Mn, 0.030P, 0.030S ใช้ทำคัตเตอร์ ดอกสว่าน
SK 3	1.00-1.10C, 0.35Si, 0.50Mn, 0.030P, 0.030S ใช้ทำดอกตัดเกลียว เลื่อยมือ เกจวัด
Jis G 4403	เหล็กกล้าไฮสปีด (High Speed Tool Steel) สัญลักษณ์ SKH
SKH 2	0.70-0.85C, 0.4Si, 0.4Mn, 0.03P, 0.03S, 3.8-4.15Cr, 17-19W, 0.8-1.2V ใช้ทำเครื่องมือตัดทั่วไป สำหรับงานตัดที่ต้องใช้ความเร็วรอบสูง
SKH 3	0.7-0.85C, 0.4Si, 0.4Mn, 0.03P, 0.03S, 3.8-4.5Cr, 17-19W, 0.8-1.2V, 4.5-5.5 Co ใช้ทำเครื่องมือตัดต่าง ๆ
Jis G 4404	เหล็กเครื่องมือผสม (Alloy Tool Steel) สัญลักษณ์ SKS
SKS 1	1.30-1.40C, 0.5-1.0Cr, 4.0-5.0W ใช้ทำเครื่องมือตัดและแม่พิมพ์
SKS 2	1.00-1.10C, 0.50-1.00Cr, 1.00-1.50W ใช้ทำดอกทำเกลียวใน ดอกสว่าน คัตเตอร์ แม่พิมพ์ขึ้นรูป
SKS 4	ใช้ทำสกัดแม่พิมพ์ตัวผู้ (Punch)
SKS 5	ใช้ทำเลื่อนวงเดือน เลื่อยสายพาน
SKS 7	ใช้ทำเลื่อยมือ
Jis G 4801	เหล็กทำสปริง สัญลักษณ์
SUP 3	ใช้ทำสปริงแผ่นบาง
SUP 4	ใช้ทำสปริงขด
SC 37	ใช้ทำชิ้นส่วนมอเตอร์ไฟฟ้า
SC 42	ใช้ทำโครงสร้างเครื่องจักรทั่ว ๆ ไป
Jis G 4901	เหล็กกล้าผสมสมทนต่อการกัดกร่อน และความร้อน สัญลักษณ์ NCP
Jis G 5121	เหล็กไร้สนิมหล่อ สัญลักษณ์ SCS
Jis G 5122	เหล็กกล้าหล่อต้านทานความร้อน สัญลักษณ์ SCH
Jis G 5501	เหล็กหล่อสีเทา สัญลักษณ์ FC
Jis G 5502	เหล็กหล่อแกรไฟต์ก่อนกลม สัญลักษณ์ FCD

ตารางที่ 7.9 (ต่อ) แสดงลักษณะตัวอย่างมาตรฐาน JIS

Jis G 5702	เหล็กหล่อมัลติเอเบิล สีดำ สัญลักษณ์ FCNB
Jis G 5703	เหล็กหล่อมัลติเอเบิล สีขาว สัญลักษณ์ FCMW
Jis G 3103	เหล็กรีดสำหรับโครงสร้างทั่วไป สัญลักษณ์ SS
Jis G 3302	แผ่นเหล็กชุบสังกะสี สัญลักษณ์ SPG
Jis G 3112	เหล็กเส้นงานก่อสร้าง สัญลักษณ์ SDC
Jis G 3350	เหล็กท่อ โลหะเคลือบ สัญลักษณ์ SSC

#### 4.การกำหนดมาตรฐานเหล็กไทย (มอก.)

สำหรับประเทศไทยเรามีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรียกกันย่อ ๆ ว่า มอก. ซึ่งสำหรับมาตรฐานเหล็ก Standard for structural steel มีแยกไว้เป็นหมวดหมู่ตามลักษณะการใช้งาน สามารถใช้งาน สามารถเปิดหาได้จากคู่มือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ในเรื่องของเหล็กตามเลขที่ มอก.

ตารางที่ 7.10 แสดงลักษณะตัวอย่างเลขที่ มอก.

เหล็ก	เลขที่ มอก.
เหล็กกลวงสำหรับการก่อสร้าง	107-2517
เหล็กกล้าอะลูมิเนียมรีดร้อน	528-2527
เหล็กคร่าวเพดานแขวน	449-2525
<b>เหล็กโครงสร้าง</b>	
เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ	116-2517
เหล็กถดชนิดมีธาตุคาร์บอนต่ำ	348-2523
เหล็กถดชนิดมีธาตุคาร์บอนสูง	349-2523
เหล็กเส้นแบนและสี่เหลี่ยมจัตุรัส	55-2516
<b>เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต</b>	
เหล็กข้ออ้อย	24-2527
เหล็กรีดซ้ำ	211-2527
เหล็กเส้นกลม	20-2527
เหล็กหล่อเกราะไฟด์กลม	537-2527
เหล็กหล่อเทา	536-2527

## 7.4 มาตรฐานเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้าง

เหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้าง แบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

1. เหล็กเสริม (reinforcing steel) หรือ รีบาร์ (rebar) เป็นเหล็กที่ผ่านกระบวนการรีดร้อน แบ่งออกได้ดังนี้

1.1 เหล็กเส้นกลม (Round Bar Steel) หรือที่มักเรียกกันสั้นๆ ว่า RB ยังมีชื่อเรียกอีกหลากหลาย เช่น เหล็กเส้น เหล็กกลม เหล็กกลมตัน โดยเหล็กเส้นกลม จัดอยู่ในประเภทของเหล็กเส้น มีลักษณะเป็นเส้นกลม ผิวเรียบเกลี้ยง หน้าตัดกลม ไม่บิดเบี้ยว ไม่มีปีก ไม่มีรอยปริแตก ผ่านกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐาน รับรองตามมาตรฐานมอก. 20-2543 โดยเกรดของเหล็กเส้นกลม จะใช้เป็น SR24 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 – 25 มม. มีความยาวมาตรฐาน 10 ม. และ 12 ม. นิยมนำไปใช้ในการรับแรง สำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กและงานก่ออิฐทั่วไป หรือใช้เป็นเหล็กปลอก ในคานในเสา งานก่อสร้างขนาดกลางและขนาดเล็ก เช่น อาคารพาณิชย์ ที่อยู่อาศัย ดังแสดงในรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 แสดงลักษณะเหล็กเส้นกลม

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

1.2 เหล็กข้ออ้อย (deformed bar) เหล็กเส้น หรือ เหล็กเสริม สำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กและงานก่ออิฐทั่วไป โดยใช้ในการเพิ่มความสามารถในการรับแรงกับโครงสร้าง โดยปกติจะแบ่งเหล็กเสริมออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เหล็กกลมผิวเรียบ SR24 มีกำลังรับแรงดึงที่จุดครากไม่น้อยกว่า 2400 ksc.(กก./ตร.ซม.) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ เช่น RB6 (หมายถึง Round Bar ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.), RB9, RB12, RB15, RB19, RB25 เนื่องจากผิวเหล็กที่มีลักษณะกลมเรียบจึงทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กกับคอนกรีตไม่ดีจึงต้องมีการงอขด เพื่อที่จะสามารถถ่ายแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เหล็กข้ออ้อย SD30, SD40, SD50 มีกำลังรับแรงดึงที่จุดครากไม่น้อยกว่า 3000, 4000, 5000 ksc. (กก./ตร.ซม.) ตามลำดับ โดยปกติจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เช่น DB10 (หาในตลาดทั่วไป

ยาก)DB12 (หมายถึง Deformed Bar ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม.) DB16, DB20, DB25, DB28, DB32 ผิวของเหล็กเส้นจะมีลักษณะเป็นปล้องเพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวให้เหล็กกับคอนกรีตมากขึ้น

การเลือกใช้ชนิดของเหล็กเส้นข้ออ้อย SD30, SD40, และ SD50 ขึ้นอยู่กับชนิดของโครงสร้าง เป็นสำคัญ ลักษณะของเหล็กเส้นข้ออ้อยที่ดี ต้องมีระยะบั้งที่เท่ากันและสม่ำเสมอตลอดทั้งเส้น ไม่มีสนิมรอยตำหนิ ไม่มีรอยปริและแตกร้าว ความยาวโดยปกติที่ขายกันในท้องตลาด คือ 10 ม. แต่อาจจะสั่งพิเศษ เช่น 12 ม. หรือมากกว่านั้นก็ต้องสั่งทำพิเศษ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก.) เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม (มอก.20-2543) เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย (มอก. 24-2548) ดังแสดงในรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 แสดงลักษณะเหล็กข้ออ้อย

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

**1.3 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียว** มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 - 8 มม. ลวดเหล็กกล้าตีเกลียว สำหรับคอนกรีตอัดแรง มีหลายลักษณะ เช่น ลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้น ลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้นแบบมีรอยย้า ลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้นแบบอัดแน่น ลวดเหล็กตีเกลียวมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง ในงานลวดเหล็กแรงดึงสูง (Pre-Stressed) และงานดึงลวดอัดแรงหลังการเทคอนกรีต (Post-tensioned concrete) รวมไปถึงงานสะพาน คาดฟ้า ที่จอดรถ และอาคารอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์ SIW PC Strands ได้รับมาตรฐานจากกระทรวงอุตสาหกรรม เช่น TIS 420 และสินค้าได้ผลิตภายใต้มาตรฐาน AS/NZS 4672, ASTM A416A, BS 5896, JIS G 3536 and pr EN 10138-3 นี้ใช้สำหรับทำลวดอาบสังกะสี ทำตาข่าย ดังแสดงในรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 แสดงลักษณะลวดเหล็กกล้าตีเกลียว

ที่มา : <http://www.4x4thaikingoption.blogspot.com> , 2558

**1.4 เหล็กเสริมคอนกรีตอัดแรง** ใช้ในการผลิตเสาเข็ม เสาไฟฟ้า คานพื้นสำเร็จรูป ท่อระบายน้ำ คอนกรีตอัดแรง ฯลฯ มีลักษณะเป็นเหล็กแบบกลมมีรอยย่น ต้องมีรอยย่น 2 แถวอยู่ตรงข้ามกันและรอยย่นของแถวหนึ่งต้องเหลื่อมกับอีกแถวหนึ่งถ้าเป็นเหล็กแบบ กลม เกลี้ยง ต้องมีผิวทั้งหมดเรียบเกลี้ยง ไม่มีรอยปริหรือแตกร้าว หรือเป็นปึกต้องเป็นเส้นเดียวกัน ไม่มีการต่อหรือเชื่อมหากมีชิ้นในระหว่าง กระบวนการ ผลิตต้องตัดทิ้งให้หมด ผิวเหล็กต้องปราศจากคราบน้ำมันหรือสารอื่นใดที่จะมีผลทำให้แรงยึดระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสียไปเหล็กต้องไม่เป็นสนิม เว้นแต่สนิมผิวซึ่งยอมให้มีได้ การตัดเหล็กให้ใช้หินเจียรระไนหรือกรรไกรตัดเหล็ก ห้ามใช้แก๊สตัดเพราะว่าความร้อนจากแก๊สตัดจะทำให้สมบัติของเหล็กต่ำลง มี 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดเส้นเดี่ยว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4,5,7 และ 9 มม. และชนิดตีเกลียวมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  $\frac{3}{8}$  นิ้ว และ 0.05 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 7.4



รูปที่ 7.4 แสดงลักษณะเหล็กเสริมคอนกรีตอัดแรง

ที่มา : <https://www.pantip.com/topic/37068019> , 2558

2. **เหล็กรูปพรรณ** เป็นเหล็กชนิดหนึ่งทีผ่านกระบวนการรีดร้อน และรีดเย็น ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็กที่ต้องการผลิต เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน โดยลักษณะของการผลิตเหล็กรูปพรรณ ที่นำมาใช้งานกันมาก ได้แก่

1. **เหล็กแผ่น** มีลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผิวหน้าเรียบ และมีความหนา แผ่นเหล็กมีหลายคุณภาพมาตรฐาน แต่ที่นิยมใช้โดยทั่วไปคือมาตรฐานวัสดุคิบ SS400 มีทั้งแบบแผ่นดำ และแผ่นขาว แต่ส่วนใหญ่จะมีการใช้เหล็กแผ่นดำมากกว่า สำหรับความแตกต่างของเหล็กแผ่นดำและเหล็กแผ่นขาวนั้น อยู่ที่ขนาดโดยเหล็กแผ่นดำ จะมีขนาดตั้งแต่ 4×8 ฟุต จนถึง 5×20 ฟุต แต่ถ้าหากเป็นเหล็กแผ่นขาว จะมีขนาดเดียวคือขนาด 4×8 ฟุต ซึ่งเป็นขนาดที่เล็กที่สุดของเหล็กแผ่นดำ แต่ในส่วนของความหนานั้น มีให้เลือกหลายขนาดไม่ต่างกันเลย เหล็กแผ่นดำจะมีชื่อเรียกอีกมากมาย เช่น เหล็กแผ่น (เรียกแบบโดยตรง) เหล็ก Plate นำไปใช้สำหรับการปูพื้นที่สะพานลอย มักจะนิยมนำไปใช้กับงานโครงสร้างอาคาร งานโครงสร้างรถยนต์ และงานปูพื้นโรงงานอุตสาหกรรม และในปัจจุบันนี้ก็มีเหล็กแผ่นถูกผลิตขึ้นมาอีก 1 แบบ คือเหล็กแผ่นแบบลายเหมือนรูปกากบาท ดังแสดงในรูปที่ 7.5



รูปที่ 7.5 แสดงลักษณะเหล็กแผ่น

ที่มา : <http://www.eng-99.weebly.com> , 2558

2. **เหล็กแบน** มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาว ทนแรงยึดพับได้ดี สามารถ นำมาตัดได้ตามขนาดที่ต้องการ มีหลายขนาดให้เลือก ทนแรงยึดพับได้ดี เหล็กแผ่นลายของวิชีเอสเอเชียได้มาตรฐานจากJIS/DIN/ASTM ทั้งหมด คล้ายกับเหล็กแผ่น แต่แตกต่างกันที่ความหนาและความยาว เหล็กแบนที่นิยมใช้กันมีขนาดความกว้าง 25 มม. ยาว 6 ม. และ หนา 3 มม. แต่อาจจะสั่งทำให้มีขนาดหนาหรือหน้ากว้างตามที่ต้องการได้ สำหรับเหล็กแบน มีชื่อเรียกอื่น ๆ อีก คือ Flat Bars หรือ F/B เหล็กแบนนิยมนำไปใช้กับงานก่อสร้าง นำไปทำงานเชื่อม เช่น งานฝาตะแกรง งานเหล็กคัต งานแหนบรถยนต์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 แสดงลักษณะเหล็กแบน

ที่มา : <https://www.thai.alibaba.com>, 2558

3. **เหล็กโครงสร้างรูปตัวซี** หรือที่เหล่าวิศวกรมักจะเรียกสั้นๆ ว่าเหล็กตัวซี คือ เหล็กที่ใช้ทำโครงหลังคาเป็นหลัก แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงาน โครงสร้างเหล็กทั่วไปได้ เหล็กรูปตัวซีเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีเครื่องหมาย มอก.1228-2549 เท่านั้น ซึ่งเป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นเพื่อปลอดภัย ความหนาเหล็กที่นิยมใช้ทั่วไปในท้องตลาดคือ 1.60 มม. (สีขาบ) 2.0 มม. (สีฟ้า) 2.3 มม. (สีเขียว) และ 3.2 มม. (สีชมพู) ซึ่งการเลือกใช้ขนาดและความหนาที่เหมาะสมและปลอดภัยต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบเกณฑ์มาตรฐานเหล็กรูปตัวซี ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม.1228-2549 ดังแสดงในรูปที่ 7.7



รูปที่ 7.7 แสดงลักษณะเหล็กโครงสร้างรูปตัวซี

ที่มา : <http://www.thanasarn.co.th> , 2558

4. **เหล็กรางน้ำ** เป็นเหล็กมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1227-2539 จากเหล็กกล้ารีดร้อน มีลักษณะเป็นรูปตัว U ใช้สำหรับงานทำโครงสร้าง โครงหลังคาโรงงาน โกดัง แท่นเครื่อง หอคอย และโครงสร้างขนาดใหญ่ เหล็ก รางน้ำ สามารถรับน้ำหนักมากได้ดี ด้วยความแข็งแรง รูปทรงมาตรฐานจึงนิยมใช้กันมาก เช่น สะพาน เสาตอม่อ โครงสร้างรถยนต์ เหล็กรางน้ำ ขนาดมาตรฐาน จะต้องมี

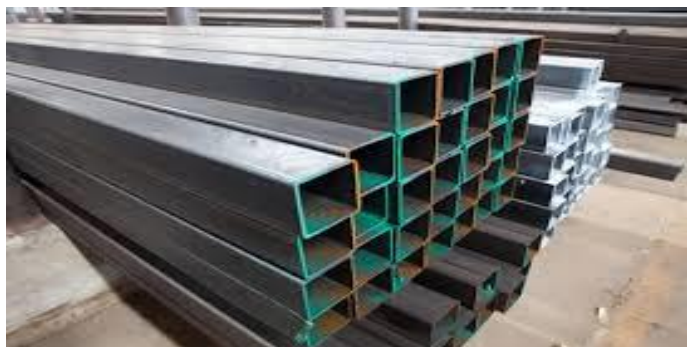
หน้าตัดเรียบ ปีกขาทั้งสองด้านจะต้องเท่ากันเสมอ ความหนาและขนาดจะต้องเท่ากันตลอดทั้งเส้น เพื่อสะดวกในการประกอบชิ้นงาน ให้สวยงามยิ่งขึ้น เหล็กทรงน้ำ มีหลายขนาด ให้เลือก ตามลักษณะการใช้งาน นิยมเรียกขนาดเป็นนิ้ว ตั้งแต่ ขนาด 2 นิ้ว ขึ้นไปจนถึงขนาด 12 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 7.8



รูปที่ 7.8 แสดงลักษณะเหล็กทรงน้ำ

ที่มา : <https://www.vcsasia.co.th>, 2558

5. เหล็กกล่อง มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยม หรือที่เรียกว่า Square Tube สำหรับงานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณกลวงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสตามมาตรฐาน มอก.107-2533 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมด้านเท่ามีลักษณะเป็นท่อสี่เหลี่ยม เป็น ท่อเหล็กหน้าตัด เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมมีมุมฉาก 90 องศา เรียบคม ไม่มน ผิวเรียบ ไม่หยาบ ขนาดความยาวเท่ากันทุกเส้น ในทางวิศวกรรมมักจะเรียกว่าเหล็กแป๊บ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือเหล็กแป๊บสี่เหลี่ยม และเหล็กแป๊บสี่เหลี่ยมแบน สาเหตุที่เรียกว่าเหล็กกล่อง เพราะถ้ามองจากหน้าตัด หรือมองจากด้านข้าง จะมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมที่ด้านในกลวงและยาวไปตลอดเส้นเหล็ก เหล็กแป๊บเป็นเหล็กที่มีขนาดเบา แต่แข็งแรง นิยมนำไปใช้งานก่อสร้างทั่วไปเพื่อแทนการใช้ไม้ หรือการทำงานโครงสร้างที่มีน้ำหนักไม่มากจนเกินไป เช่น งานนั่งร้าน งานแปหลังคา เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 7.9



รูปที่ 7.9 แสดงลักษณะเหล็กกล่อง

ที่มา <https://www.steellead.com> , 2558



6. เหล็กฉาก หรือที่เรียกว่า Angle Bars อยู่ในกลุ่มเหล็กรูปพรรณรีดร้อน ซึ่งมีด้านเท่ากัน 2 ด้าน มีทั้งแบบเหล็กฉากเจาะรู และเหล็กฉากไม่เจาะรู ทางวีซีเอสเอเซียนั้นผ่านมาตรฐาน มอก. TIS 1227-1996/ JIS G 3192-1990 และ JIS G 3101-1995 เกรดที่นิยมใช้กันในประเทศไทยส่วนใหญ่คือ เกรด SS400, SS540 หรือในทางวิศวกรรมเรียกว่า เหล็กตัวแอล เหล็กชนิดนี้เป็นเหล็กที่มีความสำคัญในงานโครงสร้างเหล็กเป็นอย่างยิ่ง นิยมใช้กับงาน โครงหลังคา งาน โถงคัง นอกจากนี้แล้ว ยังมีการขึ้นรูปของเหล็กรูปพรรณเพื่อให้กลายเป็นเหล็กฉากขนาดเล็กที่สามารถนำมาใช้กับโครงสร้างเบาจรด โดยสารประจำทางขนาดใหญ่ได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 7.10



รูปที่ 7.10 แสดงลักษณะเหล็กฉาก

ที่มา : <https://www.app.builk.com> , 2558

7. เหล็กท่อกลมดำ มีชื่อที่นิยมเรียกใช้กันอย่าง เช่น ท่อแป็บดำ มีลักษณะเป็นทรงกลมแบบกลวง มีน้ำหนักเบา แต่คงความแข็งแรง ทนทาน ตะเข็บเรียบ สามารถรับแรงดันได้ดี ทั้งแรงลมและแรง เสียดทาน สะดวกแก่การเชื่อมต่อ ผลิตจากเหล็กกล้าคุณภาพสูงผ่านกระบวนการผลิตที่ทันสมัย ตามมาตรฐานมอก. 107-2533 ) นำไปใช้สำหรับงานก่อสร้าง งาน โครงสร้างที่รับน้ำหนักไม่มากนัก เช่น สำหรับใช้เป็นท่อลำเลียง ท่อประปา ท่อชลประทาน ระบบน้ำภายในอาคาร ทำนั่งร้าน โครงถักป้ายจราจร หรืองานก่อสร้าง งานตกแต่งทั่วๆ ไป ดังแสดงในรูปที่ 7.11



รูปที่ 7.11 แสดงลักษณะเหล็กท่อกลมดำ

ที่มา : <https://www.thaimetallic.com> , 2558

8. ท่อเหล็กอบสังกะสี (Galvanized steel Pipe) BS-S/(คาดเหลือง) BS-M/(คาดน้ำเงิน) BS-H(คาดแดง นิยมใช้สำหรับงานเดินท่อประปา งาน โครงหลังคา ท่อเหล็กชุบสังกะสี นอกจากพ่นเคลือบสีรองพื้นท่อเหล็กดำที่บริษัทผลิตได้ นำมาผ่านขั้นตอนการชุบเคลือบด้วยสังกะสี โดยท่อชุบสังกะสีที่ได้ จะมีสมบัติการป้องกันการเกิดสนิม และผุกร่อน มีความทนทาน และอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าท่อเหล็กดำที่เคลือบและไม่เคลือบสีรองพื้น ท่อเหล็กเคลือบสังกะสีจึงเป็นที่นิยมใช้ในงานหรือบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการผุกร่อนของเหล็กสูง เช่น เครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะ โรงงานผลิตเคมีภัณฑ์และสิ่งปลูกสร้างบริเวณริมทะเล อย่างไรก็ตาม ท่อเหล็กชุบสังกะสีจะมีต้นทุนการผลิตและราคาจำหน่ายสูงกว่าท่อดำค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูปที่ 7.12



รูปที่ 7.12 แสดงลักษณะท่อเหล็กอบสังกะสี

ที่มา : <http://homemartonline.lnwshop.com>, 2558

## สรุปท้ายหน่วย

มาตรฐานเหล็ก หมายถึง สิ่งที่ใช้เทียบหรือกำหนด ซึ่งในแต่ละประเทศจะมีการกำหนดเกรดหรือคุณภาพ เป็นมาตรฐานของตัวเอง

### ความสำคัญของมาตรฐานเหล็ก

เหล็กเมื่อถูกนำไปใช้งาน เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันเกี่ยวกับชื่อ คุณภาพ คุณลักษณะ ส่วน เป็นต้น จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานขึ้นมาใช้

### การจำแนกมาตรฐานเหล็ก

ประเทศไทยได้นำมาตรฐานเหล็กต่างๆมาใช้โดยทั่วๆ ไป มี 4 มาตรฐาน คือ

1. มาตรฐานเหล็กเยอรมัน ( DIN )
2. มาตรฐานเหล็กอเมริกา ( SAE/AISI )
3. มาตรฐานเหล็กญี่ปุ่น ( JIS )
4. มาตรฐานเหล็กไทย ( มอก.)

### มาตรฐานเหล็กเยอรมัน ( DIN: Deutsche Industrial Norms)

มาตรฐานเหล็กของเยอรมัน เขียนด้วยย่อ DIN เหล็กกล้าและเหล็กหล่อต่างๆไป เขียนกำหนดเป็นมาตรฐาน เช่น DIN 1600 – 1699 ส่วนเหล็กต่างๆ นอกเหนือออกไป เช่น DIN 17006

การกำหนดมาตรฐานเหล็กของเยอรมัน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

- 1.เหล็กกล้า ( Steel)
- 2.เหล็กผสม (Alloy Steel)
- 3.เหล็กหล่อ (Cast Iron)

### การกำหนดมาตรฐานเหล็กตาม DIN 17006

ใช้เขียนสัญลักษณ์ของเหล็กต่างๆ เช่น เหล็กเหนียวหล่อ และเหล็กคาร์บอน การเขียนชื่อของเหล็กตามมาตรฐานจะเขียนเป็นตัวอักษร 3 หมู่ คือ

หมู่ที่ 1 บอกเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อเหล็ก

หมู่ที่ 2 บอกชื่อธาตุที่อยู่ในเหล็ก

หมู่ที่ 3 ตัวเลขบอกปริมาณของธาตุที่อยู่ในเหล็กคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยมีตัวหารตามชื่อธาตุต่างๆ

**สัญลักษณ์ที่ใช้เขียนแทนเหล็กหล่อชนิดต่าง ๆ**

- 1.GH - Casting Steel
- 2.GG - Grey cast iron
- 3.GGG - Globular Grey cast iron
- 4.GT - Malleable cast iron
- 5.GTS - Black malleable cast iron
- 6.GTW - White malleable cast iron

**2.เหล็กแผ่นมี 3 ขนาด คือ**

- 2.1 เหล็กแผ่นที่มีขนาดความหนาต่ำกว่า 3 มม. เรียกว่า เหล็กแผ่นบาง
- 2.2 เหล็กแผ่นที่มีขนาดความหนาระหว่าง 3 – 4.75 มม. เรียกว่า เหล็กแผ่นธรรมดา
- 2.3 เหล็กแผ่นที่มีขนาดความหนามากกว่า 4.75 มม. เรียกว่า เหล็กแผ่นหนา

**ทอมี 2 ลักษณะ คือ**

1. ทอกลมไม่มีตะเข็บ
2. ทอกลมมีตะเข็บมีทั้งต่อชนและต่อเกย

**การกำหนดมาตรฐานเหล็กระบบอเมริกัน**

ประเทศสหรัฐอเมริกา มีความเจริญทางด้านอุตสาหกรรมและเป็นประเทศที่มีนักวิชาการมาก จึงได้คิดมาตรฐานของเหล็กในประเทศไว้มากมาย เช่น ASTM , ASA , SAE และ AISI แต่ที่เป็นมาตรฐานและเป็นที่ยอมรับ ได้แก่ SAE และ AISI

**มาตรฐานระบบ SAE ( Society of Automotive Engineer )**

ตัวเลขหลักที่หนึ่ง จะแสดงชนิดของเหล็ก ตัวเลขหลักที่สอง แสดงปริมาณของโลหะผสม ตัวเลขหลักที่เหลือ แสดงปริมาณของคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อเหล็ก

**การกำหนดมาตรฐานเหล็กระบบญี่ปุ่น ( JIS : Japanese Industrial Standard )**

มาตรฐานเหล็กของญี่ปุ่น เขียน ตัวย่อว่า JIS ซึ่งย่อมาจาก Japanese Industrial Standard ระบบญี่ปุ่นตามมาตรฐาน JIS การกำหนดมาตรฐานแบ่งตามลักษณะการใช้งานออกเป็นหมวดหมู่ ซึ่งแต่ละประเภทหรือชนิดจะมีสัญลักษณ์เขียนดังนี้

1. ขึ้นต้นด้วยคำว่า JIS
2. ตามด้วยตัวอักษร ซึ่งตัวอักษรจะแสดงให้เห็นว่าเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเภทใด

**การกำหนดมาตรฐานเหล็กไทย (มอก.)**

สำหรับประเทศไทยเรามีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรียกกันย่อ ๆ ว่า มอก. ซึ่งสำหรับมาตรฐานเหล็ก Standard for structural steel มีแยกไว้เป็นหมวดหมู่ตามลักษณะการใช้งาน สามารถใช้งาน สามารถเปิดหาดูได้จากคู่มือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ในเรื่องของเหล็กตามเลขที่ มอก.

**มาตรฐานเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้าง**

เหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้าง แบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

1. เหล็กเสริม (reinforcing steel) หรือ รีบาร์ (rebar) เป็นเหล็กที่ผ่านกระบวนการรีดร้อน แบ่งออกได้ดังนี้ 1.1 เหล็กเส้นกลม 1.2 เหล็กข้ออ้อย 1.3 ลวดเหล็กกล้าดีเกลือ 1.4 เหล็กเสริมคอนกรีตอัดแรง

2. เหล็กรูปพรรณ เป็นเหล็กชนิดหนึ่งผ่านกระบวนการรีดร้อน และรีดเย็น ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็กที่ต้องการผลิต ที่นำมาใช้งานกันมาก ได้แก่ 1. เหล็กแผ่น 2. เหล็กแบน 3. เหล็กโครงสร้างรูปตัวซี 4. เหล็กรางน้ำ 5. เหล็กกล่อง 6. เหล็กฉาก 7. เหล็กท่อกลมดำ 8. ท่อเหล็กอบสังกะสี

#### คำศัพท์ประจำหน่วย

1. Deutsche Industrial Norms หมายถึง มาตรฐานเหล็กระบบเยอรมัน
2. Society of Automotive Engineer หมายถึง มาตรฐานเหล็กระบบอเมริกัน
3. Japanese Industrial Standard หมายถึง มาตรฐานเหล็กระบบญี่ปุ่น

## ใบงานหน่วยที่ 7

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อธาตุให้ตรงกับตัวหารในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 11 คะแนน ) เวลา 7 นาที

ลำดับที่	ชื่อธาตุที่หารด้วย 4	ธาตุที่หารด้วย 10	ธาตุที่หารด้วย 100
ตัวอย่าง	โคบอลต์ (Co)	อะลูมิเนียม (Al)	คาร์บอน (C)

2. ให้นักเรียนทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อตัวอักษรนำหน้าตัวเลขในระบบ AISI และระบุกรรมวิธีการผลิตในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 4 คะแนน ) เวลา 4 นาที

ลำดับที่	ตัวอักษร	กรรมวิธีการผลิตเหล็ก
ตัวอย่าง	A	เหล็กผสมที่ผลิตจากเตากระทะ ( Open heart )

3. ให้นักเรียนทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อตัวอักษรนำหน้าตัวเลขในระบบ AISI และระบุกรรมวิธีการผลิตในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 15 คะแนน ) เวลา 8 นาที

ลำดับที่	อักษร	รายการ	อักษร	รายการ
ตัวอย่าง	A	งานวิศวกรรมก่อสร้าง	K	
	B		M	
	C		P	
	D		R	
	E		S	
	F		T	
	G		W	
	H		Z	

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของมาตรฐานเหล็ก
2. ประเทศไทยนำมาตรฐานเหล็กมาใช้กี่มาตรฐาน อะไรบ้าง
3. St 35.12 หมายถึงอะไร
4. GG 20.91 หมายถึงอะไร
5. GTS 45.92 หมายถึงอะไร
6. C 40 หมายถึงอะไร
7. C 55 หมายถึงอะไร
8. 25 Mn Cr 5 หมายถึงอะไร
9. X 45 Cr Ni Ti 158 หมายถึงอะไร
10. มาตรฐานเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้างแบ่งออกเป็นกี่แบบ อะไรบ้าง



## เจดย์ในงานหน่วยที่ 7

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อธาตุและสัญลักษณ์ให้ตรงกับตัวหารในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 11 คะแนน ) เวลา 7 นาที

ลำดับที่	ชื่อธาตุที่หารด้วย 4	ธาตุที่หารด้วย 10	ธาตุที่หารด้วย 100
ตัวอย่าง	โคบอลต์ (Co)	อะลูมิเนียม (Al)	คาร์บอน (C)
1	โครเมียม (Cr)	ทองแดง (Cu)	ฟอสฟอรัส (P)
2	แมงกานีส (Mn)	โมลิบดีนัม (Mo)	กำมะถัน (S)
3	นิกเกิล (Ni)	ไททานเนียม (Ti)	
4	ซิลิกอน (Si)	วานาเดียม (V)	
5	ทังสแตน (W)		

2. ให้นักเรียนทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อตัวอักษรนำหน้าตัวเลขในระบบ AISI และระบุกรรมวิธีการผลิตในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 4 คะแนน ) เวลา 4 นาที

ลำดับที่	ตัวอักษร	กรรมวิธีการผลิตเหล็ก
ตัวอย่าง	A	เหล็กผสมที่ผลิตจากเตากระทะ ( Open heart )
	B	เหล็กที่ผลิตจากเตาเบสเซมเมอร์ ( Bessemer )
	C	เหล็กที่ผลิตจากเตากระทะ ( Open heart ) ชนิดที่เป็นด่าง
	D	เหล็กที่ผลิตจากเตากระทะ ( Open heart ) ชนิดที่เป็นกรด
	E	เหล็กที่ผลิตจากเตาไฟฟ้า ( Electric Furnace )

3. ให้นักเรียนทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนรายการงานตามตัวอักษรที่กำหนดไว้ในระบบ JIS ลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 15 คะแนน ) เวลา 8 นาที

ลำดับที่	อักษร	รายการ	อักษร	รายการ
ตัวอย่าง	A	งานวิศวกรรมก่อสร้าง	K	งานวิศวกรรมสิ่งทอ
	B	งานวิศวกรรมเครื่องกล	M	แร่
	C	งานวิศวกรรมไฟฟ้า	P	กระดาษ และเยื่อกระดาษ
	D	งานวิศวกรรมรถยนต์	R	เซรามิก
	E	งานวิศวกรรมรถไฟ	S	สินค้าที่ใช้ในบ้านเรือน
	F	งานก่อสร้างเรือ	T	ยา
	G	โลหะประเภทเหล็ก	W	การบิน
	H	โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	Z	งานบรรจุหีบห่อ งานเชื่อม

## ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 7

ชื่อ – ชื่อสกุล .....

แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 7	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน )	ดีมาก ( 28 – 30 )	ดี ( 25 – 27 )	พอใช้ ( 22 – 24 )

## เกณฑ์การประเมินผล

<input type="checkbox"/>	28 - 30	คะแนน	หมายถึง	ดีมาก
<input type="checkbox"/>	25 - 27	คะแนน	หมายถึง	ดี
<input type="checkbox"/>	22 - 24	คะแนน	หมายถึง	พอใช้
<input type="checkbox"/>	ต่ำกว่า 21	คะแนน	หมายถึง	ต้องปรับปรุง

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวนใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 7 และทำใบงานใหม่

## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของมาตรฐานเหล็ก

ตอบ สิ่งที่ใช้เทียบหรือกำหนด ซึ่งในแต่ละประเทศจะมีการกำหนดเกรดหรือคุณภาพ เป็นมาตรฐานของตัวเอง

2. ประเทศไทยนำมาตรฐานเหล็กมาใช้กี่มาตรฐาน อะไรบ้าง

ตอบ 4 มาตรฐาน ได้แก่ 1. มาตรฐานเหล็กเยอรมัน (DIN) 2. มาตรฐานเหล็กอเมริกา (SAE/AISI) 3. มาตรฐานเหล็กญี่ปุ่น (JIS) 4. มาตรฐานเหล็กไทย (มอก.)

3. St 35.12 หมายถึงอะไร

ตอบ เหล็กกล้าหรือเหล็กเหนียวที่รับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 35 กก./ ตร.มม.

ตามกำหนดมาตรฐาน DIN 1611 (12 มาจาก .12 คือเหล็กแท่งหน้าตัดต่างๆ หรือเหล็กแผ่นขนาดใหญ่)

4. GG 20.91 หมายถึงอะไร

ตอบ เหล็กหล่อธรรมดา ที่รับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 20 กก./ ตร.มม. ตามมาตรฐาน DIN 1691

5. GTS 45.92 หมายถึงอะไร

ตอบ เหล็กหล่อเหนียวสีดำ ที่รับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 45 กก./ ตร.มม. ตามมาตรฐาน DIN 1692

6. C 40 หมายถึงอะไร

ตอบ เหล็กคาร์บอน มีคาร์บอนผสมอยู่  $\frac{40}{100} = 0.40\%$

7. C 55 หมายถึงอะไร

ตอบ เหล็กคาร์บอน มีคาร์บอนผสมอยู่  $\frac{55}{100} = 0.55\%$

8. 25 Mn Cr 5 หมายถึงอะไร

ตอบ เหล็กกล้าผสมต่ำมี คาร์บอนผสมอยู่ 0.25% มีแมงกานีส 1.25% และมีโครเมียมผสมอยู่เล็กน้อย

9. X 45 Cr Ni Ti 158 หมายถึงอะไร

ตอบ เหล็กกล้าผสมสูง มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.15% มีโครเมียมผสมอยู่ 15% มีนิกเกิลผสมอยู่ 8% และมีไทเทเนียมผสมอยู่เล็กน้อย

10.มาตรฐานเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้างแบ่งออกเป็นกี่แบบ อะไรบ้าง

ตอบมี 2 แบบใหญ่ๆ คือ 1. เหล็กเสริม (reinforcing steel) หรือ รีบาร์ (rebar) เป็นเหล็กที่ผ่านกระบวนการรีดร้อน แบ่งออกได้ดังนี้

1.1 เหล็กเส้นกลม (Round Bar Steel) หรือที่มักเรียกกันสั้นๆ ว่า RB

1.2 เหล็กข้ออ้อย (deformed bar) เหล็กเส้น หรือ เหล็กเสริม สำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก และงานก่ออิฐทั่วไป โดยใช้ในการเพิ่มความสามารถในการรับแรงกับโครงสร้าง

1.3 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 - 8 มม.

1.4 เหล็กเสริมคอนกรีตอัดแรง

2. เหล็กรูปพรรณ เป็นเหล็กชนิดหนึ่งที่ผ่านกระบวนการรีดร้อน และรีดเย็น ที่สามารถพบเห็นได้บ่อยที่สุด มีดังนี้ 1. เหล็กแผ่น 2. เหล็กแบน 3. เหล็กโครงสร้างรูปตัวซี 4. เหล็กรางน้ำ 5. เหล็กกล่อง 6. เหล็กฉาก 7. เหล็กท่อกลมดำ 8. ท่อเหล็กอาบสังกะสี



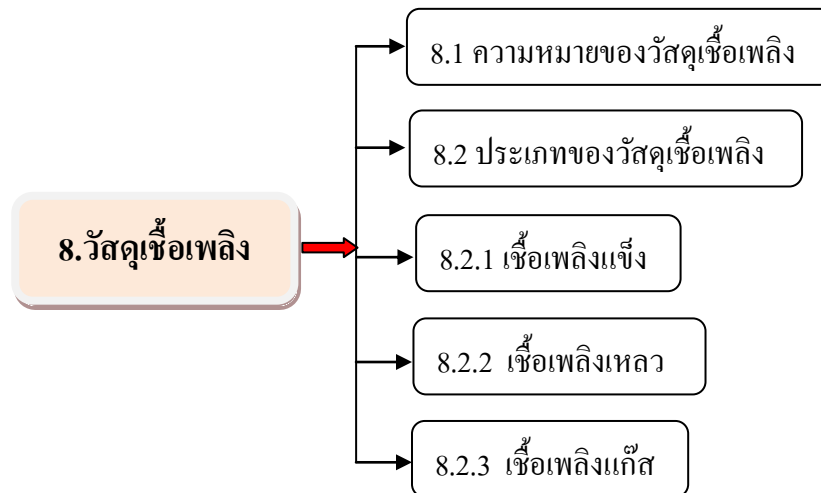
## เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

หน่วยที่ 8 วัสดุเชื้อเพลิง



## ผังมโนทัศน์



## หน่วยที่ 8

### วัสดุเชื้อเพลิง

#### แนวคิด

แหล่งกำเนิดเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ ได้จากธรรมชาติ ซึ่งจะนำมาใช้สำหรับงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ประมาณ 90 % ได้มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น การให้ความร้อน การผลิตกระแสไฟฟ้า การทำงานของเครื่องจักร และเครื่องยนต์ เป็นต้น เชื้อเพลิงมี 3 สถานภาพ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก่อให้เกิดความร้อนและมลพิษในอากาศ และควรคำนึงถึงความประหยัด การใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุดและให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

#### สาระการเรียนรู้

- 8.1 ความหมายของเชื้อเพลิง
- 8.2 ประเภทของเชื้อเพลิง
  - 8.2.1 เชื้อเพลิงแข็ง
  - 8.2.2 เชื้อเพลิงเหลว
  - 8.2.3 เชื้อเพลิงแก๊ส

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของเชื้อเพลิงได้อย่างถูกต้อง
2. จำแนกประเภทของเชื้อเพลิงได้อย่างถูกต้อง
3. มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด



## 8.1 ความหมายของวัสดุเชื้อเพลิง (Fuels)

วัสดุเชื้อเพลิง หมายถึง วัสดุหรือสารที่ผ่านการรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง ทำให้ติดไฟได้มีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน แล้วให้พลังงานความร้อนและสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น เช่น แสงสว่าง ไฟฟ้า พลังงานกล เป็นต้น เชื้อเพลิงเมื่อเผาไหม้จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับแก๊สออกซิเจนทำให้เกิดพลังงานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย

## 8.2 ประเภทของวัสดุเชื้อเพลิง

วัสดุเชื้อเพลิงที่นำมาใช้กันอยู่ทั่วไปทั้งเพื่อการคมนาคม การอุตสาหกรรมและการนำมาใช้ในกิจกรรมอื่นๆ สามารถแบ่งตามลักษณะได้ 3 ประเภท คือ

### 1. เชื้อเพลิงแข็ง (Solid Fuel)

เชื้อเพลิงแข็งได้แก่ ถ่านโค้ก ถ่านหิน ถ่านไม้ ฟืน และวัสดุการเกษตร แบ่งออกได้ดังนี้

**1.1 ถ่านโค้ก** ผลิตจากถ่านหินด้วยวิธีการกลั่นทำลายโดยการนำถ่านหินมาเผาในห้องสุญญากาศจนร้อนแดงทำให้แก๊สไฮโดรเจนคาร์บอนระเหยออกมา ผ่านการกลั่นเป็นของเหลว ใช้เป็นส่วนผสมของสารในอุตสาหกรรมเคมี เช่น น้ำยาข้อมผ้า ปูน เป็นต้น ส่วนถ่านที่ร้อนแดง นำไปจุ่มลงในน้ำจะได้ถ่านโค้กที่มีลักษณะเป็นรูพรุน ดังแสดงในรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 แสดงลักษณะถ่านโค้ก

ที่มา : <https://www.cleancoalisdirtylie.wordpress.com> ,2558

**1.2 ถ่านหิน** เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากธรรมชาติ เกิดจากซากพืชซากสัตว์ที่ตายทับถมกันมาเป็นเวลานานล้านปี ภายใต้อุณหภูมิและแรงกดดันจนกลายเป็นถ่านหิน 4 เกรด โดยแบ่งตามอายุการเกิด ดังนี้

1.2.1 ถ่านพีต อายุการเกิดน้อย มีสีน้ำตาล คล้ายต้นไม้ ให้ความร้อนต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 8.2



รูปที่ 8.2 แสดงลักษณะถ่านพีต

ที่มา : <http://www.il.mahidol.ac.th,2558>

1.2.2 ถ่านลิกไนต์ อายุการเกิด 30 – 50 ปี มีสีน้ำตาลดำ มีความชื้นและกำมะถันเจือปนอยู่มาก ติดไฟยากเมื่อติดไฟแล้วจะเกิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนแรง จึงไม่นิยมนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.3 แสดงลักษณะถ่านลิกไนต์

ที่มา : <http://www.thaicapital.co.th, 2558>

1.2.3 บิทูมินัส มีไฮโดรคาร์บอนมาก ให้ความร้อนสูง นิยมนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในรูปที่ 8.4



รูปที่ 8.4 แสดงลักษณะบิทูมินัส

ที่มา : <http://www.fieldtrip.ipst.ac.th,2558>

**1.2.4 แอนทราไซต์** อายุการเกิดมากให้ความร้อนสูง เป็นถ่านหินที่เกรดดีที่สุด หายากและราคาแพง ดังแสดงในรูปที่ 8.5



รูปที่ 8.5 แสดงลักษณะแอนทราไซต์  
ที่มา : <http://www.thaicapital.co.th/index,2558>

**1.3 ถ่านไม้** มีลักษณะเป็นก้อนสีดำ ได้จากการนำไม้ไปเผาในเตาเผาถ่านและปล่อยให้เย็นตัว นิยมนำไปใช้ในการหุงต้ม และอุตสาหกรรมในครัวเรือน ดังแสดงในรูปที่ 8.6



รูปที่ 8.6 แสดงลักษณะถ่านไม้  
ที่มา : นายสุเทพ นุชิต , 2558

**1.4 ฟืน** ได้จากการนำเอาเศษไม้มาตัดเป็นท่อนๆ ทำการผ่าให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ ให้ความร้อนในลักษณะของเปลวไฟ ไม่นิยมนำไปใช้ในการหุงต้มเพราะจะทำให้กั้นภาชนะนั้นมีสีดำส่วนมากนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น ย้อมสีผ้า ต้มน้ำในหม้อน้ำ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 8.7



รูปที่ 8.7 แสดงลักษณะฟืน

ที่มา : นายสุเทพ นุชิต , 2558

1.5 วัสดุทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ จี้เลื่อย ชานอ้อย ฟางข้าว ชังข้าวโพด ไม้ล้มลุกที่ผ่านการเก็บเกี่ยวมาแล้ว วัสดุเหลือใช้ดังกล่าวนิยมนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนแก่หม้อน้ำ (Boiler) ในโรงงานอุตสาหกรรม และใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 8.8



รูปที่ 8.8 แสดงลักษณะวัสดุทางการเกษตร

ที่มา : นายสุเทพ นุชิต , 2558

## 2. เชื้อเพลิงเหลว (Liquid Fuel)

เชื้อเพลิงเหลว ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน น้ำมันเครื่องบิน น้ำมันก๊าด น้ำมันเตา แอลกอฮอล์ แก๊สโซฮอล์ และไบโอดีเซลเชื้อเพลิงเหลวเป็นที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เพราะเก็บได้ง่ายตามรูปร่างภาชนะ ขนถ่ายและจัดส่งได้สะดวกรักษาความสะอาดได้ง่าย ส่วนกรรมวิธีการผลิต แบ่งออกได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

2.1 เชื้อเพลิงเหลวจากน้ำมันดิบ ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน น้ำมันเครื่องบิน น้ำมันก๊าด น้ำมันเตา (Heavy Fuel or Furnace Oil) น้ำมันดิบหรือน้ำมันปิโตรเลียมประกอบด้วยคาร์บอนประมาณ 83 – 87 % ไฮโดรเจน 11 – 15 % กำมะถัน 6 % ไนโตรเจน 0.5 เปอร์เซ็นต์ 0.1 % เกิดจากการทับถม

ของซากพืชซากสัตว์ทะเลเป็นเวลานานนับล้านปี และกลั่นตัวเป็นของเหลวโดยมีชั้นหินปิดครอบไว้ เรียกว่า บ่อน้ำมันมนุษย์จะทำการขุดเจาะและดูดขึ้นมาในลักษณะของเหลวสีดำ เรียกว่า น้ำมันดิบ หรือน้ำมันปิโตรเลียม ดังแสดงในรูปที่ 8.9



รูปที่ 8.9 แสดงลักษณะน้ำมัน ไบโอดีเซล  
ที่มา : <http://www.manager.co.th,2558>

### น้ำมันที่ขุดเจาะได้ในโลกมีฐานอยู่ 3 ประเภท คือ

- 1.1 ฐานแอสฟัลต์ (Asphalt Based) คือกากสุดท้ายที่ได้จากการกลั่นน้ำมัน ประโยชน์ใช้สำหรับทำยางมะตอยลาดพื้นถนน
- 1.2 ฐานพาราฟิน (Parafin Base ) คือกากสุดท้ายที่ได้จากการกลั่นน้ำมัน ประโยชน์ใช้สำหรับทำเทียนไข สารขี้ผึ้งต่างๆ
- 1.3 ฐานผสม (Mixed Based) คือฐานน้ำมันดิบกากสุดท้ายที่ได้จากการกลั่นน้ำมัน ประโยชน์ใช้สำหรับทำยางมะตอยลาดพื้นถนน

### กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน เพื่อให้ได้คุณภาพเหมาะสมกับการใช้งาน มีดังนี้

- 1.การปรับปรุงให้บริสุทธิ์ คือ การกำจัดสิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการ เช่น เหม่า น้ำ กำมะถัน ออกจากน้ำมันเพื่อให้ น้ำมันสะอาดและมีคุณภาพดีขึ้น
- 2.การกลั่นคือการให้ความร้อนแก่น้ำมันดิบจนเดือดกลายเป็นไอ โดยทั่วไปใช้อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำมันกลั่นตัวเป็นของเหลว
- 3.การแปรรูปคือการใช้กระบวนการทางเคมีเปลี่ยน โครงสร้าง โมเลกุลของน้ำมันเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพสูง เช่น การแปรรูปน้ำมันเตาให้เป็นน้ำมันเบนซิน เป็นต้น
- 4.การผสมคือการนำน้ำมันที่ได้จากการกลั่นไปผสมกับสารเคมีบางอย่างเพื่อเพิ่มคุณภาพของน้ำมัน หรือการนำน้ำมันสำเร็จไปผสมกับน้ำมันจากพืชเพื่อให้ได้น้ำมันชนิดใหม่ เช่น ไบโอดีเซล แก๊สโซฮอล์ เป็นต้น

**น้ำมันสำเร็จ** คือ น้ำมันที่ได้จากกระบวนการผลิตและผ่านการเพิ่มคุณภาพแล้ว ได้แก่

### 1. น้ำมันดีเซล หรือน้ำมันโซล่า (Diesel Oil)

มีลักษณะสีใสน้ำเหลืองเทา มีความหนืดสูง ระเหยตัวช้าไม่ไวไฟ เมื่อนิดเป็นฝอยที่กำลังอัดสูงสามารถติดไฟได้เอง ค่าคุณภาพในการจุดติดไฟของน้ำมันดีเซล เรียกว่า ค่าซีเทน (Cetane Number ) ตัวเลขยิ่งสูงแสดงถึงการจุดติดไฟได้เร็ว ทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่าย เครื่องยนต์ร้อนเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 8.10



รูปที่ 8.10 แสดงลักษณะน้ำมันดีเซล

ที่มา : นายสุเทพ นุชิต , 2558

**น้ำมันดีเซลแบ่งออกเป็น 2 ประเภท** ตามลักษณะการใช้งาน คือ

- 1.1 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วค่าซีเทน 47 ขึ้นไป ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลในรถยนต์
- 1.2 น้ำมันดีเซลหมุนช้าค่าซีเทนไม่ต่ำกว่า45 ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลรอบปานกลาง และรอบต่ำ เช่น เครื่องเรือประมง เรือโดยสาร เรือเดินสมุทร เป็นต้น

### ข้อควรระวัง

เนื่องจากน้ำมันดีเซลที่ใช้ในเครื่องยนต์กรณีที่มีการเผาไหม้ไม่หมดมีควันดำ อัตราเร่งต่ำ เครื่องยนต์จึงต้องมีกำลังอัดสูง เครื่องยนต์รุ่นใหม่ได้มีการพัฒนากำลังการฉีดน้ำมันให้สูงขึ้น นิดน้ำมันเป็นฝอยและละเอียดมากขึ้น เรียกว่าระบบคอมมอนเรล ( Commonrail ) ช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ไม่มีควันดำ อัตราการเร่งดี เกิดมลพิษในอากาศน้อยลง

## 2. น้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline Oil)

ใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์ ปัจจุบันนิยมใช้มากที่สุด แบ่งตามค่าประสิทธิภาพการป้องกันการน็อกหรือค่าออกเทน (Octane Number)

### 2.1 ประเภทของน้ำมันเบนซิน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เบนซิน 91 (ธรรมดา) มีลักษณะ สีเหลืองอ่อน (แต่ก่อนมีสีแดง) กลิ่นฉุน ระเหยง่าย ราคาถูกใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั่วไปที่ต้องการอัตราเร่ง

2. เบนซิน 95 (ซูเปอร์) มีลักษณะ สีเหลืองอ่อน ปัจจุบันมีสีน้ำเงิน กลิ่นฉุน ระเหยง่าย ราคาถูกใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั่วไปที่ต้องการอัตราเร่งและความเร็วสูงไม่มีอาการน็อกในขณะติดและเร่งเครื่องยนต์ช่วยให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์สูงขึ้น สารเพิ่มค่าออกเทน (Octane-number) ในสมัยก่อน ใช้สารตะกั่วซึ่งสร้างมลพิษในอากาศแต่ในปัจจุบันได้นำสารออกซิเจนเนตที่ไม่สร้างมลพิษในอากาศมาใช้แทนในราคาที่สูงกว่า ดังแสดงในรูปที่ 8.11



รูปที่ 8.11 แสดงลักษณะน้ำมันเบนซิน

ที่มา : นายสุเทพ นุชิต , 2558

สารเพิ่มคุณภาพที่ใช้เติมในน้ำมันเบนซิน มีดังนี้ คือ

1. สารป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เพื่อป้องกันการเกิดตะกอนและยางเหนียวในขณะที่น้ำมันยังไม่ได้ใช้งานและเก็บไว้ได้นาน

2. สารป้องกันการกัดกร่อนและการเกิดสนิมเพื่อป้องกันการกัดกร่อนและการเกิดสนิมในถังน้ำมันของเครื่องยนต์

3. สารต้านทานการเกิดการน็อก เพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้

4. สารแยกน้ำ เพื่อช่วยแยกน้ำออกจากน้ำมันเบนซินได้เร็วขึ้น

5. สารชะล้างทำความสะอาด เพื่อให้ระบบและชิ้นส่วนสะอาด เครื่องยนต์เดินเรียบ

### ข้อควรระวัง

เนื่องจากน้ำมันเบนซินระเหยเร็ว มีฤทธิ์กัดและติดไฟง่าย อย่าเก็บไว้ใกล้แหล่งความร้อน ควรเก็บไว้ในที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่ใช่เบนซินล้างมือ หรือถูกอวัยวะของร่างกาย ไม่ติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้นาน กรณีทำการเชื่อมถึงน้ำมันควรบรรจุน้ำให้เต็มเพื่อไล่น้ำมันออกให้หมดก่อนทำการเชื่อม เพราะไอของน้ำมันจะทำให้ถึงระเบิดได้

### 3. น้ำมันเครื่องบิน

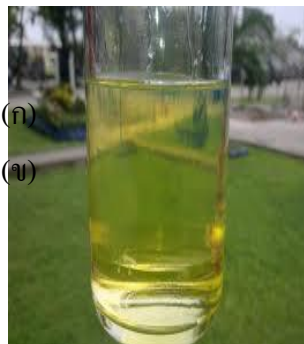
คือน้ำมันที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องบิน จำแนกตามลักษณะเครื่องยนต์ของเครื่องบิน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. **น้ำมันเครื่องบินใบพัด (Aviation Gasoline)** เนื่องจากเครื่องยนต์ของเครื่องบินใบพัดใช้ระบบการทำงานแบบเดียวกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน น้ำมันเครื่องบินจึงใช้น้ำมันที่มีความบริสุทธิ์มากกว่าและมีค่าออกเทนสูงกว่าน้ำมันเบนซินที่ใช้กับเครื่องยนต์ทั่วไป

2. **น้ำมันเครื่องบินไอพ่น (Jet Fuels)** ใช้กับเครื่องยนต์กังหันเทอร์โบเป็นต้นกำลังขับเคลื่อน จะใช้วิธีการฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยผ่านประกายไฟเผาไหม้แก๊สร้อนไปปั่นเครื่องกังหันใบพัดเครื่องกังหันเทอร์โบใบจำนวนหลายร้อยชุด ให้หมุนด้วยความเร็วสูง น้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องบินไอพ่นจัดอยู่ในประเภทน้ำมันก๊าด ซึ่งมีสมบัติ คือ สะอาด เผาไหม้ได้หมด ให้ประสิทธิภาพความร้อนสูง น้ำมันเครื่องบินไอพ่นปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. น้ำมันเครื่องบินไอพ่นทหาร (JP - 4) ใช้สำหรับเครื่องบินรบเครื่องบินขับไล่ที่ต้องใช้อัตราเร่งและความเร็วสูงมากๆ

2. น้ำมันเครื่องบินไอพ่นพาณิชย์ (JP - 1) ใช้สำหรับเครื่องบินโดยสารและเครื่องบินพาณิชย์ที่ต้องใช้อัตราเร่งและความเร็วไม่สูงมาก



(ก) น้ำมันเครื่องบินใบพัด



(ข) น้ำมันเครื่องบินไอพ่น

รูปที่ 8.12 แสดงลักษณะตัวอย่างน้ำมันเครื่องบินใบพัด และเครื่องบินไอพ่น

ที่มา : <http://www.thaisafetyproduct.com>, 2558



#### 4. น้ำมันก๊าด (Kerosene Oil)

เป็นน้ำมันสำเร็จที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบช่วงจุดเดือดที่อุณหภูมิ 177 – 232 องศาเซลเซียส เป็นของเหลวใส สะอาด มีกำมะถันต่ำ ในอดีตใช้เป็นเชื้อเพลิงตะเกียงสำหรับให้แสงสว่าง ในปัจจุบันนำมาใช้ให้ความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรม เตาอบ กระเบื้องเคลือบ สุขภัณฑ์ และใช้เป็นตัวทำละลายในงานอุตสาหกรรมต่างๆ ผู้ผลิตได้เติมสีฟ้าลงในน้ำมัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสังเกตถึงความแตกต่างได้ง่ายขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 8.13



รูปที่ 8.13 แสดงลักษณะน้ำมันก๊าด

ที่มา : <http://www.thaisafetyproduct.com>, 2558

#### 5. น้ำมันเตา (Burner Oil)

เป็นน้ำมันสำเร็จที่ได้จากส่วนล่างของหอกลิ้นลักษณะคล้ายกับน้ำมันดีเซล แต่มีความเข้มข้นและความหนืดมากกว่า ราคาถูกกว่า นิยมนำไปใช้ในการให้ความร้อนหม้อน้ำ เตาเผา เตาถลุงเหล็ก ด้วยวิธีการอุ่นให้ร้อนเพื่อลดความหนืด บี้มและฉีดให้เป็นฝอย ผ่านประกายไฟ โดยใช้ลมเป่าหมวนเป็นตัวช่วยให้น้ำมันแตกตัวเป็นฝอย เผาไหม้ได้หมดและให้ประสิทธิภาพความร้อนสูง ดังแสดงในรูป 8.14



รูปที่ 8.14 แสดงลักษณะน้ำมันเตา

ที่มา : <http://www.tagenergy.co.th>, 2558

เชื้อเพลิงเหลวจากธรรมชาติ ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่

1. น้ำมันปาล์ม ผลิตได้จากการนำผลปาล์มสุกมารีดและผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ จะได้น้ำมันปาล์มและนำมาผสมกับน้ำมันดีเซล ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล เรียกน้ำมันชนิดว่า “ไบโอดีเซล”

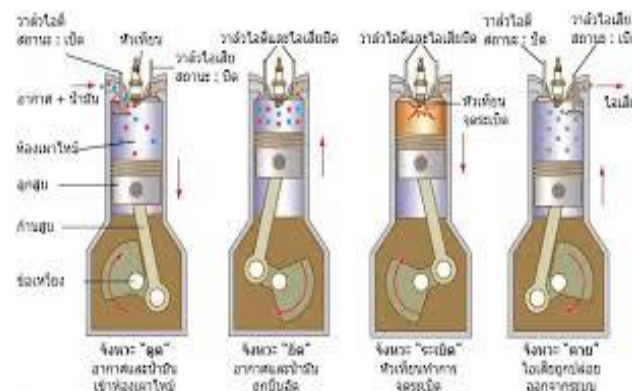
2. แอลกอฮอล์ ได้จากการนำมันสำปะหลัง อ้อย ข้าวฟ่าง มาผ่านกระบวนการผลิตเป็นแอลกอฮอล์ ลักษณะเป็นน้ำมีกลิ่นฉุน ติดไฟได้ง่าย ให้ความร้อนสูงใกล้เคียงกับน้ำมันเบนซิน ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค อุตสาหกรรมงานสี ในปัจจุบันได้นำแอลกอฮอล์มาผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วน น้ำมันเบนซิน 80-90 % แอลกอฮอล์ 10 – 20 % ใช้กับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เรียกน้ำมันชนิดว่า “แก๊สโซฮอล์”

3. สบู่ดำ ผลิตจากผลสบู่ดำ โดยการนำมาบด รีด และผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ สามารถนำมาใช้แทนน้ำมันดีเซลได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 8.15 แสดงลักษณะการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม

ที่มา : <http://www.203.172.168.26/m42555/M41/W09/29/7.html>, 2558



รูปที่ 8.16 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน

ที่มา : <http://www.asiaautowork.co.th/2013/07/how-engine-works>, 2558



1. แหวนแรงอัด
2. อุปกรณ์ตัวป้องกันการรั่วไหลของแรงอัด
3. จีคน้ำมันเครื่อง
4. ช่องระบายน้ำมันเครื่องลง
5. ระบบช่วงชักของลูกสูบ
6. น้ำมันเครื่องไหลลง

รูปที่ 8.17 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล  
ที่มา : <http://www.c-filtration.com/th/page.php> , 2558

### การเก็บรักษาวัสดุเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว

สถานที่ตั้งถังเก็บวัสดุเชื้อเพลิงห้ามไม่ให้เกิดการสูมไฟเข้าใกล้โดยมีระยะอย่างน้อย 50 เมตร

### 3. เชื้อเพลิงแก๊ส (Gas Fuels)

เชื้อเพลิงแก๊ส หมายถึง เชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอน (HC) ในรูปของแก๊สบิวเทน แก๊สโพรเพน และสารเจือปนอื่นๆ ถูกนำมาใช้แทนน้ำมันและถ่านหินด้วยราคาถูกกว่าให้ความร้อนสูงถึง 11,800 กิโลแคลอรี / กิโลกรัม มีควันและเขมาน้อยจน แก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีดังนี้

#### 1. แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

(1) แก๊สธรรมชาติแห้ง (Dry Natural Gas) ประกอบด้วยก๊าซมีเทน ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

(2) แก๊สธรรมชาติชื้น (Wet Natural Gas) ประกอบด้วยโพรเพนและบิวเทน นำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือน

2. แก๊สที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ (Liquid Petroleum Gas) เรียกว่าแก๊สปิโตรเลียมคือส่วนที่กลายเป็นไอลอยขึ้นส่วนบนของหอกั่นในสถานะของแก๊สแก๊สปิโตรเลียมจะถูกนำมาผ่ากระบวนการแยกแก๊สเพื่อให้ได้แก๊สสำเร็จ นำไปใช้งาน แบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ

(1) การอัดแก๊สลงในถังด้วยความดันจนกลายเป็นของเหลวเมื่อเปิดใช้งานจะกลายเป็นแก๊ส

(2) การอัดแก๊สลงในถังด้วยความดันสูงเก็บภายในถังหรือส่งไปตามท่อระยะสั้นกลายเป็นของเหลวเมื่อเปิดใช้งานจะกลายเป็นแก๊ส

การใช้งานของแก๊ส นำไปใช้ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1.แก๊สงานยานยนต์ ( Natural Gas for Vehicles ) “ NGV ) เป็นแก๊สธรรมชาติอัดภายใต้ความดันสูงแต่ยังคงความเป็นแก๊สอยู่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ ในปัจจุบันได้มีการนำแก๊สหุงต้มมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน แทนน้ำมันเบนซิน ซึ่งแก๊ส NGV จะมีน้ำหนักเบา เมื่อมีการรั่วจะลอยขึ้นสูง ส่วนแก๊ส LPG ซึ่งหนักกว่าอากาศถ้าเกิดการรั่วจะสะสม เมื่อมีประกายไฟจะติดไฟและระเบิด การใช้แก๊ส NGVจะมีความปลอดภัยมากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 8.18



รูปที่ 8.18 แสดงลักษณะแก๊ส NGV

ที่มา : [http://www.gasforcars.net/setup\\_ngv.php](http://www.gasforcars.net/setup_ngv.php) , 2558

2.แก๊สหุงต้ม หรือแก๊สปิโตรเลียมเหลว ( Liquefied Petroleum Gas ) หรือ “ LPG ”

ประกอบด้วยแก๊สบิวเทน ( $C_4H_{10}$ ) และ โพรเพน ( $C_3H_8$ ) ในอัตราส่วน 50 : 50 หรือ 70 : 30 จะได้มาจากแก๊สธรรมชาติหรือโรงกลั่นมีน้ำหนัก 1.5 – 2 เท่าของอากาศ บรรจุลงในถังโดยการอัดด้วยความดันสูงจนเป็นของเหลว สะดวกในการเก็บและขนย้าย เมื่อใช้งานจะเปิดวาล์ว ความดันจะลดลงมีลักษณะเป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีการเผาไหม้สมบูรณ์ เปลวไฟสีฟ้า ให้ความร้อนสูง ไม่มีเขม่าและควันดำในแก๊สหุงต้มได้เติมสารเอทิลเมอร์แคปแทน (Ethyl -Mercaptan ) ทำให้มีกลิ่นฉุน เพื่อเตือนภัยกรณีแก๊สรั่วซึม ดังแสดงในรูป 8.19



รูปที่ 8.19 แสดงลักษณะแก๊ส LPG

ที่มา : <http://www.homegas.blogspot.com/2012/03/lpg-liquefied-petroleum-gas.html>, 2558

3.แก๊สอุตสาหกรรม (Compressed Natural Gas) “CNG” เป็นแก๊สสำหรับให้พลังงาน ความร้อนในการขับเคลื่อนเครื่องเทอร์ไบน์โรงงานผลิตไฟฟ้า ใช้ต้มน้ำในหม้อน้ำในโรงงาน อุตสาหกรรมเพื่อใช้ในการฆ่าเชื้อโรค อบ ขับไล่ความชื้น ทำให้อาหารสุก เผาอบชิ้นงานต่างๆ เป็นต้น การส่งแก๊สไปใช้งานทำโดยการอัด ด้วยความดันสูงส่งไปตามท่อ เพื่อให้ได้ปริมาณมากเพียงพอกับการใช้งาน ควรใช้กับระยะทางในการส่งแก๊สไม่ไกลกับจุดจ่ายแก๊ส ดังแสดงในรูปที่ 8.20



รูปที่ 8.20 แสดงลักษณะแก๊ส CNG

ที่มา : <http://www.forpetroleum.blogspot.com/2009/07/cng-ngv.html> , 2558

4.แก๊สโซลีน (Natural Gasoline) “NGL” ได้จากกระบวนการแยกแก๊สธรรมชาติ ในแก๊สธรรมชาติจะมีธาตุคาร์บอน (C) ประกอบอยู่ในไฮโดรคาร์บอน (HC) ไม่ต่ำกว่า 5 อะตอม แก๊สชนิดนี้ ถูกนำไปใช้ในการผลิตน้ำมันเบนซินและเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 8.21



รูปที่ 8.21 แสดงลักษณะแก๊สโซลีน

ที่มา : <http://www.wikiwand.com/th>, 2558

### ข้อควรระวังในการเลือกใช้และเก็บรักษาแก๊ส

1. ต้องเก็บแก๊สให้ห่างจากความร้อนและเปลวไฟ
2. สถานที่เก็บแก๊สต้องเป็นที่โล่ง และอากาศถ่ายเทได้ดี
3. บริเวณที่เก็บแก๊สต้องมีป้ายเตือน ห้ามสูบบุหรี่ หรือสูมไฟ เป็นต้น
4. ต้องหมั่นตรวจเช็คอุปกรณ์ เช่น ข้อต่อ ท่อและวาล์วเปิด-ปิด อยู่เสมอ ฯลฯ

## สรุปท้ายหน่วย

วัสดุเชื้อเพลิง หมายถึงวัสดุหรือสารที่ผ่านการรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง มีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน แล้วให้พลังงานความร้อนและสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น เช่น แสงสว่าง ไฟฟ้า พลังงานกล เป็นต้น เชื้อเพลิงเมื่อเผาไหม้จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับแก๊สออกซิเจนทำให้เกิดพลังงานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย

### ประเภทของวัสดุเชื้อเพลิง

วัสดุเชื้อเพลิงที่นำมาใช้กันอยู่ทั่วไปทั้งเพื่อการคมนาคม การอุตสาหกรรมและการนำมาใช้ในกิจกรรมอื่น ๆ สามารถแยกตามลักษณะได้ 3 ประเภท คือ

1. เชื้อเพลิงแข็ง (Solid Fuel) ได้แก่ 1.1 ถ่านโค้ก 1.2 ถ่านหิน 1.3 ถ่านลิกไนต์ 1.4. บิทูมินัส 1.5 แอนทราไซต์ 1.6 ถ่านไม้ 1.7 ฟืน 1.8 วัสดุทางการเกษตร

2. เชื้อเพลิงเหลว (Liquid Fuel) ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน น้ำมันเครื่องบิน น้ำมันก๊าด น้ำมันเตา แอลกอฮอล์ แก๊สโซฮอล์ และไบโอดีเซล ส่วนกรรมวิธีการผลิตสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

#### 2.1 เชื้อเพลิงเหลวจากน้ำมันดิบ

น้ำมันสำเร็จ คือ น้ำมันที่ได้จากกระบวนการผลิตและผ่านการเพิ่มคุณภาพแล้ว ได้แก่

1. น้ำมันดีเซล หรือน้ำมันโซล่า (Diesel Oil) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการใช้งาน คือ

1.1 น้ำมันดีเซลหมุนเร็วค่าซีเทน 47 ขึ้นไป ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลในรถยนต์

1.2 น้ำมันดีเซลหมุนช้าค่าซีเทนไม่ต่ำกว่า 45 ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลรอบปานกลาง และรอบต่ำ เช่น เครื่องเรือประมง เรือโดยสาร เรือเดินสมุทร เป็นต้น

2. น้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline Oil) ใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์ ในปัจจุบันนิยมใช้มากที่สุด แบ่งตามค่าประสิทธิภาพ การป้องกันการน็อกหรือค่าออกเทน (Octane Number)

2.1 ประเภทของน้ำมันเบนซิน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. เบนซิน 91 (ธรรมดา) 2. เบนซิน 95 (ซูเปอร์)

3. น้ำมันเครื่องบิน ใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องบิน จำแนกตามลักษณะเครื่องยนต์ของเครื่องบิน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1. น้ำมันเครื่องบินใบพัด (Aviation Gasoline) 2. น้ำมันเครื่องบินไอพ่น (Jet Fuels)

4. น้ำมันก๊าด (Kerosene Oil) คือน้ำมันสำเร็จที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบช่วงจุดเดือดที่อุณหภูมิ 177 – 232 องศาเซลเซียส เป็นของเหลวใส สะอาด มีกำมะถันต่ำ ในอดีตใช้เป็นเชื้อเพลิงตะเกียงสำหรับให้แสงสว่าง ในปัจจุบันนำมาใช้ให้ความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรม เตาอบ กระเบื้องเคลือบสุกภัณฑ์

5. น้ำมันเตา (Burner Oil) เป็นน้ำมันสำเร็จที่ได้จากส่วนล่างของหอกลั่น ลักษณะคล้ายกับน้ำมันดีเซลแต่มีความเข้มข้น และความหนืดมากกว่า ราคาถูกกว่า นิยมนำไปใช้ในการให้ความร้อนหม้อน้ำ เตาเผา เตาถลุงเหล็ก

เชื้อเพลิงเหลวจากธรรมชาติ ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่

1. น้ำมันปาล์ม
2. แอลกอฮอล์
3. สบู่ดำ

3. เชื้อเพลิงแก๊ส (Gas Fuels) หมายถึง เชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอน (HC)

ในรูปของแก๊สชีวแทน แก๊สโพรเพน และสารเจือปนอื่นๆ ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน มีดังนี้

1. แก๊สธรรมชาติ (Natural Gas) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- 1.1 แก๊สธรรมชาติแห้ง (Dry Natural Gas) 1.2 แก๊สธรรมชาติชื้น (Wet Natural Gas)

2. แก๊สที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ (Liquid Petroleum Gas) เรียกว่าแก๊สปิโตรเลียม แบ่งออกได้

2 ลักษณะคือ

1. การอัดแก๊สลงในถังด้วยความดันจนกลายเป็นของเหลวเมื่อเปิดใช้งานจะกลายเป็นแก๊ส
2. การอัดแก๊สลงในถังด้วยความดันสูง เก็บภายในถังหรือส่งไปตามท่อระยะสั้นกลายเป็นของเหลว

เมื่อเปิดใช้งานจะกลายเป็นแก๊ส

การใช้งานของแก๊ส นำไปใช้ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. แก๊สงานยานยนต์ (Natural Gas for Vehicles) “NGV”
2. แก๊สหุงต้ม หรือแก๊สปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas) หรือ “LPG”
3. แก๊สอุตสาหกรรม (Compressed Natural Gas) “CNG”
4. แก๊สโซลีน (Natural Gasoline) “NGL”

ข้อควรระวังในการเลือกใช้และเก็บรักษาแก๊ส

1. ต้องเก็บแก๊สให้ห่างจากความร้อนและเปลวไฟ
2. สถานที่เก็บแก๊สต้องเป็นที่โล่ง และอากาศถ่ายเทได้ดี
3. บริเวณที่เก็บแก๊สต้องมีป้ายเตือน ห้ามสูบบุหรี่ หรือสูมไฟ เป็นต้น
4. ต้องหมั่นตรวจเช็คอุปกรณ์ เช่น ข้อต่อ ท่อและวาล์วเปิด-ปิด อยู่เสมอ

คำศัพท์ประจำหน่วย

1. Solid Fuels หมายถึง เชื้อเพลิงแข็ง
2. Liquid Fuels หมายถึง เชื้อเพลิงเหลว
3. Gas Fuels หมายถึง เชื้อเพลิงแก๊ส



## ใบงานหน่วยที่ 8

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ครูผู้สอนจัดหาตัวอย่างวัสดุเชื้อเพลิง บรรจุใส่ภาชนะ ( หรือให้ดูจากภาพ ) ให้นักเรียนทำการกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนชื่อหมายเลขให้ตรงกับชื่อของเชื้อเพลิงนั้นในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 8 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ชื่อวัสดุเชื้อเพลิง	หมายเลข	ชื่อวัสดุเชื้อเพลิง	หมายเลข
1. น้ำมันดีเซล		5. น้ำมันเตา	
2. น้ำมันเบนซิน		6. น้ำมันไบโอดีเซล	
3. น้ำมันแก๊สโซฮอล์		7. น้ำมันสบู่ดำ	
4. น้ำมันก๊าด		8. น้ำมันปาล์ม	

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 8

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของวัสดุเชื่อม
2. เชื่อมแบ่งออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง ยกตัวอย่างประกอบ
3. จงยกตัวอย่างของวัสดุเชื่อมแข็งมา 5 ชนิด
4. จงยกตัวอย่างของวัสดุเชื่อมเหลวมา 5 ชนิด
5. จงยกตัวอย่างของวัสดุเชื่อมแก๊สมา 4 ชนิด

## เฉลยใบงานหน่วยที่ 8

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ครูผู้สอนจัดหาตัวอย่างวัสดุเชื้อเพลิง บรรจุใส่ภาชนะ ( หรือให้ดูจากภาพ ) ให้นักเรียนทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อหมายเลขให้ตรงกับชื่อของเชื้อเพลิงนั้นในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 8 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ชื่อวัสดุเชื้อเพลิง	หมายเลข	ชื่อวัสดุเชื้อเพลิง	หมายเลข
1. น้ำมันดีเซล	8	5. น้ำมันเตา	7
2. น้ำมันเบนซิน	4	6. น้ำมันไบโอดีเซล	2
3. น้ำมันแก๊สโซฮอล์	3	7. น้ำมันสุญุดำ	5
4. น้ำมันก๊าด	1	8. น้ำมันปาล์ม	6

## ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 8

ชื่อ – ชื่อสกุล .....

แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 8	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน)	ดีมาก ( 7 – 8 )	ดี ( 5 – 6 )	พอใช้ ( 3 – 4 )

### เกณฑ์การประเมินผล

<input type="checkbox"/>	7 – 8	คะแนน หมายถึง	ดีมาก
<input type="checkbox"/>	5 – 6	คะแนน หมายถึง	ดี
<input type="checkbox"/>	3 - 4	คะแนน หมายถึง	พอใช้
<input type="checkbox"/>	ต่ำกว่า 2	คะแนน หมายถึง	ต้องปรับปรุง

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวนใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 8 และทำใบงานใหม่

## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 8

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของวัสดุเชื้อเพลิง

ตอบ วัสดุหรือสารที่ผ่านการรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง ทำให้ติดไฟได้มีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน แล้วให้พลังงานความร้อนและสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น เช่น แสงสว่าง ไฟฟ้า พลังงานกล เป็นต้น เชื้อเพลิงเมื่อเผาไหม้จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับแก๊สออกซิเจนทำให้เกิดพลังงานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย

2. เชื้อเพลิงแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

ตอบ 3 ประเภท คือ 1. เชื้อเพลิงแข็ง 2. เชื้อเพลิงเหลว 3. เชื้อเพลิงแก๊ส

3. จงยกตัวอย่างของวัสดุเชื้อเพลิงแข็งมา 5 ชนิด

ตอบ 1. ถ่านโค้ก 2. ถ่านหิน 3. ถ่านไม้ 4. ฟืน 5. วัสดุทางการเกษตร

4. จงยกตัวอย่างของวัสดุเชื้อเพลิงเหลวมา 5 ชนิด

ตอบ 1. น้ำมันดีเซล 2. น้ำมันเบนซิน 3. น้ำมันเครื่องบิน 4. น้ำมันเตา 5. น้ำมันก๊าด

5. จงยกตัวอย่างของวัสดุเชื้อเพลิงแก๊สมา 4 ชนิด

ตอบ 1. แก๊สงานยานยนต์ 2. แก๊สหุงต้ม หรือแก๊สปิโตรเลียมเหลว 3. แก๊สอุตสาหกรรม 4. แก๊สโซลีน



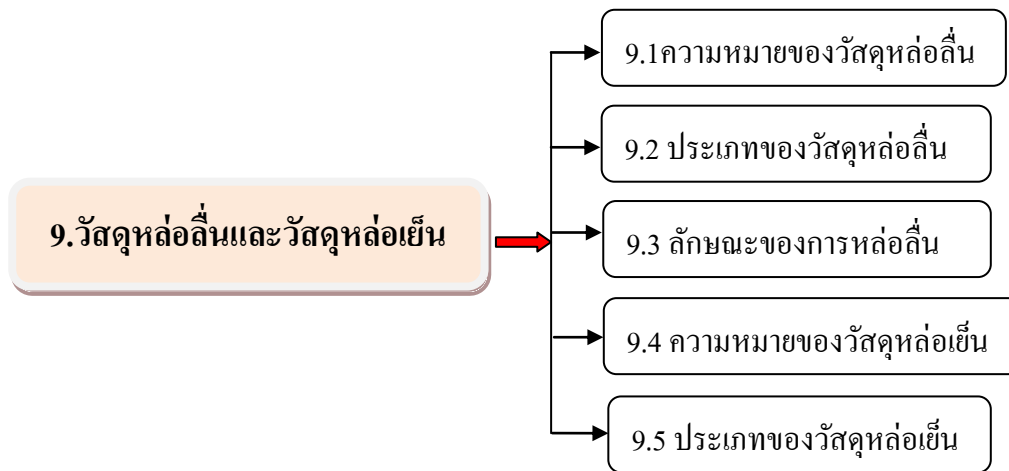
## เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

หน่วยที่ 9 วัสดุหล่อลื่นและวัสดุหล่อเย็น



## ผังมโนทัศน์



## หน่วยที่ 9

### วัสดุหล่อลื่นและวัสดุหล่อเย็น

#### แนวคิด

ในการทำงานของเครื่องจักร เครื่องยนต์ ชิ้นส่วนต่างๆ ที่มีการเคลื่อนไหว เกิดการเสียดสี เกิดความร้อนและการสึกหรอ จึงจำเป็นต้องใช้วัสดุหล่อลื่นเพื่อลดอาการดังกล่าว ที่นิยมใช้ใน ปัจจุบัน ได้แก่ จาระบี น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ น้ำมันเฟืองท้าย น้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น ส่วนวัสดุหล่อเย็นใช้สำหรับลดอุณหภูมิการทำงาน และสามารถป้องกันการเกิดสนิม จึงนิยมใช้น้ำยาหล่อเย็น

#### สาระการเรียนรู้

- 9.1 ความหมายของวัสดุหล่อลื่น
- 9.2 ประเภทของวัสดุหล่อลื่น
- 9.3 ลักษณะของการหล่อลื่น
- 9.4 ความหมายของวัสดุหล่อเย็น
- 9.5 ประเภทของวัสดุหล่อเย็น

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของวัสดุหล่อลื่นได้อย่างถูกต้อง
2. จำแนกประเภทของวัสดุหล่อลื่นได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายลักษณะของการหล่อลื่นได้อย่างถูกต้อง
4. บอกความหมายของวัสดุหล่อเย็นได้อย่างถูกต้อง
5. จำแนกประเภทของวัสดุหล่อเย็นได้อย่างถูกต้อง
6. มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด



## 9.1 ความหมายของวัสดุหล่อลื่น

วัสดุหล่อลื่น หมายถึงวัสดุที่ผลิตขึ้นมาในรูปกึ่งของเหลว ของเหลว และของแข็ง ที่ใช้เพื่อจุดประสงค์ในการลดความฝืดและการสึกหรอ ทำให้เครื่องมือ เครื่องจักรกล ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น จาระบี น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ เป็นต้น

## 9.2 ประเภทของวัสดุหล่อลื่น

วัสดุหล่อลื่น แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. วัสดุหล่อลื่นประเภทของเหลว เป็นสารที่นำไปใช้ในการหล่อลื่นในสภาวะของเหลว แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.1 วัสดุหล่อลื่นที่ได้จากธรรมชาติ ( Natural Lubricating Oil ) เช่น น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ และได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ (ปิโตรเลียม) สารหล่อลื่นที่ได้จากน้ำมันพืช และน้ำมันสัตว์ไม่ถอยนิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีกรดในน้ำมัน เมื่อใช้งานไปจะเหม็นบูด และทำให้โลหะเกิดการกัดกร่อนสารหล่อลื่นประเภทของเหลวที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในปัจจุบัน ได้มาจากการกลั่นของน้ำมันดิบแต่ละชนิดจะมีความหนืดน้อยจนถึงความหนืดสูง ดังแสดงในรูปที่ 9.1



รูปที่ 9.1 แสดงลักษณะน้ำมันหมู

ที่มา : <http://www.topicstock.pantip.com> , 2558

1.2 วัสดุหล่อลื่นที่ได้จากการสังเคราะห์ ( Synthetic Oil ) เป็นสารหล่อลื่นที่ได้จากการทำปฏิกิริยาของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ และฟีนอล ( Phenol ) สามารถใช้ในการหล่อลื่นงานที่มีอุณหภูมิสูงหรือสภาวะที่เกิดการรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนได้ง่าย โดยเฉพาะงานที่เสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้ เช่นการหล่อลื่นในเครื่องบินและยานอวกาศสารหล่อลื่นสังเคราะห์ชนิดนี้ได้แก่ โพลีไกลคอล ( Polyglycol ) มีความหนืดสูง ไม่ตกตะกอน ใช้ผลิตเป็นน้ำมันเบรก และน้ำมันไฮดรอลิกส์ ส่วน โพลีฟีนิลอีเธอร์ ( Polyphenyl Ether ) ใช้เป็นสารหล่อลื่นที่ทนต่อแรงกดอัด

และสามารถใช้ได้ที่อุณหภูมิสูง มีข้อเสียคือใช้งานที่อุณหภูมิต่ำไม่ดี ดังแสดงในรูปที่ 9.2



รูปที่ 9.2 แสดงลักษณะน้ำมันไฮดรอลิกส์

ที่มา : <http://www.ap-autopart.com> , 2558

2. วัสดุหล่อลื่นประเภทกึ่งของเหลว เป็นสารหล่อลื่นกึ่งของแข็งกึ่งของเหลว ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ “ จาระบี ” ( Grease ) ทำการหล่อลื่นในสถานที่หรืองานบางอย่างซึ่งน้ำมันหล่อลื่นไม่สามารถทำงานได้ เช่น ตลับลูกปืนบางชนิดซึ่งไม่ต้องเติมจาระบีตลอดอายุการใช้งาน หรือชุดเพืองเปิด เป็นต้น งานลักษณะนี้ถ้าใช้น้ำมันหล่อลื่นจะมีปัญหาในการรั่วซึมอาจมีฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกเข้าไปเจือปน ทำให้การหล่อลื่นไม่ได้ผล จึงนำจาระบีช่วยในการหล่อลื่นได้เป็นอย่างดี สามารถเกาะติดชิ้นงานโดยไม่หลุด และสามารถป้องกันไม่ให้ฝุ่นผงเข้าไปอยู่ระหว่างผิวที่ต้องการหล่อลื่นได้ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 9.3



รูปที่ 9.3 แสดงลักษณะจาระบี

ที่มา : <http://www.hatyai-saveoil.tarad.com>, 2558

#### ส่วนผสมของจาระบี

จาระบีเป็นผลผลิตมาจากน้ำมันหล่อลื่น แต่เนื่องจากน้ำมันมีสภาพเป็นของเหลว ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้หล่อลื่น ชิ้นส่วนต่างๆ บางจุด จึงต้องทำให้น้ำมันมีสภาพคงตัว ไม่ไหลเยิ้มสามารถทำได้โดยการผสมที่ทำให้ข้นเหนียว ได้แก่ สบู่ แต่จาระบีบางประเภทไม่ใช้สบู่ในการผสม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. จาระบีที่ผสมด้วยสบู่ ( Soap Base Grease ) จะใช้สบู่ผสมกับผงโลหะกับน้ำมันหล่อลื่น

พื้นฐานและอาจเติมสารบางอย่างลงไปเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน สบู่ที่ใช้ทำจาระบี มีดังนี้

1.1 สบู่แคลเซียม จาระบีที่ทำจากสบู่จะมีเนื้อเนียนคล้ายเนย เนื้อไขมันขนาดเล็กจึงให้ผลการหล่อลื่นได้ดี ข้อดีของจาระบีชนิดนี้คือ ทนน้ำ มีราคาถูก ส่วนข้อเสียคือ ไม่สามารถใช้งานในที่อุณหภูมิสูงได้ เพราะน้ำจะแยกตัวออกมากลายเป็นไอ เนื่องจากจาระบีชนิดนี้ใช้น้ำเป็นตัวประกอบในการผลิต

1.2 สบู่โซเดียม จาระบีชนิดนี้มีจุดหลอมตัวสูงถึง 177 องศาเซลเซียส จึงเหมาะใช้กับงานที่มีอุณหภูมิสูง สามารถเกาะติดโลหะภายใต้ความกดดันและอุณหภูมิสูงได้ มีข้อเสียคือ ถ้าถูกน้ำ จาระบีชนิดนี้จะคุดน้ำเอาไว้ทำให้สูญเสียสมบัติในการเกาะติดและทำให้เกิดสนิมขึ้นได้

1.3 สบู่อะลูมิเนียม จาระบีจะมีความเหนียวและใส สามารถทนน้ำ แต่ไม่ทนความร้อนเหมาะสำหรับงานที่ต้องการเกาะติดเป็นพิเศษ

1.4 สบู่ลิเทียม มีสมบัติทนความร้อนได้ดีเหมือนกับสบู่โซเดียมและยังต้านทานการละลายน้ำได้ดี จาระบีชนิดนี้จะมีเนื้อเนียนละเอียด

1.5 สบู่ผสมจาระบีชนิดนี้จะใช้สบู่สองชนิดผสมกันเพื่อให้ได้สมบัติที่ดีของสบู่ทั้งสองชนิด เช่น ทนน้ำและทนความร้อน

1.6 สบู่ลิเทียมคอมเพล็กซ์และสบู่แคลเซียมคอมเพล็กซ์ จาระบีที่ผสมจากสบู่ทั้งสองชนิดนี้ได้รับการปรับปรุงคุณภาพให้ดีกว่าจาระบีธรรมดา สามารถทนน้ำ ทนต่อความร้อนและแรงกดได้สูง

### ตารางที่ 9.1 แสดงลักษณะชนิดของสบู่ที่ผสม และสมบัติของจาระบี

ชนิดของสบู่ที่ผสม	สมบัติของจาระบี
1.แคลเซียม□	ทนน้ำ ไม่ทนความร้อน
2.โซเดียม	ทนความร้อน ไม่ทนน้ำ
3.อะลูมิเนียม	ทนน้ำ ไม่ทนความร้อน
4.ลิเทียม	ทนน้ำ ทนความร้อน
5.แคลเซียมคอมเพล็กซ์	ทนน้ำ ทนความร้อน รับแรงกดได้ดี
6.ลิเทียมคอมเพล็กซ์	ทนน้ำ ทนความร้อนสูง รับแรงกดได้ดี

**2.จาระบีไม่ผสมสบู่ (Non Soap Base Grease)** จาระบีชนิดนี้เป็นส่วนผสมของสารหล่อลื่นสังเคราะห์กับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน มีสมบัติพิเศษกว่าจาระบีที่ทำจากสบู่ เช่น ทนความร้อนได้สูงมาก และต้านทานการรวมตัวกับอากาศได้ดี จาระบีชนิดนี้ ได้แก่

2.1 จาระบีซิลิกา (Silica Gelt Grease) มีลักษณะกึ่งแข็ง ได้รับความร้อนจะไม่ละลาย จุดหลอมตัวสูง มีสมบัติต้านทานการรวมตัวกับออกซิเจนได้ดี ไม่ป้องกันสนิม และไม่ทนน้ำ

2.2 จาระบีใช้ดินเหนียวแทนสบู่ (Clay Base Grease) มีลักษณะเป็นเม็ดคล้ายก้อนกรวด

เมื่อละลายน้ำจะมีเนื้อเนียนมีสมบัติ ทนความร้อนสูง ด้านทานการรวมตัวกับอากาศได้ดี แต่ไม่ทนน้ำ และเติมสารคุณภาพไม่ได้

3. วัสดุหล่อลื่นประเภทของแข็ง ( Solid Lubricating Oil ) เป็นสารหล่อลื่นที่นำไปใช้งานในสภาพของแข็งส่วนมากเป็นผงกราไฟท์ ( Graphite ) โมลิบดีนัมซัลไฟด์ โดยทั่วไปจะนำไปใช้ร่วมกับจาระบีหรือน้ำมันหล่อลื่น ทำให้รับภาระได้สูง เช่น หล่อชุดเฟืองที่ต้องการส่งกำลังมากและมีอุณหภูมิสูง ดังแสดงในรูปที่ 9.4



รูปที่ 9.4 แสดงลักษณะสารหล่อลื่นประเภทของแข็ง

ที่มา : <http://www.m.thai.alibaba.com> ,2558

### 9.3 ลักษณะของการหล่อลื่น

การหล่อลื่นแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. Hydrodynamic Lubrication
2. Boundary Lubrication
3. Elasto-Hydrodynamic Lubrication

**1.1 Hydrodynamic Lubrication** หมายถึงลักษณะของการหล่อลื่นที่มีฟิล์มน้ำมันไหลอยู่ระหว่างหน้าสัมผัสและแยกหน้าสัมผัสคู่กันโดยเด็ดขาดปัจจัยในการเกิดการหล่อลื่นแบบ Hydrodynamic Lubrication ประกอบไปด้วย

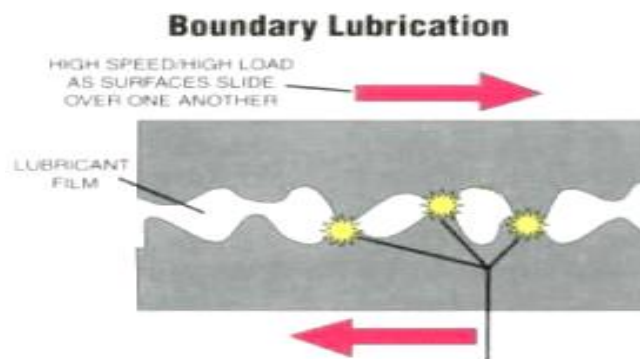
1. ผิวหน้าทั้งสองต้องมีช่องว่างที่จะให้น้ำมันเคลื่อนที่เข้าไปได้
2. ผิวหน้าทั้งสองต้องมีการเคลื่อนที่เร็วเพียงพอที่ลากน้ำมันเข้าไปได้ในปริมาณที่มากพอ
3. ปริมาณน้ำมันต้องมีเพียงพอที่จะอยู่เต็มช่องว่าง และเข้ามาแทนที่ส่วนที่ไหลออกไป
4. น้ำมันต้องมีความหนืดสูงพอที่สร้างฟิล์มน้ำมันขนาดหนา ๆ ได้



รูปที่ 9.5 แสดงลักษณะการหล่อลื่นแบบ Hydrodynamic Lubrication

ที่มา : <http://www.thailandindustry.com,2558>

**1.2 Boundary Lubrication** หมายถึง การหล่อลื่นที่ฟิล์มน้ำมันไม่สามารถจะเกิดขึ้นและแยกหน้าสัมผัสออกจากกันได้เด็ดขาดถูกกำหนดจากทั้งลักษณะของหน้าสัมผัสและลักษณะของน้ำมันหล่อลื่น ดังแสดงในรูปที่ 9.6



รูปที่ 9.6 แสดงลักษณะการหล่อลื่นแบบ Boundary Lubrication

ที่มา : <http://www.mwagroups.com,2558>

**1.3 Elasto - Hydrodynamic Lubrication** หมายถึง การที่ผิวหน้าสัมผัสยุบตัวชั่วคราวเนื่องจากต้องรับแรงกดและน้ำหนักสูงมากเป็นพิเศษบนพื้นที่เล็ก ๆ พบได้ในการหล่อลื่นของตลับลูกปืนและเกียร์ ดังแสดงในรูปที่ 9.7



รูปที่ 9.7 แสดงลักษณะการหล่อลื่นแบบ Elasto- Hydrodynamic Lubrication

ที่มา : <http://www.whitehorsecaster.com , 2558>

#### 9.4 ความหมายของวัสดุหล่อเย็น ( Coolants Cutting Fluid )

วัสดุหล่อเย็น หมายถึง วัสดุที่ผลิตขึ้นมาในรูปของเหลว ใช้เพื่อจุดประสงค์ในการตัดเฉือนเนื้อโลหะด้วยคมตัด เช่น การเลื่อย การเจาะ การกลึง การตัด และการไส แม้จะมีการออกแบบเครื่องมือตัดทุกชนิดให้มีมุมฟรีเพื่อลดการเสียดสีก็ตาม แต่คมตัดยังต้องสัมผัสกับเนื้อโลหะ ทำให้เกิดความร้อนทำให้คมตัดทื่อ ทำให้คุณภาพของชิ้นงานไม่สมบูรณ์ ดังนั้นต้องขจัดความร้อนด้วยการทำให้เย็น มีหลายวิธี เช่น ใช้อากาศเป่า ใช้หล่อเย็นด้วยน้ำ และน้ำมันหล่อเย็น

#### 9.5 ประเภทของวัสดุหล่อเย็น

วัสดุหล่อเย็นที่นิยมใช้กันทั่วไป แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. น้ำมันหล่อเย็นหรือน้ำมันสนุ่
2. น้ำมันหล่อลื่น

**1.1 น้ำมันหล่อเย็นหรือน้ำมันสนุ่** เป็นน้ำมันกึ่งสังเคราะห์ที่มีสมบัติระบายความร้อนได้อย่างรวดเร็ว มีสารต้านทานเชื้อราและแบคทีเรียป้องกันการเกิดสนิม ไม่เกิดฟอง ใช้ในการหล่อลื่นระหว่างผิวงานและคมตัด ดังแสดงในรูปที่ 9.8



รูปที่ 9.8 แสดงลักษณะน้ำมันหล่อเย็น

ที่มา : <http://www.anajaktools.com>, 2558

#### การเตรียมน้ำมันหล่อเย็นหรือน้ำมันสนุ่

ในการเตรียมน้ำมันหล่อเย็นที่ถูกต้อง จะต้องเติมน้ำมันลงไป在水里 เพื่อให้เจือจางในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ น้ำมันหล่อเย็นหรือน้ำมันสนุ่ 1 ส่วน ต่อน้ำ 10 ถึง 20 ส่วน เมื่อเทลงไปจะแผ่กระจายลงบนน้ำที่เตรียมไว้ จากนั้นทำการคนผสมกันให้ทั่ว จะได้น้ำมันหล่อเย็นที่มีสีขาวขุ่น คล้ายนม หรือบางครั้งเรียกว่า “ น้ำมันสนุ่ ” นอกจากจะช่วยในการหล่อเย็นแล้ว ยังช่วยชะล้างเศษโลหะที่เกิดจากการตัดเฉือนออกไปจากคมตัด นิยมนำไปใช้ในงานเจาะ งานกลึง และงานตัด เป็นต้น

### ข้อดีของวัสดุหล่อเย็น มีดังนี้

1. ใช้แรงในการตัดเฉือนน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการหล่อเย็น
2. ทำให้คมตัดสึกหรอช้า
3. ทำให้ผิวชิ้นงานมีความเรียบและสวยงาม
4. ทำงานได้รวดเร็วและมีปริมาณมากขึ้น
5. ไม่ทำให้เกิดสนิมกับเครื่องมือตัดและชิ้นงาน
6. ไม่มีอันตรายหรือระคายเคืองต่อผิวหนังของมนุษย์



รูปที่ 9.9 แสดงลักษณะการหล่อเย็นชิ้นงาน

ที่มา : <http://www.bpcastrollube.com> , 2558

**1.2 น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil)** เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม มีลักษณะเป็นของเหลวมีหน้าที่หล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ และเครื่องจักรที่มีลักษณะปิด ประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

**1. น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน** ซึ่งในปัจจุบันจะเป็นน้ำมันพืชหรือสัตว์ น้ำมันแร่ และน้ำมันสังเคราะห์ โดยส่วนใหญ่จะใช้ น้ำมันแร่มาผลิตเป็นน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูป เพราะมีคุณภาพดีและราคาถูก ซึ่งผลิตขึ้นด้วยกระบวนการทางเคมี ส่วนน้ำมันพืชหรือสัตว์ เป็นน้ำมันที่มีราคาถูกในปัจจุบันมีการใช้งานน้อย เนื่องจากมีความคงตัวทางเคมีต่ำ เสื่อมสภาพได้ง่าย

**2. สารเพิ่มคุณภาพ** เป็นสารที่เติมลงไปในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เพื่อเพิ่มสมบัติในด้านกายภาพและเคมีให้เหมาะสมกับประเภทและลักษณะการใช้งานของเครื่องจักรเรียกว่า น้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูป สำหรับสารเพิ่มคุณภาพที่นิยมใช้ ได้แก่ สารป้องกันการสึกหรอ สารป้องกันการเกิดสนิม สารเพิ่มดัชนีความหนืด เป็นต้น

การหล่อเย็นด้วยน้ำมันหล่อลื่น นิยมนำไปใช้สำหรับงานหนักที่ต้องใช้แรงกด หรือแรงตัดเฉือนสูงๆ เช่น การดายเกลียว หรือการตีปเกลียว การใช้น้ำมันหล่อลื่นนอกจากจะช่วยในการหล่อเย็นแล้วยังช่วยหล่อลื่นได้เป็นอย่างดีในกรณีที่มีดเข้าตัดเฉือนชิ้นเนื้อของชิ้นงาน จะช่วยทำให้คมตัดมีอายุการใช้งานได้นานและชิ้นงานที่ได้มีผิวเรียบ ดังแสดงในรูปที่ 9.10



รูปที่ 9.10 แสดงลักษณะการหล่อลื่นด้วยน้ำมันหล่อลื่น  
ที่มา : <http://www.itemsell.net/303464> , 2558

มาตรฐานของ SAE ( Society of Automotive Engineer ) ได้กำหนดมาตรฐานความหนืด และ ตัวอย่างการนำไปใช้งาน

ตารางที่ 9.2 แสดงลักษณะเลขนัมเบอร์ของน้ำมันหล่อลื่นและตัวอย่างการใช้งาน

เลขความหนืด ( SAE NO.)	การนำไปใช้งาน
SAE NO. 10	เป็นน้ำมันที่มีความหนืดน้อย ใช้สำหรับชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่รับภาระแรงน้อย ใช้หล่อลื่นจุดหมุนชิ้นส่วนของจักรเย็บผ้า หรือ เรียกว่า น้ำมันจักร
SAE NO. 20 W 50	เป็นน้ำมันหล่อลื่นชนิดพิเศษ มีความหนืดระหว่าง 20 – 50 ใช้กับเครื่องยนต์เบนซินทั่วไป
SAE NO. 30	เป็นน้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดปานกลาง ใช้หล่อลื่นเครื่องจักรกล โดยทั่วไป
SAE NO. 40	เป็นน้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดปานกลาง ใช้หล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป
SAE NO. 90 - 140	เป็นน้ำมันที่มีความหนืดสูง ใช้สำหรับหล่อลื่นชุดเฟืองทดของเครื่องจักรกลทั่วไป เช่น งานที่รับภาระมาก และชุดเฟืองท้ายของกระปุกเกียร์รถยนต์



### สรุปท้ายหน่วย

วัสดุหล่อลื่น หมายถึงวัสดุที่ผลิตขึ้นมาในรูปกึ่งของเหลว ของเหลว และของแข็ง ที่ใช้เพื่อจุดประสงค์ในการลดความฝืดและการสึกหรอ ทำให้เครื่องมือ เครื่องจักรกล ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น จาระบี น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ เป็นต้น

**ประเภทของวัสดุหล่อลื่น** แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. สารหล่อลื่นประเภทของเหลว เป็นสารที่นำไปใช้ในการหล่อลื่น ในสภาวะของเหลว แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ 1. สารหล่อลื่นที่ได้จากธรรมชาติ (Natural Lubricating Oil)

2. สารหล่อลื่นที่ได้จากการสังเคราะห์ (Synthetic Oil)

2. สารหล่อลื่นประเภทกึ่งของเหลว เป็นสารหล่อลื่นกึ่งของแข็งกึ่งของเหลว ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ “ จาระบี ” ( Grease )

**ส่วนผสมของจาระบี** แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. จาระบีที่ผสมด้วยสบู่ ( Soap Base Grease ) จะใช้สบู่ผสมกับผงโลหะกับน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานและอาจเติมสารบางอย่างลงไปเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน สบู่ที่ใช้ทำจาระบี มีดังนี้

1.1 สบู่แคลเซียม 1.2 สบู่โซเดียม 1.3 สบู่อะลูมิเนียม 1.4 สบู่ลิเทียม 1.5 สบู่ผสมจาระบี

1.6 สบู่ลิเทียมคอมเพล็กซ์และสบู่แคลเซียมคอมเพล็กซ์

2. จาระบีไม่ผสมสบู่ ( Non Soap Base Grease ) จาระบีชนิดนี้ ได้แก่ 2.1 จาระบีซิลิกา ( Silica Gelt Grease ) 2.2 จาระบีใช้ดินเหนียวแทนสบู่ ( Clay Base Grease )

3. สารหล่อลื่นประเภทของแข็ง ( Solid Lubricating ) แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. Hydrodynamic Lubrication 2. Boundary Lubrication 3. Elasto-Hydrodynamic Lubrication

วัสดุหล่อเย็น หมายถึงวัสดุที่ผลิตขึ้นมาในรูปของเหลว ใช้เพื่อจุดประสงค์ในการตัดเฉือนเนื้อโลหะด้วยคมตัด เช่น การเลื่อย การเจาะ การกลึง การตัด และการไส

**ประเภทของวัสดุหล่อเย็น** วัสดุหล่อเย็นที่นิยมใช้กันทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. น้ำมันหล่อเย็นหรือน้ำมันสบู่ 2. น้ำมันหล่อลื่น

### คำศัพท์ประจำหน่วย

1. Natural Lubricating Oil หมายถึง สารหล่อลื่นที่ได้จากธรรมชาติ
2. Synthetic Oil หมายถึง สารหล่อลื่นที่ได้จากการสังเคราะห์
3. Grease หมายถึง จาระบี
4. Solid Lubricating Oil หมายถึง สารหล่อลื่นประเภทของแข็ง

## ใบงานหน่วยที่ 9

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนสมบัติของจาระบี ที่ได้จากชนิดของสบู่ที่นำมาผสมลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 5 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชนิดของสบู่ที่ผสม	สมบัติของจาระบี
ตัวอย่าง	แคลเซียม	ทนน้ำ ไม่ทนความร้อน
1	โซเดียม	
2	อะลูมิเนียม	
3	ลิเทียม	
4	แคลเซียมคอมแพล็กซ์	
5	ลิเทียมคอมแพล็กซ์	

2. ให้นักเรียนกรอกข้อมูลโดยทำการเขียนประโยชน์การใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตามมาตรฐานลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 4 คะแนน ) เวลา 4 นาที

ลำดับที่	เลขความหนืด ( SAE NO.)	ประโยชน์การใช้งาน
ตัวอย่าง	SAE NO. 10	เป็นน้ำมันที่มีความหนืดน้อย ใช้สำหรับชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่รับภาระแรงน้อย ใช้หล่อลื่นจุดหมุนชิ้นส่วนของจักรเย็บผ้า หรือเรียกว่า น้ำมันจักร
1	SAE NO. 20 W 50	
2	SAE NO. 30	
3	SAE NO. 40	
4	SAE NO. 90 - 140	

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 9

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของวัสดุหล่อลื่น
2. วัสดุหล่อลื่นแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
3. การหล่อลื่นแบ่งออกเป็นกี่ลักษณะ อะไรบ้าง
4. จงบอกความหมายของวัสดุหล่อเย็น
5. วัสดุหล่อเย็นแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
6. จงบอกข้อดีของวัสดุหล่อเย็นมา 5 ข้อ

## เฉลยใบงานหน่วยที่ 9

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนสมบัติของจาระบี ที่ได้จากชนิดของสบู่ที่นำมาผสมลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 5 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชนิดของสบู่ที่ผสม	สมบัติของจาระบี
ตัวอย่าง	แคลเซียม	ทนน้ำ ไม่ทนความร้อน
1	โซเดียม	ทนความร้อน ไม่ทนน้ำ
2	อะลูมิเนียม	ทนน้ำ ไม่ทนความร้อน
3	ลิเธียม	ทนน้ำ ทนความร้อน
4	แคลเซียมคอมแพล็กซ์	ทนน้ำ ทนความร้อน รับแรงกดได้ดี
5	ลิเธียมคอมแพล็กซ์	ทนน้ำ ทนความร้อนสูง รับแรงกดได้ดี

2. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนประโยชน์การใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นตามมาตรฐานลงในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( 4 คะแนน ) เวลา 4 นาที

ลำดับที่	เลขความหนืด ( SAE NO.)	ประโยชน์การใช้งาน
ตัวอย่าง	SAE NO. 10	เป็นน้ำมันที่มีความหนืดน้อย ใช้สำหรับชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่รับภาระแรงน้อย ใช้หล่อลื่นจุดหมุน ชิ้นส่วนของจักรเย็บผ้า หรือเรียกว่า น้ำมันจักร
1	SAE NO. 20 W 50	เป็นน้ำมันหล่อลื่นชนิดพิเศษ มีความหนืดระหว่าง 20 – 50 ใช้กับเครื่องยนต์เบนซินทั่วไป
2	SAE NO. 30	เป็นน้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดปานกลาง ใช้หล่อลื่นเครื่องจักรกลโดยทั่วไป
3	SAE NO. 40	เป็นน้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดปานกลาง ใช้หล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป
4	SAE NO. 90 - 140	เป็นน้ำมันที่มีความหนืดสูง ใช้สำหรับหล่อลื่นชุดเฟืองทดของเครื่องจักรกลทั่วไป เช่น งานที่รับภาระมาก และชุดเฟืองท้ายของกระปุกเกียร์รถยนต์

## ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 9

ชื่อ – ชื่อสกุล .....

แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 9	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน )	ดีมาก ( 8-9 )	ดี ( 6-7 )	พอใช้ ( 4-5 )

## เกณฑ์การประเมินผล

- 8-9 คะแนน หมายถึง ดีมาก
- 6-7 คะแนน หมายถึง ดี
- 4-5 คะแนน หมายถึง พอใช้
- ต่ำกว่า 3 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวนใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 9 และทำใบงานใหม่

## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 9

**คำสั่ง** จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของวัสดุหล่อลื่น

**ตอบ** วัสดุที่ผลิตขึ้นมาในรูปกึ่งของเหลว ของเหลว และของแข็ง ที่ใช้เพื่อจุดประสงค์

ในการลดความฝืดและการสึกหรอ ทำให้เครื่องมือ เครื่องจักรกล ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น จาระบี น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์

2. วัสดุหล่อลื่นแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

**ตอบ** 3 ประเภท คือ 1. วัสดุหล่อลื่นประเภทของเหลว 2. วัสดุหล่อลื่นประเภทกึ่งของเหลว

3. วัสดุหล่อลื่นประเภทของแข็ง

3. การหล่อลื่นแบ่งออกเป็นกี่ลักษณะ อะไรบ้าง

**ตอบ** 3 ลักษณะ คือ 1. Hydrodynamic Lubrication 2. Boundary Lubrication

3. Elasto-Hydrodynamic Lubrication

4. จงบอกความหมายของวัสดุหล่อเย็น

**ตอบ** วัสดุที่ผลิตขึ้นมาในรูปของเหลว ใช้เพื่อจุดประสงค์เพื่อขจัดความร้อนด้วยการทำให้เย็น มีในการตัดเฉือนเนื้อโลหะด้วยคมตัด เช่น การเลื่อย การเจาะ การกลึง การตัด และการไส

5. วัสดุหล่อเย็นแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

**ตอบ** 2 ประเภท คือ 1. น้ำมันหล่อเย็นหรือน้ำมันสนุ่ 2. น้ำมันหล่อลื่น

6. จงบอกข้อดีของวัสดุหล่อเย็นมา 5 ข้อ

**ตอบ** 1. ใช้แรงในการตัดเฉือนน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการหล่อเย็น 2. ทำให้คมตัดสึกหรอช้า 3. ทำให้ผิวชิ้นงานมีความเรียบและสวยงาม 4. ทำงานได้รวดเร็วและมีปริมาณมากขึ้น

5. ไม่ทำให้เกิดสนิมกับเครื่องมือตัดและชิ้นงาน



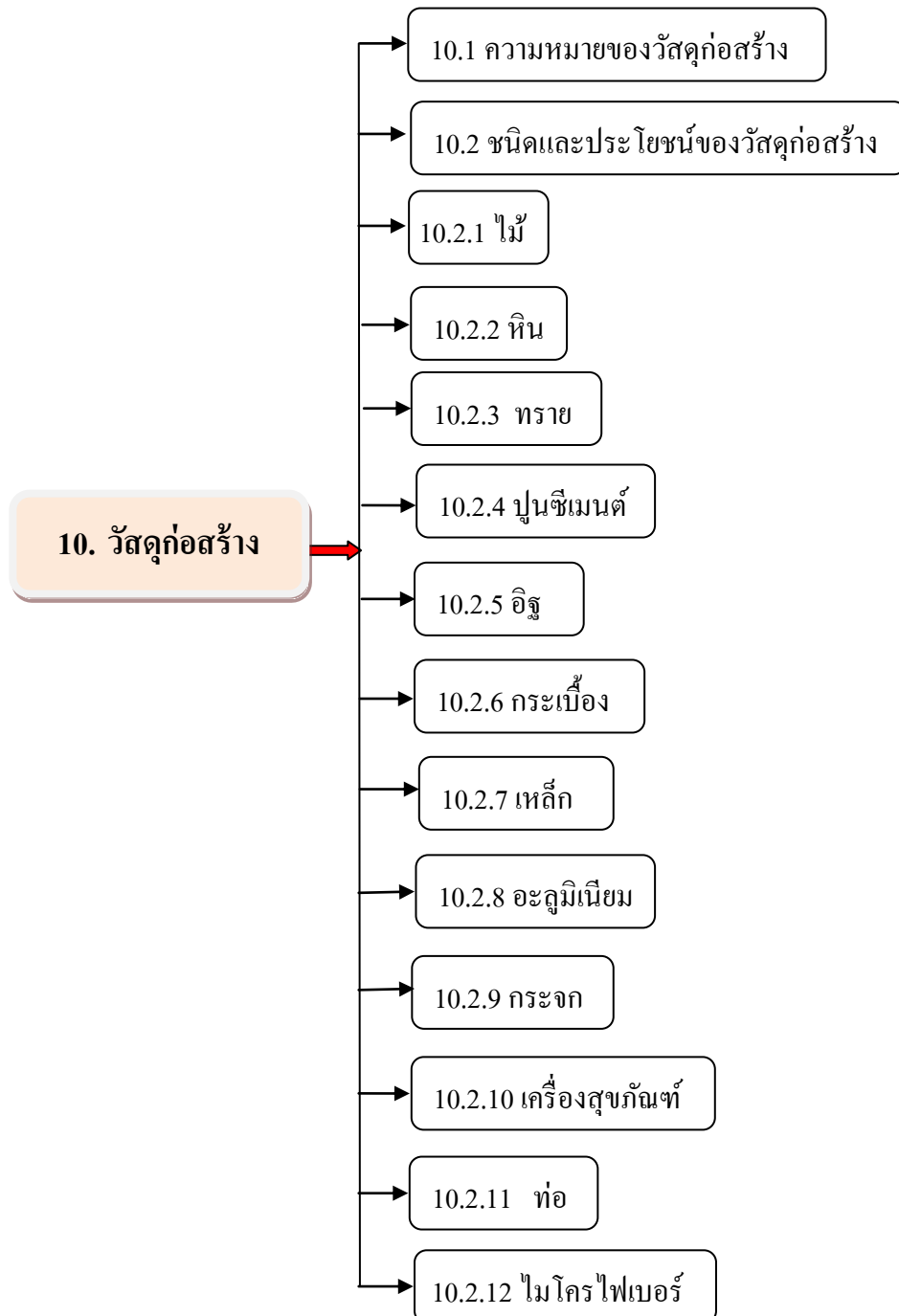
## เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

หน่วยที่ 10 วัสดุก่อสร้าง



## ผังมโนทัศน์





## หน่วยที่ 10

### วัสดุก่อสร้าง

#### แนวคิด

ในปัจจุบัน โลกเรามีการพัฒนาด้านวัสดุไปอย่างรวดเร็ว สิ่งที่ควบคู่มากับความเจริญคือ การพัฒนาด้านการก่อสร้างอาคาร ที่พักอาศัย และสถานบริการ รวมทั้งระบบอำนวยความสะดวก ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ เช่น ไม้ หิน ทราย ปูนซีเมนต์ อิฐ กระจก เบื้อง เหล็ก อลูมิเนียม สี กระจก และเครื่องสุขภัณฑ์ เป็นต้น ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงาน

#### สาระการเรียนรู้

##### 10.1 ความหมายของวัสดุก่อสร้าง

##### 10.2 ชนิดและประโยชน์ของวัสดุก่อสร้าง

10.2.1 ไม้	10.2.8 อะลูมิเนียม
10.2.2 หิน	10.2.9 กระจก
10.2.3 ทราย	10.2.10 เครื่องสุขภัณฑ์
10.2.4 ปูนซีเมนต์	10.2.11 ท่อ
10.2.5 อิฐ	10.2.12 ไมโครไฟเบอร์
10.2.6 กระจก	
10.2.7 เหล็ก	

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของวัสดุก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง
2. จำแนกชนิดและประโยชน์ของวัสดุก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง
3. มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

## 10.1 ความหมายของวัสดุก่อสร้าง

วัสดุก่อสร้าง หมายถึง วัสดุต่างๆ ทั้งที่ได้จากธรรมชาติและที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในงานก่อสร้าง อาคารและสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ มีทั้งใช้งานโดยตรง และใช้เป็นส่วนผสมเพื่อให้งานก่อสร้างนั้นทำได้สำเร็จและได้คุณภาพตามที่ต้องการ

## 10.2 ชนิดและประโยชน์ของวัสดุก่อสร้าง

วัสดุก่อสร้างมีมากมายหลายชนิด ในหน่วยนี้จะกล่าวเฉพาะวัสดุที่สำคัญที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนี้

1. ไม้ (Wood) เป็นวัสดุธรรมชาติ ได้อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการเกิด ชนิด และลักษณะการนำมาใช้งานในหน่วยการเรียนหน่วยที่ 4 เรื่องอโลหะ ไว้แล้ว ในหน่วยนี้จะกล่าวเฉพาะการนำมาใช้งานก่อสร้างตามรายละเอียด ดังนี้

1.1 ทำส่วนประกอบของอาคารไม้ ได้แก่ โครงหลังคา โครงและฝ้าผนัง ฝ้า เสา ประตู หน้าต่าง วงกบ ส่วนใหญ่นิยมใช้ไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้แดง ไม้ประดู่ ไม้ตะเคียน ไม้เคี่ยม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 10.1



รูปที่ 10.1 แสดงลักษณะการใช้ไม้เป็นโครงสร้าง

ที่มา : <http://www.bloggang.com,2558>

1.2 ทำส่วนประกอบของอาคารคอนกรีต ได้แก่ โครงหลังคา ประตู หน้าต่าง วงกบ โดยทำจากไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้แดง ไม้ประดู่ ไม้ชิงชัน ไม้ตะเคียน ฯลฯ ดังแสดงในรูปที่ 10.2



( ก ) บานประตู

( ข ) หน้าต่าง

รูปที่ 10.2 แสดงลักษณะส่วนประกอบอาคารคอนกรีต

ที่มา : <http://www.prizeofwood.com,2558>

1.3 ทำไม้แบบในการเทคอนกรีตของโครงสร้างอาคาร นิยม ใช้ไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้กระบาก ไม้มะม่วง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 10.3



รูปที่ 10.3 แสดงลักษณะการใช้ไม้แบบในโครงสร้าง  
ที่มา : <http://www.bloggang.com,2558>

1.4 ทำเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ตกแต่งเพิ่มความสวยงามแก่อาคารและสิ่งปลูกสร้างได้แก่ ตู้ โต๊ะ เก้าอี้ เติงนอน รั้วบ้าน ชุ่มประตุ เป็นต้น นิยมทำมาจาก ไม้มะค่า ไม้สัก ไม้ยางพารา หรือ ไม้อัด เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 10.4



( ก ) ชุ่มประตุ



( ข ) โต๊ะ - เก้าอี้

รูปที่ 10.4 แสดงลักษณะการใช้ไม้ทำเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ตกแต่ง  
ที่มา : <http://www.bloggang.com,2558>

1.5 ทำไม้อัดสำเร็จรูป ด้วยวิธีการใช้เศษไม้หรือขานอ้อยผสมกับกาวอัดให้เป็นแผ่นสำเร็จ ขนาด  $4 \times 8$  ฟุต ( 120 – 240 มม. ) เพื่อนำไปใช้งานกั้นฝ้าผนัง ทำบานประตู ทำพื้นโต๊ะ ตกแต่ง ภายใน บุผนังภายใน ปูพื้นและทำฝ้าเพดาน เป็นต้น ปัจจุบันได้พัฒนาโดยการนำสารเคลือบมาฉาบ ผิวหน้าของไม้อัดเพื่อให้สามารถทนน้ำ ทนร้อน และผิวเป็นมัน ดังแสดงในรูปที่ 10.5



รูปที่ 10.5 แสดงลักษณะไม้อัดสำเร็จรูป

ที่มา : <http://www.siamnaturewood.com>, 2558

2. หิน ( Stone ) เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานสูง บางชนิดมีลวดลายสวยงาม ถูกนำมาใช้ งานมีดังนี้

2.1 หินผสมคอนกรีต ได้จากการระเบิดหินภูเขา แล้วนำไปโม่เป็นก้อนเล็กๆ ผ่านตะแกรง ขนาด 1-2 และ 3-4 จึงเรียกว่าหิน 1-2 ( ขนาดใหญ่ ) และ หิน 3-4 ( ขนาดเล็ก ) ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ ทราาย และน้ำสำหรับงานเทพื้น คาน เสา เรียกว่า “ คอนกรีต ” ดังแสดงในรูปที่ 10.6



รูปที่ 10.6 แสดงลักษณะหินผสมคอนกรีต

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

2.2 หินบดหรือหินคลุก ได้จากการระเบิดหินและนำมาบดให้ละเอียดใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ ทำอิฐบล็อกสำหรับก่อผนังอาคารคอนกรีต ปูพื้นถนนเพื่อบดอัดก่อนลาดยาง ดังแสดงในรูปที่ 10.7



รูปที่ 10.7 แสดงลักษณะหินบด

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

2.3 หินกาบ มีลักษณะเป็นเศษแผ่นหินบางๆ ใช้ประดับตามผนังเสาซีเมนต์ ด้วยวิธีติดแปะด้วยปูนซีเมนต์ มีลวดลายสวยงาม ดังแสดงในรูปที่ 10.8



รูปที่ 10.8 แสดงลักษณะหินกาบ

ที่มา : <http://www.ruamcementr3.com> , 2558

2.4 หินแกรนิต มีลักษณะเป็นหินลวดลายสวยงาม เมื่อนำมาตัดเป็นแผ่นและขัดผิวให้เป็นมันจะมีสีเทา เหลือง ชมพู สวยงาม นิยมใช้ปูพื้น แต่งเสา สิ่งปลูกสร้างราคาแพง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 10.9



รูปที่ 10.9 แสดงลักษณะหินแกรนิต

ที่มา : <http://www.homedecorthai.com>, 2558

2.5 หินอ่อน มีลักษณะเป็นสีเข้ม มีจุดขาวเล็กๆ นิยมตัดเป็นแผ่นๆ ขัดผิวให้เรียบเป็นมัน ใช้ปูพื้น ติดประดับผนังเสา สิ่งปลูกสร้าง ราคาแพง และคุณภาพสูง ดังแสดงในรูปที่ 10.10



รูปที่ 10.10 แสดงลักษณะหินอ่อน

ที่มา : <http://www.swanmarblethai.com> , 2558

2.6 ศิลาแลง เป็นก้อนหินขนาดใหญ่ ขรุขระ สีน้ำตาลสลับดำ นิยมนำไปตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ใช้ทำผนังสิ่งปลูกสร้างราคาแพง ความแข็งแรงสูง ดังแสดงในรูปที่ 10.11



รูปที่ 10.11 แสดงลักษณะหินศิลาแลง

ที่มา : <http://www.thongratblockprasan.com>, 2558

2.7 หินกรวด มีลักษณะเป็นหินปนอยู่กับทรายตามริมน้ำ ก้อนกลมสวยงาม นิยมนำมาใช้ประดับตกแต่งสวนหย่อม เพื่อให้เกิดความสวยงาม ดังแสดงในรูปที่ 10.12



รูปที่ 10.12 แสดงลักษณะหินกรวด

ที่มา : <http://www.siamclassic.co.th> , 2558

3. ทราย คือ หินเม็ดเล็กที่แยกตัวโดยธรรมชาติ ใช้ผสมคอนกรีต ปูนก่ออิฐ ปูนฉาบ เพื่อเติมช่องว่างของหินในคอนกรีต เป็นการลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ ลดการแตกร้าวของคอนกรีต แหล่งกำเนิดทรายส่วนใหญ่ได้จากแม่น้ำ โดยจะใช้วิธีการดูดขึ้นมาใช้งาน

**ทราย แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ**

1. ทรายบก พบบนบกห่างจากทะเลและไม่มีความเค็มติดอยู่
2. ทรายแม่น้ำ, ลำธาร พบตามแม่น้ำ, ลำธาร
3. ทรายทะเล พบตามชายทะเล หรือบนบกห่างทะเล แต่มีความเค็มอยู่
4. ทรายที่เกิดจากการย่อยเป็นก้อนเล็ก ๆ

ทรายที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. ทรายหยาบ เป็นทรายเม็ดใหญ่ มีเหลี่ยม แข็งแรง ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต ที่ด้านกำลังมาก เช่น ฐานราก โครงสร้างอาคาร ฯลฯ ดังแสดงในรูปที่ 10.13



รูปที่ 10.13 แสดงลักษณะทรายหยาบ

ที่มา : <http://www.psvcompany.com,2558>

2. ทรายหยาบปานกลาง เป็นทรายที่มีขนาดปานกลาง ใช้สำหรับปูนก่อ เช่น ก่อกำแพง อิฐ ฯลฯ ดังแสดงในรูปที่ 10.14



รูปที่ 10.14 แสดงลักษณะทรายหยาบปานกลาง

ที่มา : <http://innovation.kpru.ac.th,2558>

3. ทรายละเอียด เป็นทรายที่มีขนาดละเอียดมาก ใช้สำหรับผสมปูนฉาบ ทำเบ้าประกอบ ลวดลาย ดังแสดงในรูปที่ 10.15



รูปที่ 10.15 แสดงลักษณะทรายละเอียด

ที่มา : <http://www.ruangsangthai.com,2558>

4. ปูนซีเมนต์ (Cement) มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเทา เทาอมเขียว หรือเทาอมแดง เป็นวัสดุประสานในงานปูนทุกชนิดเมื่อนำมาคลุกผสมทราย หิน น้ำ และปล่อยให้แห้งจะเรียกว่า “คอนกรีต” ใช้ในงานเทคาน เทพื้น หล่อเสาเทพนังคอนกรีต งานโครงสร้างต่างๆ เป็นต้น

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. ปูนขาว (Line Component) เป็นวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate :  $\text{CaCO}_3$ ) มีความบริสุทธิ์ประมาณ 85 – 95 % ตัวอย่างวัตถุดิบตามธรรมชาติ ได้แก่ หินปูน (Limestone) ชอล์ก (Chalk) และดินขาว (Marl)

2. ดินดำ (Clay) เป็นวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบทางเคมีของซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon Dioxide :  $\text{SiO}_2$ ) อะลูมินัมออกไซด์ (Aluminum Oxide :  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Ferric Dioxide :  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ตัวอย่างวัตถุดิบตามธรรมชาติ ได้แก่ ดินดำ (Clay) และดินดาน (Shale)

3. สารปรับปรุงสมบัติ (Corrective Materials) เป็นวัตถุดิบที่ใช้สำหรับเพิ่มเติมสารประกอบบางตัว ซึ่งมีไม่เพียงพอในดินดำหรือดินดาน วัตถุดิบเหล่านี้ ได้แก่ ทราย (ในกรณีที่ต้องการซิลิกอนไดออกไซด์) แร่เหล็กหรือดินลูกรัง (กรณีที่ต้องการเฟอร์ริกออกไซด์) และดินอะลูมินา (กรณีที่ต้องการอะลูมินัมออกไซด์) เป็นต้น

ชนิดของปูนซีเมนต์ แบ่งออกเป็นดังนี้ คือ

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) เป็นปูนที่มีคุณลักษณะพิเศษ คือ แข็งตัวในน้ำ ได้ จากส่วนผสมของปูนขาว ดินเหนียว ซิลิกา อะลูมินา และเหล็กออกไซด์ จนกลายเป็นปูนเม็ด แล้วนำไปบดให้ละเอียด พร้อมทั้งเติมยิปซัม เพื่อช่วยให้ปูนซีเมนต์แข็งตัวช้า นำไปใช้สำหรับผสมคอนกรีต เทงานหล่อคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการความแข็งแรงสูง ได้แก่ คาน เสา พื้น เสาสำเร็จรูป พื้นสำเร็จรูป เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 10.16



รูปที่ 10.16 แสดงลักษณะปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ที่มา : <http://www.materialfocus.com> , 2558



2.ปูนซีเมนต์ธรรมชาติ ( Natural Cement ) เป็นปูนซีเมนต์ที่มีส่วนผสม เหมือนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ได้จากการขุดหินมาจากธรรมชาติที่อยู่ใต้ดิน โดยการนำเอาหินมาเผาแล้วบดให้เป็นผงละเอียด มีสมบัติในการรับแรง ได้น้อยกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดังแสดงในรูปที่ 10.17



รูปที่ 10.17 แสดงลักษณะปูนซีเมนต์จากธรรมชาติ  
ที่มา : <http://www.smeleader.com> , 2558

3.ปูนซีเมนต์ปัสโซลาน ( Puzzolan Cement ) เป็นปูนซีเมนต์ที่ได้จากการผสมปูนขาว และกากจากเตาเผาเหล็ก โดยธรรมชาติจะรวมตัวกับหินภูเขาไฟมาผสมแล้วบดให้ละเอียด มีสมบัติดีกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดังแสดงในรูปที่ 10.18



รูปที่ 10.18 แสดงลักษณะปูนซีเมนต์ปัสโซลาน  
ที่มา : <http://www.materialfocus.com> , 2558

4. ปูนซีเมนต์อะลูมินัส (Aluminous Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ผสมกับน้ำ จะเกิดความร้อนมากและแข็งตัวได้ผลิตได้โดยการนำเอาแร่บอไซด์ และปูนขาวมาผสมกัน แล้วนำไปเผาแล้วทำการบดให้ละเอียด เพื่อให้ได้เป็นผงปูนซีเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 10.19



รูปที่ 10.19 แสดงลักษณะปูนซีเมนต์อะลูมินัส  
ที่มา : <http://homeplanting.blogspot.com> , 2558

5. ปูนซีเมนต์ซิลิกา (Silica Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ผสมกับทรายบดละเอียด 25 % เพื่อให้ราคาถูกลง โดยจะทำการบดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 70 % ผสมกับทราย 30 % และผสมยิปซัมลงไปเล็กน้อย นิยมนำไปใช้งานที่ไม่ต้องรับแรงมากนัก มีขายในท้องตลาดทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 10.20



รูปที่ 10.20 แสดงลักษณะปูนซีเมนต์ซิลิกา  
ที่มา : <http://topicstock.pantip.com>, 2558

### วัสดุที่ใช้ประกอบและเสริมคุณภาพในงานปูน มีดังนี้

1. ปูนขาว ได้จากการเผาหินปูนละเอียด ใช้ในงานผสมปูนฉาบเพื่อให้ลื่น ฉาบง่าย ไม่มีรอยแตกร้าว ปัจจุบันมีปูนฉาบสำเร็จที่ไม่ต้องใช้ปูนขาวผลิตออกมาใช้แล้ว ดังแสดงในรูปที่ 10.21



รูปที่ 10.21 แสดงลักษณะปูนขาว

ที่มา : <http://www.nanagarden.com> , 2558

2. ปูนยาแนว คือ ปูนซีเมนต์ธรรมดาผสมผงสี ใช้ยาแนวงานปูกระเบื้อง พื้น และฝาผนัง ดังแสดงในรูปที่ 10.22



รูปที่ 10.22 แสดงลักษณะปูนยาแนว

ที่มา : <http://www.homesolutioncenter.co.th>, 2558

3. ยากันซึม มีลักษณะเป็นของเหลวบรรจุแกลลอน ใช้เทพสมลงในงานคอนกรีตและปูนฉาบ เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 10.23



รูปที่ 10.23 แสดงลักษณะยากันซึม

ที่มา : <http://www.compacpaint.com> , 2558

4. กาวยาแนว ใช้สำหรับปิดรอยร้าวและรอยแตกร้าวในงานปูน ส่วนมากนิยมใช้ซ่อมเมื่องานก่อสร้างเสร็จแล้วเกิดข้อบกพร่อง ดังแสดงในรูปที่ 10.24



รูปที่ 10.24 แสดงลักษณะกาวยาแนว

ที่มา : <http://www.flooring.in.th>, 2558

5. กาวซิลิโคน มีลักษณะเป็นสารพลาสติกเหลวผสมกับกาวประสานบรรจุในหลอด เวลาใช้งาน จะใช้กระบอกสำหรับยิงกาวซิลิโคนออกมาปิดรอยร้าว รอยร้าว และใช้สำหรับยาแนวป้องกันการรั่วซึม ใช้ได้ทั้งงานไม้ งานปูน และงานพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 10.25



รูปที่ 10.25 แสดงลักษณะกาวซิลิโคน

ที่มา : <http://ddpromote.com/สุเทพ นุชิต , 2558>

5. อิฐ (Bricks) คือ วัสดุก่อสร้างมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม ใช้สำหรับก่อฝาผนัง กำแพง โดยใช้ปูนก่อเป็นตัวประสานและยึด ทำจากวัสดุต่างๆ ดังนี้

ดินเหนียวปูน (Marl) เป็นดินเหนียวที่มีปูนผสมอยู่มาก โดยลักษณะเป็นดินขาวหรือ หินปูน ชนิดนี้เมื่อทำอิฐแล้วจะมีสีเหลืองหรือสีอื่น ๆ

1. ดินเหนียวปนทราย (Loan) ทรายผสมอยู่มาก ทรายนี้ถ้าผสมไม่เกินร้อยละ 25 จะช่วยให้อิฐคงรูปอยู่ได้ ถ้าเกินไปกว่านั้นจะทำให้อิฐเปราะอ่อนแอไม่แข็งแรง

2. ดินเหนียวแก่ (Shale) เป็นดินเหนียวซึ่งกองอยู่เป็นเวลานาน มีคุณภาพคล้ายหิน ดินชนิดนี้มักทำให้อิฐเป็นสีแดง

3. ดินเหนียวทนไฟ (Fire Clay) คือ ดินเหนียวที่มีคุณภาพด้านทานความร้อนได้สูง ใช้ทำอิฐทนไฟ เศษเหล็กมักทำให้อิฐแข็งมีกำลังและมีสีแดง

ขั้นตอนการทำอิฐ มีดังนี้

1. การเตรียมดิน นำดินเหนียวมาบดหรือนวดจนทำให้ดินอ่อน หรือให้ใช้เกลบหรือจี้เข้าผสมลงไปดินเหนียวให้เข้ากันดินเหนียวผสมอ่อนนุ่มดี บี้หรืออัดเป็นแผ่นแล้วคงรูปได้ตามชนิดของอิฐนั้น ๆ

2. การทำเป็นแผ่นอิฐ มีวิธีทำ ได้เป็น 2 วิธี คือ

2.1 การทำด้วยมือ

2.2 การทำอิฐด้วยเครื่อง

### ชนิดของอิฐที่นิยมใช้กันทั่วไป มีดังนี้

1. อิฐบล็อก ใช้หินคลุกผสมปูนซีเมนต์ บรรจุลงในแบบแล้วอัดออกมาเป็นอิฐบล็อก รูปร่างและลวดลายต่างๆ ตามความต้องการ ปัจจุบันนิยมใช้ในงานก่อสร้างต่างๆ ไป มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีทั้งชนิดทึบและชนิดโปร่งมีลวดลายสวยงาม ดังแสดงในรูปที่ 10.26



รูปที่ 10.26 แสดงลักษณะอิฐบล็อก

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

2. อิฐมอญ ใช้วัสดุดินเหนียวผสมแกลบเผา ในสมัยก่อนนิยมอัดด้วยมือ ต่อมาได้ใช้เครื่องอัดและทำการตัดเป็นก้อนๆ เผาอบด้วยแกลบจนสุก แล้วนำไปใช้งาน นิยมใช้ก่อผนังงานก่อสร้างให้ความแข็งแรงสูง ไม่รั่วซึมน้ำดังแสดงในรูปที่ 10.27



รูปที่ 10.27 แสดงลักษณะอิฐมอญ

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

3. อิฐดินเหนียวอัด ใช้ดินเหนียวบรรจุลงในแบบเหล็กและอัดด้วยเครื่องอัด มีทั้งแบบเผาอบและแบบอัดธรรมชาติน้ำหนักมาก ความแข็งแรงสูง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาทำให้อิฐน้ำหนักน้อยลง ชื่อเรียกของอิฐมักเรียกตามแหล่งและบริษัทของผู้ผลิต เช่น อิฐบางบัวทอง อิฐสยาม อิฐวีเอ็ม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 10.28



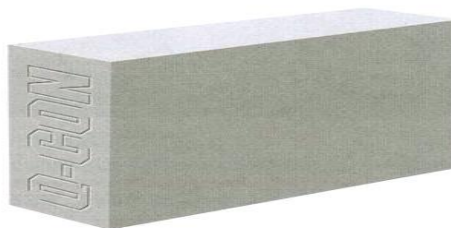
รูปที่ 10.28 แสดงลักษณะอิฐดินเหนียวอัด  
ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

4.อิฐดินแดงอัดผสม ใช้ดินแดงผสมปูนซีเมนต์บรรจุลงในแบบเหล็กและอัดด้วยเครื่องอัดมีผิวเรียบ ลวดลายสวยงาม ความแข็งแรงสูง ปัจจุบันนิยมใช้ก่ออิฐสร้างบ้านที่ไม่มีเสา ดังแสดงในรูปที่ 10.29



รูปที่ 10.29 แสดงลักษณะอิฐดินแดงอัดผสม  
ที่มา : <http://www.prakard.com> , 2558

5.อิฐทนไฟ นิยมใช้ก่อผนังงานก่อสร้างให้ความแข็งแรงสูง ไม่รั่วซึมน้ำ ไม่ติดไฟ ดังแสดงในรูปที่ 10.30



รูปที่ 10.30 แสดงลักษณะอิฐทนไฟ  
ที่มา : <http://www.bangpoe.com> , 2558

### ลักษณะที่ดีของอิฐ มีดังนี้

1. มีผิวเรียบสม่ำเสมอไม่บิดงอ แตกร้าวเมื่อเผาสุก
2. เคาะฟังเสียงคูมีเสียงแกร่งคล้ายดังโลหะ
3. แผ่นอิฐสุกและมีสีสม่ำเสมอเท่ากันทุกแผ่น
4. มีความเหนียวไม่แตกง่าย และมีน้ำหนักเบา
5. มีความแข็งแรงทนทานรับน้ำหนักได้มาก
6. มีรูปร่างเรียบร้อยดี ไม่แอ่นบิดหรือมีขอบขรุขระมาก

### สีของอิฐเกิดได้จากชนิดของแร่ธาตุที่ผสมอยู่ในดินเหนียว มีดังนี้คือ

1. เกิดจากส่วนผสมของดินที่มีธาตุเหล็ก เมื่อเผาแล้วเกิดเป็นสีเหลืองเข้ม สีแดง สีส้ม
2. เกิดจากส่วนผสมของดิน มีธาตุแมงกานีสเมื่อเผาสุกแล้วเกิดเป็นสีน้ำเงิน
3. ส่วนผสมของอิฐที่มีเป้งและซอล์ก เมื่อเผาสุกแล้วเป็นสีขาว
4. ส่วนผสมของดินที่มีธาตุแมงกานีสและธาตุเหล็กรวมกัน เมื่อเผาสุกแล้วทำให้เกิดสีเหลืองแก่
5. สีอาจเกิดจากการได้รับความร้อนต่างกัน เช่น ได้รับความร้อนสูงสีจะแก่กว่า ได้รับความร้อนน้อยสีจะอ่อน

6. กระเบื้อง ผลิตจากวัสดุดินเผา ปูนซีเมนต์ผสม ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะการใช้งานที่นิยมใช้ในปัจจุบันแบ่งได้ดังนี้

1. กระเบื้องมุงหลังคา ใช้สำหรับมุงหลังคาบ้าน โบสถ์ วัด และสถานที่ต่างๆ มีดังนี้

1.1 กระเบื้องซีแพค มีลักษณะเป็นกระเบื้องเคลือบสี ผลิตจากซีเมนต์ผสมทรายและหินบด แล้วจึงนำมาเคลือบสี มีขนาดเล็ก หนาและน้ำหนักมาก นิยมใช้มุงหลังคาบ้านที่มีราคาแพง ต้องการความสวยงามและมีความแข็งแรงสูงใช้งานได้ทนทาน ดังแสดงในรูปที่ 10.31



รูปที่ 10.31 แสดงลักษณะกระเบื้องซีแพค

ที่มา : <http://www.sashomemart.com> , 2558



1.2 กระเบื้องลอนคู่ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบลอนใหญ่ และแบบลอนเล็กผลิตจากปูนซีเมนต์ผสมใยหิน มีน้ำหนักเบา แผ่นใหญ่หนา 4 – 5 มม. มีหลายขนาด มีทั้งสีธรรมชาติ สีเคลือบ และโปรงแสง ซึ่งผลิตจากพลาสติกนิยมใช้กันมากเพราะราคาถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกระเบื้องชนิดอื่นๆ มีความคงทนอยู่ในระดับปานกลาง ดังแสดงในรูปที่ 10.32



รูปที่ 10.32 แสดงลักษณะกระเบื้องลอนคู่

ที่มา : <http://www.jumbometal-sheet.com/สุเทพ นุชิต , 2558>

1.3 กระเบื้องเรียบ เป็นกระเบื้องดินเผา มีทั้งสีธรรมชาติและชนิดเคลือบสี นิยมใช้มุงหลังคาโบสถ์ ศาลา วัด บ้านเรือนไทย งานที่ต้องการความสวยงาม แผ่นมีขนาดเล็ก ทำการมุงยากไม่ค่อยนิยมนำมาใช้มุงหลังคาบ้านทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 10.33



รูปที่ 10.33 แสดงลักษณะกระเบื้องเรียบ

ที่มา : <http://renovate.in.th, 2558>

1.4 กระเบื้องประดับ ผลิตจากดินเผาเป็นลวดลายสวยงาม มีทั้งสีธรรมชาติและเคลือบสี นิยมนำไปใช้ประดับส่วนของผนัง บันได เสา รั้วบ้านที่ต้องการให้สวยงามเป็นพิเศษ มีหลากหลายแบบและหลายขนาดให้เลือกใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 10.34



รูปที่ 10.34 แสดงลักษณะกระเบื้องประดับ

ที่มา : <http://home.kapook.com>, 2558

1.5 กระเบื้องแผ่นเรียบ ผลิตจากปูนซีเมนต์ผสมใยหินและวัสดุขาว อัดให้เป็นแผ่นเรียบหนา 3 – 10 มม. ขนาด 1.20 × 240 เซนติเมตร ใช้สำหรับทำฝ้าเพดาน ฝาผนังบ้าน ป้องกันความร้อนและน้ำได้ดีแต่มีข้อเสียคือ เปราะและแตกหักได้ง่าย ดังแสดงในรูปที่ 10.35



รูปที่ 10.35 แสดงลักษณะกระเบื้องแผ่นเรียบ

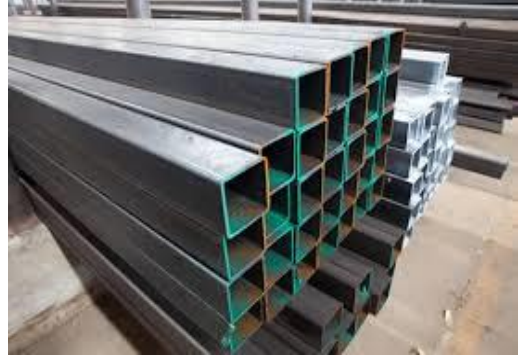
ที่มา : <http://www.xn--l3cahhe4c8f2ab8l2b.com> , 2558

## 7. เหล็ก (Iron) จะกล่าวเฉพาะเหล็กที่นิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้าง มีดังนี้

1.เหล็กโครงสร้าง นิยมนำมาใช้ในการสร้างโครงหลังคาเหล็ก จะนิยมใช้เหล็กตัวซี (C) มีทั้งชนิดบาง ชนิดหนาปานกลาง และชนิดหนา มีความยาว 6 เมตร ขนาดที่นิยมใช้ทั่วไป คือ  $1\frac{1}{2} \times 3$  ” และ ขนาด 2” × 4”การทำลูกกรงประตู หน้าต่าง รั้วเหล็ก และประตู นิยมใช้เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม เหล็กฉาก เหล็กเส้นแบน เหล็กเส้นกลม ส่วนงานโครงสร้างขนาดใหญ่ โรงงาน สะพาน นิยมใช้เหล็กตัวไอ เหล็กแผ่นหนา การเลือกใช้เหล็กโครงสร้างจะต้องพิจารณาสถิติกันสนิมทุกครั้ง เพื่อให้อายุการใช้งานได้ยาวนานขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 10.36



(ก) เหล็กฉาก



(ข) เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม

รูปที่ 10.36 แสดงลักษณะเหล็กโครงสร้าง

ที่มา : <http://www.steellead.com,2558>

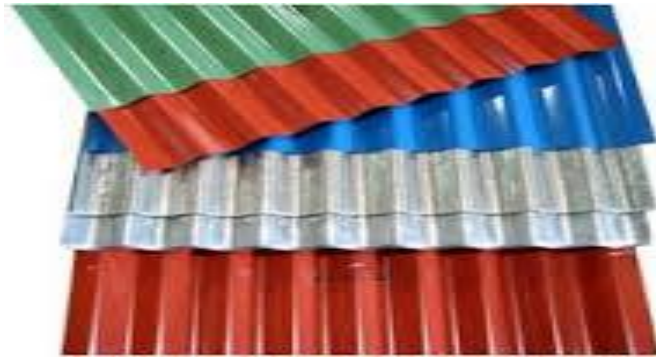
**2.เหล็กก่อสร้าง** มีลักษณะเป็นเส้นกลมยาว 10 ม. มีทั้งแบบเรียบและข้ออ้อย ผลิตด้วยวิธีการรีดขึ้นรูป ถ้ารีดร้อนผิวของเหล็กจะเป็นสีดำ ถ้ารีดเย็นผิวของเหล็กจะเป็นมัน เมื่อนำไปใช้งานจะต้องทำการตัด คัด และทำการผูกด้วยลวด ใช้ทำเป็นโครงของงานเสา เทคาน พื้น เทฐานราก ขนาดของเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้าง นิยมเรียกเป็นหุน ( 1 หุน =  $\frac{1}{8}$  นิ้ว ) ดังแสดงในรูปที่ 10.37



รูปที่ 10.37 แสดงลักษณะเหล็กเส้นก่อสร้าง

ที่มา : <http://54010370060.blogspot.com , 2558>

**3.สังกะสีมุงหลังคา** มีลักษณะเป็นเหล็กเคลือบสังกะสี ดีบุก อะลูมิเนียมหรือทำการเคลือบสี เพื่อป้องกันการเกิดสนิม นิยมผลิตเป็นลอนเพื่อให้น้ำไหลได้ง่าย เวลาฝนตก บางชนิดผลิตเป็นแผ่นเรียบเพื่อใช้ทำรางน้ำฝน ส่วนขนาดความหนาไม่ให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม เหล็กเคลือบมุงหลังคาชนิดลอนจะบอกความยาวเป็นฟุตหรือเมตร(ม.) ความหนาเป็นมม. ส่วนเหล็กเคลือบแผ่นเรียบ (สังกะสี) ผลิตเป็นแผ่นขนาดมาตรฐาน คือ 120 × 240 ซม. หรือขนาด ( 4 × 8 ฟุต ) ความหนา มีหน่วยเป็น มม. ดังแสดงในรูปที่ 10.38



รูปที่ 10.38 แสดงลักษณะสังกะสีมุงหลังคาชนิดลอน

ที่มา : <http://www.lsthomesmart.com> , 2558

**8. อะลูมิเนียม** เป็นโลหะเบา มีสีบรอนซ์เงิน และสีบรอนซ์ดำ ผลิตออกมามีลักษณะเป็นเส้นแบน รูปตัวที รูปตัวซี รูปตัวแอล และกล่องสี่เหลี่ยม มีให้เลือกหลายขนาด มีทั้งชนิดหนา และบาง นิยมนำไปใช้ทำวงกบ กรอบบานเกล็ด ประตูหน้าต่าง ฝ้าผนัง โครงฝ้าเพดาน เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ส่วนที่ผลิตออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้แก่ ประตูอะลูมิเนียม กลอนประตู เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่10.39



รูปที่ 10.39 แสดงลักษณะอะลูมิเนียม

ที่มา : <http://www.aluminiumextruded.com>, 2558

**9. กระจก** มีลักษณะเป็นแก้วแผ่นเรียบ โปร่งใส ปรับปรุงพัฒนาารูปแบบให้มีความเหมาะสมและสีสวยงาม ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีดังนี้

1. กระจกเงา เคลือบด้านหลังด้วยสารปรอททับด้วยทองแดง ทำให้สามารถ สะท้อนเห็นเงาได้ชัดเจน ใช้สำหรับแต่งตัว ใช้ภายในห้อง

2. กระจกใส มีลักษณะโปร่งใส แสงลอดผ่านได้และสามารถมองเห็นภายในได้ ใช้ทำบานประตู บานหน้าต่าง บานเกล็ด

3.กระจกฝ้า มีลักษณะเป็นฝ้าขาวหรือสีอื่นๆ ไม่สามารถมองเห็นได้ แสงลอดผ่านได้ ใช้ทำบานประตู บานหน้าต่าง บานเกล็ด และกระจกช่องลม

4.กระจกสะท้อนแสง เป็นกระจกใสเคลือบผิวสะท้อนแสง ใช้กับอาคารสูงๆ ลดแสง เพื่อเพิ่มความโดดเด่น และความสวยงาม

5.กระจกสีชา มีลักษณะเป็นสีชา แสงลอดผ่านและสามารถมองเห็นได้บ้าง ใช้ทำบานประตู หน้าต่าง บานเกล็ด หรือช่องลม เพื่อลดแสงและความร้อน

6.กระจกสำเร็จรูป มีลักษณะเป็นสีตัน เป็นเหลี่ยมมุม มีลวดลายสวยงาม นิยมผลิตออกมาสำเร็จเฉพาะงาน เช่น ช่องแสง ช่องลม โคมไฟประดับ เป็นต้น

7.กระจกป้องกันความร้อนและเสียง มีลักษณะเป็นกระจกสองชั้น คั่นด้วยกาวใสๆ ป้องกันความร้อนและเสียงได้ดี ใช้กับอาคารที่ได้รับเสียงรบกวนจากภายนอกมากๆ

8.กระจกนิรภัย เป็นกระจกชนิดพิเศษ มีความแข็งแรงสูงมากเมื่อแตกจะเป็นเม็ดเล็กๆ คล้ายข้าวโพด ใช้ทำตู้โชว์สินค้า กั้นห้องภายในอาคาร กระจกรถยนต์ เป็นต้น



รูปที่ 10.40 แสดงลักษณะกระจกนิรภัย

ที่มา : <http://bangpoe.com,2558>

## 10. เครื่องสุขภัณฑ์

เครื่องสุขภัณฑ์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นเพื่อให้ความสะดวกสบายภายในห้องน้ำ ประกอบด้วย

- 1.อ่างล้างหน้า ตัวอ่างทำจากกระเบื้องเซรามิก ก๊อกน้ำทำจากสแตนเลส
- 2.กระจกส่องหน้า ตัวกระจกมีลักษณะเรียบ ด้านหลังฉาบปรอททับด้วยทองแดง กรอบกระจกทำด้วยไฟเบอร์ พลาสติก หรือไม้เคลือบสี
- 3.โถส้วมและชักโครก ทำจากกระเบื้องเซรามิก ประกอบด้วยระบบควบคุมและระบบทำความสะอาด

4. เครื่องทำน้ำอุ่น ใช้สำหรับอาบน้ำอุ่นช่วงอากาศเย็น ทำงานด้วยระบบไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นความร้อน สามารถปรับอุณหภูมิและปริมาณน้ำได้
5. อ่างอาบน้ำ ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือเซรามิก ใช้สำหรับอาบน้ำโดยวิธีการนอนแช่น้ำ
6. ชั้นวางอุปกรณ์ เช่น สบู่ แชมพู ยาสีฟัน แปรงสีฟัน กระจาดชำระ ผลิตภัณฑ์พลาสติก



รูปที่ 10.41 แสดงลักษณะเครื่องสุขภัณฑ์  
ที่มา : <http://www.hong-pak.com,2558>

**11. ท่อ ( Pipe )** เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง ใช้สำหรับส่งลม น้ำ น้ำมัน แก๊ส จากแหล่งจ่ายไปยังจุดที่ใช้งาน เช่น ใช้ ส่งลม ส่งน้ำ ระบายน้ำ ส่งน้ำมัน ส่งแก๊ส มาตรฐานความยาวของท่อเหล็กยาว 6 ม. ท่อพีวีซียาว 4 ม. ท่อที่นิยมใช้มีดังนี้

1. ท่อน้ำมัน เป็นท่อส่งที่ต้องการความปลอดภัยสูง ท่อทำจากเหล็กผสม ทนกรด ทนด่าง ทนความร้อน ทนแรงดันสูง ทนน้ำทะเล มีความลื่น และไม่เป็นสนิม ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมัน ใช้สำหรับส่งและจ่ายน้ำมันจากฐานเจาะไปยังคลัง

2. ท่อน้ำ มีลักษณะเป็นท่อกลม ประกอบด้วย

- 2.1 ท่อพีวีซี ใช้กับงานส่งน้ำ ระบายน้ำ แรงดันต่ำ นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะราคาถูก ติดตั้งได้ง่าย ไม่เป็นสนิม

- 2.2 ท่อเหล็กอบสังกะสี ใช้กับงานประปาและงานส่งที่ต้องใช้แรงดันสูง เมื่อใช้ไปนาน จะเกิดสนิมที่รอยต่อ

- 2.3 ท่อซีเมนต์ ใช้สำหรับงานส่งและระบายน้ำตามชลประทาน ตามถนน และตามเรือสวน ไร่นา

- 2.4 ท่อยางแรงดันสูง ใช้เป็นท่อเมนส่งน้ำประปาจากท่อเหล็กเข้าสู่ภายในอาคาร

3. ท่อลม ทำจากเหล็กผสม ทนแรงดันสูง ทนการกัดกร่อน ไม่เป็นสนิม ใช้ตามโรงงาน อุตสาหกรรม โรงพยาบาล ศูนย์บริการรถยนต์ ใช้สำหรับจ่ายลม หรือแก๊สออกซิเจนไปใช้งาน

4.ท่อแก๊ส ทำจากเหล็กทนความร้อน ทนแรงดันสูง ทนการกัดกร่อน ทนน้ำทะเล ไม่เป็นสนิม ไม่ทำปฏิกิริยากับแก๊ส ใช้สำหรับงานส่งแก๊สจากแหล่งขุดเจาะไปยังคลังแก๊ส และเป็นจุดจ่ายแก๊สในศูนย์บริการแก๊สต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 10.42



(ก) ท่อน้ำมัน

(ข) ท่อลม

รูปที่ 10.42 แสดงลักษณะท่อแบบต่างๆ

ที่มา : [www.pcastrollube.com,2558](http://www.pcastrollube.com,2558)

12. ไมโครไฟเบอร์ มีลักษณะเป็นแผ่นฉาบโลหะสะท้อนแสง 2 ชั้น นิยมกั้นกลางด้วยใยแก้วหรือใยหิน นำไปใช้ปูใต้กระเบื้องผนังหลังคา หรือบนฝ้าเพดานเพื่อป้องกันความร้อนจากหลังคาที่ระบายลงมาสู่ภายในบ้าน ทำให้ภายในบ้านเย็นสบายขึ้น มีทั้งชนิดบางใช้สำหรับปูก่อนผนังหลังคา และชนิดหนาใช้ปูบนฝ้าเพดาน ดังแสดงในรูปที่ 10.43



รูปที่ 10.43 แสดงลักษณะไมโครไฟเบอร์

ที่มา : <http://www.microfiber.nalueng.com,2558>

## สรุปท้ายหน่วย

วัสดุก่อสร้าง หมายถึงวัสดุต่างๆ ทั้งที่ได้จากธรรมชาติและที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในงานก่อสร้าง อาคารและสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ

### ชนิดและประโยชน์ของวัสดุก่อสร้าง

#### 1. ไม้ มีประโยชน์ดังนี้

- 1.1 ทำส่วนประกอบของอาคารไม้
- 1.2 ทำส่วนประกอบของอาคารคอนกรีต
- 1.3 ทำไม้แบบในการเทคอนกรีตของโครงสร้างอาคาร
- 1.4 ทำเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ตกแต่งเพิ่มความสวยงามแก่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง
- 1.5.ทำไม้อัดสำเร็จรูป

2. หิน ( Stone ) เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานสูง บางชนิดมีลวดลายสวยงาม ถูกนำมาใช้งานมีดังนี้

- 2.1 หินผสมคอนกรีต
- 2.2 หินบดหรือหินคลุก
- 2.3 หินกาบ
- 2.4 หินแกรนิต
- 2.5 หินอ่อน
- 2.6.ศิลาแลง
- 2.7 หินกรวด

3. ทราย คือ หินเม็ดเล็กที่แยกตัวโดยธรรมชาติ ใช้ผสมคอนกรีต ปูนก่ออิฐ ปูนฉาบ เพื่อเติมช่องว่างของหินในคอนกรีต

**ประเภทของทราย** แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. ทรายบก พบบนบกห่างจากทะเลและไม่มีความเค็มติดอยู่
2. ทรายแม่น้ำ, ลำธาร พบตามแม่น้ำ, ลำธาร
3. ทรายทะเล พบตามชายทะเล หรือบนบกห่างทะเล แต่มีความเค็มอยู่
4. ทรายที่เกิดจากการย่อยเป็นก้อนเล็ก ๆ

**ทรายที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง** แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. ทรายหยาบ
2. ทรายหยาบปานกลาง
3. ทรายละเอียด



4. ปูนซีเมนต์ (Cement) มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเทา เทาอมเขียว หรือเทาอมแดง เป็นวัสดุประสานในงานปูนทุกชนิดเมื่อนำมาคลุกผสมทราย หิน น้ำ และปล่อยให้แห้งจะเรียกว่า “คอนกรีต” ใช้ในงานเทคาน เทพื้น หล่อเสาเทพ้องคอนกรีต งาน โครงสร้างต่างๆ เป็นต้น

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ใหญ่ ดังนี้

1. ปูนขาว (Line Component) เป็นวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต

2. ดินคำ (Clay)

3. สารปรับปรุงสมบัติ (Corrective Materials)

ชนิดของปูนซีเมนต์ แบ่งออกได้ดังนี้ คือ

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement)

2. ปูนซีเมนต์ธรรมชาติ (Natural Cement)

3. ปูนซีเมนต์ปัสโซลาน (Puzzolan Cement)

4. ปูนซีเมนต์อลูมินัส (Aluminous Cement)

5. ปูนซีเมนต์ซิลิกา (Silica Cement)

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบและเสริมคุณภาพในงานปูน มีดังนี้

1. ปูนขาว

2. ปูนยาแนว

3. ยากันซึม

4. กาวยาแนว

5. อิฐ คือ วัสดุก่อสร้างมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม ใช้สำหรับก่อฝาผนัง กำแพง โดยใช้ปูนก่อเป็นตัวประสานและยึด ทำจากวัสดุต่างๆ ดังนี้

1. ดินเหนียวปูน (Marl)

2. ดินเหนียวปนทราย (Loan)

3. ดินเหนียวแก่ (Shale)

4. ดินเหนียวทนไฟ (Fire Clay)

ชนิดของอิฐที่นิยมใช้กันทั่วไป มีดังนี้

1. อิฐบล็อก

2. อิฐมอญ

3. อิฐดินเหนียวอัด

4. อิฐดินแดงอัดผสม

5. อิฐทนไฟ นิยมใช้ก่อผนังงานก่อสร้าง งานเชื่อมแก๊สที่ต้องรับความร้อน ซึ่งให้ความแข็งแรงสูง ไม่ร้าวซึมน้ำ ไม่ติดไฟ

**6. กระเบื้อง** ผลิตจากวัสดุดินเผา ปูนซีเมนต์ผสม ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็นดังนี้

1. กระเบื้องมุงหลังคา ใช้สำหรับมุงหลังคาบ้าน โบสถ์ วัด และสถานที่ต่างๆ มีดังนี้

- 1.1 กระเบื้องซีแพค
- 1.2 กระเบื้องลอนคู่
- 1.3 กระเบื้องเรียบ
- 1.4 กระเบื้องประดับ
- 1.5 กระเบื้องแผ่นเรียบ

**7. เหล็ก** ที่นิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้าง มีดังนี้

1. เหล็กโครงสร้าง
2. เหล็กก่อสร้าง
3. เหล็กมุงหลังคา

**8. อลูมิเนียม** เป็นโลหะเบา มีสีบรอนซ์เงิน และสีบรอนซ์ดำ ผลิตออกมามีลักษณะเป็นเส้นแบน รูปตัวที รูปตัวซี รูปตัวแอล และกล่องสี่เหลี่ยม มีให้เลือกหลายขนาด มีทั้งชนิดหนา และบาง นิยมนำไปใช้ทำวงกบ กรอบบานเกล็ด ประตูหน้าต่าง ฝาผนัง โครงฝ้าเพดาน เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

**9. กระจก** มีลักษณะเป็นแก้วแผ่นเรียบ โปร่งใส ปรับปรุงพัฒนาารูปแบบให้มีความเหมาะสมและสีสันสวยงามที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีดังนี้

1. กระจกเงา
2. กระจกใส
3. กระจกฝ้า
4. กระจกสะท้อนแสง
5. กระจกสีชา
6. กระจกสำเร็จรูป
7. กระจกป้องกันความร้อนและเสียง
8. กระจกนิรภัย เป็นกระจกชนิดพิเศษ

**10. เครื่องสุขภัณฑ์** หมายถึง อุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นเพื่อให้ความสะดวกสบายภายในห้องน้ำ ประกอบด้วย

1. อ่างล้างหน้า
2. กระจกส่องหน้า
3. โถส้วมและชักโครก ทำจากกระเบื้องเซรามิก
4. เครื่องทำน้ำอุ่น
5. อ่างอาบน้ำ
6. ชั้นวางอุปกรณ์ เช่น สบู่ แชมพู ยาสีฟัน แปรงสีฟัน กระจกยารัระ ผลิตจากพลาสติก หรือไฟเบอร์

**11. ท่อ** ที่นิยมใช้มีดังนี้

1. ท่อน้ำมัน
2. ท่อน้ำ
3. ท่อลม
4. ท่อแก๊ส

**12. ไมโครไฟเบอร์** มีลักษณะเป็นแผ่นฉาบโลหะสะท้อนแสง 2 ชั้น นิยมคั่นกลางด้วยใยแก้วหรือใยหิน นำไปใช้ปูใต้กระเบื้องผนังหลังคา หรือบนฝ้าเพดานเพื่อป้องกันความร้อนจากหลังคาที่ระบายลงมาสู่ภายในบ้าน ทำให้ภายในบ้านทำให้ภายในบ้านเย็นสบายขึ้น

**คำศัพท์ประจำหน่วย**

1. Wood หมายถึง ไม้
2. Stone หมายถึง หิน
3. Sand หมายถึง ทราย
4. Cement หมายถึง ปูนซีเมนต์
5. Brick หมายถึง อิฐ
6. Iron หมายถึง เหล็ก
7. Pipe หมายถึง ท่อ

## ใบงานหน่วยที่ 10

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ครูผู้สอนจัดหาตัวอย่างวัสดุก่อสร้าง บรรจุใส่ภาชนะ ( หรือให้ดูจากภาพ ) ให้นักเรียนทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อหมายเลขให้ตรงกับชื่อของวัสดุก่อสร้าง ในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( คะแนนเต็ม 8 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ชื่อวัสดุก่อสร้าง	หมายเลข	ชื่อวัสดุก่อสร้าง	หมายเลข
1. ไม้		5. อิฐ	
2. หิน		6. เหล็ก	
3. ทราย		7. ท่อ	
4. ปูนซีเมนต์		8. เซรามิก	

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 10

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของวัสดุก่อสร้าง
2. จงยกตัวอย่างการใช้งานของไม้ที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง
3. จงยกตัวอย่างการใช้งานของหินที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง
4. ทราบที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างแบ่งออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง
5. วัสดุคิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ มีกี่ชนิดอะไรบ้าง
6. จงยกตัวอย่างชนิดของปูนซีเมนต์ มา 5 อย่าง
7. จงยกตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบและเสริมคุณภาพในงานปูน มา 5 อย่าง
8. จงยกตัวอย่างชนิดของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง
9. จงยกตัวอย่างชนิดของกระเบื้องที่ใช้ในงานก่อสร้าง
10. จงยกตัวอย่างชนิดของเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้าง

## เฉลยใบงานหน่วยที่ 10

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ครูผู้สอนจัดหาตัวอย่างวัสดุก่อสร้าง บรรจุใส่ภาชนะ ( หรือให้ดูจากภาพ ) ให้นักเรียนทำการกรอกข้อมูล โดยทำการเขียนชื่อหมายเลขให้ตรงกับชื่อของวัสดุก่อสร้าง ในช่องตามตารางที่กำหนดให้ ( คะแนนเต็ม 8 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ชื่อวัสดุก่อสร้าง	หมายเลข	ชื่อวัสดุก่อสร้าง	หมายเลข
1.ไม้	2	5.อิฐ	4
2.หิน	1	6.เหล็ก	8
3.ทราย	5	7.ท่อ	3
4.ปูนซีเมนต์	8	8.เซรามิก	6

## ใบประเมินผลใบงาน หน่วยที่ 10

ชื่อ – ชื่อสกุล ..... แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 10	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน)	ดีมาก ( 7 – 8 )	ดี ( 5 – 6 )	พอใช้ ( 3 – 4 )

### เกณฑ์การประเมินผล

- |                          |           |       |         |              |
|--------------------------|-----------|-------|---------|--------------|
| <input type="checkbox"/> | 7 - 8     | คะแนน | หมายถึง | ดีมาก        |
| <input type="checkbox"/> | 5 - 6     | คะแนน | หมายถึง | ดี           |
| <input type="checkbox"/> | 3 - 4     | คะแนน | หมายถึง | พอใช้        |
| <input type="checkbox"/> | ต่ำกว่า 2 | คะแนน | หมายถึง | ต้องปรับปรุง |

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวนใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 10 และทำใบงานใหม่

## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 10

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของวัสดุก่อสร้าง

ตอบ วัสดุต่างๆ ทั้งที่ได้จากธรรมชาติและที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในงานก่อสร้าง อาคารและสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ มีทั้งใช้งานโดยตรง และใช้เป็นส่วนผสมเพื่อให้งานก่อสร้างนั้นทำได้สำเร็จและได้คุณภาพตามที่ต้องการ

2. จงยกตัวอย่างการใช้งานของไม้ที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง

ตอบ 1.ทำส่วนประกอบของอาคารไม้ ได้แก่ โครงหลังคา โครงและฝ้าผนัง ฝ้า เสา ประตู หน้าต่าง วงกบ

2.ทำส่วนประกอบของอาคารคอนกรีต ได้แก่ โครงหลังคา ประตู หน้าต่าง วงกบ โดยทำจากไม้เนื้อแข็ง

3.ทำไม้แบบในการเทคอนกรีตของโครงสร้างอาคาร นิยม ใช้ไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้กระบาก ไม้มะม่วง

4.ทำเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ตกแต่งเพิ่มความสวยงามแก่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง ได้แก่ ตู้ โต๊ะ เก้าอี้ เติงนอน รั้วบ้าน ชุมประตู เป็นต้น

5.ทำไม้อัดสำเร็จรูป ด้วยวิธีการใช้เศษไม้หรือขานอ้อยผสมกับกาวอัดให้เป็นแผ่นสำเร็จขนาด  $4 \times 8$  ฟุต เพื่อนำไปใช้งานกันฝ้าผนัง ทำบานประตู ทำพื้นโต๊ะ ตกแต่งภายใน บุผนังภายใน ปูพื้นและทำฝ้า

3. จงยกตัวอย่างการใช้งานของหินที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง

ตอบ 1.หินผสมคอนกรีต ได้จากการระเบิดหินภูเขา แล้วนำไปโม่เป็นก้อนเล็กๆ ผ่านตะแกรงขนาด 1-2 และ 3-4 จึงเรียกว่าหิน 1-2 ( ขนาดใหญ่ ) และ หิน 3-4 ( ขนาดเล็ก ) ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ทราย และน้ำสำหรับงานเทพื้นคาน เสา เรียกว่า “ คอนกรีต ”

2.หินบดหรือหินคลุก ได้จากการระเบิดหินและนำมาบดให้ละเอียดใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ทำอิฐบล็อกสำหรับก่อผนังอาคารคอนกรีต ปูพื้นถนนเพื่อบดอัดก่อนลาดยาง

3.หินกาบ มีลักษณะเป็นเศษแผ่นหินบางๆ ใช้ประดับตามผนังเสาซีเมนต์ ด้วยวิธีติดแปะด้วยปูนซีเมนต์ มีลวดลายสวยงาม

4.หินแกรนิต มีลักษณะเป็นหินลวดลายสวยงาม เมื่อนำมาตัดเป็นแผ่นและขัดผิวให้เป็นมันจะมีสีเทาเหลือง ชมพู สวยงาม นิยมใช้ปูพื้น แต่งเสา สิ่งปลูกสร้างราคาแพง เป็นต้น

5.หินอ่อน มีลักษณะเป็นสีเข้ม มีจุดขาวเล็กๆ นิยมตัดเป็นแผ่นๆ ขัดผิวให้เรียบเป็นมัน ใช้ปูพื้น



6.ศิลาแลง เป็นก้อนหินขนาดใหญ่ ขรุขระ สีน้ำตาลสลับดำ นิยมนำไปตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ใช้ทำผนังสิ่งปลูกสร้างราคาแพง ความแข็งแรงสูง

7.หินกรวด

4. ทราชนิยมใช้ในงานก่อสร้างแบ่งออกเป็น 3 ชนิด อะไรบ้าง

ตอบ 3 ชนิด คือ 1.ทรายหยาบ เป็นทรายเม็ดใหญ่ มีเหลี่ยม แข็งแรง ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต ที่ด้านกำลังมาก เช่น ฐานราก, โครงสร้างอาคาร

2.ทรายหยาบปานกลาง เป็นทรายที่มีขนาดปานกลาง ใช้สำหรับปูนก่อ เช่น ก่อกำแพงอิฐ ฯ

3.ทรายละเอียด เป็นทรายที่มีขนาดละเอียดมาก ใช้สำหรับผสมปูนฉาบ ทำบังประกอบ ลวดลาย

5. วัสดุที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ มีกี่ชนิดอะไรบ้าง

ตอบ 3 ชนิด คือ 1. ปูนขาว 2. ดินดำ 3. สารปรับปรุงสมบัติ

6. จงยกตัวอย่างชนิดของปูนซีเมนต์ มา 5 ชนิด

ตอบ 1.ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 2.ปูนซีเมนต์ธรรมดา 3.ปูนซีเมนต์ปัสโซลาน 4.ปูนซีเมนต์อลูมินัส 5. ปูนซีเมนต์ซิลิกา

7. จงยกตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบและเสริมคุณภาพในงานปูน มา 5 ชนิด

ตอบ 1.ปูนขาว 2.ปูนยาแนว 3.ยากันซึม 4.กาวยาแนว 5.กาวซิลิโคน

8. จงยกตัวอย่างชนิดของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง

ตอบ 1.อิฐบล็อก 4.อิฐดินแดงอัดผสม

2.อิฐมอญ 5.อิฐทนไฟ

3. อิฐดินเหนียวอัด

9. จงยกตัวอย่างชนิดของกระเบื้องที่ใช้ในงานก่อสร้าง

ตอบ 1.กระเบื้องซีแพค 2.กระเบื้องลอนคู่ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือแบบลอนใหญ่ และแบบลอนเล็ก

3.กระเบื้องเรียบ เป็นกระเบื้องดินเผา มีทั้งสีธรรมชาติและชนิดเคลือบสี

4. กระเบื้องประดับ ผลิตจากดินเผาเป็นลวดลายสวยงาม มีทั้งสีธรรมชาติและเคลือบสี

5.กระเบื้องแผ่นเรียบ ผลิตจากปูนซีเมนต์ผสมใยหินและวัสดุแก้ว อัดให้เป็นแผ่นเรียบหนา

3 – 10 มม. ขนาด 1.20×240 ซม. ใช้สำหรับทำฝ้าเพดาน ฝ้าผนังบ้าน

10. จงยกตัวอย่างชนิดของเหล็กที่ใช้ในงานก่อสร้าง

ตอบ 1 .เหล็ก โครงสร้าง นิยมนำมาใช้ในการสร้างโครงหลังคาเหล็ก จะนิยมใช้เหล็กตัวซี ( C )

มีทั้งชนิดบาง ชนิดหนาปานกลาง และชนิดหนา จะมีความยาว 6 ม. ขนาดที่นิยมใช้ทั่วไป

คือ  $1\frac{1}{2} \times 3$  ” และ ขนาด  $2 \times 4$  ”

2. เหล็กก่อสร้าง มีลักษณะเป็นเส้นกลมยาว 10 เมตร มีทั้งแบบเรียบและข้ออ้อย ผลิตด้วยวิธีการรีดขึ้นรูป ถ้ารีดร้อนผิวของเหล็กจะเป็นสีดำ ถ้ารีดเย็นผิวของเหล็กจะเป็นมัน เมื่อนำไปใช้งานจะต้องทำการตัด คัด และทำการผูกด้วยลวด ใช้ทำเป็น โครงงานเสา เทคาน เทฐานราก

3. สังกะสีมุงหลังคา มีลักษณะเป็นเหล็กเคลือบสังกะสี ดีบุก อะลูมิเนียม หรือทำการเคลือบสี เพื่อป้องกันการเกิดสนิม นิยมผลิตเป็นลอนเพื่อให้น้ำไหลได้ง่าย เวลาฝนตก บางชนิดผลิตเป็นแผ่นเรียบเพื่อใช้ทำรางน้ำฝน

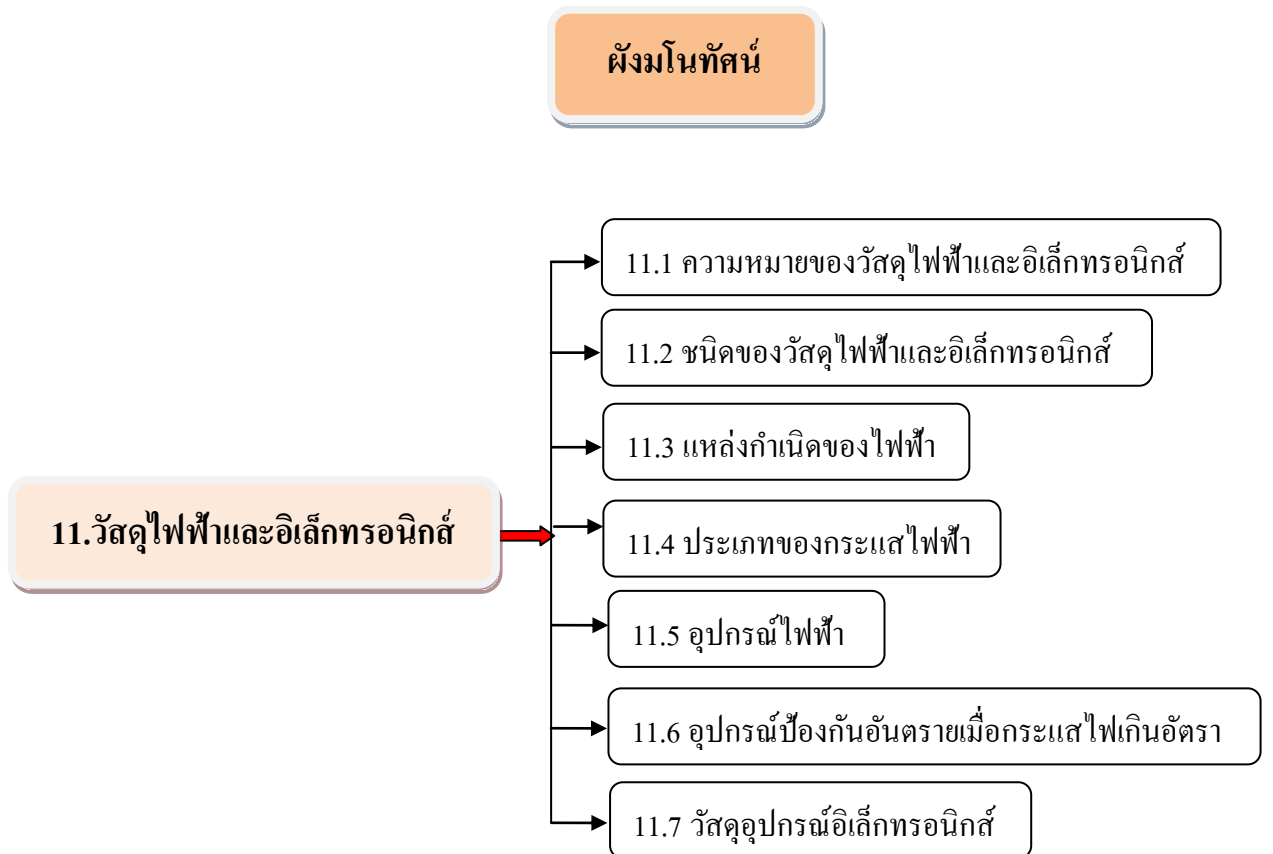


## เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

หน่วยที่ 11 วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์





## หน่วยที่ 11

### วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

#### แนวคิด

วัสดุไฟฟ้าผลิตขึ้นเพื่อนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมไฟฟ้า เช่น วัสดุตัวนำ วัสดุกึ่งตัวนำ วัสดุฉนวนไฟฟ้า วัสดุแม่เหล็ก และวัสดุสวิตช์ เป็นต้น ซึ่งมนุษย์ได้รู้จักใช้แสงสว่าง โดยอาศัยการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเช่น ฟืน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันจากพืชและสัตว์ ต่อมาได้มีการประดิษฐ์และคิดค้นพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในรูปแบบต่างๆเช่น การให้แสงสว่าง ความร้อน และความเย็น เป็นต้น ไฟฟ้าจะทำงานโดยอาศัยการผ่านวัสดุตัวนำ และป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายโดยใช้ฉนวน ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการในการนำไฟฟ้าไปใช้งาน โดยการนำวัสดุกึ่งตัวนำมาใช้งานเพิ่มเติมในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ จึงกล่าวได้ว่าวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จึงมีความสำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก

#### สาระการเรียนรู้

- 11.1 ความหมายของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- 11.2 ชนิดของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- 11.3 แหล่งกำเนิดของไฟฟ้า
- 11.4 ประเภทของกระแสไฟฟ้า
- 11.5 อุปกรณ์ไฟฟ้า
- 11.6 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายเมื่อกระแสไฟเกินอัตรา
- 11.7 วัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- 11.8 เครื่องใช้ไฟฟ้า

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างถูกต้อง
2. จำแนกชนิดของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายแหล่งกำเนิดของกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
4. จำแนกประเภทของกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
5. จำแนกชนิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
6. จำแนกชนิดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายเมื่อกระแสไฟเกินอัตราได้อย่างถูกต้อง
7. จำแนกชนิดวัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างถูกต้อง
8. จำแนกชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
9. มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### 11.1 ความหมายของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง วัสดุที่นำมาใช้ในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีการคำนึงถึงสมบัติ ประโยชน์การใช้งานของวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 11.2 ชนิดของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

1. วัสดุตัวนำ
2. วัสดุกึ่งตัวนำ
3. วัสดุฉนวน

**1. วัสดุตัวนำ (Conductor)** หมายถึง วัสดุหรือสารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้สะดวก ได้แก่ เงิน ทองแดง อะลูมิเนียม ดีบุก ตะกั่ว เหล็ก ทองคำ พรอท กราไฟต์ และวัสดุที่เป็นโลหะเกือบทั้งหมด ใช้ทำชิ้นส่วนที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าเช่น เส้นลวดภายในสายไฟฟ้า สวิตช์ ฟิวส์ หลอดไฟ รีเลย์ เบรกเกอร์ โซลินอยด์ ดังแสดงในรูปที่ 11.1



รูปที่ 11.1 แสดงลักษณะวัสดุตัวนำ

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

**2. วัสดุกึ่งตัวนำ (Semi Conductor)** หมายถึง วัสดุหรือสารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ บางส่วนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุนั้นๆ ที่นิยมนำมาใช้งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ซิลิกอน เยอรมันเนียม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 11.2



รูปที่ 11.2 แสดงลักษณะวัสดุกึ่งตัวนำ

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

3. วัสดุฉนวน (Insulator) หมายถึง วัสดุหรือสารที่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หรือไหลผ่านได้ยากมาก ได้แก่ ยาง ไม้ พลาสติก กระดาษ หิน แก้ว กระเบื้อง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 11.3



(ก) ยาง



(ข) พลาสติก

รูปที่ 11.3 แสดงลักษณะวัสดุฉนวน

ที่มา : <https://www.krootewan2013.wordpress.com> , 2558

### 11.3 แหล่งกำเนิดของไฟฟ้า ได้แก่

1. เกิดจากการเหนี่ยวนำโดยการหมุนของขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็ก เช่น ไดนาโม เชนเนอร์เตอร์ อัลเตอร์เนเตอร์ เป็นต้น
2. เกิดจากปฏิกิริยาเคมี เช่น จากพลังงานแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซลาร์เซลล์
3. เกิดจากพลังงานความร้อน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซลาร์เซลล์
4. เกิดจากการเสียดสี เช่น การนำผ้าไหมถูกับแท่งแก้วจะเกิดไฟฟ้าสถิต มีประจุบวกที่แท่งแก้ว มีประจุลบที่ผ้าไหม เป็นต้น
5. เกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น พายุแลบ พายุร้อน พายุผ่า เป็นต้น
6. เกิดจากสัตว์บางชนิดซึ่งมีประจุไฟฟ้าในตัวเอง เช่น ปลากระเบน ปลาไหลไฟฟ้า เป็นต้น



รูปที่ 11.4 แสดงลักษณะแหล่งกำเนิดของไฟฟ้า

ที่มา : <http://www.catdumb.com> , 2558

พลังงานไฟฟ้าที่นิยมนำมาใช้งานกันมาก คือ พลังงานจากการเหนี่ยวนำและพลังงานจากปฏิกิริยาเคมี พลังงานที่นำมาใช้เป็นทางเลือกใหม่และไม่มีวันหมด คือ พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ผ่านแผงโซลาร์เซลล์ และพลังงานลม โดยหมุนผ่านกังหันผลิตไฟฟ้า

#### 11.4 ประเภทของไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. **ไฟฟ้าสถิต ( Static Electricity )** คือ ไฟฟ้าที่ถูกเก็บประจุบวกและประจุลบไว้คนละตำแหน่ง ไม่สามารถเคลื่อนที่เข้าหากันได้ เว้นแต่นำสารทั้งสองมาแตะ หรือเอาตัวนำมาต่อกันจึงจะสามารถเคลื่อนที่เข้าหากันได้ ไฟฟ้าประจุเหมือนกันเมื่อเข้าใกล้กันจะเกิดการผลักกัน ประจุที่ต่างกันเมื่อเข้าใกล้กันจะเกิดการดูดกัน ไฟฟ้าสถิตถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย ในรูปของตัวเก็บประจุทรานซิสเตอร์ และสารกึ่งตัวนำ ดังแสดงในรูปที่ 11.5

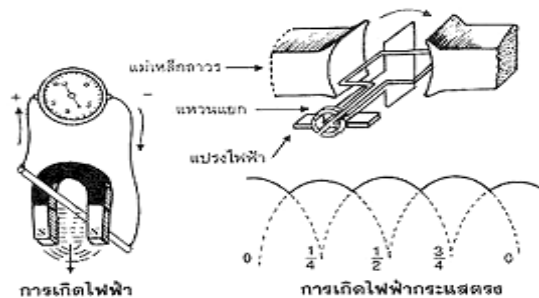


รูปที่ 11.5 แสดงลักษณะไฟฟ้าสถิต

ที่มา : <https://www.th.wikipedia.org/wiki> , 2558

2. **ไฟฟ้ากระแส ( Current Electricity )** คือ ไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระผ่านตัวนำประกอบด้วย

2.1 **ไฟฟ้ากระแสตรง ( Direct Current )** คือ ไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระไปในทิศทางเดียวกันตลอด อย่างสม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 11.6

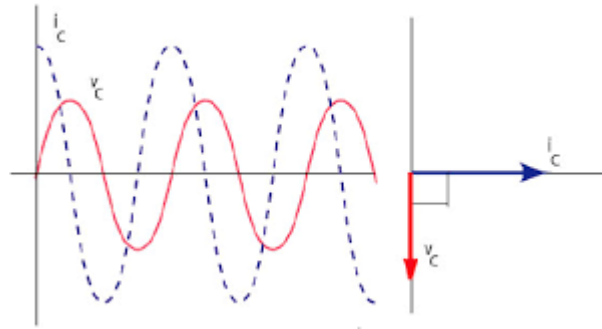


รูปที่ 11.6 แสดงลักษณะไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา : <http://www.thaigoodview.com> , 2558



2.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) คือไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระไปในทิศทางกลับไปมาเป็นระยะๆ ดังแสดงในรูปที่ 11.7



รูปที่ 11.7 แสดงลักษณะไฟฟ้ากระแสสลับ

ที่มา : <http://www.learning-physic.blogspot.com>, 2558

## 11.5 อุปกรณ์ไฟฟ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้าผลิตจากวัสดุไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟฟ้าไปใช้งานได้ตามความต้องการประกอบด้วย

### 1. สายไฟฟ้าและสายเคเบิล

โดยทั่วไปสายไฟฟ้าและสายเคเบิลเป็นลวดตัวนำที่มีฉนวนไฟฟ้าหุ้มอยู่ เช่น ยาง พลาสติก กระดาษ หรือผ้าสังเคราะห์ สายไฟฟ้าต่างจากสายเคเบิลในเรื่องการใช้งาน ซึ่งสายไฟฟ้าจะใช้สำหรับงานภายในอาคารทั่วไป ส่วนสายเคเบิลจะใช้กับงานที่ต้องการความทนทานต่อแรงกล ทนต่อสารเคมี งานที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และมีความชื้น เช่น สายเคเบิลใต้น้ำ หรือใต้ดิน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.1 สายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้ม โดยทั่วไปจะเป็นสายไฟฟ้าชนิดแรงต่ำ ใช้กันมากตามอาคาร บ้านเรือน ส่วนสายเคเบิลเป็นสายไฟฟ้าประเภทที่มีฉนวนหุ้มเช่นกัน แต่ใช้สำหรับเป็นสายไฟใต้น้ำและใต้ดิน ดังแสดงในรูปที่ 11.8



รูปที่ 11.8 แสดงลักษณะสายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้ม

ที่มา : <http://www.thaiaircare.com>, 2558

1.2 สายไฟฟ้าที่ไม่มีฉนวนหุ้ม เป็นสายไฟฟ้าสำหรับกระแสไฟแรงสูง ใช้เชื่อมโยงระหว่างสถานีจ่ายไปสู่สถานที่ต่างๆ เนื่องจากสายไฟฟ้าชนิดเปลือย สามารถประจุกระแสไฟได้มากกว่าสายหุ้มฉนวน ในขณะที่มีขนาดเท่ากัน มีการระบายความร้อนได้ดีกว่า ส่วนสายเปลือยที่นำมาใช้งานจะทำมาจากอะลูมิเนียม เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและราคาถูก ดังแสดงในรูปที่ 11.9



รูปที่ 11.9 แสดงลักษณะสายไฟฟ้าที่ไม่มีฉนวนหุ้ม

ที่มา : <http://www.apae.co.th> , 2558

## 11.6 ชนิดของสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าที่ใช้โดยทั่วไปมีหลายชนิด ดังนี้

1. สายอ่อน เป็นสายหุ้มด้วยพลาสติก PVC ภายในประกอบด้วยเส้นลวดทองแดงจำนวนมาก เป็นสายคู่ใช้สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กระแสไฟฟ้าน้อย เช่น ใช้เป็นสายพัดลม สายโทรทัศน์ สายวิทยุ และสายกระดิกน้ำร้อน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 11.10



รูปที่ 11.10 แสดงลักษณะสายไฟฟ้าสายอ่อน

ที่มา : <http://www.weekendhobby.com> ,2558

2. สายเดี่ยว เป็นสายไฟฟ้าชนิดหุ้มมีแกนลวดทองแดงอยู่ภายในจำนวน 1 เส้น ใช้สำหรับเดินสายไฟฟ้าทั้งภายในและภายนอกอาคาร ในการเดินสายไฟไม่นำมารัดด้วยคลิป แต่จะใช้ร้อยในท่อแล้วยึดต่อให้ติดกับโครงเหล็กผนัง หรือ วางบนราง ดังแสดงในรูปที่ 11.11



รูปที่ 11.11 แสดงลักษณะสายไฟฟ้าสายเดี่ยว

ที่มา : <http://www.yojihardware.com> , 2558

3. สายคู่ เป็นสายไฟฟ้าชนิดหุ้ม มีแกนลวดทองแดงอยู่ภายในจำนวน 2 เส้น หรืออาจมี 3 เส้น กรณีใช้สายดิน นิยมนำไปใช้เดินสายไฟฟ้าภายในบ้านและภายในอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 11.12



รูปที่ 11.12 แสดงลักษณะสายไฟฟ้าสายคู่

ที่มา : <http://www.peair2556.com>, 2558

4. สายเคเบิล เป็นสายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้มอย่างแน่นหนา อาจจะมีหลายชั้น เป็นสายไฟที่ออกแบบมาให้ใช้สำหรับฝังดินหรือใต้น้ำ ดังแสดงในรูปที่ 11.13



รูปที่ 11.13 แสดงลักษณะสายเคเบิล

ที่มา : <http://www.archawinbusiness.com> ,2558

**2. ไดนาโม หรือ เยนเนอเรเตอร์** เป็นอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยหลักการเหนี่ยวนำโดยการหมุนขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็ก พลังขับเคลื่อนการหมุนได้จากเครื่องยนต์ เครื่องเทอร์ไบน์ พลังงานน้ำไหลหรือพลังงานลม แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกแปลงให้เป็น 220 โวลต์ สำหรับใช้ในประเทศไทย ความถี่คลื่น 50–60 Hz ส่วนไดนาโมหรือเอนเนอเรเตอร์กระแสสลับในรถยนต์ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 โวลต์ มีชื่อเรียกว่า “อัลเทอร์เนเตอร์” ดังแสดงในรูปที่ 11.14



รูปที่ 11.14 แสดงลักษณะไดนาโมหรือเอนเนอเรเตอร์

ที่มา : <https://www.kaidee.com> , 2558

**3. เซลล์ไฟฟ้า** ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน คือ แบตเตอรี่และถ่านไฟฉาย ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวิธีการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบตเตอรี่โดยทั่วไปจะผลิตไฟฟ้าแรงเคลื่อน 12 โวลต์ ส่วนถ่านไฟฉายจะผลิตไฟฟ้าแรงเคลื่อน 1.5 โวลต์ 9 โวลต์ และผลิตขึ้นมาเพื่อใช้เฉพาะงาน แรงเคลื่อนไฟฟ้าอาจจะแตกต่างกัน ก่อนที่จะใช้งานควรศึกษารายละเอียดที่ติดอยู่ที่ตัวเซลล์ไฟฟ้านั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 11.15



รูปที่ 11.15 แสดงลักษณะเซลล์ไฟฟ้า

ที่มา : <http://www.home.sanook.com,2558>

4. สวิตช์ ใช้สำหรับปิด – เปิด เพื่อตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่นำไปใช้ในงานวงจร มีหลายรูปแบบ เช่น แบบเปิด แบบกด แบบ 2 ทาง แบบ 3 ทาง แบบโยก เป็นต้น ให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมของงาน ดังแสดงในรูปที่ 11.16



รูปที่ 11.16 แสดงลักษณะสวิตช์ปิด-เปิด

ที่มา : <https://www.l3nr.org/posts, 2558>

ส่วนประกอบของสวิตช์ไฟฟ้า มีดังนี้

1. ตัวนำไฟฟ้า ลักษณะเป็นหน้าสัมผัส ทำด้วยทองแดง หรือ พลาตินั่ม หรือ ทังสเตน
2. ตัวสวิตช์ ประกอบด้วยเปลือกฉนวนหุ้มป้องกันไฟรั่ว ไฟดูด และส่วนควบคุม การปิด – เปิด ทำด้วยพลาสติกแข็ง เบเกอร์ไลต์ หรือไฟเบอร์กลาส ที่ตัวสวิตช์จะบอกค่าความสามารถในการทนแรงเคลื่อนไฟฟ้า ( V ) ทนกระแสไฟฟ้า ( A ) และตำแหน่งการใช้งาน ( ON – OFF )

#### 5. หลอดไฟฟ้า

เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ให้แสงสว่าง และมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากใช้พลังงานจ่ายเข้าหลอดไฟเพียง 25 % อีก 75 % สูญเสียไปในรูปของความร้อน ปัจจุบันนี้การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงโดยตรงยังไม่สามารถทำได้ จึงต้องใช้พลังงานทางอ้อมโดยการใช้พลังงานไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดความ

ต้านทาน ทำให้เกิดความร้อนและให้แสงสว่าง เช่น หลอดเผาไส้ ( Incandescent Lamp ) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ( Fluorescent Lamp ) ดังแสดงในรูปที่ 11.17



(ก) หลอดไฟเผาไส้

(ข) หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์

รูปที่ 11.17 แสดงลักษณะหลอดไฟฟ้า

ที่มา : <http://www.praguynakorn.com> , 2558

### 1. หลอดเผาไส้ ( Incandescent Lamp )

เป็นหลอดไฟที่นิยมใช้กันมาก ราคาถูก หลักการทำงานคือ เมื่อปลั๊กกระแสไฟฟ้าเข้าไปในหลอดที่มีความต้านทานสูงซึ่งทำมาจากลวดทังสเตน ทำให้ไส้หลอดร้อนมากขึ้น จนกระทั่งเปล่งแสงออกมา ไส้หลอดไม่หลอมละลายเนื่องจากไส้หลอดอยู่ในสุญญากาศ หรือหลอดบรรจุก๊าซเฉื่อย ดังแสดงในรูปที่ 11.18



รูปที่ 11.18 แสดงลักษณะหลอดไฟชนิดเผาไส้

ที่มา : <http://www.praguynakorn.com> , 2558

### 2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ( Fluorescent Lamp )

เป็นหลอดเรืองแสงชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยหลอดแก้วรูปร่างกลมยาว บริเวณหัวท้ายจะมีหลอดด้านละ 2 ขา ซึ่งต่อกับขั้วอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำด้วยลวดทังสเตนขนาดเล็ก หัวท้ายของหลอดนี้ไม่มีวัสดุใดต่อถึงกันเลย บริเวณผิวด้านในของหลอดจะเคลือบด้วยสารฟอสเฟอร์ ( Phosphor ) ทำหน้าที่เปลี่ยนสารอุลตราไวโอเล็ต ( Ultraviolet ) ที่เกิดขึ้นภายในหลอด ( มองไม่เห็น ) ให้เป็นแสงที่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งมี

ลักษณะแสงนวลตา มีความสว่างมากกว่าหลอดไฟชนิดเผาไส้ 3 – 4 เท่า มีลักษณะยาว วงกลม และด้วย  
 ดังแสดงในรูปที่ 11.19



รูปที่ 11.19 แสดงลักษณะหลอดฟลูออเรสเซนต์

ที่มา : <http://www.thaielectricity.com>, 2558

ส่วนประกอบวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีดังนี้

**1.สตาร์ทเตอร์ ( Starter )** เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปจำนวนหนึ่ง ก๊าซที่อยู่ภายในหลอด  
 จะแตกตัวเกิดความร้อน ทำให้โลหะที่งออยู่ขยายตัวมาสัมผัสแท่งโลหะนี้ เข้าไปยังบัลลาสต์เมื่อหลอดไฟ  
 ให้แสงสว่างแล้ว โลหะนี้ก็จะหดกลับดังเดิม เนื่องจากไฟฟ้าไม่ผ่านไอของก๊าซทำให้ความร้อนลดลง ดัง  
 แสดงในรูปที่ 11.20



รูปที่ 11.20 แสดงลักษณะสตาร์ทเตอร์

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

**2.บัลลาสต์ ( Ballast )** จะทำหน้าที่สร้างแรงดันสูงเพื่อให้หลอดไฟเริ่มทำงาน และเป็นตัวควบคุม  
 ให้ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลงที่ การสร้างแรงดันสูงจะเกิดขึ้นในช่วง โลหะของสตาร์ทเตอร์สัมผัสกันก่อนที่  
 จะแยกตัวออกจากกัน ทำให้บัลลาสต์เกิดการเหนี่ยวนำตัวเอง เกิดแรงดันไฟฟ้าสูง ทำให้ไอปรอทแตกตัว  
 ความต้านทานลดลง ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดได้ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ภายในหลอดและชน  
 ไอปรอท ทำให้ไอปรอทแตกตัวเป็นรังสีเหลืองม่วงหรือรังสีอุลตราไวโอเล็ต ซึ่งเมื่อไปกระทบกับฟอสเฟอร์  
 จะเกิดแสงกระทบที่สายตาสามารถมองเห็นได้ ดังแสดงในรูปที่ 11.21



รูปที่ 11.21 แสดงลักษณะปลั๊กไฟ  
ที่มา : <http://www.boonthavorn.com>, 2558

**6. ปลั๊กไฟ** เป็นอุปกรณ์ที่ถูกกำหนดเป็นจุดจ่ายไฟ ตัวนำและฉนวนใช้วัสดุชนิดเดียวกันกับสวิตช์ ประกอบด้วย 2 ลักษณะ คือ

1. **ปลั๊กตัวผู้** มีลักษณะเป็นเปลือกฉนวนพลาสติก มีปลายแท่งโลหะ 2 – 3 แท่ง เป็นตัวเสียบต่อไฟ ประกอบด้วยแท่งบวก แท่งลบ และแท่งกราวด์ ปลั๊กที่ผลิตในเมืองไทยส่วนใหญ่จะมี 2 แท่ง ไม่มีแท่งกราวด์ ความปลอดภัยจึงน้อยกว่า แบบ 3 แท่ง ดังแสดงในรูปที่ 11.22



รูปที่ 11.22 แสดงลักษณะปลั๊กตัวผู้  
ที่มา : <http://www.pantip.com>, 2558

2. **ปลั๊กตัวเมีย** มีลักษณะเป็นรูเสียบ 2 – 3 รู ต่อ 1 ชุด เปลือกนอกเป็นพลาสติก ส่วนภายในเป็นโลหะใช้สำหรับรองรับการต่อจากปลั๊กตัวผู้ รูจ่ายประกอบด้วยรูบวก รูลบ และรูกราวด์ ชนิด 3 รู จะใช้งานได้สะดวกและปลอดภัยกว่าชนิด 2 รู ดังแสดงในรูปที่ 11.23



รูปที่ 11.23 แสดงลักษณะปลั๊กตัวเมีย  
ที่มา : <http://www.konkao.net>, 2558



## 11.6 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายเมื่อกระแสไฟเกินอัตรา

กระแสไฟไหลเกินอัตราอาจเกิดมาจากการลัดวงจร ( Short Circuit ) หรือเกิดจากการทำงานเกินกำลัง ( Overload ) สิ่งที่จะช่วยป้องกันอันตราย คือ ฟิวส์ และสวิตช์ตัดตอนแบบอัตโนมัติ

**1.ฟิวส์ ( Fuse )** เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไปหรือให้งานเกินกำลัง วัสดุที่ใช้ทำฟิวส์จะร้อนและหลอมละลายขาดออกจากกัน โดยปราศจากเปลวไฟ ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำฟิวส์จะเป็นโลหะผสมมีจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น ตะกั่ว สังกะสี ดีบุก และ ทองแดง เป็นต้น ซึ่งแบ่งออกได้เป็นดังนี้

**1.1 ฟิวส์เส้น** มีลักษณะ เป็นฟิวส์เปลือยไม่มีฉนวนห่อหุ้ม มีขั้ว หรืองอเป็นขั้วสำหรับใช้สกรูยึด ดังแสดงในรูปที่ 11.24



รูปที่ 11.24 แสดงลักษณะฟิวส์เส้น

ที่มา : <http://www.slideshare.net,2558>

การใช้ฟิวส์เส้นหรือฟิวส์ก้ามปู จะต้องใช้ร่วมกับสะพานไฟหรือคัตเอาต์ ( Cut Out ) เมื่อทำการยกสะพานไฟกระแสไฟก็จะไหลผ่านสะพานไฟเปรียบเสมือนสะพานข้ามแม่น้ำที่ปิดเปิดได้ เพราะเมื่อเปิดสะพานไฟให้เรือขนาดใหญ่ รถยนต์ต่างๆ ผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 11.25



รูปที่ 11.25 แสดงลักษณะสะพานไฟ

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

**1.2 ฟิวส์ปลั๊ก ( Plug Fuse )** นิยมใช้กันมากตามบ้านพักอาศัยทั่วไป เพราะการเปลี่ยนฟิวส์ทำได้ง่าย และปลอดภัย ถ้าฟิวส์ขาดจะสังเกตได้ง่าย ปุ่มยึดฟิวส์จะหลุดออกจากแท่งเซรามิก ดังแสดงในรูปที่ 11.26



รูปที่ 11.26 แสดงลักษณะฟิวส์ปลั๊ก

ที่มา : <http://www.prt/2007.com,2558>

**1.3 คาร์tridge ฟิวส์ (Cartridge Fuse)** มีอยู่ 2 ชนิด คือ แบบกระบอกหรือแบบเฟอร์รูล (Ferrule) และแบบใบมีด (Knife Blade Type) เป็นฟิวส์ที่มักใช้ร่วมกับเซฟตี้สวิตช์ (Safety Switch) เซฟตี้สวิตช์ (Safety Switch) หมายถึง สวิตช์ที่อยู่ภายในกล่องโลหะ ฝาจะเปิดออกได้เมื่อขณะที่สวิตช์อยู่ในตำแหน่ง Off เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 11.27



(ก) ฟิวส์แบบเฟอร์รูล



(ข) ฟิวส์แบบหลอดแก้วใส

รูปที่ 11.27 แสดงลักษณะคาร์tridge ฟิวส์ แบบต่างๆ

ที่มา : <http://www.praguynakorn.com ,2558>

**2. เบรกเกอร์ (Circuit Breaker) หรือ ตัวตัดไฟอัตโนมัติ** เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ถูกรออกแบบขึ้นมาสำหรับตัดต่อวงจรแทนมือ สามารถตัดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากกว่าปกติ ระบบการทำงานภายในอาศัยความร้อนหรืออำนาจแม่เหล็ก เบรกเกอร์ นิยมใช้กันทั้งสองระบบทำงานด้วยแม่เหล็กและความร้อนอยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งมีประโยชน์คือ

- 1.สามารถป้องกันการลัดวงจรด้วยอำนาจแม่เหล็ก
- 2.สามารถป้องกันการใช้งานเกินกำลังโดยอาศัยความร้อน ตำแหน่งของก้านสวิตช์จะมี 3 ตำแหน่ง

เมื่อใช้งานต้องโยกสวิตช์ขึ้นไปอยู่ในตำแหน่ง “ON” กรณีมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไปตัวเบรกเกอร์จะทำการตัดวงจร ก้านสวิตช์ จะเคลื่อนมาอยู่ในตำแหน่ง “Tripped” เมื่อต้องการทำงานให้โยกก้านสวิตช์ขึ้นไปตามเดิมกรณีเบรกเกอร์ Tripped ให้โยกไปตำแหน่ง “ON” ไม่ได้ ถ้าหยุดการทำงานให้โยกก้านสวิตช์มายังตำแหน่ง “Off” เบรกเกอร์ จะมีขนาดตั้งแต่ 10 , 15 , 20 , 25 จนถึงขนาด 200 แอมแปร์ ดังแสดงในรูปที่ 11.28



รูปที่ 11.28 แสดงลักษณะเบรกเกอร์

ที่มา : <http://www.praguynakorn.com> , 2558

**3. สวิตช์อัตโนมัติ ( Automatic Switch )** ปัจจุบันนิยมใช้กันมาก จึงนำมาใช้แทนสะพานไฟ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไปขนาดที่กำหนดไว้ สวิตช์จะตัดวงจรไฟฟ้าทันที และเมื่อทำการแก้ไขให้กระแสไฟฟ้าอยู่ในระดับปกติแล้ว สามารถกดปุ่ม ON วงจรไฟฟ้าจะต่อกันใหม่โดยไม่ต้องหาประแจมาเปลี่ยนฟิวส์ มีความสะดวกและความปลอดภัยสูงกว่าอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าแบบอื่น ดังแสดงในรูปที่ 11.29



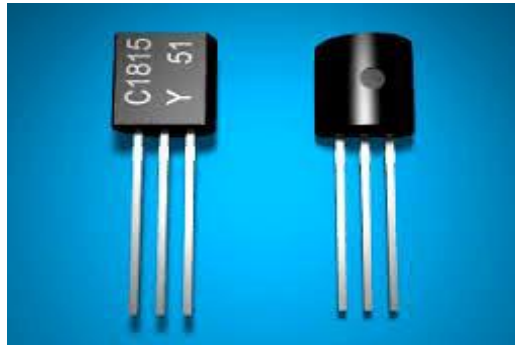
รูปที่ 11.29 แสดงลักษณะสวิตช์อัตโนมัติ

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

### 11.7 วัสดุอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์

ในระบบงานผลิตได้มีการผลิตและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้ในการสร้างเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆมีดังนี้

**1.ทรานซิสเตอร์** เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ เป็นสวิตซ์ตัดต่อวงจรและขยายสัญญาณ ทำจากวัสดุกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอนผสมฟอสฟอรัส เยอรมันเนียม ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีทรานซิสเตอร์แบบธรรมดา และเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิด PNP และชนิด NPN นำไปใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของวิทยุ โทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ เครื่องซักผ้า เต้าไมโครเวฟ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 11.30

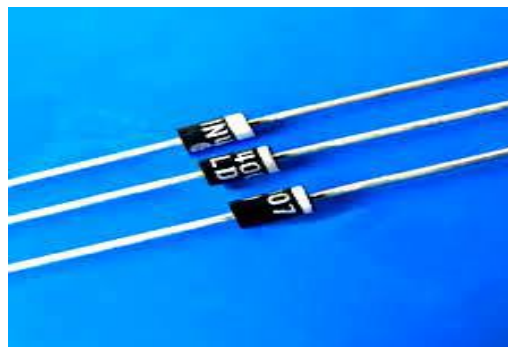


รูปที่ 11.30 แสดงลักษณะทรานซิสเตอร์

ที่มา : <http://www.oknation.net> ,2558

**2.ไดโอด** เป็นอุปกรณ์ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทางเดียว ทำจากวัสดุกึ่งตัวนำ ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีอยู่ 2 ชนิด คือ

(1) **ไดโอดธรรมดา**ใช้ในการเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ดังแสดงในรูปที่ 11.31



รูปที่ 11.31 แสดงลักษณะไดโอดธรรมดา

ที่มา : <http://www.bloggang.com> , 2558

(2) ไดโอดจำกัดค่า ( ซีเนอร์ไดโอด ) ใช้ในการควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าไม่ให้เกินค่าที่กำหนด โดยไดโอดจำกัดค่าจะยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านตลอด 1 ทาง ส่วนทางที่สองจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้เมื่อมีแรงเคลื่อนเกินค่ากำหนดของไดโอดจำกัดค่า เช่น ไดโอดจำกัดค่า 7 โวลต์ จะยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านทางที่ 2 ได้เมื่อไฟฟ้านั้นมีแรงเคลื่อนเกิน 7 โวลต์ ขึ้นไป ดังแสดงในรูปที่ 11.32



รูปที่ 11.32 แสดงลักษณะไดโอดจำกัดค่า

ที่มา : <http://www.arduinoall.com,2558>

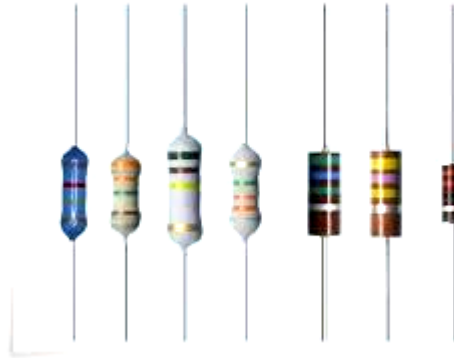
3.ไอซี มีลักษณะเป็นแผงวงจรขนาดเล็กวงจรนี้จะถูกอัดด้วยพลาสติกแข็งเพื่อป้องกันวงจรเสียหาย โดยจะมีขาต่อโลหะยื่นออกมาเพื่อสำหรับต่อไปใช้งาน นิยมใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์อย่างแพร่หลาย เมื่อนำไปใช้งานสามารถลดขนาดของเครื่องใช้ เช่น โทรทัศน์ โทรศัพท์ มือถือ วิทยุ และวิดีโอ เป็นต้น ลงได้เป็นอย่างมาก ทำให้เครื่องใช้มีขนาดกะทัดรัด สวยงาม ใช้งานได้สะดวก และยังคงต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 11.33



รูปที่ 11.33 แสดงลักษณะไอซี

ที่มา : <http://www.ec.in.th,2558>

4. ตัวต้านทานหรือรีซิสเตอร์ ภายในเป็นค่าความต้านทาน ภายนอกเป็นเซรามิกเคลือบเคลือบด้วยโค้ดสีบอกค่าของความต้านทาน นำไปใช้ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า แบ่งกระแสไฟฟ้าในวงจร อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องโทรทัศน์ วิทยุ โทรศัพท์มือถือ และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 11.34



รูปที่ 11.34 แสดงลักษณะตัวต้านทาน

ที่มา : <http://www.electricalcircuittheory.blogspot.com,2558>

### 11.8 เครื่องใช้ไฟฟ้า

ในปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าได้นำมาใช้กันอย่างมากมายไม่ว่าจะเป็น โรงงาน อาคารบ้านเรือน และสำนักงาน และหน่วยงานอื่นๆ เพื่อใช้เป็นเครื่องอำนวยความสะดวก หรือผ่อนคลายความเครียดให้กับมนุษย์เราได้แก่

1.ตู้เย็น เป็นเครื่องแช่เย็น น้ำ อาหาร และเครื่องคั้นต่างๆ ทำงานโดยใช้มอเตอร์หมุนบีมน้ำยาความเย็นจนความดันสูง และปล่อยให้ขยายตัวอย่างรวดเร็วผ่านขดท่อความเย็น ทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วทำให้เกิดความเย็น ซึ่งภายในจะแบ่งออกเป็นสองห้อง คือห้องธรรมดาและห้องแช่แข็ง ดังแสดงในรูปที่ 11.35



รูปที่ 11.35 แสดงลักษณะตู้เย็น

ที่มา : <http://www.myquestionth.com,2558>

2.โทรทัศน์ เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าใช้สำหรับคุณภาพเคลื่อนไปหวนประกอบกับการฟังเสียงด้วยวิธีการรับสัญญาณคลื่นจากสถานีส่งผ่านเข้าวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วงจรจะแปลงคลื่นให้เป็นภาพและเสียง ดังแสดงในรูปที่ 11.36



รูปที่ 11.36 แสดงลักษณะโทรทัศน์

ที่มา : <http://www.ledthai.net,2558>

**3.เครื่องปรับอากาศ** หลักการทำงานเหมือนกับตู้เย็น แต่จะมีชุดพัดลมเป่าผ่านแผงขดความเย็นออกมาตามช่องกระจายไปภายในบริเวณห้อง ทำให้อากาศภายในห้องเย็นสบาย นิยมใช้ตามบ้านเรือน อาคาร และสำนักงานต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 11.37



รูปที่ 11.37 แสดงลักษณะเครื่องปรับอากาศ

ที่มา : <http://www.thai-reviews.com,2558>

**4.พัดลม** เป็นเครื่องเป่าระบายอากาศและลดความร้อนภายในอาคาร บ้านเรือน และสำนักงานต่างๆ โดยการใช้มอเตอร์หมุนใบพัดเป่าลม สามารถควบคุมระดับความเร็วได้หมุนส่ายได้เป็นเครื่องใช้ที่ได้รับความนิยมสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 11.38



รูปที่ 11.38 แสดงลักษณะพัดลม

ที่มา : <http://www.imarflex.co.th,2558>

5.วิทยุและเครื่องเสียง เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนคลื่นวิทยุจากสถานีส่งเป็นคลื่นไฟฟ้าส่งผ่านลำโพง ลำโพงจะเปลี่ยนคลื่นไฟฟ้าเป็นคลื่นเสียง ผ่านภาควิทยุเพื่อเพิ่มเสียง นิยมนำไปใช้งานในด้านบันเทิง ฟังเพลง ฟังข่าวสารต่างๆ เพื่อผ่อนคลายความเครียด ดังแสดงในรูปที่ 11.39



(ก) วิทยุ



(ข) เครื่องเสียง

รูปที่ 11.39 แสดงลักษณะวิทยุและเครื่องเสียง

ที่มา : <http://www.anj 131.com,2558>



## สรุปท้ายหน่วย

วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง วัสดุที่นำมาใช้งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีการคำนึงถึงสมบัติ ประโยชน์การใช้งานของวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**ชนิดของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์** แบ่งออกได้ดังนี้

1. วัสดุตัวนำ
2. วัสดุกึ่งตัวนำ
3. วัสดุฉนวน

**แหล่งกำเนิดของไฟฟ้า** ได้แก่

1. เกิดจากการเหนี่ยวนำโดยการหมุนของขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็ก เช่น ไดนาโมเจนเนอเรเตอร์ อัลเตอร์เนเตอร์ เป็นต้น

2. เกิดจากปฏิกิริยาเคมี เช่น จากพลังงานแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซลาร์เซลล์

3. เกิดจากพลังงานความร้อน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซลาร์เซลล์

4. เกิดจากการเสียดสี เช่น การนำผ้าไหมถูกับแท่งแก้วจะเกิดไฟฟ้าสถิต มีประจุบวกที่แท่งแก้ว มีประจุลบที่ผ้าไหม

5. เกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น พายุแลบ พายุร้อง พายุผ่า เป็นต้น

6. เกิดจากสัตว์บางชนิดซึ่งมีประจุไฟฟ้าในตัวเอง เช่น ปลากระเบน ปลาไหลไฟฟ้า เป็นต้น

**ประเภทของไฟฟ้า** แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ไฟฟ้าสถิต (Static Electricity)

2. ไฟฟ้ากระแส (Current Electricity) คือ ไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระผ่านตัวนำประกอบด้วย

2.1 ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) คือ ไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระไปในทิศทางเดียวกันตลอด อย่างสม่ำเสมอ

2.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) คือ ไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระไปในทิศทางกลับไปมาเป็นระยะๆ

**อุปกรณ์ไฟฟ้า** ผลิตจากวัสดุไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟฟ้าไปใช้งานได้ตามความต้องการประกอบด้วย

1. สายไฟฟ้าและสายเคเบิล แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ 1. สายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้ม

2. สายไฟฟ้าที่ไม่มีฉนวนหุ้ม

**ชนิดของสายไฟฟ้า** มีดังนี้

1. สายอ่อน
2. สายเคเบิล
3. สายคู่
4. สายเคเบิล

2. ไดนาโม หรือเจนเนอเรเตอร์ เป็นอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยหลักการเหนี่ยวนำโดยการหมุนขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็ก พลังขับเคลื่อนการหมุนได้จากเครื่องยนต์ เครื่องเทอร์ไบน์

**3.เซลล์ไฟฟ้า** ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน คือ แบตเตอรี่และถ่านไฟฉาย ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวิธีการเกิดปฏิกิริยาเคมี

**4.สวิตช์ ใช้สำหรับปิด – เปิด** เพื่อตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่นำไปใช้ในงานวงจร

**5. หลอดไฟฟ้า** เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ให้แสงสว่าง และมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากใช้พลังงานจ่ายเข้าหลอดไฟเพียง 25 % อีก 75 % สูญเสียไปในรูปของความร้อน แบ่งออกได้เป็นดังนี้

1. หลอดเผาไส้ ( Incandescent Lamp ) 2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ ( Fluorescent Lamp )

**ส่วนประกอบวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีดังนี้**

1.สตาร์ทเตอร์ ( Starter ) 2.บัลลาสต์ ( Ballast )

**6.ปลั๊กไฟ** เป็นอุปกรณ์ที่ถูกกำหนดเป็นจุดจ่ายไฟ ตัวนำและฉนวนใช้วัสดุชนิดเดียวกันกับสวิตช์ ปลั๊กไฟประกอบด้วย 2 ลักษณะ คือ 6.1 ปลั๊กตัวผู้ 6.2 ปลั๊กตัวเมีย

**อุปกรณ์ป้องกันอันตรายเมื่อกระแสไฟเกินอัตรา มีดังนี้**

**1.ฟิวส์ ( Fuse )** ซึ่งแบ่งออกได้เป็นดังนี้ 1.1 ฟิวส์เส้น 1.2 ฟิวส์ปลั๊ก 1.3 คาร์ทริดจ์ฟิวส์

**2. เบรกเกอร์ ( Circuit Breaker ) หรือ ตัวตัดไฟอัตโนมัติ** เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ถูกออกแบบขึ้นมาสำหรับตัดต่อวงจรแทนมือ สามารถตัดวงจรโดยอัตโนมัติเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากกว่าปกติ ระบบการทำงานภายในอาศัยความร้อนหรืออำนาจแม่เหล็ก เบรกเกอร์นิยมใช้กันทั้งสองระบบทำงานด้วยแม่เหล็ก และความร้อนในตัวเดียวกัน

**3.สวิตช์อัตโนมัติ ( Automatic Switch )** ปัจจุบันนิยมใช้กันมาก จึงนำมาใช้แทนสะพานไฟ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไปเกินขนาดที่กำหนดไว้ สวิตช์จะตัดวงจรไฟฟ้าทันที และเมื่อทำการแก้ไขให้กระแสไฟฟ้าอยู่ในระดับปกติแล้ว สามารถกดปุ่ม ON วงจรไฟฟ้าจะต่อกันใหม่โดยไม่ต้องหาประแจมาเปลี่ยนฟิวส์

**วัสดุอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์** ได้มีการผลิตและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ามามีใช้ในการสร้างเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ มีดังนี้

**1.ทรานซิสเตอร์**

**2.ไดโอด** เป็นอุปกรณ์ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทางเดียว ทำจากวัสดุกึ่งตัวนำ ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีอยู่ 4 ชนิด คือ

2.1 ไดโอดธรรมดาใช้ในการเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

2.2 ไดโอดจำกัดค่า ( ซีเนอร์ไดโอด )

2.3 ไอซี

2.4 ตัวต้านทาน หรือ รีซิสเตอร์

**เครื่องใช้ไฟฟ้า** ในปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าได้นำมาใช้กันอย่างมากมายไม่ว่าจะเป็นโรงงาน อาคาร บ้านเรือน และสำนักงาน และหน่วยงานอื่นๆ เพื่อใช้เป็นเครื่องอำนวยความสะดวก หรือผ่อนคลายความเครียดให้กับมนุษย์เราได้แก่

1.ตู้เย็น 2.โทรทัศน์ 3.เครื่องปรับอากาศ 4.พัดลม 5.วิทยุและเครื่องเสียง

## คำศัพท์ประจำหน่วย

1. Static Electricity หมายถึง ไฟฟ้าสถิต
2. Current Electricity หมายถึง ไฟฟ้ากระแส
3. Direct Current หมายถึง ไฟฟ้ากระแสตรง
4. Alternating Current หมายถึง ไฟฟ้ากระแสสลับ
5. Automatic Switch หมายถึง สวิตช์อัตโนมัติ

## ใบงานหน่วยที่ 11

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ครูผู้สอนให้ผู้เรียนไปค้นคว้า ตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในตารางด้านล่างและบอกลักษณะวัสดุที่นำมาใช้ผลิตวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ลงในตารางที่กำหนดให้ ( คะแนนเต็ม 2 คะแนน ) เวลา 4 นาที

ลำดับที่	ชนิดของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	วัสดุที่นำมาใช้ผลิต
ตัวอย่าง	วัสดุตัวนำ	เงิน ทองแดง อะลูมิเนียม ดีบุก ตะกั่ว เหล็ก ทองคำ พรอท กราไฟต์ และ วัสดุที่เป็นโลหะเกือบทั้งหมด
1		
2		

2. ครูผู้สอนให้ผู้เรียนไปค้นคว้า ตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในตารางด้านล่าง จำนวน 4 ตัวอย่าง และบอกลักษณะการใช้งานลงในตารางที่กำหนดให้ ( คะแนนเต็ม 4 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ประเภท	ชื่อชิ้นงาน	ลักษณะการใช้งาน
ตัวอย่าง	อุปกรณ์ไฟฟ้า	โทรทัศน์	ใช้สำหรับดูภาพเคลื่อนไหว
1.			
2.			
3.			
4.			

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 11

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
2. จงบอกชนิดวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
3. จงบอกแหล่งกำเนิดของไฟฟ้า
4. ไฟฟ้าแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
5. จงยกตัวอย่างชนิดของสายไฟที่นิยมใช้กันทั่วไปมา 3 ชนิด
6. จงยกตัวอย่างอุปกรณ์ป้องกันอันตรายเมื่อกระแสไฟเกินอัตรา
7. จงยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้ามา 5 ชนิด
8. จงยกตัวอย่างอุปกรณ์ป้องกันอันตรายเมื่อกระแสไฟเกินอัตรา มา 3 ชนิด
9. จงยกตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์มา 4 ชนิด
10. จงยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้ามา 5 ชนิด

## เฉลยใบงานหน่วยที่ 11

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ครูผู้สอนให้ผู้เรียนไปค้นคว้า ตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในตารางด้านล่างและบอกลักษณะวัสดุที่นำมาใช้ผลิตวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ลงในตารางที่กำหนดให้ ( คะแนนเต็ม 2 คะแนน ) เวลา 4 นาที

ลำดับที่	ชนิดของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	วัสดุที่นำมาใช้ผลิต
ตัวอย่าง	วัสดุตัวนำ	เงิน ทองแดง อะลูมิเนียม ดีบุก ตะกั่ว เหล็ก ทองคำ พรอท กราไฟต์ และ วัสดุที่เป็นโลหะเกือบทั้งหมด
1.	วัสดุกึ่งตัวนำ	ซิลิกอน เยอรมันเนียม
2.	วัสดุฉนวน	ยาง ไม้ พลาสติก กระดาษ หนังก แก้ว กระเบื้อง ไชหิน

2. ครูผู้สอนให้ผู้เรียนไปค้นคว้า ตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในตารางด้านล่าง จำนวน 4 ชนิด และบอกลักษณะการใช้งานลงในตารางที่กำหนดให้ ( คะแนนเต็ม 4 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ที่	ชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า	ลักษณะการใช้งาน
ตัวอย่าง	โทรทัศน์	ใช้สำหรับดูภาพเคลื่อนไหว
1.	ตู้เย็น	แช่เย็น น้ำ อาหาร และเครื่องคิมต่างๆ
2.	เครื่องปรับอากาศ	หลักการทำงานเหมือนกับตู้เย็น แต่จะมีชุดพัดลมเป่าผ่านแผงขดความเย็นออกมาตามช่องกระจายไปภายในบริเวณห้องทำให้อากาศภายในห้องเย็นสบาย
3.	พัดลม	เป็นเครื่องเป่าระบายอากาศและลดความร้อนภายในอาคาร บ้านเรือน และสำนักงานต่างๆ
4.	วิทยุและเครื่องเสียง	เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนคลื่นวิทยุจากสถานีส่งเป็นคลื่นไฟฟ้าส่งผ่านลำโพง ลำโพงจะเปลี่ยนคลื่นไฟฟ้าเป็นคลื่นเสียง ผ่านภาคขยายเพื่อเพิ่มเสียง นิยมนำไปใช้งานในด้านบันเทิง

หมายเหตุ คำตอบอาจจะอยู่ในคู่มือพินิจของครู

## ใบประเมินผลใบงาน หน่วยที่ 11

ชื่อ – ชื่อสกุล .....

แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 11	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน )	ดีมาก ( 5 - 6 )	ดี ( 3 - 4 )	พอใช้ ( 1 - 2 )

## เกณฑ์การประเมินผล

- |                          |           |       |         |              |
|--------------------------|-----------|-------|---------|--------------|
| <input type="checkbox"/> | 5 - 6     | คะแนน | หมายถึง | ดีมาก        |
| <input type="checkbox"/> | 3 - 4     | คะแนน | หมายถึง | ดี           |
| <input type="checkbox"/> | 1 - 2     | คะแนน | หมายถึง | พอใช้        |
| <input type="checkbox"/> | ต่ำกว่า 1 | คะแนน | หมายถึง | ต้องปรับปรุง |

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวนใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 11 และทำใบงานใหม่

## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 11

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตอบ วัสดุที่นำมาใช้ในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีการคำนึงถึงสมบัติ ประโยชน์การใช้งานของวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แบ่งออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

ตอบ 3 ชนิด คือ 1. วัสดุตัวนำ 2. วัสดุกึ่งตัวนำ 3. วัสดุฉนวน

3. จงบอกแหล่งกำเนิดของไฟฟ้า

ตอบ 1. เกิดจากการเหนี่ยวนำโดยการหมุนของขดลวดตัดกับสนามแม่เหล็ก เช่น ไดนาโม เบนเนอเรเตอร์ อัลเตอร์เนเตอร์ เป็นต้น

2. เกิดจากปฏิกิริยาเคมี เช่น จากพลังงานแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซลาร์เซลล์

3. เกิดจากพลังงานความร้อน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซลาร์เซลล์

4. เกิดจากการเสียดสี เช่น การนำผ้าไหมถูกับแท่งแก้วจะเกิดไฟฟ้าสถิต มีประจุบวกที่แท่งแก้ว มีประจุลบที่ผ้าไหม

5. เกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น พายุแลบ พายุร้อง พายุผ่า เป็นต้น

6. เกิดจากสัตว์บางชนิดซึ่งมีประจุไฟฟ้าในตัวเอง เช่น ปลากระเบน ปลาไหลไฟฟ้า

4. ไฟฟ้าแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

ตอบ 2 ประเภท คือ 1. ไฟฟ้าสถิต คือ ไฟฟ้าที่ถูกเก็บประจุบวกและประจุลบไว้คนละตำแหน่ง ไม่สามารถเคลื่อนที่เข้าหากันได้ เว้นแต่นำสารทั้งสองมาแตะ หรือเอาตัวนำมาต่อกันจึงจะสามารถเคลื่อนที่เข้าหากันได้

2. ไฟฟ้ากระแส คือ ไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระผ่านตัวนำประกอบด้วย

2.1 ไฟฟ้ากระแสตรง คือ ไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระไปในทิศทางเดียวกันตลอด อย่างสม่ำเสมอ

2.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ คือ ไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระไปในทิศทางกลับไปมาเป็นระยะๆ



5. จงยกตัวอย่างชนิดของสายไฟที่นิยมใช้กันทั่วไป

ตอบ 1. สายอ่อน เป็นสายหุ้มด้วยพลาสติก PVC ภายในประกอบด้วยเส้นลวดทองแดงจำนวนมาก เป็นสายคู่ ใช้สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กระแสไฟฟ้าน้อย เช่น ใช้เป็นสายพัดลม สายโทรทัศน์ สายวิทยุ และสายกระดิกน้ำร้อน

2. สายเดี่ยว เป็นสายไฟฟ้าชนิดหุ้มมีแกนลวดทองแดงอยู่ภายในจำนวน 1 เส้น ใช้สำหรับเดินสายไฟฟ้าทั้งภายในและภายนอกอาคาร ในการเดินสายไฟไม่นำมารัดด้วยคลิป แต่จะใช้ร้อยในท่อแล้วยึดต่อให้ติดกับโครงเหล็ก ผนัง หรือ วางบนราง

3. สายคู่ เป็นสายไฟฟ้าชนิดหุ้ม มีแกนลวดทองแดงอยู่ภายในจำนวน 2 เส้น หรืออาจมี 3 เส้น กรณีใช้สายดิน นิยมนำไปใช้เดินสายไฟฟ้าภายในบ้านและภายในอาคาร

4. สายเคเบิล เป็นสายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้มอย่างแน่นหนา อาจจะมีหลายชั้น เป็นสายไฟที่ออกแบบมาให้ใช้สำหรับฝังดินหรือใต้น้ำ

5. จงอธิบายหลักการทำงานของหลอดเผาไส้

ตอบ เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในหลอดที่มีความต้านทานสูงซึ่งทำมาจากลวดทังสเตน ทำให้ไส้หลอดร้อนมากขึ้น จนกระทั่งเปล่งแสงออกมา ไส้หลอดไม่หลอมละลายเนื่องจากไส้หลอดอยู่ในสุญญากาศ หรือหลอดบรรจุก๊าซเฉื่อย

6. ส่วนประกอบวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีอะไรบ้าง

ตอบ 1. สตาร์ทเตอร์ 2. บัลลาสต์

7. ปลั๊กไฟมีกี่ลักษณะ อะไรบ้าง

ตอบ 2 ลักษณะ คือ 1. ปลั๊กตัวผู้ 2. ปลั๊กตัวเมีย

8. จงยกตัวอย่างอุปกรณ์ป้องกันอันตรายเมื่อกระแสไฟเกินอัตรา มา 3 ชนิด

ตอบ 1. ฟิวส์ 2. เบรกเกอร์ หรือ ตัวตัดไฟอัตโนมัติ 3. สวิตช์อัตโนมัติ

9. จงยกตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์มา 4 ชนิด

ตอบ 1. ทรานซิสเตอร์ 2. ไดโอด 3. ไอซี 4. ตัวต้านทาน

10. จงยกตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้ามา 5 ชนิด

ตอบ 1. ตู้เย็น 2. โทรทัศน์ 3. เครื่องปรับอากาศ 4. พัดลม 5. วิทยุและเครื่องเสียง



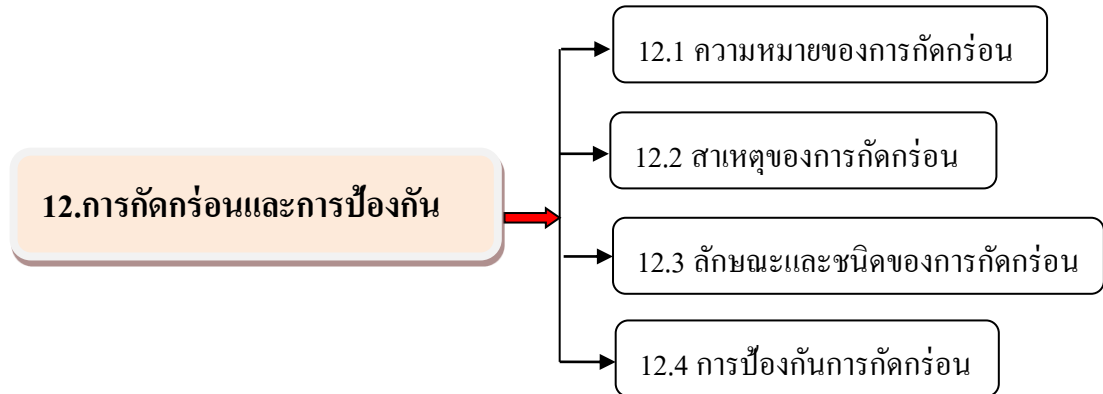
## เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

## หน่วยที่ 12 การกัดกร่อนและการป้องกัน



## ผังมโนทัศน์



## หน่วยที่ 12

### การกั้ดกร่อนและการป้องกัน

#### แนวคิด

ผลกระทบที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักรกล อายุการใช้งาน และความปลอดภัยในการใช้งานของเครื่องมือดังกล่าว ส่วนหนึ่งมาจากการกั้ดกร่อน เนื่องจากการใช้งานติดต่อกันยาวนานและการทำปฏิกิริยาระหว่างวัสดุกับสภาพสิ่งแวดล้อม เช่น แก๊สออกซิเจนในอากาศ น้ำ กรด และด่างหรือความร้อนในระบบงานอุตสาหกรรมจึงได้มีการคิดค้นและหาวัสดุป้องกันการกั้ดกร่อนทุกรูปแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรกล ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น และเกิดความปลอดภัยมากที่สุด

#### สาระการเรียนรู้

- 12.1 ความหมายของการกั้ดกร่อน
- 12.2 สาเหตุของการกั้ดกร่อน
- 12.3 ลักษณะและชนิดของการกั้ดกร่อน
- 12.4 การป้องกันการกั้ดกร่อน

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของการกั้ดกร่อนได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายสาเหตุของการกั้ดกร่อนได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายลักษณะและชนิดของการกั้ดกร่อนได้อย่างถูกต้อง
4. บอกวิธีการป้องกันการกั้ดกร่อนได้อย่างถูกต้อง
5. มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### 12.1 ความหมายของการกัดกร่อน

การกัดกร่อน (Corrosion) หมายถึง การเสื่อมสภาพหรือการเปลี่ยนแปลงของผิวหรือเนื้อของวัสดุชิ้นงาน อันเนื่องมาจากสภาพดินฟ้าอากาศ หรือจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีทำให้วัสดุชิ้นงานนั้นค่อยๆ เสื่อมสภาพลงไปเรื่อยๆ จนไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 12.1



รูปที่ 12.1 แสดงลักษณะการกัดกร่อนของชิ้นงาน

ที่มา : <http://www.thanasarn.co.th>, 2558

### 12.2 สาเหตุของการกัดกร่อน

การกัดกร่อน เป็นการผุพังของโลหะหรือวัสดุข้างเมื่อใช้ไปเป็นเวลานานๆ และเป็น การเปลี่ยนแปลงสมบัติของโลหะ หรือเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างวัสดุกับสภาพสิ่งแวดล้อม เช่น แก๊สออกซิเจนในอากาศ น้ำ กรด หรือด่าง หรือความร้อน ทำให้เกิดการผุพัง ชำรุด และแตกหัก เป็นต้น

### 12.3 ลักษณะและชนิดของการกัดกร่อน

การกัดกร่อนจะสร้างความเสียหายแก่เครื่องมือ เครื่องจักรกล ที่ใช้ในระบบงานภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม หรือที่เกี่ยวข้อง เครื่องใช้ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างมาก ทำให้เกิดการแตกหัก เกิดการชำรุด พังทลาย เกิดไฟไหม้ เกิดการระเบิด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาลักษณะและชนิดของการกัดกร่อนให้เข้าใจเพื่อเป็นการนำไปสู่การใช้มาตรการป้องกัน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แบ่งออกได้ 8 ชนิด ดังนี้

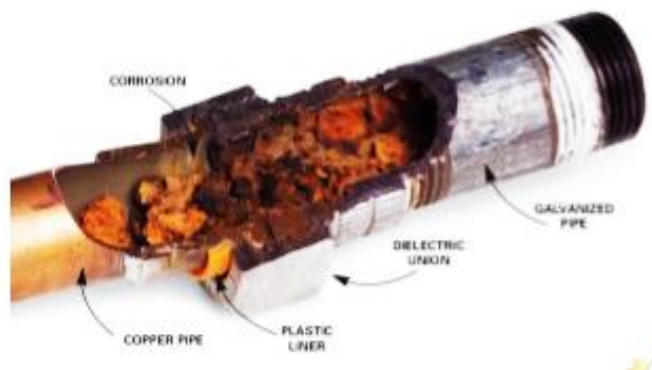
1. การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ (Uniform Corrosion) เกิดขึ้นเพราะวัสดุสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม โดยอัตราความสูญเสียพื้นผิวของวัสดุที่บริเวณที่สัมผัสปัจจัยให้เกิดการกัดกร่อนต่างๆ โดยเฉลี่ยจะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 12.2



รูปที่ 12.2 แสดงลักษณะการกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ

ที่มา : <https://www.slideshare.net/woravith/metal-and-metalloids-12252404, 2558>

2. การกัดกร่อนเนื่องจากความต่างศักย์ (Galvanic Corrosion) เกิดจากวัสดุโลหะ ที่เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ 2 ชนิดที่ต่างกันหรือวัสดุชนิดเดียวกันแต่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ต่างกัน มาเชื่อมต่อกันจะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนระหว่างวัสดุทั้งสองหากทำให้การสูญเสียอิเล็กตรอนของวัสดุที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำกว่าและจะถูกกัดกร่อนในที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 12.3



รูปที่ 12.3 แสดงลักษณะการกัดกร่อนเนื่องจากความต่างศักย์

ที่มา : <https://www.slideshare.net/woravith/metal-and-metalloids-12252404, 2558>

ตารางที่ 12.1 แสดงลักษณะอนุกรมแรงดันไฟฟ้า

ชื่อโลหะ	ความต่างศักย์ ( โวลต์ )
1.เงิน ( Ag )	+ 0.80
2.ทอง ( Au )	+ 1.50
3. ทองแดง ( Cu )	+ 0.35
4. ไฮโดรเจน ( H )	0
5. ตะกั่ว ( Pb )	- 0.12
6. ดีบุก ( Sn )	- 0.14
7. นิกเกิล ( Ni )	- 0.23
8. เหล็ก ( Fe )	- 0.44
9. โครเมียม ( Cr )	- 0.56
10. สังกะสี ( Zn )	- 1.76
11. อะลูมิเนียม ( Al )	-1.70

3. การกัดกร่อนแบบช่องแคบ (Crevice Corrosion) เกิดจากวัสดุสัมผัสสารละลายบางชนิดที่สามารถแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้าหรือเกิดจากบริเวณพื้นผิวที่การถ่ายเทของเหลวไม่ดี ส่งผลต่อการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกัน มักเกิดตามรอยแยกหรือตามซอกต่างๆของวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ 12.4



รูปที่ 12.4 แสดงลักษณะการกัดกร่อนแบบช่องแคบ

ที่มา : <https://www.slideshare.net/woravith/metal-and-metalloids-12252404> , 2558

4. การกัดกร่อนแบบเป็นหลุม (Pitting) ส่วนมากเกิดจากวัตถุอยู่สัมผัสสารละลายพวกคลอไรด์ เช่น น้ำทะเล เมื่อวัตถุถูกกัดกร่อน บริเวณกัดกร่อนจะเป็นรูหรือหลุม อาจถูกบดบังด้วยตัวกัดกร่อนเอง มักเกิดแบบเฉียบพลันตรวจพบได้ยาก มีขนาดเล็ก ส่วนใหญ่พบในวัสดุโลหะที่สามารถสร้างชั้นป้องกันได้ ดังแสดงในรูปที่ 12.5



รูปที่ 12.5 แสดงลักษณะการกัดกร่อนแบบเป็นหลุม

ที่มา : <https://www.slideshare.net/woravith/metal-and-metalloids-12252404>, 2558

5. การกัดกร่อนตามขอบเกรน (Intergranular Corrosion) มักเกิดกับเหล็กกล้าไร้สนิม ในบริเวณที่มีการเชื่อมต่อ โดยเหล็กจะสูญเสียโครเมียมในรูปคาร์ไบด์ เมื่อเกิดการสูญเสียจะขาดโครเมียมในการสร้างการป้องกันเนื้อเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 12.6



รูปที่ 12.6 แสดงลักษณะการกัดกร่อนตามขอบเกรน

ที่มา : <https://www.google.co.th> , 2558

6. การกัดกร่อนแบบเลือก (Selective Leaching or Dealloying) เกิดวัตถุที่เป็นโลหะผสมที่ธาตุ โลหะหนึ่งเสถียรกว่าธาตุหนึ่งเมื่อสัมผัสสภาพแวดล้อม เช่น การกัดกร่อนของทองเหลือง โดยทองเหลืองจะสูญเสียสังกะสี เหลือแต่ทองแดงทำให้เป็นรูพรุน รูปทรงของวัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลงแต่ความแข็งแรงจะลดลง สามารถลดการกัดกร่อนได้โดยเติมดีบุกลงไปประมาณร้อยละ 1 ในทองเหลือง ดังแสดงในรูปที่ 12.7





รูปที่ 12.7 แสดงลักษณะการกัดกร่อนแบบเลือก

ที่มา : <https://www.google.co.th/search?q , 2558>

7. การกัดกร่อนแบบกัดเซาะ (Erosion Corrosion) เกิดจากปฏิกิริยาเคมีและการเคลื่อนที่ของไหลหรือเคลื่อนที่ของสารละลายหรือของเหลวที่มีผลต่อการกัดกร่อน ดังแสดงในรูปที่ 12.8



รูปที่ 12.8 แสดงลักษณะการกัดกร่อนแบบกัดเซาะ

ที่มา : <https://www.google.co.th/search?biw=1040&bih=619&tbm=isch&sa , 2558>

8. การกัดกร่อนโดยความเค้น (Stress corrosion) เกิดจากความเค้นหรือแรงเค้นของสภาพแวดล้อม เช่น การตัด การคัด ความร้อนภายนอก การสั่นสะเทือน หรือความเค้นจากภายในของวัตถุที่อาจหลงเหลือจากการขึ้นรูป การยึดตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 12.9



รูปที่ 12.9 แสดงลักษณะการกัดกร่อนโดยความเค้น

ที่มา : <https://www.google.co.th/search?biw=1040&bih=619&tbm=isch&sa, 2558>

#### 12.4 การป้องกันการกัดกร่อน

การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ เป็นการช่วยยืดให้อายุการใช้งานของวัสดุงานให้ยาวนานขึ้นแบ่งออกได้ดังนี้

**1.การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า** ถ้าพบว่าชิ้นงานเกิดการกัดกร่อนไม่มากนัก ให้ใช้กระดาษทราย แปรงลวด แปรงทองเหลือง หรือ หินเจียรนัยขัดตกแต่งจนสะอาดแล้วเคลือบด้วยสารป้องกันการกัดกร่อน ถ้าชิ้นงานมีการกัดกร่อนมาก ควรเปลี่ยนชิ้นงานใหม่แล้วเคลือบด้วยสารป้องกันการกัดกร่อน ดังแสดงในรูปที่ 12.10



รูปที่ 12.10 แสดงลักษณะการใช้กระดาษทรายขัดชิ้นงาน

ที่มา : <https://www.tonnanie.wordpress.com , 2558>

2. การเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับลักษณะงาน ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละอย่าง ควรเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับลักษณะงานนั้นๆ เช่น ใช้สแตนเลสทำถังน้ำหรือ ภาชนะบรรจุอาหาร เพราะเวลาโดนความชื้น หรือน้ำจะไม่เกิดเป็นสนิมหรือใช้อะลูมิเนียมทำเครื่องใช้ที่สัมผัสกับอากาศ เพราะผิวของอะลูมิเนียมเมื่อทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนในอากาศจะเกิดอะลูมิเนียมออกไซด์ทนต่อการกักต่อนได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 12.11



(ก) ถังบรรจุน้ำทำด้วยสแตนเลส



(ข) ภาชนะบรรจุอาหารทำด้วยสแตนเลส

รูปที่ 12.11 แสดงลักษณะการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับงาน

ที่มา : <http://www.sttwater.com>, 2558

3. การเคลือบผิวด้วยน้ำมัน เป็นการใช้น้ำมันทา อาบหรือชโลมผิว น้ำมันจะช่วยให้การป้องกันการกัดกร่อนผิวของโลหะได้ดี เกิดเป็นสนิมได้ยาก ก่อนที่จะทาน้ำมัน ต้องทำความสะอาดผิวของชิ้นงานก่อน น้ำมันที่ใช้ ได้แก่ น้ำมันเครื่อง น้ำมันแร่และ ไชพาราฟินหรือวาสลิน หรือน้ำมันกันสนิม ใช้สำหรับเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น เครื่องกลึง เครื่องไส เครื่องกัด เครื่องเจาะ และชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ที่เก็บไว้ใช้งานในกระบวนการผลิต เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 12.12



(ก) การเคลือบผิวชิ้นส่วนเครื่องยนต์

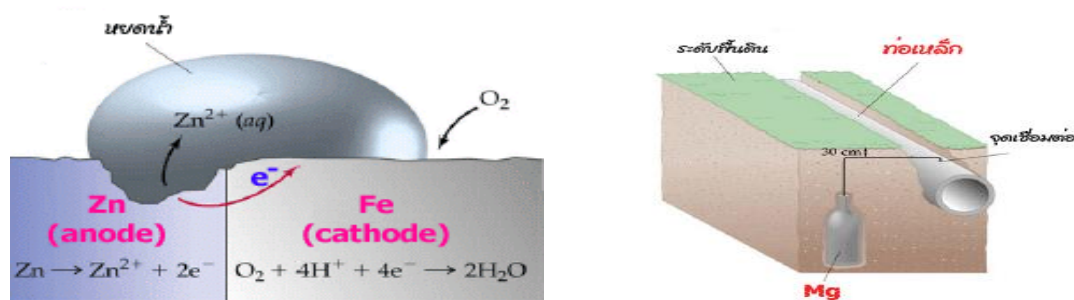


(ข) การเคลือบผิวชิ้นส่วนเครื่องกล

รูปที่ 12.12 แสดงลักษณะการเคลือบผิวน้ำมัน

ที่มา : <https://www.pantip.com/topic>, 2558

4.วิธีการป้องกันการกัดกร่อนแบบแคโทดิก โลหะเกิดการกัดกร่อนจากการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี โดยโลหะจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นเช่นเดียวกับแอโนดในเซลล์กัลวานิกหรือเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ดังนั้นถ้าไม่ต้องการให้เกิดการผุกร่อนจึงต้องให้โลหะนั้นมีสถานะเป็นแคโทดหรือคล้ายกับแคโทด โดยใช้โลหะที่เสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่าเหล็ก (มีค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์รีดักชันน้อยกว่าเหล็ก) ไปอยู่กับเหล็กเช่น การเชื่อมต่อแมกนีเซียมตามท่อ หรือตามโครงเรือ จะทำให้เหล็กผุกร่อนช้าลง เนื่องจากแมกนีเซียมเสียอิเล็กตรอนง่ายกว่าเหล็ก จะเสียอิเล็กตรอนแทน เปรียบเสมือนกับให้แมกนีเซียมเป็นแอโนด และให้เหล็กเป็นแคโทด จึงเรียกวิธีนี้ว่า “วิธีแคโทดิก” ดังแสดงในรูปที่ 12.13



รูปที่ 12.13 แสดงลักษณะวิธีการป้องกันการกัดกร่อนแบบแคโทดิก

<https://www.nutchar.wordpress.com, 2558>

5. การเคลือบผิวด้วยการทาสีหรือพ่นสี การทาสีหรือการพ่นสี ทำให้เกิดความสวยงาม และเป็นการป้องกันการกัดกร่อนของวัสดุงานก่อนทาหรือพ่นสีนั้น ต้องทำความสะอาดผิวงาน เช็ดด้วยสารละลาย เช่น ทินเนอร์ น้ำมันสนก่อน ซึ่งมีลำดับขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 ทาหรือพ่นสีรองพื้น เพื่อให้สีเกาะติดกับผิวชิ้นงาน ป้องกันสนิม และป้องกันสี  
ก่อนรองสีรองพื้นแห้ง

ขั้นที่ 2 ทาหรือพ่นสีจริงบางๆ แล้วปล่อยให้แห้ง

ขั้นที่ 3 ทาหรือพ่นสีจริงหนาอีก 1 เทียว รวมทั้งหมดเป็นการทาหรือพ่น จำนวน 3 เทียว  
เมื่อสีแห้งสนิทสามารถป้องกันการกัดกร่อนได้



(ก) การเคลือบผิวชิ้นส่วนรถยนต์



(ข) การเคลือบผิวชิ้นส่วนเครื่องกล

รูปที่ 12.14 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการพ่นสี

ที่มา : <https://www.youtube.com,2558>

6.การเคลือบผิวด้วยน้ำยา นิยมใช้กับเครื่องใช้ประจำบ้าน เช่น ถ้วย ชาม จาน โถ กระเบื้องปูพื้น เป็นต้น น้ำยาที่ใช้ คือ น้ำยาแก้ว ใช้ทาหรือจุ่มลงบนผิวงาน แล้วนำไปอบในเตาที่ อุณหภูมิสูงประมาณ 600 – 900 องศาเซลเซียส น้ำยาจะแข็งใส แวววาว สวยงาม คงทน สามารถ ป้องกันการกักร่อนและความร้อนได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 12.15



(ก) การเคลือบผิวชาม



(ข) การเคลือบผิวกระเบื้องปูพื้น

รูปที่ 12.15 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยน้ำยา

ที่มา : <http://www.siamkaewkumsai.blogspot.com,2558>

7. การเคลือบผิวด้วยวิธีเคมี จะต้องพิจารณาถึงความถูกต้องและความเหมาะสม เพื่อช่วย ป้องกันการกักร่อน โดยชิ้นงานที่ได้จะมีคุณภาพ ซึ่งนิยมนำมาใช้ 5 วิธี คือ

1.การรมดำ เป็นวิธีทำให้เหล็กมีผิวสีดำ นิยมนำมาใช้ทำกับงานชุบโครม เช่น ปืน มีด ดาบ ชิ้นส่วนรถถัง เป็นต้น วิธีการรมดำ คือ การทำด้วยน้ำมันรมดำ เผาผิวชิ้นงานให้ทั่วโดยใช้ อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส ทำซ้ำกันหลายๆครั้ง จะได้ผิวงานดำเป็นมัน สามารถป้องกันการ กักร่อนได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 12.16



(ก) การรรมค้ำมีด

(ข) การรรมค้ำปืน

รูปที่ 12.16 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการรรมค้ำ

ที่มา : <http://www.siamkaewkumsai.blogspot.com,2558>

2.การชุบฟอสเฟต เป็นกรรมวิธีเคลือบผิวเหล็กด้วยฟอสเฟตและแมงกานีส โดยใช้น้ำยาฟอสเฟตเป็น ปฏิกริยาเคมี จะทำให้ผิว เหล็กมีสีเทาดำ และผิวของชิ้นงานเกาะติดสีที่เคลือบได้ดีมากนำไปใช้กับงานตัวถังรถยนต์ ตู้เย็น ตัวถังเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น วิธีการชุบฟอสเฟต คือนำชิ้นงานส่วนที่เป็นเหล็กที่ทำความสะอาดแล้ว จุ่มลงในน้ำยาฟอสเฟต ที่อุณหภูมิประมาณ  $\frac{1}{2}$  - 1 ชั่วโมง น้ำยาจะทำปฏิกิริยากับผิวงาน สามารถนำไปพ่นสีป้องกันการกัดกร่อนได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 12.17



( ก ) การชุบฟอสเฟตตัวถังรถยนต์

( ข ) การชุบฟอสเฟตโครงเตารีด

รูปที่ 12.17 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการชุบฟอสเฟต

ที่มา : <http://www.itemsell.net com, 2558>

**3.วิธีอีลือกซาล** เป็นวิธีที่ทำให้ผิวอะลูมิเนียมเปลี่ยนเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ สามารถนำอะลูมิเนียมไปเชื่อมเป็น สีสต่างๆได้ดี สามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ดี วิธีอีลือกซาล คือ การนำอะลูมิเนียมเป็นขั้วบวก และตะกั่วเป็นขั้วลบ จุ่มลงในกรดกำมะถันเจือจาง ปลดปล่อยไฟฟ้ากระแสตรงเข้าขั้วบวก และขั้วลบ ประมาณ 2 – 3 นาที ผิวของอะลูมิเนียมจะเปลี่ยนเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ มีความแข็ง และสีที่ทึบกว่าเดิม ดังแสดงในรูปที่12.18



รูปที่ 12.18 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยวิธีอีลือกซาล

ที่มา : <http://www.siamkaewkumsai.blogspot.com,2558>

**4.การเคลือบผิวด้วยแมกนีเซียม** ผิวแมกนีเซียมผสม ถ้าปล่อยให้ทำปฏิกิริยากับอากาศ ชิ้นงานจะผุสลายอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเมื่อผลิตชิ้นงานแมกนีเซียมผสมเสร็จแล้ว ต้องนำชิ้นงานไปจุ่มลงในน้ำยาโพแทสเซียมโครเมต หรือโซเดียมโครเมต ประมาณ 1 – 2 นาที ผิวชิ้นงานจะเปลี่ยนเป็นสีทองเหลือง สามารถพ่นหรือทาสีทับป้องกันการกัดกร่อนได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 12.19



รูปที่ 12.19 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยแมกนีเซียม

ที่มา : <http://www.siamkaew.com,2558>

**5.วิธีปิดด้วยโลหะอื่น** ประกอบด้วยกรรมวิธีต่างๆดังนี้

**1.อบด้วยโลหะเหลว** เป็นวิธีทำให้ผิวเหล็กถูกอบด้วยสังกะสีหรือดีบุก นิยมใช้มุ่งหลังคาอบกระป๋องบรรจุอาหาร อบท่อประปา วิธีการทำ คือ การนำชิ้นงานส่วนที่เป็นเหล็กไปเผาไล่ไขมัน

แล้วจุ่มลงในน้ำกรดร้อนกัดผิวเหล็กจนสะอาด ล้างและเป่าให้แห้ง แล้วจึงนำไปจุ่มลงในสังกะสีเหลว หรือดีบุกเหลว เมื่อปล่อยให้แห้งสังกะสีหรือดีบุกจะปิดผิวเหล็ก สามารถป้องกันการกัดกร่อนในบรรยากาศได้ดีมาก ดังแสดงในรูปที่ 12.20



(ก) การเคลือบผิวกระป๋องบรรจุอาหาร



(ข) การเคลือบผิวเหล็กทาบสังกะสี

รูปที่ 12.20 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการอาบด้วยโลหะเหลว

ที่มา : <http://www.bloggang.com> , 2558

**2.ชุบโลหะ** เป็นวิธีการทำให้ผิวงานสวยงามและป้องกันการกัดกร่อนได้ดี โลหะงานที่นิยมชุบ คือเหล็ก ส่วนโลหะที่นำมาใช้ชุบได้แก่ โครเมียม นิกเกิล ทองแดง และแคดเมียม วิธีการชุบโลหะ คือ การนำแท่งโลหะชุบเป็นขั้วบวก นำชิ้นงานเป็นขั้วลบ นำไปจุ่มลงในน้ำยาซัลเฟตของโลหะชุบ ปล่อยไฟฟ้ากระแสตรงเข้าขั้วบวกครบวงจรที่ขั้วลบ โลหะชุบ( ขั้วบวก ) จะละลายเป็นผงเล็กๆจะวิ่งผ่านน้ำยาไปเกาะที่ชิ้นงาน ( ขั้วลบ ) อย่างสม่ำเสมอจนทั่วผิวชิ้นงาน จะได้ผิวงานที่ชุบสวยงามและเป็นการป้องกันการกัดกร่อนได้ดี ได้แก่ ชิ้นส่วนรถยนต์จักรยานยนต์ ราวระเบียง ราวบันได ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 12.21



(ก) การชุบชิ้นส่วนรถยนต์



(ข) การชุบราวบันได

รูปที่ 12.21 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการชุบโลหะ

ที่มา:<http://www.coezinc.com>,2558



**3.ควบอัดรีดเป็นแผ่น** เป็นวิธีป้องกันการกัดกร่อนผิวงานที่เป็นแผ่น วิธีการทำ คือนำโลหะที่ต้องการปิดผิวงาน เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม ดีบุก วางทับผิวบนของชิ้นงานโลหะทั้งด้านบนและด้านล่าง แล้วนำไปรีดร้อน โลหะผิวจะถูกรีดติดกับชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 12.22



รูปที่ 12.22 แสดงลักษณะการควบอัดรีดเป็นแผ่น

ที่มา : <https://www.thai.alibaba.com,2558>

**4.การพ่นพอกผิวด้วยโลหะร้อน** เป็นวิธีป้องกันการกัดกร่อนและพอกผิวงานที่ถูกใช้งานจนสึกหรอแล้ว เพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกโลหะเหลวที่ใช้พ่นได้แก่ ทองเหลือง ตะกั่ว สังกะสี อะลูมิเนียม เหล็กผสม เป็นต้น วิธีการทำ คือ ทำความสะอาดเตรียมผิวชิ้นงาน เลือกลวดโลหะที่จะพ่น หลอมละลายลวดโลหะพ่น ให้ความร้อนแก่ผิวงาน ใช้ลมอัดพ่นโลหะลงบนผิวงานอย่างสม่ำเสมอจนทั่วผิว และได้ความหนาตามที่ต้องการแล้วจึงปล่อยให้ผิวงานแข็งตัว ผิวงานที่ผ่านการพ่นพอกด้วยโลหะร้อน ผิวสำเร็จจะมีความสวยงามแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 12.23



รูปที่ 12.23 แสดงลักษณะการพ่นพอกผิวโลหะร้อน

ที่มา : <http://www.frontken-thai.blogspot.com, 2558>

**5.การเคลือบด้วยพลาสติก** เป็นวิธีทำให้พลาสติกหลอมละลายเคลือบลงบนผิวงาน สามารถป้องกันการกักกรองและยังเป็นฉนวนป้องกันไฟฟ้าได้ดี วิธีการทำ คือ ทำความสะอาดผิวของชิ้นงานให้ผิวงานหยาบเพื่อให้พลาสติกสามารถเกาะติดผิวงานทำการหลอมเม็ดพลาสติกให้เหลวแล้วนำไปใช้ลมอัดพ่นลงบนผิวงานให้หนาประมาณ 0.8 – 1.2 มม. หรืออีกวิธีหนึ่ง คือนำชิ้นงานที่ทำความสะอาดแล้วไปจุ่มลงในพลาสติกเหลวแล้วนำไปอบในเตาอบจนสุก พลาสติกจะเกาะติดแน่นกับผิวของชิ้นงาน นิยมนำไปใช้เคลือบผิวของชิ้นวางของราวตากผ้า ไม้แขวนเสื้อ บานประตู รั้ว ชิ้นส่วนของพัดลม ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ ชั้นวางงาน ชั้นวางแก้ว เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 12.24



(ก) การเคลือบผิวชั้นวางงาน

(ข) การเคลือบผิวไม้แขวนเสื้อ

รูปที่ 12.24 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยพลาสติก

ที่มา : <http://www.lazada.co.th>, 2558

### สรุปท้ายหน่วย

การกั้ดกร่อน หมายถึงการเสื่อมสภาพหรือการเปลี่ยนแปลงของผิวหรือเนื้อของวัสดุชิ้นงาน อันเนื่องมาจากสภาพดินฟ้าอากาศ หรือจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีทำให้วัสดุชิ้นงานนั้นค่อยๆเสื่อมสภาพลง ไปเรื่อยๆจนไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป

#### สาเหตุของการกั้ดกร่อน

การกั้ดกร่อน เป็นการผุพังของโลหะหรือวัสดุช่างเมื่อใช้ไปเป็นเวลานานๆ และเป็นการเปลี่ยนแปลงสมบัติของโลหะ

#### ลักษณะและชนิดของการกั้ดกร่อน

การกั้ดกร่อนจะสร้างความเสียหายแก่เครื่องมือ เครื่องจักรกล ที่ใช้ในระบบงานภาค เกษตรกรรม อุตสาหกรรม หรือที่เกี่ยวข้อง เครื่องใช้ อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันอย่าง มากมาย ทำให้เกิดการแตกหัก เกิดการชำรุด พังทลาย เกิดไฟไหม้ เกิดการระเบิด ลักษณะและชนิดของ การกั้ดกร่อนให้เข้าใจเพื่อเป็นการนำไปสู่การใช้มาตรการป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ แบ่งออกได้ ดังนี้

- 1.การกั้ดกร่อนแบบสม่ำเสมอ
2. การกั้ดกร่อนเนื่องจากความต่างศักย์
- 3.การกั้ดกร่อนแบบช่องแคบ
4. การกั้ดกร่อนแบบเป็นหลุม
5. การกั้ดกร่อนตามขอบเกรน
- 6.การผุกร่อนแบบเลือก
7. การกั้ดกร่อนแบบกัดเซาะ
- 8.การกั้ดกร่อนโดยความเค้น

#### การป้องกันการกั้ดกร่อน มีดังนี้

- 1.การแก้ไขปัญหเฉพาะหน้า
- 2.การเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับลักษณะงาน
3. การเคลือบผิวด้วยน้ำมัน
- 4.วิธีการป้องกันการกั้ดกร่อนแบบแคโทดิก
5. การเคลือบผิวด้วยการทาสีหรือพ่นสี
- 6.การเคลือบผิวด้วยน้ำยา
- 7.การเคลือบผิวด้วยวิธีเคมี

การเคลือบผิวด้วยวิธีเคมี จะต้องพิจารณาถึงความถูกต้องและความเหมาะสม เพื่อช่วยป้องกันการ กั้ดกร่อนโดยชิ้นงานที่ได้จะมีคุณภาพ ซึ่งนิยมใช้อยู่ 5 วิธี คือ

- 1.การรมดำ
  - 2.การชุบฟอสเฟต
  - 3.วิธีอีล็กซาล
  - 4.การเคลือบผิวด้วยแมกนีเซียม
  - 5.วิธีปิดด้วยโลหะอื่น
- ประกอบด้วยการรมวิธีต่างๆ ดังนี้
- 5.1 อบด้วยโลหะเหลว
  - 5.2 ชุบโลหะ
  - 5.3 ควบอัดรีดเป็นแผ่น
  - 5.4 การพ่นพอกผิวด้วยโลหะร้อน
  - 5.5 การเคลือบด้วยพลาสติก

### คำศัพท์ประจำหน่วย

1. Corrosion หมายถึง การกัดกร่อน
2. Cathode หมายถึง ขั้วบวก
3. Anode หมายถึง ขั้วลบ

## ใบงานหน่วยที่ 12

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนเขียนชื่อและลักษณะการกั้ดกร่อน มา 3 ชื่อ ลงในตารางที่กำหนดให้ (คะแนนเต็ม 3 คะแนน) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชื่อของการกั้ดกร่อน	ลักษณะการกั้ดกร่อน
ตัวอย่าง	การกั้ดกร่อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี	การกั้ดกร่อนที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมี เป็นการรวมตัวของโลหะกับแก๊สออกซิเจน
1.		
2.		
3		

2. ให้นักเรียนเขียนวิธีป้องกัน และบอกลักษณะการป้องกันการกั้ดกร่อน มา 5 วิธี ลงในตารางที่กำหนดให้ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	วิธีป้องกันการกั้ดกร่อน	ลักษณะการป้องกันการกั้ดกร่อน
ตัวอย่าง	การแก้ไขปัญหาคorrosion	ถ้าพบว่าชิ้นงานเกิดการกั้ดกร่อนไม่มากนัก ให้ใช้กระดาษทราย แปรงลวด แปรงทองเหลือง ขัดตกแต่งจนสะอาดแล้วเคลือบด้วยสารป้องกันการกั้ดกร่อน ถ้าชิ้นงานมีการกั้ดกร่อนมาก ควรเปลี่ยนชิ้นงานใหม่แล้วเคลือบด้วยสารป้องกันการกั้ดกร่อน
1		
2		
3		
4		
5		

## แบบฝึกหัดหน่วยที่12

ตอนที่ 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของการกักต้อน
2. จงอธิบายสาเหตุของการกักต้อน
3. จงอธิบายลักษณะและชนิดของการกักต้อน
4. จงบอกวิธีการป้องกันการกักต้อน มา 6 วิธี
5. จงบอกวิธีการเคลื่อนย้ายด้วยวิธีเคมีมา 5 วิธี

## เฉลยใบงานหน่วยที่ 12

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนเขียนชื่อลักษณะการกักต้อน และบอกลักษณะของการกักต้อน มา 3 ชื่อลงในตารางที่กำหนดให้ ( คะแนนเต็ม 3 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ลักษณะการกักต้อน	ลักษณะของการกักต้อน
ตัวอย่าง	การกักต้อนตามขอบเกรน	มักเกิดกับเหล็กกล้าไร้สนิม ในบริเวณที่มีการเชื่อมต่อ โดยเหล็กจะสูญเสียโครเมียมในรูปคาร์ไบด์เมื่อเกิดการสูญเสียจะขาดโครเมียมในการสร้างการป้องกันเนื้อเหล็ก
1.	การกักต้อนแบบสม่ำเสมอ	เกิดขึ้นเนื่องจากวัตถุสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม โดยอัตราความสูญเสียพื้นผิวของวัตถุที่บริเวณที่สัมผัสปัจจัยให้เกิดการกักต้อนต่างๆ โดยเฉลี่ยจะใกล้เคียงกัน
2.	การกักต้อนเนื่องจากความต่างศักย์	เกิดจากวัตถุโลหะ ที่เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ 2 ชนิดที่ต่างกันหรือวัตถุชนิดเดียวกันแต่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกัน มาเชื่อมต่อกันจะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนระหว่างวัตถุทั้งสองหากทำให้การสูญเสียอิเล็กตรอนของวัตถุที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำกว่าและจะถูกกักต้อนในที่สุด
3	การกักต้อนแบบช่องแคบ	เกิดจากวัตถุสัมผัสสารละลาย บางชนิดที่สามารถแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้า หรือเกิดจากบริเวณพื้นผิวที่การถ่ายเทของเหลวไม่ดี ส่งผลต่อการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกัน มักเกิดตามรอยแยกหรือตามซอกต่างๆ ของวัตถุ

2. ให้นักเรียนเขียนวิธีป้องกันการกัดกร่อน และบอกลักษณะการป้องกันการกัดกร่อน มา 5 วิธี ลงในตารางที่กำหนดให้ ( คะแนนเต็ม 7 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	วิธีการป้องกันการกัดกร่อน	ลักษณะการป้องกันการกัดกร่อน
ตัวอย่าง	การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า	ถ้าพบว่าชิ้นงานเกิดการกัดกร่อนไม่มากนัก ให้ใช้กระดาษทราย แปรงลวด แปรงทองเหลือง ขัดตกแต่งจนสะอาดแล้วเคลือบด้วยสารป้องกันการกัดกร่อน ถ้าชิ้นงานมีการกัดกร่อนมาก ควรเปลี่ยนชิ้นงานใหม่แล้วเคลือบด้วยสารป้องกันการกัดกร่อน
1	การเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับลักษณะงาน	ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละอย่างควรเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับลักษณะงานนั้นๆ เช่น ใช้สแตนเลส ทำถังน้ำหรือ ภาชนะบรรจุอาหาร เพราะเวลาโดนความชื้น หรือน้ำจะไม่เกิดเป็นสนิม
2	การเคลือบผิวด้วยน้ำมัน	เป็นการใช้น้ำมันทา อาบ หรือชโลมผิว เพื่อป้องกันการกัดกร่อนผิวของโลหะได้ดี เกิดเป็นสนิมได้ยาก ก่อนที่จะทาน้ำมัน ต้องทำความสะอาดผิวของชิ้นงานก่อน น้ำมันที่ใช้ ได้แก่ น้ำมันเครื่อง น้ำมันแร่และ ไชพาราฟินหรือวาสลีน หรือน้ำมันกันสนิม
3	การเคลือบผิวด้วยการทาสีหรือพ่นสี	การทาสีหรือการพ่นสี ทำให้เกิดความสวยงาม และเป็น การป้องกันการกัดกร่อนของวัสดุงานก่อนทาหรือพ่นสีนั้น ต้องทำความสะอาดผิวงาน เช็ดด้วยสารละลาย เช่น ทินเนอร์ น้ำมันสน ก่อน
4	การเคลือบผิวด้วยน้ำยา	นิยมใช้กับเครื่องใช้ประจำบ้าน เช่น ถ้วย ชาม จาน โถ กระเบื้องปูพื้น เป็นต้น น้ำยาที่ใช้ คือ น้ำยาแก้ว ใช้ทาหรือจุ่มลงบนผิวงาน แล้วนำไปอบในเตาที่อุณหภูมิสูง ประมาณ 600 – 900 องศาเซลเซียส
5	การเคลือบผิวด้วยวิธีเคมี	การเคลือบผิวด้วยวิธีเคมี จะต้องพิจารณาถึงความถูกต้อง และความเหมาะสม เพื่อช่วยป้องกันการกัดกร่อน เช่น การรมดำ การชุบฟอสเฟส วิธีอีล็กซาล เป็นต้น



## ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 12

ชื่อ – ชื่อสกุล .....

แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้  
เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 12	คะแนนที่ได้			
	( ข้อละ 1 คะแนน)	ดีมาก ( 9 – 10 )	ดี ( 7 – 8 )	พอใช้ ( 5 – 6 )

## เกณฑ์การประเมินผล

- 9 - 10 คะแนน หมายถึง ดีมาก  
 7 - 8 คะแนน หมายถึง ดี  
 5 - 6 คะแนน หมายถึง พอใช้  
 ต่ำกว่า 4 คะแนน หมายถึง ต้องปรับปรุง

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียน  
ทบทวนใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 12 และทำใบงานใหม่

## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 12

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของการกัดกร่อน

ตอบ การเสื่อมสภาพหรือการเปลี่ยนแปลงของผิวหรือเนื้อของวัสดุชิ้นงาน อันเนื่องมาจากสภาพดินฟ้าอากาศ หรือจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีทำให้วัสดุชิ้นงานนั้นค่อยๆเสื่อมสภาพลงไม่สามารถใช้งานได้

2. จงอธิบายสาเหตุของการกัดกร่อน

ตอบ เป็นการผุพังของโลหะหรือวัสดุข้างเมื่อใช้ไปเป็นเวลานานๆ และเป็นการเปลี่ยนแปลงสมบัติของโลหะ หรือเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างวัสดุกับสภาพสิ่งแวดล้อม เช่น แก๊สออกซิเจนในอากาศ น้ำ กรด หรือด่าง หรือความร้อน ทำให้เกิดการผุพัง ชำรุด และแตกหัก เป็นต้น

3. จงอธิบายลักษณะและชนิดของการกัดกร่อน

ตอบ การกัดกร่อนจะสร้างความเสียหายแก่เครื่องมือ เครื่องจักรกล ที่ใช้ในระบบงานภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรม หรืองานที่เกี่ยวข้อง ทำให้เกิดการแตกหัก เกิดการชำรุด พังทลาย เกิดไฟไหม้ เกิดการระเบิด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาลักษณะและชนิดของการกัดกร่อนให้เข้าใจเพื่อเป็นการนำไปสู่การใช้มาตรการป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การกัดกร่อน

**ชนิดของการกัดกร่อน แบ่งออกได้ดังนี้**

1. การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ (Uniform Corrosion) เกิดขึ้นเนื่องจากวัสดุสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม โดยอัตราความสูญเสียพื้นผิวของวัสดุที่บริเวณที่สัมผัสปัจจัยให้เกิดการกัดกร่อนต่างๆ โดยเฉลี่ยจะใกล้เคียงกัน

2. การกัดกร่อนเนื่องจากความต่างศักย์ (Galvanic Corrosion) เกิดจากวัสดุโลหะ ที่เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ 2 ชนิดที่ต่างกันหรือวัสดุชนิดเดียวกันแต่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ต่างกัน มาเชื่อมต่อกันจะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนระหว่างวัสดุทั้งสองหากทำให้การสูญเสียอิเล็กตรอนของวัสดุที่มีค่าความต่างศักย์ต่ำกว่าและจะถูกกัดกร่อนในที่สุด

3. การกัดกร่อนแบบช่องแคบ (Crevice Corrosion) เกิดจากวัสดุสัมผัสสารละลาย บางชนิดที่สามารถแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้า หรือเกิดจากบริเวณพื้นผิวที่การถ่ายเทของเหลวไม่ดี ส่งผลต่อการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกัน มักเกิดตามรอยแยกหรือตามซอกต่างๆ ของวัสดุ

4. การกัดกร่อนแบบเป็นหลุม (Pitting) ส่วนมากเกิดจากวัสดุอยู่สัมผัสสารละลายพวกคลอไรด์ เช่น น้ำทะเล เมื่อวัสดุถูกกัดกร่อน บริเวณกัดกร่อนจะเป็นรูหรือหลุม อาจถูกบดบังด้วยตัวกัดกร่อนเอง มักเกิดแบบเฉียบพลันตรวจพบได้ยาก มีขนาดเล็ก ส่วนใหญ่พบในวัสดุโลหะที่สามารถสร้างชั้นป้องกันได้

5. การกัดกร่อนตามขอบเกรน (Intergranular Corrosion) มักเกิดกับเหล็กกล้าไร้สนิม ในบริเวณที่มีการเชื่อมต่อ โดยเหล็กจะสูญเสียโครเมียมในรูปคาร์ไบด์เมื่อเกิดการสูญเสียจะขาดโครเมียมในการสร้างการป้องกันเนื้อเหล็ก

6. การกัดกร่อนแบบเลือก (Selective Leaching or Dealloying) เกิดวัตถุที่เป็นโลหะผสมที่ธาตุโลหะหนึ่งเสถียรกว่าธาตุหนึ่งเมื่อสัมผัสสภาพแวดล้อม เช่นการกัดกร่อนของทองเหลือง โดยทองเหลืองจะสูญเสียสังกะสี เหลือแต่ทองแดงทำให้เป็นรูพรุน รูปทรงของวัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลงแต่ความแข็งแรงจะลดลง สามารถลดการกัดกร่อนได้โดยเติมดีบุกลงประมาณร้อยละ 1 ในทองเหลือง

7. การกัดกร่อนแบบกัดเซาะ (Erosion Corrosion) เกิดจากปฏิกิริยาเคมีและการเคลื่อนที่ เช่น การไหลหรือเคลื่อนที่ของสารละลายหรือของเหลวที่มีผลต่อการกัดกร่อน

8. การกัดกร่อนโดยความเค้น (Stress corrosion) เกิดจากความเค้นหรือแรงเค้นของสภาพแวดล้อม เช่น การตัด การฉัด ความร้อนภายนอก การสั่นสะเทือน หรือความเค้นจากภายในของวัตถุที่อาจหลงเหลือจากการขึ้นรูป การยึดตัวที่ไม่สม่ำเสมอ

4. จงบอกวิธีการป้องกันการกัดกร่อน มา 6 วิธี

ตอบ 1.การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า 2.การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับลักษณะงาน

3. การเคลือบผิวด้วยน้ำมัน 4. การเคลือบผิวด้วยการทาสีหรือพ่นสี 5.การเคลือบผิวด้วยน้ำยา

6.การเคลือบผิวด้วยวิธีเคมี

5. จงบอกวิธีการเคลือบผิวด้วยวิธีเคมีมา 5 วิธี

ตอบ 1.การรมดำ 2.การชุบฟอสเฟต 3.วิธีอีล็กซาล 4.การเคลือบผิวด้วยแมกนีเซียม

5.วิธีปิดด้วยโลหะอื่น



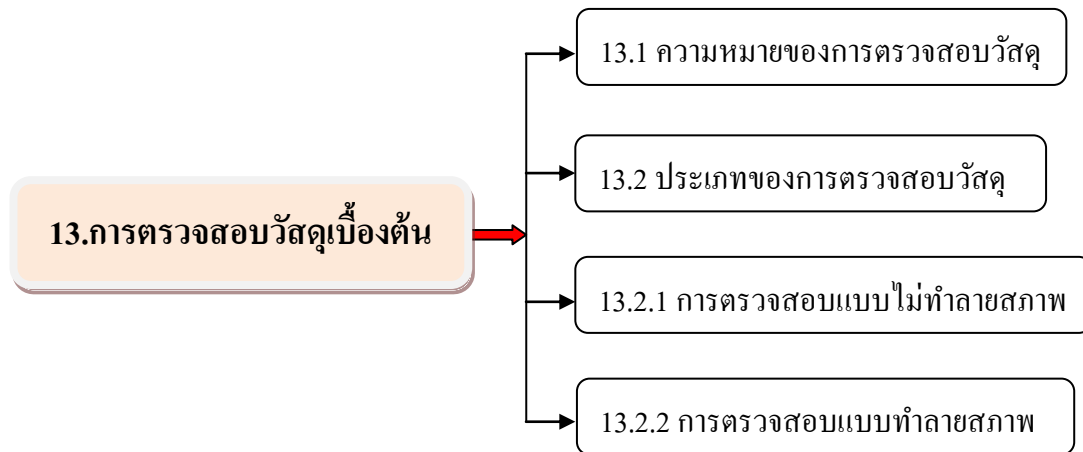
## เอกสารประกอบการสอน

วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

หน่วยที่ 13 การตรวจสอบวัสดุเบื้องต้น



## ผังมโนทัศน์



## หน่วยที่ 13

### การตรวจสอบวัสดุเบื้องต้น

#### แนวคิด

การเลือกวัสดุไปใช้งานกรณีที่ไม่มีเอกสารหรือค่ากำหนดบ่งชี้ ผู้ผลิตจะต้องมีการตรวจสอบสมบัติของวัสดุต่างๆด้วยวิธีพื้นฐานง่ายๆ เช่น การดูน้ำหนัก สี ผิว การชูด การตะไบ การเจียรระโน การใช้แม่เหล็กดูด รวมทั้งการตรวจสอบหาจุดบกพร่องรอยแตกร้าวด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงชนิดและสมบัติพื้นฐานของวัสดุนั้นๆ เพื่อนำไปใช้งานได้ถูกต้องและเหมาะสม

#### สาระการเรียนรู้

- 13.1 ความหมายของการตรวจสอบวัสดุ
- 13.2 ประเภทของการตรวจสอบวัสดุ
  - 13.2.1 การตรวจสอบแบบทำลายสภาพ
  - 13.2.2 การตรวจสอบแบบไม่ทำลายสภาพ

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายของการตรวจสอบวัสดุได้อย่างถูกต้อง
2. จำแนกประเภทของการตรวจสอบวัสดุได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายวิธีการตรวจสอบวัสดุแบบไม่ทำลายสภาพได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบายวิธีการตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพได้อย่างถูกต้อง
5. มีเจตคติและตระหนัก เห็นคุณค่าของวัสดุ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### 13.1 ความหมายของการตรวจสอบวัสดุ (Examination Materials)

การตรวจสอบวัสดุ หมายถึง การหารอยตำหนิ จุดบกพร่อง ของชิ้นงาน โดยวัสดุชิ้นงานนั้น อาจจะใช้งานได้หรือใช้งานไม่ได้ เช่น การตรวจสอบด้วยสายตา การตรวจสอบด้วยน้ำยาแทรกซึม การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยผงแม่เหล็ก การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี

### 13.2 ประเภทของการตรวจสอบวัสดุ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.การตรวจสอบแบบไม่ทำลายสภาพ (Non Destructive Test) หมายถึง การตรวจสอบด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ทราบว่า เป็นวัสดุชนิดใด มีความสมบูรณ์พร้อมใช้งานหรือไม่ การตรวจสอบแบบนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อรูปร่างและสมบัติของวัสดุที่ถูกตรวจสอบ แบ่งออกได้ดังนี้

- 1.1 การตรวจสอบด้วยสายตา
- 1.2 การตรวจสอบด้วยแม่เหล็ก
- 1.3 การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม
- 1.4 การตรวจสอบด้วยน้ำมัน
- 1.5 การตรวจสอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก
- 1.6 การตรวจสอบด้วยคลื่นความถี่
- 1.7 การตรวจสอบด้วยรังสีเอกซเรย์

1.1 การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Testing) เป็นวิธีการตรวจสอบหาจุดบกพร่องบนชิ้นงาน โดยอาศัยการมองด้วยสายตา อาจจะใช้แว่นตาขยายช่วยในการตรวจสอบ เพื่อดูสีและลักษณะของผิวงาน เช่น ทองแดงจะมีผิวสีดําแดง ทองเหลืองจะมีผิวสีเหลืองเป็นมันวาว สแตนเลส มีผิวสีเงินมันแวววาว เหล็กรีดผิวใหม่สีดํา เหล็กดิ่งผิวเกลี้ยงเป็นมันวาว เหล็กหล่อผิวสีเทาดําเป็นรูปพูนเป็นต้น นอกจากการดูด้วยสายตาแล้วยังสามารถทำได้โดยการยกวัสดุต่างๆ เช่น ถ้ามือน้ำหนักมาก เคาะเสียงดังกังวานจัดอยู่ในพวกโลหะหนัก ถ้ามือน้ำหนักเบา เคาะดูเสียงจะทึบจัดอยู่ในพวกโลหะเบา ดังแสดงในรูปที่ 13.1



(ก) ลักษณะทองแดง



(ข) ลักษณะทองเหลือง

รูปที่ 13.1 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยสายตา

ที่มา : <http://www.yellowpages.co.th>, 2558

ตารางที่ 13.1 แสดงลักษณะการตรวจสอบชนิดของโลหะ โดยการตรวจสอบด้วยสายตา

ชนิดของโลหะ	ลักษณะที่สังเกต
1. เหล็กกล้ารีดเย็น	ผิวสีขาวนวล เรียบเป็นมัน ขนาดและรูปร่างสม่ำเสมอตลอดทั้งเส้น
2. เหล็กกล้ารีดร้อน	ผิวดำไหม้ มีสะเก็ดบางๆ ไม่เรียบ ขนาดและรูปร่างไม่สม่ำเสมอ
3. เหล็กหล่อสีเทา	ผิวหยาบ สีเทาดำ ผิวไม่เรียบเป็นเม็ด
4. โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	สังเกตสีผิว น้ำหนัก และความแข็ง เช่นทองแดงจะมีผิวดำแดง

1.2 การตรวจสอบด้วยแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing) เป็นวิธีการตรวจสอบลักษณะและชนิดของวัสดุ โดยการนำแม่เหล็กไปดูดโลหะนั้นถ้าแม่เหล็กดูดติดแสดงว่าวัสดุนั้นเป็นโลหะเหล็กถ้าแม่เหล็กดูดไม่ติดแสดงว่าวัสดุนั้นเป็นโลหะชนิดอื่นที่ไม่ใช่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 13.2



รูปที่ 13.2 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยแม่เหล็ก  
ที่มา : <http://www.ecoplantservices.co.th>, 2558

1.3 การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (Penetant Testing) เหมาะสำหรับผิวงานที่มีรอยร้าวภายนอก โดยการจุ่มชิ้นงานลงบนสารที่เป็นของเหลวที่มีความสามารถซึมลึกได้ดีและมีสีที่สังเกตได้ง่ายสารชนิดนี้จะแทรกตัวเข้าไปตามรอยร้าวของวัสดุ เมื่อนำมาเช็ดให้แห้งรอยของสีจะปรากฏตรงบริเวณที่มีรอยแตกร้าว เพื่อบ่งบอกว่าวัสดุชำรุดมีรอยร้าว ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ดังแสดงในรูปที่ 13.3



รูปที่ 13.3 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม  
ที่มา : <http://www.ecoplantservices.co.th>, 2558



**1.4 การตรวจสอบด้วยน้ำมัน ( Oil Testing )** เป็นวิธีการตรวจสอบเพื่อหารอยร้าวภายนอกเหล็กโดยการนำวัสดุไปต้มในน้ำมันประมาณ 5 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น เช็ดน้ำมันออก โรยด้วยแป้งแล้วนำไปอบให้ร้อน น้ำมันจะซึมออกตรงรอยร้าวจะมองเห็นเป็นรอยเปือกที่แป้ง แสดงว่าตำแหน่งดังกล่าวไม่มีรอยร้าว ดังแสดงในรูปที่ 13.4



รูปที่ 13.4 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยน้ำมัน

ที่มา : <http://www.smartservicethailand.igetweb.com/product,2558>

**1.5 การตรวจสอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก** เป็นวิธีการตรวจสอบเพื่อหารอยแตกร้าวเฉพาะชิ้นงานที่เป็นเหล็กโดยการนำชิ้นงานไปยึดกับเครื่องตรวจสอบแล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าจากเครื่องผ่านไปยังชิ้นงาน จุดที่เกิดรอยแตกร้าวจะมีเส้นแรงแม่เหล็กที่บกพร่องจะทำให้ทราบว่าจะเกิดรอยแตกร้าวที่จุดดังกล่าวไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ดังแสดงในรูปที่ 13.5



รูปที่ 13.5 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก

ที่มา : <http://www.apcndt.com/en/component/content/category/9-uncategorised.html,2558>

1.6 การตรวจสอบด้วยรังสีเอกซเรย์ เป็นวิธีการตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่องภายในชิ้นงานโลหะ ด้วยวิธีการฉายรังสีเอกซเรย์ผ่านชิ้นงาน นิยมใช้กับงานแนวเชื่อมและงานโลหะที่มีความหนาไม่มากนัก สามารถอ่านผลความบกพร่องภายในฟิล์มเอกซเรย์ ใช้ตรวจสอบเหล็กหนาไม่เกิน 80 มม. โลหะเบาหนาไม่เกิน 400 มม. ทองแดงหนาไม่เกิน 50 มม. ดังแสดงในรูปที่ 13.6



รูปที่ 13.6 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยรังสีเอกซเรย์  
ที่มา : <http://www.industry4u.com>, 2558

การตรวจสอบแบบไม่ทำลายสภาพ เป็นการทดสอบเพื่อให้ทราบถึงคุณภาพของชิ้นงานที่ถูกทดสอบโดยการหารอยความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) ในชิ้นงาน ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน เหตุผลของการตรวจสอบแบบนี้ เพื่อทำการทดสอบชิ้นงาน โดยที่จะไม่กระทบหรือเกิดความเสียหาย หรือลดประโยชน์ต่อการนำชิ้นงานไปใช้งาน มีหลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้หลากหลายวิธี เช่น รังสี แสง คลื่นเสียง แม่เหล็กและไฟฟ้า เป็นต้น ใช้สำหรับตรวจสอบหาข้อบกพร่องในวัสดุและผลิตภัณฑ์

2. การตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพ (Destructive Test) หมายถึง การตรวจสอบหาชนิดของวัสดุ ความแข็งของผิววัสดุ ความเหนียวของวัสดุ ความสามารถในการรับแรงดึง แรงกด แรงเฉือน แรงบิด และแรงกระแทกของวัสดุ ด้วยวิธีการต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อรูปร่างและสมบัติของวัสดุนั้นๆ ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้

2.1 การตรวจสอบความแข็งโดยการขีดหรือการตะไบ เป็นวิธีการตรวจสอบโดยการใช้อโลหะคมและมีความแข็ง ขีด ขูด ลงบนผิวงานหรือใช้ตะไบถู ที่ผิวงาน ถ้าขีด ขูด หรือตะไบได้ยากแสดงว่าชิ้นงานนั้นมีความแข็ง และผิวหน้าชิ้นงานที่ถูกตะไบจะทำให้ทราบว่าชิ้นงานนั้นทำมาจากวัสดุชนิดใด ดังแสดงในรูปที่ 13.7



รูปที่ 13.7 แสดงลักษณะการตรวจสอบโดยการตะไบ

ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

ตารางที่ 13.2 แสดงลักษณะการตรวจสอบความแข็งจากการตัดของฟันตะไบ

ชนิดของเหล็ก	การตัดของฟันตะไบ	ความยาก-ง่ายในการตะไบ
1.เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ( Low Carbon Steel )	ฟันตะไบตัดได้ง่าย และตัดได้ลึก	ตะไบง่าย ออกแรงน้อย
2.เหล็กกล้าคาร์บอนสูง ( High Carbon Steel )	ฟันตะไบตัดได้ยาก และตัดได้ผิวตื้นๆ	ตะไบยาก ออกแรงกดมาก
3.เหล็กหล่อสีเทา ( Gray Cast Iron )	ฟันตะไบตัดได้ดี และตัดได้ผิวลึกลับ ผงตะไบมีชิ้นใหญ่	ตะไบง่าย ออกแรงกดน้อยขนาดของชิ้นงานลดลงอย่างรวดเร็ว
4. เหล็กเครื่องมือ ( Tool Steel )	ฟันตะไบตัดได้น้อย ผงตะไบละเอียด	ตะไบยาก ออกแรงกดมาก มีอาการลื่น
5.เหล็กโรบสูง ( High Speed Steel )	ฟันตะไบไม่ตัดเนื้อโลหะ ตะไบที่อ	ตะไบไม่เข้า มีอาการลื่น

**2.2 การตรวจสอบด้วยวิธีหักโลหะแท่ง** เป็นวิธีการตรวจสอบโดยการตรวจดูเนื้อโลหะ ถ้าเม็ดเกรนหยาบแสดงว่าเป็นโลหะอ่อน ถ้าเม็ดเกรนละเอียดแสดงว่าเป็นโลหะแข็ง ด้วยวิธีพับโลหะแท่งหรือโลหะแผ่นพับไปมา และนับจำนวนครั้งที่พับถ้ายิ่งมากครั้งแสดงว่าโลหะนั้นยังมีความเหนียว การตีให้วัสดุแบนและยืดตัว ถ้ามีรอยปริแสดงว่าโลหะนั้นไม่เหมาะต่อการขึ้นรูป การตีแผ่ปากท่อให้ยุบตัว ถ้ามีรอยปริซ้ำแสดงว่าโลหะนั้นมีความเหนียว ถ้าปริเร็วแสดงว่าโลหะนั้นมีความเปราะ ดังแสดงในรูปที่ 13.8









รูปที่ 13.8 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยวิธีหักโลหะแห้ง  
ที่มา : สุเทพ นุชิต , 2558

2.3 การตรวจสอบโดยการเจียรระไน เป็นวิธีการตรวจสอบโดยการนำโลหะไปเจียรระไนและสังเกตประกายไฟที่เกิดการเจียรระไนและสังเกตประกายไฟที่เกิดขึ้น แล้วนำมาเทียบกับตารางมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 13.9







รูปที่ 13.9 แสดงลักษณะวิธีการตรวจสอบโดยการเจียรระไน  
ที่มา : <http://www.toshailand.com>, 2558

ตารางที่ 13.3 แสดงลักษณะมาตรฐานของประกายไฟจากการเจียรระโนในงานตรวจสอบ

ที่	ชื่อเหล็ก	ส่วนประกอบ	สีและลักษณะของประกายไฟ	รูปสะเก็ดประกายไฟ
1	เหล็กอ่อนสำหรับชุบผิวแข็ง	0.15 C	สีขาวเหลืองเป็นประกายไฟน้อย เม็ดประกายไฟแตก ระเบิด	
2	เหล็กเครื่องมือชนิดไม่ผสม	1.0 C	สีขาวเหลืองเม็ดประกายไฟแตก ระเบิดมาก	
3	เหล็กเครื่องมือผสมโครเมียมและซิลิกอน	0.55 C 1.0 Si 1.0 Mn	ประกายไฟเหลืองเม็ดประกายไฟมีทั้งชนิดแตกระเบิดและชนิดสะเก็ดว้าง	
4	เหล็กเครื่องมือผสมโครเมียมและซิลิกอน	1.0 C 1.0 Mn 1.0 Cr 1.2 W	ประกายไฟสีส้มแดงสายประกายแคบประกายไฟมีทั้งชนิดระเบิดและสะเก็ดว้าง	
5	เหล็กเครื่องมือผสมโมลิบดีนัม	0.5 C 1.4 Cr 0.7 Mo 0.3 V	ประกายไฟมีสีเหลืองส้มสะเก็ดระเบิดแตกเป็นประกายดอกไม้ไฟปะปนอยู่ด้วย	
6	เหล็กเครื่องมือผสมโครเมียมทั้งสแตนและซิลิกอน	0.5 C 1.0 Si 1.2 Cr 2.0 W	ประกายไฟเป็นสะเก็ดว้าง สีส้มแดงเม็ดประกายไฟเป็นสะเก็ดถ่านยาว	

ตารางที่ 13.2 ( ต่อ ) แสดงลักษณะมาตรฐานของประกายไฟจากการเจียรระไนชิ้นงานตรวจสอบ

ที่	ชื่อเหล็ก	ส่วนประกอบ	สีและลักษณะของประกายไฟ	รูปสะเก็ดประกายไฟ
7	เหล็กทนกรด	0.55 C 1.0 Si 1.0 Mn	ประกายไฟสีเหลือง เม็ดประกายไฟมีทั้ง ชนิดแตกกระเป็ดและ ชนิดสะเก็ดวิ่ง	
8	เหล็กไร้สนิม	1.0 C 1.0 Mn 1.0 Cr 1.2 W	ประกายไฟสีส้มแดง สายประกายไฟแคบ ประกายไฟมีทั้งชนิด ระเบิดและสะเก็ดวิ่ง	
9	เหล็กروبสูง	0.75 C 4.0 Cr 18 W 1 V	ประกายไฟสีแดง สายประกายไฟ สั้นขนาดๆ	
10	เหล็กروبสูง	0.9 C 4.0 Cr 2.6 Mo 2.5 V 3.0 W	ประกายไฟมีสีส้ม แดง ลำประกายไฟ สั้นขนาดๆ	

2.4 การทดสอบความเค้นแรงดึง ( Tensile Test ) เป็นการทดสอบโดยการให้แรงดึง เพื่อต้องการให้ทราบว่าวัสดุทนต่อแรงดึงได้สูงสุดเท่าใดโดยการนำวัสดุนั้นมาทำเป็นชิ้นทดสอบและจับยึดด้วยหัวจับของเครื่องทดสอบ จากนั้นจึงเปิดเครื่องแล้วดึงชิ้นงานที่นำมาทดสอบให้ขาดออกจากกัน จะทำให้ทราบว่าวัสดุที่มีขนาดของพื้นที่ที่แตกต่างกันจะมีการทนต่อแรงดึงได้มากน้อยเท่าใด ดังแสดงในรูปที่ 13.10



รูปที่ 13.10 แสดงลักษณะการทดสอบแรงดึง

ที่มา : <http://www.instron.co.th,2558>

**2.5 การทดสอบแรงอัด ( Compressive Test )** เป็นการทดสอบโดยใช้แรงกดอัด โดยนำตัวอย่างของวัสดุชิ้นงานมาทำการทดสอบ เพื่อต้องการให้ทราบข้อมูลว่าวัสดุนั้น ด้านทานต่อแรงอัดได้สูงสุดเท่าไร โดยการนำวัสดุนั้นมาวางบนแท่นของเครื่องทดสอบ จากนั้นทำการเปิดเครื่องให้เครื่องกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบแตกหัก หน้าปัดจะแสดงค่าให้ทราบว่า ชิ้นทดสอบที่ทำจากวัสดุดังกล่าวทนต่อแรงอัดได้สูงสุดเท่าใด ดังแสดงในรูปที่ 13.11



รูปที่ 13.11 แสดงลักษณะการทดสอบแรงอัด

ที่มา : <http://www.instron.co.th,2558>

**2.6 การทดสอบแรงบิด ( Torsion Test )** เป็นการทดสอบเพื่อต้องการให้ทราบว่า ตัวอย่างของวัสดุชิ้นงานมาทำการทดสอบ เพื่อต้องการให้ทราบข้อมูลว่าวัสดุนั้น ด้านทานต่อแรงบิดได้สูงสุดเท่าใด โดยการนำเอาชิ้นงานที่ทำการทดสอบมาจับยึดด้วยเครื่องทดสอบ จากนั้นทำการเปิดเครื่องออกแรงบิดจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน หน้าปัดจะแสดงค่าให้ทราบว่า ชิ้นทดสอบที่ทำจากวัสดุดังกล่าวจะมีค่าแรงบิดสูงสุดเท่าใด ดังแสดงในรูปที่ 13.12



รูปที่ 13.12 แสดงลักษณะการทดสอบแรงบิด

ที่มา : <http://www.eng.sut.ac.th/me/2014/laboratory/TorsionTest.php> ,2558

**2.7 การทดสอบแรงเฉือน ( Shear Test )** เป็นการทดสอบเพื่อต้องการให้ทราบว่า ค่าความแข็งแรงของวัสดุจะมีความต้านทานต่อการตัดเฉือนเท่าไร โดยการนำเอาชิ้นงานที่ทำกรทดสอบมาจับยึดด้วยเครื่องทดสอบ จากนั้นทำการเปิดเครื่องออกแรงกดตัดจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน หน้าปัดจะแสดงค่าให้ทราบว่าชิ้นทดสอบที่ทำจากวัสดุดังกล่าว จะมีความแข็งแรงต้านทานต่อแรงตัดเฉือนสูงสุดเท่าใด ดังแสดงในรูปที่ 13.13



รูปที่ 13.13 แสดงลักษณะการทดสอบด้วยรังสีเอกซเรย์

ที่มา : <http://www.instron.co.th>,2558

**การตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพ** วิธีการตรวจสอบวัสดุวิธีนี้ชิ้นงานที่นำมาทดสอบจะเกิดการชำรุดเสียหาย ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เหตุผลของการตรวจสอบวัสดุแบบนี้ เพื่อทดสอบหาสมบัติทางกลของวัสดุ หรือหาค่าความแข็งแรง เช่น ความยืดหยุ่น ความแข็งแรงทางแรงดึงสูงสุด เพื่อได้เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการใช้งาน เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในภายหลัง



## สรุปท้ายหน่วย

การตรวจสอบวัสดุ หมายถึง การหารอยตำหนิ จุดบกพร่อง ของชิ้นงาน โดยวัสดุชิ้นงานนั้นอาจจะใช้งานได้หรือใช้งานไม่ได้ เช่น การตรวจสอบด้วยสายตา การตรวจสอบด้วยน้ำยาแทรกซึม การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยผงแม่เหล็ก การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี

**ประเภทของการตรวจสอบวัสดุ** แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

**1.การตรวจสอบแบบไม่ทำลายสภาพ ( Non Destructive Test )**หมายถึง การตรวจสอบด้วยวิธีการต่างๆเพื่อให้ทราบว่าเป็นวัสดุชนิดใด มีความสมบูรณ์พร้อมใช้งานหรือไม่การตรวจสอบแบบนี้จะไม่มีผลกระทบต่อรูปร่างและของวัสดุที่ถูกตรวจสอบ แบ่งออกได้ดังนี้

- 1.1 การตรวจสอบด้วยสายตา
- 1.2 การตรวจสอบด้วยแม่เหล็ก
- 1.3 การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม
- 1.4 การตรวจสอบด้วยน้ำมัน
- 1.5 การตรวจสอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก
- 1.6 การตรวจสอบด้วยคลื่นความถี่
- 1.7 การตรวจสอบด้วยรังสีเอกซเรย์

**2. การตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพ ( Destructive Test )** หมายถึง การตรวจสอบหาชนิดของวัสดุ ความแข็งของผิววัสดุ ความเหนียวของวัสดุ ความสามารถในการรับแรงดึง แรงกด แรงเฉือน แรงบิด และแรงกระแทกของวัสดุ ด้วยวิธีการต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อรูปร่างและสมบัติของวัสดุนั้นๆ แบ่งออกได้ดังนี้

- 2.1 การตรวจสอบความแข็งโดยการชูดหรือการตะไบ
- 2.2 การตรวจสอบด้วยวิธีหักโลหะแท่ง
- 2.3 การตรวจสอบโดยการเจียรระโน
- 2.4 การทดสอบความเค้นแรงดึง ( Tensile Test )
- 2.5 การทดสอบแรงอัด ( Compressive Test )
- 2.6 การทดสอบแรงบิด ( Torsion Test )
- 2.7 การทดสอบแรงเฉือน ( Shear Test )

## คำศัพท์ประจำหน่วย

1. Non Destructive Test หมายถึง การตรวจสอบแบบไม่ทำลายสภาพ
2. Destructive Test หมายถึง การตรวจสอบแบบทำลายสภาพ

## ใบงานหน่วยที่ 13

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนเขียนชนิดของการตรวจสอบวัสดุแบบไม่ทำลายสภาพมา 5 วิธี และบอกวิธีการตรวจสอบชิ้นงานลงในตารางที่กำหนดให้ ( 5 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชนิดของการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ
ตัวอย่าง	การตรวจสอบด้วยสายตา	เป็นวิธีการตรวจสอบหาจุดบกพร่องบนชิ้นงานโดยอาศัยการมองด้วยสายตา อาจจะใช้แว่นตาขยายช่วยในการตรวจสอบ เพื่อดูสีและลักษณะของผิวงาน เช่น ทองแดงจะมีผิวสีดําแดง ทองเหลืองจะมีผิวสีเหลือง เป็นมันวาว สแตนเลส ผิวสีเงินมันแวววาว เหล็กกัดผิวใหม่สีดํา เหล็กดิ่งผิวเกลี้ยงเป็นมันวาวเหล็กหล่อผิวสีเทาดําเป็นรูพรุนเป็นต้น นอกจากการดูด้วยสายตาแล้วยังสามารถทำได้โดยการยกวัสดุต่างๆเช่น ถ้ำมีน้ำหนักมาก เคาะเสียงดังกังวานจัดอยู่ในพวกโลหะหนัก ถ้ำมีน้ำหนักเบา เคาะคูเสียงจะทึบจัดอยู่ในพวกโลหะเบา
1		
2		
3		
4		
5		

2. ให้นักเรียนเขียนชนิดของการตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพมา 5 วิธี และบอกวิธีการตรวจสอบชิ้นงานลงในตารางที่กำหนดให้ (5 คะแนน) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชนิดของการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ
ตัวอย่าง	การตรวจสอบด้วยการชุบด้วยตะไบ	ใช้ตะไบ จัด ชุดหรือถูลงบนผิวงาน ถ้าจัด ชุด หรือ ตะไบ ได้ยากแสดงว่าชิ้นงานนั้นมีความแข็ง และ ผิวหน้าชิ้นงานที่ถูกตะไบจะทำให้ทราบว่าชิ้นงานนั้น ทำมาจากวัสดุชนิดใด
1		
2		
3		
4		
5		

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 13

### ตอนที่ 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของการตรวจสอบวัสดุ
2. การตรวจสอบวัสดุแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
3. จงบอกความหมายของการตรวจสอบวัสดุแบบไม่ทำลายสภาพ
4. จงยกตัวอย่างการตรวจสอบวัสดุแบบไม่ทำลายสภาพมา 5 วิธี
5. จงบอกความหมายของการตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพ
6. จงยกตัวอย่างการตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพมา 5 วิธี

## เฉลยใบงานหน่วยที่ 13

คำสั่ง แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆละ 3 – 5 คน

1. ให้นักเรียนเขียนชนิดของการตรวจสอบวัสดุแบบไม่ทำลายสภาพมา 3 วิธี และบอกวิธีการตรวจสอบชิ้นงานลงในตารางที่กำหนดให้ ( 5 คะแนน ) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชนิดของการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ
ตัวอย่าง	การตรวจสอบด้วยสายตา	เป็นวิธีการตรวจสอบหาจุดบกพร่องบนชิ้นงาน โดยอาศัยการมองด้วยสายตา อาจจะใช้แว่นตาขยายช่วยในการตรวจสอบ เพื่อดูสีและลักษณะของผิวงาน เช่น ทองแดงจะมีผิวสีดําแดง ทองเหลืองจะมีผิวสีเหลือง เป็นมันวาว สแตนเลส ผิวสีเงินมันแวววาว เหล็กกรดผิวไหม้สีดํา เหล็กดิ่งผิวเกลี้ยงเป็นมันวาวเหล็กหล่อผิวเทาดําเป็นรูพรุนเป็นต้น นอกจากการดูด้วยสายตาแล้วยังสามารถทำได้โดยการยกวัสดุต่างๆเช่น ถ้ามีน้ำหนักมาก เคาะเสียงดังกังวานจัดอยู่ในพวกโลหะหนัก ถ้ามีน้ำหนักเบา เคาะคูเสียงจะทึบจัดอยู่ในพวกโลหะเบา
1.	การตรวจสอบด้วยแม่เหล็ก	นำแม่เหล็ก ไปดูดโลหะ ถ้าแม่เหล็กดูดติด แสดงว่าวัสดุนั้นเป็นโลหะเหล็กถ้าแม่เหล็กดูดไม่ติด แสดงว่าวัสดุนั้นเป็นโลหะชนิดอื่นที่ไม่ใช่เหล็ก
2.	การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม	จุ่มชิ้นงานลงในสารที่เป็นของเหลวที่มีความสามารถซึมลึกได้ดีและมีสีที่สังเกตเห็นได้ง่าย สารชนิดนี้จะแทรกตัวเข้าไปตามรอยร้าวของวัสดุ เมื่อนำมาเช็ดให้แห้งรอยของสีจะปรากฏตรงบริเวณที่มีรอยแตกร้าว เพื่อบ่งบอกว่าวัสดุชำรุดมีรอยร้าวไม่สามารถนำไปใช้งานได้
3.	การตรวจสอบด้วยน้ำมัน	นำวัสดุนั้นไปต้มในน้ำมันประมาณ 5 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น เช็ดน้ำมันออก โรยด้วยแป้งแล้วนำไปอบให้ร้อนน้ำมันจะซึมออกตรงรอยร้าวจะมองเห็นเป็นรอยเปือกที่แป้ง แสดงว่าตำแหน่งนั้นมีรอยร้าว

ลำดับที่	ชนิดของการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ
4	การตรวจสอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก	นำชิ้นงานไปยึดกับเครื่องตรวจสอบแล้วปล่อยกระแสไฟจากเครื่องผ่านไปยังชิ้นงานจุดที่เกิดรอยแตกร้าวจะมีเส้นแรงแม่เหล็กที่บดพร่องจะทำให้ทราบว่าเกิดรอยแตกร้าวที่จุดดังกล่าว
5	การตรวจสอบด้วยรังสีเอกซ์เรย์	ฉายรังสีเอกซ์เรย์ผ่านชิ้นงานนิยมใช้กับงานแนวเชื่อมและงานโลหะที่มีความหนาไม่มากนักสามารถอ่านผลความบกพร่องภายในฟิล์มเอกซ์เรย์ใช้ตรวจสอบเหล็กหนาไม่เกิน 80 มม. โลหะเบาหนาไม่เกิน 400 มม. ทองแดงหนาไม่เกิน 50 มม.

2. ให้นักเรียนเขียนชนิดของการตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพมา 3 วิธี และบอกวิธีการตรวจสอบชิ้นงานลงในตารางที่กำหนดให้ (5 คะแนน) เวลา 5 นาที

ลำดับที่	ชนิดของการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ
ตัวอย่าง	การตรวจสอบด้วยการขีดด้วยตะไบ	ใช้ตะไบ ขีด ขูดหรือถูลงบนผิวงาน ถ้าขีด ขูด หรือตะไบได้ยากแสดงว่าชิ้นงานนั้นมีความแข็งและผิวหน้าชิ้นงานที่ถูกตะไบจะทำให้ทราบว่าชิ้นงานนั้นทำมาจากวัสดุชนิดใด
1	การตรวจสอบด้วยวิธีหักโลหะแท่ง	ทำการพับโลหะแท่งหรือโลหะแผ่นพับไปมาและนับจำนวนครั้งที่พับถ้ายิ่งมากครั้งแสดงว่าโลหะนั้นยังมีความเหนียวการตีให้วัสดุแบนและขีดตัวถ้ามีรอยปริแสดงว่าโลหะนั้นเปราะไม่เหมาะต่อการขึ้นรูป เมื่อตีแผ่นปากท่อให้ยุบตัวถ้ารอยปริชำแสดงว่าโลหะนั้นมีความเหนียว
2	การตรวจสอบโดยการเจียรระไน	เป็นวิธีการตรวจสอบโดยการนำโลหะไปเจียรระไนและสังเกตประกายไฟที่เกิดการเจียรระไนและสังเกตประกายไฟที่เกิดขึ้น แล้วนำมาเทียบกับตารางมาตรฐาน
3	การทดสอบความเค้นแรงดึง	นำวัสดุชิ้นทดสอบและจับยึดด้วยหัวจับของเครื่องทดสอบแล้วเปิดเครื่องแล้วดึงชิ้นงานงานที่นำมาทดสอบให้ขาดออกจากกันจะทำให้ทราบว่าวัสดุที่มีขนาดของพื้นที่ที่แตกต่างกันจะมีการทนต่อแรงดึงได้มากน้อยเท่าใด

ลำดับที่	ชนิดของการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบ
4	การทดสอบความเค้นแรงอัด	นำตัวอย่างของวัสดุชิ้นงานมาทำการทดสอบ เพื่อต้องการให้ทราบข้อมูลว่าวัสดุชนิดนั้น ด้านทานต่อแรงอัดได้สูงสุดเท่าไร โดยการนำวัสดุนั้นมาวางบนแท่นของเครื่องทดสอบ จากนั้นทำการเปิดเครื่องให้เครื่องกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบแตกหัก หน้าปัดจะแสดงค่าให้ทราบว่าชิ้นทดสอบจากวัสดุดังกล่าวทนต่อแรงอัดได้สูงสุดเท่าใด
5	การทดสอบความเค้นแรงบิด	นำชิ้นงานมาทำการทดสอบ เพื่อต้องการให้ทราบข้อมูลว่าวัสดุชนิดนั้น ด้านทานต่อแรงบิดได้สูงสุดเท่าใด โดยการนำเอาชิ้นงานที่ทำการทดสอบมาจับยึดด้วยเครื่องทดสอบ จากนั้นทำการเปิดเครื่องออกแรงบิดจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน หน้าปัดจะแสดงค่าให้ทราบว่าชิ้นทดสอบที่ทำจากวัสดุดังกล่าวจะมีค่าแรงบิดสูงสุดเท่าใด

## ใบประเมินผลใบงานหน่วยที่ 13

ชื่อ – ชื่อสกุล .....

แผนก .....

ระดับชั้น ..... กลุ่ม ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามจากใบงาน แล้วให้คะแนนประเมินตนเอง โดยนำคะแนนที่ได้  
เติมลงในช่องว่าง แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของผลการประเมิน

ใบประเมินผล ใบงานหน่วยที่ 13  ( ข้อละ 1 คะแนน)	คะแนนที่ได้			
	ดีมาก (9 – 10)	ดี (7 – 8)	พอใช้ (5 – 6)	ต้องปรับปรุง (ต่ำกว่า 4)

## เกณฑ์การประเมินผล

- |                          |           |       |         |              |
|--------------------------|-----------|-------|---------|--------------|
| <input type="checkbox"/> | 9 - 10    | คะแนน | หมายถึง | ดีมาก        |
| <input type="checkbox"/> | 7 - 8     | คะแนน | หมายถึง | ดี           |
| <input type="checkbox"/> | 5 - 6     | คะแนน | หมายถึง | พอใช้        |
| <input type="checkbox"/> | ต่ำกว่า 4 | คะแนน | หมายถึง | ต้องปรับปรุง |

หมายเหตุ นักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง ครูควรสอนเสริม หรือให้นักเรียนทบทวน  
ใบเนื้อหาและสื่อในหน่วยที่ 13 และทำใบงานใหม่



## เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 13

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงบอกความหมายของการตรวจสอบวัสดุ

ตอบ การหารอยตำหนิ จุดบกพร่อง ของชิ้นงาน โดยวัสดุชิ้นงานนั้นอาจจะใช้งานได้หรือใช้งานไม่ได้ เช่น การตรวจสอบด้วยสายตา การตรวจสอบด้วยน้ำยาแทรกซึม การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยผงแม่เหล็ก การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี

2. การตรวจสอบวัสดุแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

ตอบ 2 ประเภท คือ 1. การตรวจสอบแบบไม่ทำลายสภาพ 2. การตรวจสอบแบบทำลายสภาพ

3. จงบอกความหมายของการตรวจสอบวัสดุแบบไม่ทำลายสภาพ

ตอบ การตรวจสอบด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ทราบว่าเป็นวัสดุชนิดใด มีความสมบูรณ์พร้อมใช้งานหรือไม่ การตรวจสอบแบบนี้จะไม่มีผลกระทบต่อรูปร่างและสมบัติของวัสดุที่ถูกตรวจสอบ

4. จงยกตัวอย่างการตรวจสอบวัสดุแบบไม่ทำลายสภาพมา 5 วิธี

ตอบ 1. การตรวจสอบด้วยสายตา 2. การตรวจสอบด้วยแม่เหล็ก 3. การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม 4. การตรวจสอบด้วยน้ำมัน 5. การตรวจสอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก

5. จงบอกความหมายของการตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพ

ตอบ การตรวจสอบหาชนิดของวัสดุ ความแข็งของผิววัสดุ ความเหนียวของวัสดุ ความสามารถในการรับแรงดึง แรงกด แรงเฉือน แรงบิด และแรงกระแทกของวัสดุ ด้วยวิธีการต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อรูปร่างและสมบัติของวัสดุนั้นๆ

6. จงยกตัวอย่างการตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพมา 5 วิธี

ตอบ 1. การตรวจสอบความแข็งโดยการชูดหรือการตะไบ 2. การตรวจสอบด้วยวิธีหักโลหะแท่ง 3. การตรวจสอบโดยการเจียรระไน 4. การทดสอบความเค้นแรงดึง 5. การทดสอบแรงอัด

สารบัญ

	หน้า
คำนำ .....	ก
สารบัญ .....	ข
สารบัญ (ต่อ) .....	ค
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญแผนภูมิ.....	ฉ
สารบัญรูป .....	ญ
สารบัญรูป (ต่อ) .....	ฎ
<b>ผังโน้ตส์หน่วยที่ 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>หน่วยที่ 1 วัสดุในงานช่างอุตสาหกรรม .....</b>	<b>2</b>
แนวคิด .....	2
สาระการเรียนรู้ .....	2
จุดประสงค์การเรียนรู้ .....	2
ความหมายของวัสดุในงานช่างอุตสาหกรรม .....	3
ประเภทของวัสดุในงานช่างอุตสาหกรรม.....	4
แผนภูมิการจำแนกชนิดวัสดุในงานช่างอุตสาหกรรม.....	7
สมบัติของโลหะ.....	8
สมบัติของอโลหะ.....	8
หลักการเลือกใช้วัสดุในงานช่างอุตสาหกรรม .....	9
สมบัติของวัสดุในงานช่างอุตสาหกรรม .....	12
ความหมายของการจัดเก็บวัสดุ .....	16
เทคนิค 5 ส เพื่อดำเนินกิจกรรมทำความสะอาด .....	27
สรุปท้ายหน่วย .....	31
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	35
ใบงานหน่วยที่ 1 .....	36
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 .....	37
เฉลยใบงานหน่วยที่ 1 .....	38
ใบประเมินผลใบงานที่ 1 .....	39
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 .....	40

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผังมโนทัศน์หน่วยที่ 2 .....	45
หน่วยที่ 2 กรรมวิธีการผลิตเหล็ก .....	46
แนวคิด .....	46
สาระการเรียนรู้ .....	46
จุดประสงค์การเรียนรู้ .....	47
ความหมายของสินแร่เหล็ก .....	48
ชนิดของสินแร่เหล็ก .....	48
ขั้นตอนการเตรียมสินแร่เหล็ก .....	51
การผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง .....	52
กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้า .....	55
การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสซมเมอร์ .....	55
การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโทมัส.....	57
การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาแอลดี .....	57
การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพ่นฮาร์ท .....	58
การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาไฟฟ้า .....	60
การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสถูญญาภาศ .....	62
การผลิตเหล็กหล่อด้วยเตาคิวโพล่า .....	62
การผลิตเหล็กอ่อนด้วยเตापुकเดิ้ล .....	65
การขึ้นรูปเหล็กกล้า .....	69
สมบัติของธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กดิบ .....	70
สมบัติของธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กหล่อ .....	70
สมบัติของธาตุที่ผสมใช้ในเหล็กหล่อผสม .....	70
สรุปท้ายหน่วย .....	71
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	73
ใบงานหน่วยที่ 2 .....	74
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 2 .....	76
เฉลยใบงานหน่วยที่ 2 .....	77
ใบประเมินผลใบงานที่ 2 .....	79
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 2 .....	80

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผังมโนทัศน์หน่วยที่ 3 .....	85
หน่วยที่ 3 โลหะเหล็ก .....	86
แนวคิด .....	86
สาระการเรียนรู้ .....	86
จุดประสงค์การเรียนรู้ .....	86
ความหมายของโลหะ.....	87
สมบัติของโลหะ .....	87
ประเภทของโลหะ .....	88
ความหมายของโลหะที่เป็นเหล็ก .....	88
ชนิดของโลหะเหล็ก .....	88
ประเภทของเหล็กกล้าผสม.....	90
ชนิดและประโยชน์ของเหล็กกล้าผสมสูง .....	91
สรุปท้ายหน่วย .....	105
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	106
ใบงานหน่วยที่ 3 .....	107
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 3 .....	108
เฉลยใบงานหน่วยที่ 3 .....	109
ใบประเมินผลใบงานที่ 3 .....	110
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 3 .....	111
หน่วยที่ 4 .....	113
ผังมโนทัศน์หน่วยที่ 4.1 .....	113
หน่วยที่ 4.1 โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก .....	114
แนวคิด .....	114
สาระการเรียนรู้ .....	114
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	114
ความหมายของโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก.....	115
ประเภทของโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก.....	115
ความหมายของโลหะหนัก .....	115
ชนิดของโลหะหนัก .....	115

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
สรุปท้ายหน่วย .....	136
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	136
ใบงานหน่วยที่ 4.1.....	137
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4.1.....	138
เฉลยใบงานหน่วยที่ 4.1.....	139
ใบประเมินผลใบงานที่ 4.1.....	140
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 4.1.....	141
<b>ผังมโนทัศน์หน่วยที่ 4.2 .....</b>	<b>142</b>
<b>หน่วยที่ 4.2 โลหะเบา .....</b>	<b>143</b>
แนวคิด .....	143
สาระการเรียนรู้ .....	143
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	143
ความหมายของโลหะเบา.....	144
ชนิดและลักษณะทั่วไปของโลหะเบา .....	144
สรุปท้ายหน่วย .....	148
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	148
ใบงานหน่วยที่ 4.2.....	149
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4.2.....	150
เฉลยใบงานหน่วยที่ 4.2.....	151
ใบประเมินผลใบงานที่ 4.2.....	152
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 4.2.....	153
<b>ผังมโนทัศน์หน่วยที่ 5 .....</b>	<b>154</b>
<b>หน่วยที่ 5 โลหะผสม.....</b>	<b>155</b>
แนวคิด .....	155
สาระการเรียนรู้ .....	155
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	156
ความหมายของโลหะผสม .....	157
ประเภทของโลหะผสม .....	157
ความหมายของโลหะหนักผสม .....	157

สารบัญ ( ต่อ )

	หน้า
ชนิดของโลหะหนักผสม .....	157
ความหมายของโลหะเบาผสม .....	170
ชนิดของโลหะเบาผสม .....	170
ความหมายของโลหะซินเตอร์ .....	173
วัตถุดิบที่นำมาผลิตโลหะซินเตอร์ .....	173
ขั้นตอนกระบวนการผลิตโลหะแบบซินเตอร์ .....	173
สมบัติของโลหะซินเตอร์ .....	174
ประโยชน์การใช้งานของโลหะซินเตอร์.....	175
สรุปท้ายหน่วย .....	176
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	178
ใบงานหน่วยที่ 5 .....	179
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 5 .....	180
เฉลยใบงานหน่วยที่ 5 .....	181
ใบประเมินผลใบงานที่ 5.....	183
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 5.....	184
<b>ผังมโนทัศน์หน่วยที่ 6 .....</b>	<b>186</b>
<b>หน่วยที่ 6โลหะผสม.....</b>	<b>187</b>
แนวคิด .....	187
สาระการเรียนรู้ .....	187
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	187
ความหมายของอโลหะ .....	188
ประเภทของอโลหะ .....	188
ชนิดและประโยชน์ของวัสดุธรรมชาติ .....	189
ความหมายของวัสดุสังเคราะห์ .....	206
ชนิดและประโยชน์ของวัสดุสังเคราะห์ .....	206
สรุปท้ายหน่วย .....	231
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	234
ใบงานหน่วยที่ 6 .....	235

## สารบัญ ( ต่อ )

	หน้า
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 6 .....	236
เฉลยใบงานหน่วยที่ 6 .....	237
ใบประเมินผลใบงานที่ 6.....	238
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 6 .....	239

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงสัญลักษณ์ของธาตุโลหะ .....	10
ตารางที่ 1.2 แสดงสัญลักษณ์ของธาตุอโลหะ .....	11
ตารางที่ 1.3 แสดงสัญลักษณ์ของสารประกอบ .....	11
ตารางที่ 2.1 แสดงธาตุที่ใช้ผสมในเหล็กอ่อน .....	66
ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะตัวอย่างงานของเหล็กหล่อ .....	102
ตารางที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งกับความแข็งแรงของทองเหลือง .....	161
ตารางที่ 5.2 แสดงมาตรฐานของโลหะบัดกรีชนิดต่างๆ .....	165
ตารางที่ 6.1 สมบัติและการใช้งานของยางธรรมชาติ .....	196



## สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 1.1 แสดงลักษณะประเภทวัสดุในงานช่างอุตสาหกรรม .....	7
แผนภูมิที่ 2.1 แสดงลักษณะขั้นตอนการเตรียมสินแร่ .....	51
แผนภูมิที่ 2.2 แสดงลักษณะขั้นตอนการผลิตเหล็ก .....	68
แผนภูมิที่ 3.1 แสดงลักษณะประเภทโลหะ .....	87
แผนภูมิที่ 3.2 แสดงลักษณะขั้นตอนการผลิตเหล็กแบบต่างๆ.....	103
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงลักษณะกระบวนการผลิตโลหะแบบซินเตอร์ .....	174
แผนภูมิที่ 6.1 แสดงลักษณะประเภทของอโลหะ .....	188

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะวัตถุดิบ .....	3
รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะเครื่องจักรกลที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต.....	3
รูปที่ 1.3 แสดงลักษณะวัสดุช่วยงาน .....	4
รูปที่ 1.4 แสดงลักษณะโลหะที่เป็นเหล็ก .....	4
รูปที่ 1.5 แสดงลักษณะโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก .....	5
รูปที่ 1.6 แสดงลักษณะวัสดุธรรมชาติ .....	5
รูปที่ 1.7 แสดงลักษณะวัสดุสังเคราะห์ .....	6
รูปที่ 1.8 แสดงลักษณะการรับแรงดึง .....	12
รูปที่ 1.9 แสดงลักษณะการรับแรงอัด .....	13
รูปที่ 1.10 แสดงลักษณะการรับแรงเฉือน .....	13
รูปที่ 1.11 แสดงลักษณะความสามารถในการยืดหยุ่นตัว .....	14
รูปที่ 1.12 แสดงลักษณะความสามารถในการยึดตัว .....	14
รูปที่ 1.13 แสดงลักษณะความสามารถในการบิดงอและอัดขึ้นรูป .....	15
รูปที่ 1.14 แสดงลักษณะความสามารถในการรับแรงกระแทก .....	15
รูปที่ 1.15 แสดงลักษณะความเปราะ .....	16
รูปที่ 1.16 แสดงลักษณะการจัดเก็บวัสดุ .....	17
รูปที่ 1.17 แสดงลักษณะการจัดเก็บสารเคมี .....	18
รูปที่ 1.18 แสดงลักษณะสัญลักษณ์การระเบิด .....	18
รูปที่ 1.19 แสดงลักษณะสัญลักษณ์สารพิษ .....	19
รูปที่ 1.20 แสดงลักษณะสัญลักษณ์การติดไฟ .....	19
รูปที่ 1.21 แสดงลักษณะสัญลักษณ์สารอันตราย .....	20
รูปที่ 1.22 แสดงลักษณะสัญลักษณ์การกัดกร่อนของสารเคมี .....	20
รูปที่ 1.23 แสดงลักษณะสัญลักษณ์แสดงเครื่องหมายเตือนภัยบริเวณที่เกิดอันตรายจากสาร กัมมันตภาพรังสี .....	21
รูปที่ 1.24 แสดงลักษณะแบ่งเขตความปลอดภัย .....	21
รูปที่ 1.25 แสดงลักษณะแบ่งเป็นเขตสำหรับช่องทางเดิน .....	22
รูปที่ 1.26 แสดงลักษณะแบ่งเป็นเขตอันตรายของเครื่องจักร โดยมีเส้นแบ่ง.....	22
รูปที่ 1.27 แสดงลักษณะแบ่งเป็นเขตที่มีการติดตั้งเครื่องจักร .....	23
รูปที่ 1.28 แสดงลักษณะกิจกรรมสะสาง .....	23

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 1.29 แสดงลักษณะกิจกรรมสะควก .....	24
รูปที่ 1.30 แสดงลักษณะกิจกรรมสะอาด .....	24
รูปที่ 1.31 แสดงลักษณะกิจกรรมสุขลักษณะ .....	25
รูปที่ 1.32 แสดงลักษณะการจัดทำกิจกรรม 5 ส ( สร้างนิสัย ) .....	25
รูปที่ 1.33 แสดงลักษณะแบ่งเป็นเขตอันตรายของเครื่องจักร โดยมีเส้นแบ่ง.....	26
รูปที่ 1.34 แสดงลักษณะแบ่งเป็นเขตที่มีการติดตั้งเครื่องจักร.....	26
รูปที่ 1.35 แสดงลักษณะกิจกรรมสะวาง.....	27
รูปที่ 1.36 แสดงลักษณะกิจกรรมสะควก.....	28
รูปที่ 1.37 แสดงลักษณะกิจกรรมสะอาด.....	29
รูปที่ 1.38 แสดงลักษณะกิจกรรมสุขลักษณะ.....	29
รูปที่ 1.39 แสดงลักษณะการจัดทำกิจกรรม 5 ส ( สร้างนิสัย ).....	30
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะสินแร่เหล็กแมกนีไทต์ .....	48
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะสินแร่เหล็กเฮมาไทต์ .....	48
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะสินแร่เหล็กซิเดอไรต์ .....	49
รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะสินแร่เหล็กบราวน์เฮมาไทต์ .....	49
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะสินแร่เหล็กไฟไรต์ .....	50
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะวัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมสินแร่เหล็กเพื่อนำไปถลุง.....	52
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะเตาสูง .....	53
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะกระบวนการผลิตเหล็กดิบด้วยเตาสูง .....	54
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะเตาเบสซิมเมอร์ .....	55
รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะกรรมวิธีการผลิตแบบเบสซิมเมอร์ .....	56
รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าแบบโทมัส .....	57
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการผลิตเหล็กกล้าแบบโทมัส .....	58
รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะเตาโอเพ่นฮาร์ท .....	59
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะเตาโอเพ่นฮาร์ท .....	59
รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะเตาไฟฟ้า .....	60
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาอาร์ก .....	61
รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะเตาเหนี่ยวนำ .....	61
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาสถูญูภาส .....	62

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะเตาควิวโพล่า ..... 63

รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะภาพหน้าตัดเตาพุคเคิ้ล ..... 65

รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะการผลิตเหล็กอ่อนด้วยเตาพุคเคิ้ล ..... 66

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ..... 89

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ..... 89

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนสูง..... 90

รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าผสมต่ำ ..... 91

รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าไร้สนิม ..... 91

รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าทนการสึกหรอ ..... 92

รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้ารอบสูง ..... 92

รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าผสมความแข็งแรงสูง..... 93

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าทนแรงดึงสูง ..... 93

รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้าหล่อผสม ..... 94

รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กกล้ารอบสูง ..... 94

รูปที่ 3.12 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กสปริง ..... 95

รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเหล็กแม่เหล็กถาวร ..... 95

รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะเม็ดเกรนของเหล็กหล่อสีเทา ..... 96

รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อสีเทา ..... 97

รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะเม็ดเกรนของเหล็กหล่อแข็งหรือเหล็กหล่อสีขาว ..... 97

รูปที่ 3.17 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อแข็ง ..... 98

รูปที่ 3.18 แสดงลักษณะเม็ดเกรนของเหล็กหล่อเหนียวสีขาว ..... 98

รูปที่ 3.19 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อเหนียวสีขาว ..... 99

รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อเหนียวสีดำ ..... 99

รูปที่ 3.21 แสดงลักษณะเม็ดเกรนของเหล็กหล่อพิเศษกราไฟต์ก่อนกลม ..... 100

รูปที่ 3.22 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อพิเศษกราไฟต์ก่อนกลม..... 100

รูปที่ 3.23 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กเหนียวหล่อ ..... 101

รูปที่ 3.24 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อสีขาวผสมสูง ..... 101

รูปที่ 3.25 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็กหล่อสีเทาผสมนิกเกิลสูง ..... 102

รูปที่ 4.1.1 แสดงลักษณะเตาควิวแร่ทองแดง ..... 115

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.1.2 แสดงลักษณะกรรมวิธีทำทองแดงดิบให้เป็นทองแดงบริสุทธิ์.....	116
รูปที่ 4.1.3 แสดงลักษณะปลายหัวแร่ที่ทำด้วยทองแดง .....	117
รูปที่ 4.1.4 แสดงลักษณะเตาคั่วแร่สังกะสี .....	118
รูปที่ 4.1.5 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากสังกะสี .....	119
รูปที่ 4.1.6 แสดงลักษณะทั่วไปของดีบุก .....	119
รูปที่ 4.1.7 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากดีบุก .....	121
รูปที่ 4.1.8 แสดงลักษณะตะกั่ว .....	121
รูปที่ 4.1.9 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากตะกั่ว .....	122
รูปที่ 4.1.10 แสดงลักษณะประแจเลื่อนชุบผิวด้วยนิกเกิล .....	123
รูปที่ 4.1.11 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโครเมียม .....	124
รูปที่ 4.1.12 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากทังสเตน .....	125
รูปที่ 4.1.13 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโมลิบดีนัม .....	126
รูปที่ 4.1.14 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากวานาเดียม .....	127
รูปที่ 4.1.15 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโคบอลต์ .....	128
รูปที่ 4.1.16 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากบิสมัท .....	128
รูปที่ 4.1.17 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากปรอท .....	129
รูปที่ 4.1.18 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเงิน .....	130
รูปที่ 4.1.19 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากทองคำขาว .....	131
รูปที่ 4.1.20 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากแทนทาลัม .....	132
รูปที่ 4.1.21 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากแคดเมียม .....	133
รูปที่ 4.1.22 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากพลวง .....	133
รูปที่ 4.1.23 แสดงลักษณะฟลักซ์ลวดเชื่อมไฟฟ้าที่หุ้มด้วยแมงกานีส .....	134
รูปที่ 4.1.24 แสดงลักษณะทรานซิสเตอร์ ที่ผสมด้วยเยอรมันเนียม .....	135
รูปที่ 4.2.1 แสดงลักษณะบันไดที่ผลิตด้วยอะลูมิเนียม .....	144
รูปที่ 4.2.2 แสดงลักษณะกระทะล้อแม็กที่ผลิตด้วยแมกนีเซียม .....	145
รูปที่ 4.2.3 แสดงลักษณะชิ้นส่วนของเครื่องบิน ยานอวกาศ ที่ผลิตด้วยไททานเนียม .....	146
รูปที่ 4.2.4 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยเบริลเลียม .....	147
รูปที่ 4.2.5 แสดงลักษณะเตาปฏิกรณ์ปรมาณูที่ผลิตด้วยเซอร์โคเนียม .....	147

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะวัสดุที่ผสมสังกะสี .....	158
รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะวัสดุที่ผสมสังกะสีชนิดหล่ออัด .....	159
รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยทองเหลือง .....	159
รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะก๊อกน้ำที่ผลิตด้วยทองเหลืองหล่อ .....	160
รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยทองเหลืองรีด .....	160
รูปที่ 5.6 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยทองเหลืองพิเศษ .....	161
รูปที่ 5.7 แสดงลักษณะชุดเฟืองหนอนที่ผลิตด้วยบรอนซ์ .....	162
รูปที่ 5.8 แสดงลักษณะสปริงที่ผลิตด้วยบรอนซ์คืบูก .....	162
รูปที่ 5.9 แสดงลักษณะเพลาช้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ที่ผลิตด้วยบรอนซ์ตะกั่ว .....	163
รูปที่ 5.10 แสดงลักษณะสเก็ด ที่ผลิตด้วยบรอนซ์เบริลเลียม .....	163
รูปที่ 5.11 แสดงลักษณะวัสดุแบริงที่ผลิตด้วยทองแดงหล่อ .....	164
รูปที่ 5.12 แสดงลักษณะมิเตอร์ไฟฟ้า ที่ผลิตด้วยดีบุกผสม .....	164
รูปที่ 5.13 แสดงลักษณะมาตรวัดน้ำที่ผลิตด้วยดีบุกผสมหล่ออัด .....	165
รูปที่ 5.14 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยโลหะแบริง .....	166
รูปที่ 5.15 แสดงลักษณะหล่อตัวพิมพ์ที่ผลิตด้วยตะกั่วแข็ง .....	166
รูปที่ 5.16 แสดงลักษณะตะกั่วบัดกรี .....	167
รูปที่ 5.17 แสดงลักษณะวัสดุตะกั่วแบริง .....	167
รูปที่ 5.18 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยนิกเกิลผสมทองแดง .....	168
รูปที่ 5.19 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยนิกเกิลผสมเหล็ก .....	168
รูปที่ 5.20 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยนิกเกิลผสมโครเมียม .....	169
รูปที่ 5.21 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยเงินเยอรมัน .....	169
รูปที่ 5.22 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยคอนสแตนแตน .....	170
รูปที่ 5.23 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยอะลูมิเนียมผสม .....	171
รูปที่ 5.24 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยแมกนีเซียมผสมแมงกานีส .....	171
รูปที่ 5.25 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยแมกนีเซียมผสมอะลูมิเนียม .....	172
รูปที่ 5.26 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตด้วยแมกนีเซียมผสมอะลูมิเนียมผสมสังกะสี .....	172
รูปที่ 5.27 แสดงลักษณะวัตถุดิบที่นำมาผลิตโลหะซินเตอร์ .....	173
รูปที่ 5.28 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ได้จากกรรมวิธีโลหะซินเตอร์ .....	175

## สารบัญรูป (ต่อ)

### หน้า

รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะเครื่องใช้ที่ผลิตจากไม้เนื้อแข็ง .....	189
รูปที่ 6.2 แสดงลักษณะเครื่องใช้ที่ผลิตจากไม้เนื้อแข็งปานกลาง .....	190
รูปที่ 6.3 แสดงลักษณะหน้าตัดท่อนไม้ตามขวาง .....	191
รูปที่ 6.4 แสดงลักษณะแผ่นไม้อัด .....	194
รูปที่ 6.5 แสดงลักษณะ ไม้อัดแผ่นเรียบด้านหนึ่งเรียบ อีกด้านหนึ่งเป็นลาย .....	194
รูปที่ 6.6 แสดงลักษณะแผ่นชั้นไม้อัด .....	195
รูปที่ 6.7 แสดงลักษณะสูตรหาปริมาตรไม้เมื่อกำหนดความยาวเป็นเมตร .....	195
รูปที่ 6.8 แสดงลักษณะต้นยางพารา .....	196
รูปที่ 6.9 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางพารา .....	196
รูปที่ 6.10 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหนังดิบ .....	197
รูปที่ 6.11 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหนังฟอก .....	198
รูปที่ 6.12 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหนังสัตว์ที่มีขนสวยงาม .....	198
รูปที่ 6.13 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทำจากขนสัตว์ทั่วไป .....	199
รูปที่ 6.14 แสดงลักษณะหนังเทียมประเภทเลียนแบบหนังแท้ .....	199
รูปที่ 6.15 แสดงลักษณะหนังเทียมประเภททดแทนหนังแท้ .....	200
รูปที่ 6.16 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสิ่งทอ .....	200
รูปที่ 6.17 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากผ้า .....	202
รูปที่ 6.18 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากไหม .....	202
รูปที่ 6.19 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากปอ .....	203
รูปที่ 6.20 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากขนสัตว์ .....	203
รูปที่ 6.21 แสดงลักษณะกาวเคซิน .....	204
รูปที่ 6.22 แสดงลักษณะกาวแป้ง .....	205
รูปที่ 6.23 แสดงลักษณะกาวยาง .....	205
รูปที่ 6.24 แสดงลักษณะกาวสัตว์ .....	205
รูปที่ 6.25 แสดงลักษณะยางบูนาเอส .....	206
รูปที่ 6.26 แสดงลักษณะยางบูนาเอ็น .....	207
รูปที่ 6.27 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางสไตรีน บูทาดีน .....	207
รูปที่ 6.28 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางบูไทล์ .....	208
รูปที่ 6.29 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางนีโอพรีน .....	208

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 6.30 แสดงลักษณะท่ออย่างซิลิโคนหุ้มด้ามเครื่องมือ .....	209
รูปที่ 6.31 แสดงลักษณะสีน้ำ .....	210
รูปที่ 6.32 แสดงลักษณะสีอีนามัล .....	210
รูปที่ 6.33 แสดงลักษณะสีแลคเกอร์ .....	211
รูปที่ 6.34 แสดงลักษณะสียาง .....	212
รูปที่ 6.35 แสดงลักษณะสีรองพื้น .....	212
รูปที่ 6.36 แสดงลักษณะสีรองพื้นที่ใช้กับปูนซีเมนต์ กระเบื้อง กระดาษ .....	213
รูปที่ 6.37 แสดงลักษณะสีรองพื้นกันสนิม .....	213
รูปที่ 6.38 แสดงลักษณะการพ่นสี .....	215
รูปที่ 6.39 แสดงลักษณะชุดกาแฟที่ทำด้วยเซรามิค .....	215
รูปที่ 6.40 แสดงกระจกที่ผลิตจากแก้วนิรภัย .....	217
รูปที่ 6.41 แสดงลักษณะฉนวนใยแก้ว .....	217
รูปที่ 6.42 แสดงลักษณะฉนวนใยหิน .....	218
รูปที่ 6.43 แสดงลักษณะถุงมือที่ผลิตจากไนลอน .....	219
รูปที่ 6.44 แสดงลักษณะของวัสดุที่ผลิตจากโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ .....	220
รูปที่ 6.45 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีเอทิลีนชนิดความหนาปานกลาง .....	220
รูปที่ 6.46 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง .....	220
รูปที่ 6.47 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโคโพลีไมเมอร์ .....	221
รูปที่ 6.48 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีสไตรีน .....	221
รูปที่ 6.49 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีโพรไพลีน .....	222
รูปที่ 6.50 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากโพลีคาร์บอเนต .....	222
รูปที่ 6.51 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากอะครีลิก .....	223
รูปที่ 6.52 แสดงลักษณะของวัสดุที่ผลิตจากเซลลูโลส ไนเตรด .....	223
รูปที่ 6.53 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเซลลูโลส อะซีเตด .....	224
รูปที่ 6.54 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเซลลูโลส อะซีเตด บูไทเรต .....	224
รูปที่ 6.55 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเซลลูโลส โพรพิโอเนต .....	225
รูปที่ 6.56 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากเอซีต ซลลูโลส .....	225



## สารบัญรูป (ต่อ)

## หน้า

รูปที่ 6.57 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากไวนิล .....	226
รูปที่ 6.58 แสดงลักษณะของวัสดุที่ผลิตจากยูรีเทนในรูปโฟมแข็ง .....	226
รูปที่ 6.59 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากยูรีเทนในรูปโฟมอ่อน .....	227
รูปที่ 6.60 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากยูรีเทนในรูปของเหลว .....	227
รูปที่ 6.61 แสดงลักษณะวัสดุที่ผลิตจากซิลิโคน .....	228
รูปที่ 6.62 แสดงลักษณะของวัสดุที่ใช้โฟกซี่ .....	228
รูปที่ 6.63 แสดงลักษณะกาวยูเรีย .....	229
รูปที่ 6.64 แสดงลักษณะของภาชนะบรรจุอาหารที่ผลิตด้วยเมลามีน .....	229
รูปที่ 6.65 แสดงลักษณะของวัสดุที่ผลิตจากฟีนอลิก .....	230

สารบัญ

	หน้า
คำนำ .....	ก
สารบัญ .....	ข
สารบัญ (ต่อ) .....	ค
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญรูป .....	ซ
สารบัญรูป (ต่อ).....	ฅ
<b>ผังมโนทัศน์หน่วยที่ 7 .....</b>	<b>242</b>
<b>หน่วยที่ 7 มาตรฐานหลักในงานอุตสาหกรรม.....</b>	<b>243</b>
แนวคิด .....	243
สาระการเรียนรู้ .....	243
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	243
ความหมายของมาตรฐานหลัก.....	244
ความสำคัญของมาตรฐานหลัก .....	244
การจำแนกมาตรฐานหลัก .....	244
สรุปท้ายหน่วย .....	266
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	268
ใบงานหน่วยที่ 7 .....	269
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7 .....	271
เฉลยใบงานหน่วยที่ 7 .....	272
ใบประเมินผลใบงานที่ 7.....	274
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7 .....	275
<b>ผังมโนทัศน์หน่วยที่ 8 .....</b>	<b>277</b>
<b>หน่วยที่ 8 วัสดุเชื้อเพลิง.....</b>	<b>278</b>
แนวคิด .....	278
สาระการเรียนรู้ .....	278
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	278
ความหมายของวัสดุเชื้อเพลิง .....	279
ประเภทของวัสดุเชื้อเพลิง .....	279
เชื้อเพลิงแข็ง .....	279

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เชื้อเพลิงเหลว .....	282
เชื้อเพลิงแก๊ส .....	289
สรุปท้ายหน่วย .....	293
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	294
ใบงานหน่วยที่ 8 .....	295
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 8 .....	296
เฉลยใบงานหน่วยที่ 8 .....	297
ใบประเมินผลใบงานที่ 8.....	298
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 8 .....	299
<b>ผังโน้ตทัศน์หน่วยที่ 9 .....</b>	<b>300</b>
<b>หน่วยที่ 9 วัสดุหล่อลื่นและวัสดุหล่อเย็น.....</b>	<b>301</b>
แนวคิด .....	301
สาระการเรียนรู้ .....	301
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	301
ความหมายของวัสดุหล่อลื่น .....	302
ประเภทของวัสดุหล่อลื่น .....	302
ลักษณะของการหล่อลื่น .....	305
ความหมายของวัสดุหล่อเย็น .....	307
ประเภทของวัสดุหล่อเย็น .....	307
ข้อดีของวัสดุหล่อเย็น .....	308
สรุปท้ายหน่วย .....	310
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	310
ใบงานหน่วยที่ 9 .....	311
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 9 .....	312
เฉลยใบงานหน่วยที่ 9 .....	313
ใบประเมินผลใบงานที่ 9.....	314
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 9 .....	315

## สารบัญ ( ต่อ )

	หน้า
ผังโมดูลหน่วยที่ 10 .....	316
หน่วยที่ 10 วัสดุก่อสร้าง .....	317
แนวคิด .....	317
สาระการเรียนรู้ .....	317
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	317
ความหมายของวัสดุก่อสร้าง .....	318
ชนิดและประโยชน์ของวัสดุก่อสร้าง .....	318
สรุปท้ายหน่วย .....	340
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	343
ใบงานหน่วยที่ 10 .....	344
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 10 .....	345
เฉลยใบงานหน่วยที่ 10 .....	346
ใบประเมินผลใบงานที่ 10.....	347
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 10.....	348
ผังโมดูลหน่วยที่ 11 .....	351
หน่วยที่ 11 วัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ .....	352
แนวคิด .....	352
สาระการเรียนรู้ .....	352
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	352
ความหมายของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ .....	353
ชนิดของวัสดุไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ .....	353
แหล่งกำเนิดไฟฟ้า .....	354
ประเภทของไฟฟ้า .....	355
อุปกรณ์ไฟฟ้า .....	356
ชนิดของสายไฟฟ้า .....	357
อุปกรณ์ป้องกันอันตรายเมื่อกระแสไฟเกินอัตรา .....	364
วัสดุอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์ .....	367
เครื่องใช้ไฟฟ้า .....	369

## สารบัญ ( ต่อ )

	หน้า
สรุปท้ายหน่วย .....	372
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	374
ใบงานหน่วยที่ 11 .....	375
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 11 .....	376
เฉลยใบงานหน่วยที่ 11 .....	377
ใบประเมินผลใบงานที่ 11.....	378
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 11.....	379
<b>ผังมโนทัศน์หน่วยที่ 12 .....</b>	<b>381</b>
<b>หน่วยที่ 12 การกั้ดกร่อนและการป้องกัน .....</b>	<b>382</b>
แนวคิด .....	382
สาระการเรียนรู้ .....	382
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	382
ความหมายของการกั้ดกร่อน .....	383
สาเหตุของการกั้ดกร่อน .....	383
ลักษณะและชนิดของการกั้ดกร่อน.....	383
การป้องกันการกั้ดกร่อน.....	388
สรุปท้ายหน่วย .....	397
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	398
ใบงานหน่วยที่ 12 .....	399
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 12 .....	400
เฉลยใบงานหน่วยที่ 12 .....	401
ใบประเมินผลใบงานที่ 12.....	403
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 12 .....	404
<b>ผังมโนทัศน์หน่วยที่ 13 .....</b>	<b>406</b>
<b>หน่วยที่ 13 การตรวจสอบวัสดุเบื้องต้น .....</b>	<b>407</b>
แนวคิด .....	407
สาระการเรียนรู้ .....	407
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	407

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ความหมายของการตรวจสอบวัสดุ.....	408
ประเภทของการตรวจสอบวัสดุ.....	408
การตรวจสอบวัสดุแบบไม่ทำลายสภาพ .....	408
การตรวจสอบวัสดุแบบทำลายสภาพ .....	411
สรุปท้ายหน่วย .....	418
คำศัพท์ประจำหน่วย .....	418
ใบงานหน่วยที่ 13 .....	419
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 13 .....	421
เฉลยใบงานหน่วยที่ 13 .....	422
ใบประเมินผลใบงานที่ 13.....	425
เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 13 .....	426
บรรณานุกรม .....	427
ภาคผนวก ก .....	439

## สารบัญตาราง

### หน้า

ตารางที่ 7.1 แสดงการกำหนดมาตรฐานเหล็ก ตามมาตรฐาน DIN 1600 – 1699 .....	244
ตารางที่ 7.2 แสดงรายการจุดทดสอบ และชนิดของเหล็กตามมาตรฐาน DIN .....	245
ตารางที่ 7.3 แสดงตัวหารตามชื่อธาตุต่างๆ .....	246
ตารางที่ 7.4 แสดงลักษณะงานของเหล็กชนิดต่างตามมาตรฐาน DIN .....	251
ตารางที่ 7.5 แสดงความหมายของตัวอักษรนำหน้าตัวเลขในระบบ AISI .....	252
ตารางที่ 7.6 แสดงสัญลักษณ์ของตัวเลขสองตัวแรกในระบบ AISI .....	252
ตารางที่ 7.7 แสดงสัญลักษณ์ชนิดของเหล็กในระบบ SAE .....	253
ตารางที่ 7.8 แสดงตัวอักษรและความหมายของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม .....	254
ตารางที่ 7.9 แสดงตัวอย่างมาตรฐาน JIS .....	256
ตารางที่ 7.10 แสดงตัวอย่างเลขที่ มอก. ....	257
ตารางที่ 9.1 แสดงชนิดของสบูที่ผสม และสมบัติของจาระบี .....	304
ตารางที่ 9.2 แสดงเลขน้ำมันเบอร์ของน้ำมันหล่อลื่นและตัวอย่างการใช้งาน .....	309
ตารางที่ 12.1 แสดงอนุกรมแรงดันไฟฟ้า .....	385
ตารางที่ 13.1 แสดงการตรวจสอบชนิดของโลหะ โดยการตรวจสอบด้วยสายตา.....	409
ตารางที่ 13.2 แสดงการตรวจสอบความแข็งจากการตดของฟินตะไบ .....	412
ตารางที่ 13.3 แสดงมาตรฐานของประกายไฟจากการเจียรระไนชิ้นงานตรวจสอบ .....	414

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 7.1 แสดงลักษณะเหล็กเส้นกลม .....	258
รูปที่ 7.2 แสดงลักษณะเหล็กข้ออ้อย .....	259
รูปที่ 7.3 แสดงลักษณะลวดเหล็กกล้าตีเกลียว .....	260
รูปที่ 7.4 แสดงลักษณะเหล็กเสริมคอนกรีตอัดแรง.....	260
รูปที่ 7.5 แสดงลักษณะเหล็กแผ่น .....	261
รูปที่ 7.6 แสดงลักษณะเหล็กแบน .....	262
รูปที่ 7.7 แสดงลักษณะเหล็กโครงสร้างรูปตัวซี .....	262
รูปที่ 7.8 แสดงลักษณะเหล็กรางน้ำ .....	263
รูปที่ 7.9 แสดงลักษณะเหล็กกล่อง .....	263
รูปที่ 7.10 แสดงลักษณะเหล็กฉาก .....	264
รูปที่ 7.11 แสดงลักษณะเหล็กท่อกลมดำ .....	264
รูปที่ 7.12 แสดงลักษณะท่อเหล็กอบสังกะสี .....	265
รูปที่ 8.1 แสดงลักษณะถ่านโค้ก .....	279
รูปที่ 8.2 แสดงลักษณะถ่านฟิต .....	280
รูปที่ 8.3 แสดงลักษณะถ่านลิกไนต์ .....	280
รูปที่ 8.4 แสดงลักษณะบิทูมินัส .....	280
รูปที่ 8.5 แสดงลักษณะแอนทราไซต์ .....	281
รูปที่ 8.6 แสดงลักษณะถ่านไม้ .....	281
รูปที่ 8.7 แสดงลักษณะฟืน .....	282
รูปที่ 8.8 แสดงลักษณะวัสดุทางการเกษตร .....	282
รูปที่ 8.9 แสดงลักษณะน้ำมันไบโอดีเซล .....	283
รูปที่ 8.10 แสดงลักษณะน้ำมันดีเซล .....	284
รูปที่ 8.11 แสดงลักษณะน้ำมันเบนซิน .....	285
รูปที่ 8.12 แสดงลักษณะตัวอย่างน้ำมันเครื่องบินใบพัด และเครื่องบินไอพ่น .....	286
รูปที่ 8.13 แสดงลักษณะน้ำมันก๊าด .....	287
รูปที่ 8.14 แสดงลักษณะน้ำมันเตา .....	287
รูปที่ 8.15 แสดงลักษณะการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม .....	288
รูปที่ 8.16 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน .....	288
รูปที่ 8.17 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล .....	289



สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 8.18 แสดงลักษณะแก๊ส NGV.....	290
รูปที่ 8.19 แสดงลักษณะแก๊ส LPG .....	290
รูปที่ 8.20 แสดงลักษณะแก๊ส CNG .....	291
รูปที่ 8.21 แสดงลักษณะแก๊ส NGL .....	291
รูปที่ 9.1 แสดงลักษณะน้ำมันที่ได้จากสัตว์ .....	302
รูปที่ 9.2 แสดงลักษณะน้ำมันไฮดรอลิกส์ .....	303
รูปที่ 9.3 แสดงลักษณะจาระบี .....	303
รูปที่ 9.4 แสดงลักษณะสารหล่อลื่นประเภทของแข็ง .....	305
รูปที่ 9.5 แสดงลักษณะการหล่อลื่นแบบ Hydrodynamic Lubrication .....	306
รูปที่ 9.6 แสดงลักษณะการหล่อลื่นแบบ Boundary Lubrication .....	306
รูปที่ 9.7 แสดงลักษณะการหล่อลื่นแบบ Elasto- Hydrodynamic Lubrication .....	306
รูปที่ 9.8 แสดงลักษณะน้ำมันหล่อเย็น .....	307
รูปที่ 9.9 แสดงลักษณะการหล่อเย็นชิ้นงาน .....	308
รูปที่ 9.10 แสดงลักษณะการหล่อลื่นด้วยน้ำมันหล่อลื่น .....	309
รูปที่ 10.1 แสดงลักษณะการใช้ไม้เป็นโครงสร้าง .....	318
รูปที่ 10.2 แสดงลักษณะบานประตูไม้ .....	318
รูปที่ 10.3 แสดงลักษณะการใช้ไม้แบบในโครงสร้าง .....	319
รูปที่ 10.4 แสดงลักษณะการใช้ไม้ทำเฟอร์นิเจอร์ .....	319
รูปที่ 10.5 แสดงลักษณะไม้อัดสำเร็จรูป .....	320
รูปที่ 10.6 แสดงลักษณะหินผสมคอนกรีต .....	320
รูปที่ 10.7 แสดงลักษณะหินบด .....	320
รูปที่ 10.8 แสดงลักษณะหินกาบ .....	321
รูปที่ 10.9 แสดงลักษณะหินแกรนิต .....	321
รูปที่ 10.10 แสดงลักษณะหินอ่อน .....	321
รูปที่ 10.11 แสดงลักษณะหินศิลาแลง .....	322
รูปที่ 10.12 แสดงลักษณะหินกรวด .....	322
รูปที่ 10.13 แสดงลักษณะทรายหยาบ .....	323
รูปที่ 10.14 แสดงลักษณะทรายหยาบปานกลาง .....	323
รูปที่ 10.15 แสดงลักษณะทรายละเอียด .....	323

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 10.16 แสดงลักษณะปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ .....	324
รูปที่ 10.17 แสดงลักษณะปูนซีเมนต์จากธรรมชาติ .....	325
รูปที่ 10.18 แสดงลักษณะปูนซีเมนต์ปัสโซลาน .....	325
รูปที่ 10.19 แสดงลักษณะปูนซีเมนต์อะลูมินัส .....	326
รูปที่ 10.20 แสดงลักษณะปูนซีเมนต์ซัลเฟต .....	326
รูปที่ 10.21 แสดงลักษณะปูนขาว .....	327
รูปที่ 10.22 แสดงลักษณะปูนยาแนว .....	327
รูปที่ 10.23 แสดงลักษณะยากันซึม .....	328
รูปที่ 10.24 แสดงลักษณะกาวยาแนว .....	328
รูปที่ 10.25 แสดงลักษณะกาวซีเมนต์ .....	329
รูปที่ 10.26 แสดงลักษณะอิฐบล็อก .....	330
รูปที่ 10.27 แสดงลักษณะอิฐมอญ .....	330
รูปที่ 10.28 แสดงลักษณะอิฐดินเหนียวอัด .....	331
รูปที่ 10.29 แสดงลักษณะอิฐดินแดงอัดผสม .....	331
รูปที่ 10.30 แสดงลักษณะอิฐทนไฟ .....	331
รูปที่ 10.31 แสดงลักษณะกระเบื้องซีแพค .....	332
รูปที่ 10.32 แสดงลักษณะกระเบื้องลอนคู่ .....	333
รูปที่ 10.33 แสดงลักษณะกระเบื้องเรียบ .....	333
รูปที่ 10.34 แสดงลักษณะกระเบื้องประดับ .....	334
รูปที่ 10.35 แสดงลักษณะกระเบื้องแผ่นเรียบ .....	334
รูปที่ 10.36 แสดงลักษณะเหล็กโครงสร้าง .....	335
รูปที่ 10.37 แสดงลักษณะเหล็กเส้นก่อสร้าง .....	335
รูปที่ 10.38 แสดงลักษณะเหล็กมุงหลังคาชนิดลอน .....	336
รูปที่ 10.39 แสดงลักษณะอะลูมิเนียม .....	336
รูปที่ 10.40 แสดงลักษณะกระจกนิรภัย .....	337
รูปที่ 10.41 แสดงลักษณะเครื่องสุขภัณฑ์ .....	338
รูปที่ 10.42 แสดงลักษณะท่อแบบต่างๆ .....	339
รูปที่ 10.43 แสดงลักษณะไมโครไฟเบอร์ .....	339

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 11.1 แสดงลักษณะวัสดุตัวนำ .....	353
รูปที่ 11.2 แสดงลักษณะวัสดุกึ่งตัวนำ .....	353
รูปที่ 11.3 แสดงลักษณะวัสดุฉนวน .....	354
รูปที่ 11.4 แสดงลักษณะแหล่งกำเนิดของไฟฟ้า .....	354
รูปที่ 11.5 แสดงลักษณะแหล่งกำเนิดไฟฟ้า .....	355
รูปที่ 11.6 แสดงลักษณะไฟฟ้ากระแสตรง .....	355
รูปที่ 11.7 แสดงลักษณะไฟฟ้ากระแสสลับ .....	356
รูปที่ 11.8 แสดงลักษณะสายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้ม .....	356
รูปที่ 11.9 แสดงลักษณะสายไฟฟ้าที่ไม่มีฉนวนหุ้ม .....	357
รูปที่ 11.10 แสดงลักษณะสายไฟฟ้าสายอ่อน .....	357
รูปที่ 11.11 แสดงลักษณะสายไฟฟ้าสายเดี่ยว .....	358
รูปที่ 11.12 แสดงลักษณะสายไฟฟ้าสายคู่ .....	358
รูปที่ 11.13 แสดงลักษณะสายเคเบิล .....	359
รูปที่ 11.14 แสดงลักษณะไดนาโมหรือเจนเนอเรเตอร์ .....	359
รูปที่ 11.15 แสดงลักษณะเซลล์ไฟฟ้า .....	360
รูปที่ 11.16 แสดงลักษณะสวิตช์ .....	360
รูปที่ 11.17 แสดงลักษณะหลอดไฟฟ้า .....	361
รูปที่ 11.18 แสดงลักษณะหลอดไฟชนิดเผาไส้ .....	361
รูปที่ 11.19 แสดงลักษณะหลอดฟลูออเรสเซนต์ .....	362
รูปที่ 11.20 แสดงลักษณะสตาร์ทเตอร์ .....	362
รูปที่ 11.21 แสดงลักษณะบัลลาสต์ .....	363
รูปที่ 11.22 แสดงลักษณะปลั๊กตัวผู้ .....	363
รูปที่ 11.23 แสดงลักษณะปลั๊กตัวเมีย .....	363
รูปที่ 11.24 แสดงลักษณะฟิวส์เส้น .....	364
รูปที่ 11.25 แสดงลักษณะสะพานไฟ .....	364
รูปที่ 11.26 แสดงลักษณะฟิวส์ปลั๊ก .....	365
รูปที่ 11.27 แสดงลักษณะคาร์ทริดจ์ฟิวส์ แบบต่างๆ .....	365
รูปที่ 11.28 แสดงลักษณะเบรกเกอร์ .....	366
รูปที่ 11.29 แสดงลักษณะสวิตช์อัตโนมัติ .....	366

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 11.30 แสดงลักษณะทรานซิสเตอร์ .....	367
รูปที่ 11.31 แสดงลักษณะไดโอดธรรมดา .....	367
รูปที่ 11.32 แสดงลักษณะไดโอดจำกัดค่า .....	368
รูปที่ 11.33 แสดงลักษณะไอซี .....	368
รูปที่ 11.34 แสดงลักษณะตัวต้านทาน .....	369
รูปที่ 11.35 แสดงลักษณะตู้เย็น .....	369
รูปที่ 11.36 แสดงลักษณะโทรทัศน์ .....	370
รูปที่ 11.37 แสดงลักษณะเครื่องปรับอากาศ .....	370
รูปที่ 11.38 แสดงลักษณะของพัดลม .....	371
รูปที่ 11.39 แสดงลักษณะวิทยุและเครื่องเสียง .....	371
รูปที่ 12.1 แสดงลักษณะการใช้สารหล่อลื่นเพื่อลดการเสียดสี .....	383
รูปที่ 12.2 แสดงการกัดกร่อนที่เกิดจากไฟฟ้า – เคมี .....	384
รูปที่ 12.3 แสดงลักษณะการกัดกร่อนแบบเรียบสม่ำเสมอ.....	384
รูปที่ 12.4 แสดงลักษณะการกัดกร่อนแบบขีมีด .....	385
รูปที่ 12.5 แสดงลักษณะการกัดกร่อนภายในเนื้อ โลหะ .....	386
รูปที่ 12.6 แสดงลักษณะการเคลือบผิวน้ำมัน .....	386
รูปที่ 12.7 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการพ่นสี .....	387
รูปที่ 12.8 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยน้ำยา .....	387
รูปที่ 12.9 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการรมดำ .....	388
รูปที่ 12.10 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการรมดำ .....	388
รูปที่ 12.11 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยวิธีอีล็กซาล .....	389
รูปที่ 12.12 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยวิธีอีล็กซาล .....	389
รูปที่ 12.13 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการอาบด้วยโลหะเหลว .....	390
รูปที่ 12.14 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการชุบโลหะ .....	391
รูปที่ 12.15 แสดงลักษณะการควบอัดรีดเป็นแผ่น .....	391
รูปที่ 12.16 แสดงลักษณะการพ่นพอกผิวด้วยโลหะร้อน .....	392
รูปที่ 12.17 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยพลาสติก .....	392
รูปที่ 12.18 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยวิธีอีล็กซาล.....	393
รูปที่ 12.19 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยเมกนีเซียม.....	393

## สารบัญรูป (ต่อ)

## หน้า

รูปที่ 12.20 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการอบด้วยโลหะเหลว.....	394
รูปที่ 12.21 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยการชุบโลหะ.....	394
รูปที่ 12.22 แสดงลักษณะการควมอัดรีดเป็นแผ่น.....	395
รูปที่ 12.23 แสดงลักษณะการพ่นพอกผิวโลหะร้อน.....	395
รูปที่ 12.24 แสดงลักษณะการเคลือบผิวด้วยพลาสติก.....	396
รูปที่ 13.1 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยสายตา .....	408
รูปที่ 13.2 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยแม่เหล็ก .....	409
รูปที่ 13.3 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม .....	409
รูปที่ 13.4 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยน้ำมัน .....	410
รูปที่ 13.5 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก .....	410
รูปที่ 13.6 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยรังสีเอกซเรย์ .....	411
รูปที่ 13.7 แสดงลักษณะการตรวจสอบโดยการตะไบ .....	412
รูปที่ 13.8 แสดงลักษณะการตรวจสอบด้วยวิธีการหักโลหะแท่ง .....	413
รูปที่ 13.9 แสดงลักษณะวิธีการตรวจสอบโดยการเจาะรูใน .....	413
รูปที่ 13.10 แสดงลักษณะการทดสอบแรงดึง.....	416
รูปที่ 13.11 แสดงลักษณะการทดสอบแรงอัด.....	416
รูปที่ 13.12 แสดงลักษณะการทดสอบแรงบิด .....	417
รูปที่ 13.13 แสดงลักษณะการทดสอบด้วยรังสีเอกซเรย์ .....	417

ภาคผนวก ก

เอกสารอ้างอิงการใช้งานของเอกสารประกอบการสอน  
วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

- ก-1 แบบตัวอย่างเผยแพร่ผลงานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002
- ก-2 แบบตอบรับการเผยแพร่ผลงานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002
- ก-3 แบบบันทึกข้อความการขออนุญาตเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ Website วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
- ก-4 แบบบันทึกข้อความรายงานผลการจัดทำเอกสารประกอบการสอน วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 เพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้
- ก-5 เกียรติบัตรการส่งผลงาน วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 เข้าร่วมการคัดสรรในการประชุมทางวิชาการของครูสภา

ภาคผนวก ก-1 แบบตัวอย่างการเผยแพร่ผลงานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอน  
 วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

ที่ ศธ. ๐๖๒๐.๑๑ / ว ๐๖๒๐

วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ถ.รามศวร์  
 อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ๙๓๐๐๐

๓ มิถุนายน ๒๕๕๘

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เผยแพร่ผลงานวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพร้อยเอ็ด

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. ผลงานทางวิชาการ ( บทคัดย่อ )	จำนวน ๒ ฉบับ
๒. หนังสือตอบผลงานทางวิชาการ ( บทคัดย่อ )	จำนวน ๑ ฉบับ
๓. แบบสอบถาม	จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยนายสุเทพ นุชิต ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ได้จัดทำผลงานวิจัยเรื่อง “ เอกสารประกอบการสอน รหัสวิชา ๒๑๐๐ - ๑๐๐๒ วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม ” ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

บัดนี้ ผลการวิจัยดังกล่าวได้เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงขอความอนุเคราะห์เผยแพร่ “ เอกสารประกอบการสอน รหัสวิชา ๒๑๐๐ - ๑๐๐๒ วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม ” ซึ่งอาจเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนในสถานศึกษาของท่านได้ หากท่านได้รับบทคัดย่อผลงานวิจัยดังกล่าวแล้ว กรุณาแจ้งแผนกช่างที่เกี่ยวข้องเพื่อกรอกแบบประเมินผลการวิจัย แล้วส่งกลับมายังวิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ทั้งนี้ได้แนบซองพร้อมติดแสตมป์ มาพร้อมกับหนังสือฉบับนี้ด้วยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ



(นายมานิตย์ อักษรกุล)

ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพัทลุง

แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน  
 โทร. ๐๗๔ ๖๑๓๐๖๖ ต่อ ๒๗๑  
 โทรสาร ๐๗๔ ๖๑๓๐๕๖  
 สารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ Phatthalung  
 E - mail : Visnuptl@yahoo.com

ครูสุเทพ / รุ่ง / พิมพ์  
 / ตรวจ / ทาน



ที่ ศธ. ๐๖๒๐.๑๑ / ว ๐๕๖

วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ถ.รามศวร์  
อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ๙๓๐๐๐

๓ มิถุนายน ๒๕๕๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เผยแพร่ผลงานวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. ผลงานทางวิชาการ ( บทความย่อ )	จำนวน ๒ ฉบับ
๒. หนังสือตอบผลงานทางวิชาการ ( บทความย่อ )	จำนวน ๑ ฉบับ
๓. แบบสอบถาม	จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วยนายสุเทพ นุชิต ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ได้จัดทำผลงานวิจัยเรื่อง “ เอกสารประกอบการสอน รหัสวิชา ๒๑๐๐ – ๑๐๐๒ วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม ” ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพในสถานศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

บัดนี้ ผลการวิจัยดังกล่าวได้เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงขอความอนุเคราะห์เผยแพร่ “ เอกสารประกอบการสอน รหัสวิชา ๒๑๐๐ – ๑๐๐๒ วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม ” ซึ่งอาจเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนในสถานศึกษาของท่านได้ หากท่านได้รับบทความย่อผลงานวิจัยดังกล่าวแล้ว กรุณาแจ้งแผนกช่างที่เกี่ยวข้องเพื่อกรอกแบบประเมินผลการวิจัย แล้วส่งกลับมายังวิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ทั้งนี้ได้แนบซองพร้อมติดแสตมป์ มาพร้อมกับหนังสือฉบับนี้ด้วยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ



(นายมานิตย์ อักษรกุล )

ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพัทลุง

แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน  
โทร. ๐๗๔ ๖๑๓๐๖๖ ต่อ ๒๗๑  
โทรสาร ๐๗๔ ๖๑๓๐๕๖  
สารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ Phatthalung  
E – mail : Visnupt@yahoo.com

ครูสุเทพ / จำง / ทิมพ์  
/ ตรวจ / ทาน




ภาคผนวก ก-2 แบบตอบรับการเผยแพร่ผลงานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอน  
วิชาวิศวกรรมช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002

ที่ ศธ ๐๖๓๒.๖/๐๖๑๔

วิจัย

ศิริกฤต



วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี  
อ.เมือง จ.อุทัยธานี ๖๑๐๐๐

๑๙ มิถุนายน ๒๕๕๘

เรื่อง ตอบรับผลงานวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพัทลุง

อ้างถึง หนังสือ วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ที่ ศธ ๐๖๒๐.๑๑/ว ๐๒๖ ลงวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามความคิดเห็น จำนวน ๑ ชุด

ตามหนังสือที่อ้างถึง วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ได้ส่งผลงานวิจัย เรื่อง เอกสารประกอบการสอน  
รหัสวิชา ๒๑๐๐ - ๑๐๐๒ วิชา วัสดุงานช่างอุตสาหกรรม ของนายสุเทพ นุชิต ตำแหน่งครู วิทยฐานะ  
ครูชำนาญการพิเศษ ให้กับวิทยาลัยฯ เพื่อเผยแพร่ และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอน  
ความแจ้งแล้วนั้น

วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี ได้รับผลงานวิจัยดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว และขอขอบคุณมา ณ  
โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือไป

(นายอโนชา พันธุ์เขียน) *อโนชา พันธุ์เขียน*

รองผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี ปฏิบัติราชการแทน  
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี

ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพัทลุง

รับทราบ  พิจารณาสั่งการ   
บันทึกเรื่องร้องเรียน  ไม่มีความชอบ

*อโนชา พันธุ์เขียน*

ฝ่ายบริหารทรัพยากร  
งานบริหารงานทั่วไป  
โทรศัพท์ ๐-๕๖๕๑-๑๕๘๒  
โทรสาร ๐-๕๖๕๑-๑๙๐๑  
E-mail : utc\_๙@hotmail.com

*อโนชา พันธุ์เขียน*

ผู้อำนวยการ



ภาคผนวก ก-3 แบบบันทึกข้อความการขออนุญาตเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ Website วิทยาลัยเทคนิค  
พัทลุง



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ.....แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน /วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง.....

ที่...../ ๒๕๕๙.....วันที่.....๑ พฤศจิกายน ๒๕๕๙.....

เรื่อง.....ขออนุญาตเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ Website วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง.....

วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
รับที่ 2516
วันที่ 10 พ.ย. 59
เวลา 11.00 น.

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพัทลุง

ด้วยข้าพเจ้า นายสุเทพ นุชิต ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ แผนกเทคนิคพื้นฐาน มีความประสงค์จะทำการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการทาง [www.ptlac.th](http://www.ptlac.th) ของวิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ในการสร้างเอกสารประกอบการสอนวิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา ๒๑๐๐ - ๑๐๐๒ และการพัฒนาโมเดลภาพถ่าย ประกอบการสอนหน่วยที่ ๖ เรื่องการเขียนภาพฉายวิชาเขียนแบบเทคนิคเบื้องต้น รหัสวิชา ๒๑๐๐ - ๑๐๐๑ เพื่อไว้เป็นข้อมูลสำหรับครูหรือผู้ที่มีความสนใจเพื่อนำมาพัฒนาในด้านการเรียนการสอนหรือนำมาศึกษาแนวทางในการพัฒนาผลงานทางด้านวิชาการ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(นายสุเทพ นุชิต)

ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

130 มคอ. ๑๓. ๕๓๖  
๖๕๐ ๖๐๓๐๕๖. ๗

๑๓๐ ๕๙

๑๓๐ ๕๙

๑๓๐ ๕๙

ภาคผนวก ก-4 แบบบันทึกข้อความรายงานผลการจัดทำเอกสารประกอบการสอน วิชาวัสดุงานช่าง  
อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002 เพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ.....แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน / วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง  
ที่..... วันที่..... ๑๙ ธันวาคม ๒๕๕๙  
เรื่อง..... รายงานผลการจัดทำเอกสารประกอบการสอนวิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม

เรียน หัวหน้าแผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน

ข้าพเจ้า นายสุเทพ นูจิต ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ได้จัดทำผลงานทางวิชาการ “เอกสารประกอบการสอนวิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา ๒๑๐๐-๑๐๐๒ ” ซึ่งในขั้นตอนการจัดทำได้มีการวิเคราะห์หลักสูตร การพัฒนาหลักสูตร การนำหลักสูตรไปใช้ การประเมินหลักสูตร และมีการปรับปรุงหลักสูตร ข้าพเจ้าได้ทำการปรึกษาคณะครูในแผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน และครูผู้สอนในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกัน เพื่อให้เอกสารประกอบการสอนที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องสมบูรณ์มากที่สุด และมีความความสัมพันธ์กับคำอธิบายรายวิชา เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับนักเรียน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ลงชื่อ.....

(นายราชพันธ์ นูสุวรรณ)  
หัวหน้าแผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน

ลงชื่อ.....

(นายสุเทพ นูจิต)  
ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

ลงชื่อ.....

(นายชาญ ภักดี)

ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ

ลงชื่อ.....

(นายสอาด พลสวัสดิ์)  
ตำแหน่งครู ศศ.๑

ลงชื่อ.....

(นายอาชนเทพ ขาศิบัญญัติ)  
ตำแหน่งครู พิเศษสอน

ลงชื่อ.....

(นายบุญเลิศ ชูหมั่น)  
ตำแหน่งครู พิเศษสอน

ภาคผนวก ก-5 เกียรติบัตรการส่งผลงาน วิชาวิศวกรรมช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 2100-1002  
 เข้าร่วมการคัดสรรในการประชุมทางวิชาการของคุรุสภา



















