



ชุดวิชา

รายวิชาเลือกบังคับ

วัสดุศาสตร์ 3

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (พว32024)

หลักสูตรการเรียนการสอนระบบระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



หน่วยงานหรือสถานศึกษา



สำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย
สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ
เอกสารทางวิชาการลำดับที่ 8/2560



ชุดวิชา วัสดุศาสตร์ 3

รายวิชาเลือกบังคับ

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

รหัส พว 32024

หลักสูตรการศึกษานอกระบบระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

พุทธศักราช 2551

สำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย

สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

ชุดวิชาวัสดุศาสตร์ 3 รหัสวิชา พว32024 ตามหลักสูตรการศึกษานอกระบบระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาหลักวัสดุศาสตร์ การใช้ประโยชน์และผลกระทบจากวัสดุ การตัดแยกและการรีไซเคิลวัสดุ ทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคต สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุตามหลักสะเต็มศึกษา และเทคโนโลยีการกำจัดวัสดุ เนื้อหาความรู้ ดังกล่าว มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักวัสดุศาสตร์ โครงสร้างและสมบัติวัสดุ การใช้ประโยชน์จากวัสดุตลอดจนสาเหตุและผลกระทบที่เกิดจากการผลิตและการใช้งานของวัสดุต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม สามารถคัดแยกวัสดุและกำจัดวัสดุที่ใช้แล้วในชีวิตประจำวันของตนเอง และชุมชนได้

สำนักงาน กศน. ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนองค์ความรู้ประกอบการนำเสนอเนื้อหา รวมทั้งผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำชุดวิชา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดวิชานี้ จะเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียน กศน. และสร้างความตระหนักในการจัดการวัสดุที่ใช้แล้วอย่างรู้คุณค่าต่อไป

สำนักงาน กศน.

คำแนะนำการใช้ชุดวิชา

ชุดวิชาวัสดุศาสตร์ 3 รหัสวิชา พว32024 ใช้สำหรับนักศึกษาหลักสูตรการศึกษา
นอกระบบระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 โครงสร้างของชุดวิชา แบบทดสอบก่อนเรียน โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้
เนื้อหาสาระ กิจกรรมเรียงลำดับตามหน่วยการเรียนรู้ และแบบทดสอบหลังเรียน

ส่วนที่ 2 เฉลยแบบทดสอบและกิจกรรม ประกอบด้วย เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
และหลังเรียน เฉลยและแนวตอบกิจกรรมท้ายหน่วยการเรียนรู้ เรียงลำดับตามหน่วยการเรียนรู้

วิธีการใช้ชุดวิชา

ให้ผู้เรียนดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดโครงสร้างชุดวิชาโดยละเอียด เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนต้องเรียนรู้
เนื้อหาในเรื่องใดบ้างในรายวิชานี้
2. วางแผนเพื่อกำหนดระยะเวลาและจัดเวลาให้ผู้เรียนมีความพร้อมที่จะศึกษาชุดวิชา
เพื่อให้สามารถศึกษารายละเอียดของเนื้อหาได้ครบทุกหน่วยการเรียนรู้ พร้อมทำกิจกรรม
ตามที่กำหนดให้ทันก่อนสอบปลายภาค
3. ทำแบบทดสอบก่อนเรียนของชุดวิชาตามที่กำหนด เพื่อทราบพื้นฐานความรู้เดิมของ
ผู้เรียน โดยให้ทำลงในสมุดบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้และตรวจสอบคำตอบจากเฉลย
แบบทดสอบ เฉลยและแนวตอบกิจกรรมท้ายหน่วยการเรียนรู้
4. ศึกษาเนื้อหาในชุดวิชาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้อย่างละเอียดให้เข้าใจ ทั้งในชุดวิชา
และสื่อประกอบ (ถ้ามี) และทำกิจกรรมที่กำหนดไว้ให้ครบถ้วน
5. เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแต่ละกิจกรรมแล้ว ผู้เรียนสามารถตรวจสอบคำตอบได้จาก
เฉลยและแนวตอบกิจกรรมท้ายหน่วยการเรียนรู้ หากผู้เรียนตรวจสอบแล้วมีผลการเรียนรู้
ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง ให้ผู้เรียนกลับไปทบทวนเนื้อหาสาระในเรื่องนั้นซ้ำจนกว่าจะเข้าใจแล้ว
กลับมาทำกิจกรรมนั้นซ้ำ

6. เมื่อศึกษาเนื้อหาสาระครบทุกหน่วยแล้ว ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนและตรวจคำตอบจากเฉลยแบบทดสอบหลังเรียนที่ให้ไว้ในท้ายเล่ม เพื่อประเมินความรู้หลังเรียน หากผลไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง ให้ผู้เรียนกลับไปทบทวนเนื้อหาสาระในเรื่องนั้นให้เข้าใจอีกครั้งหนึ่ง แล้วกลับมาทำแบบทดสอบหลังเรียนและตรวจให้คะแนนตนเองอีกครั้ง ผู้เรียนควรทำแบบทดสอบหลังเรียนให้ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของแบบทดสอบทั้งหมด (หรือ 36 ข้อ) เพื่อให้มั่นใจว่าจะสามารถสอบปลายภาคผ่าน

7. หากผู้เรียนได้ทำการศึกษาเนื้อหาและทำกิจกรรมแล้วยังไม่เข้าใจ ผู้เรียนสามารถสอบถามและขอคำแนะนำได้จากครู ผู้รู้ หรือแหล่งค้นคว้าอื่น ๆ เพิ่มเติม

การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม

ผู้เรียนอาจศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมได้จากแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ เช่น หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คู่มือประชาชนการคัดแยกขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธีและเพิ่มมูลค่า คู่มือการสร้างวินัยสู่การจัดการขยะแบบครบวงจร วารสาร แผ่นพับประชาสัมพันธ์ อินเทอร์เน็ต ผู้รู้ และแหล่งเรียนรู้ในชุมชน เป็นต้น

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลักสูตรรายวิชาเลือกบังคับ วัสดุศาสตร์ 3 เป็นดังนี้

1. ระหว่างภาค วัดผลจากการทำกิจกรรมหรืองานที่ได้รับมอบหมายระหว่างเรียน
2. ปลายภาค วัดผลจากการทำข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ปลายภาค

โครงสร้างชุดวิชา พว32024 วัสดุศาสตร์ 3 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

สาระการเรียนรู้

สาระความรู้พื้นฐาน

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานที่ 2.2 มีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะพื้นฐานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้ระดับ

มีความรู้ความเข้าใจ ทักษะและเห็นคุณค่าเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ประเทศ โลก สาร แร่ พลังงาน กระบวนการเปลี่ยนแปลง โครงงานวิทยาศาสตร์ของโลกและดาราศาสตร์ มีจิตวิทยาศาสตร์และนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิต

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักวัสดุศาสตร์ การใช้ประโยชน์และผลกระทบจากวัสดุ การคัดแยกและการรีไซเคิล เทคโนโลยีการกำจัดวัสดุ สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุตามหลัก สะเต็มศึกษา และแนวโน้มและทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคต
2. สามารถออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุได้แล้วได้
3. ตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดจากการใช้วัสดุในชีวิตประจำวัน

สรุปสาระสำคัญ

1. วัสดุศาสตร์ (Materials Science) หมายถึง การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับวัตถุ เป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบพื้นฐานของวัสดุ และสมบัติของวัสดุ ซึ่งความรู้ดังกล่าว จะนำมาผลิตหรือสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อแก้ปัญหาหรืออธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับวัสดุและสมบัติที่สนใจ ได้แก่ โลหะ พลาสติก หรือ พอลิเมอร์ และเซรามิกส์ โดยวัสดุศาสตร์มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ จึงถือได้ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยพื้นฐานในการดำเนินชีวิต และเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาประเทศ ให้ก้าวทันเทคโนโลยีที่ทันสมัยในด้านต่าง ๆ ในอนาคต

2. มนุษย์มีความผูกพันกับวัสดุศาสตร์มาเป็นเวลาช้านาน โดยเราสามารถพัฒนาสมบัติของวัสดุให้สามารถใช้งานในด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ในการพัฒนาสมบัติของวัสดุย่อมเกิดมลพิษจากการผลิตและการใช้งานวัสดุ และเกิดผลกระทบที่เกิดจากการใช้วัสดุต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

3. การคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้วเป็นวิธีการลดปริมาณวัสดุที่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากต้นทาง ได้แก่ ครั้วเรือน สถานประกอบการต่าง ๆ ก่อนทิ้ง ในการจัดการวัสดุที่ใช้แล้ว จำเป็นต้องจัดให้มีระบบการคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้ว ประเภทต่าง ๆ ตามแต่ลักษณะองค์ประกอบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ โดยจัดวางภาชนะให้เหมาะสม ตลอดจนวางระบบการเก็บรวบรวมวัสดุที่ใช้แล้วอย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับระบบการคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้ว เพื่อเป็นการสะดวกแก่ผู้เก็บขนและสามารถนำวัสดุที่ใช้แล้วบางชนิดไปขายเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับตนเองและครอบครัว รวมทั้งง่ายต่อการนำไปกำจัด หลัก 3R เป็นหลักการจัดการเศษวัสดุ เพื่อลดปริมาณเศษวัสดุ ได้แก่ รีดิวซ์ (Reduce) คือ การใช้น้อยหรือลดการใช้ รียูส (Reuse) คือ การใช้ซ้ำ และ รีไซเคิล (Recycle) คือ การผลิตใช้ใหม่ ใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการลดปริมาณเศษวัสดุในครัวเรือน โรงเรียน และชุมชน

4. ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบัน การพัฒนาวัสดุให้มีสมบัติที่เหมาะสมกับความต้องการใช้งาน จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง อันจะช่วยให้การพัฒนาของเทคโนโลยีเติบโตไปพร้อมกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ควบคู่กันไป โดยทิศทางการพัฒนาวัสดุเพื่อให้ความเหมาะสมกับการใช้งาน จึงมุ่งเน้นพัฒนาให้วัสดุมีความเบา แข็งแรงทนทาน ทนต่อสภาพอากาศ มีความยืดหยุ่นสูง นำไฟฟ้ายิ่งยวด หรือวัสดุที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรม

5. สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน

6. การเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งเป็นการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้ง เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมสามารถกำจัดของเสียที่มาจากการรักษาพยาบาลและของเสียที่มีพิษได้ ดีกว่าการกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งโดยวิธีฝังกลบและอาจนำส่วนที่เหลือไปใช้ประโยชน์ได้ ผลกระทบทางระบบนิเวศก็น้อยกว่า

ความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งนับวันจะมีปริมาณลดน้อยลงและมีราคาสูงขึ้น เศษวัสดุเหลือทิ้งเป็นอีก ทางเลือกหนึ่งด้านการผลิตพลังงาน เพราะเศษวัสดุเหลือทิ้ง มีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้เพื่อผลิตพลังงานได้ ทั้งนี้ เนื่องจากมีปริมาณมาก และไม่ต้องซื้อหาแต่ในปัจจุบันมีการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งมาผลิต เป็นพลังงานน้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานทดแทนด้านอื่น ๆ

ขอบข่ายเนื้อหา

หน่วยที่ 1 หลักวัสดุศาสตร์	จำนวน 10 ชั่วโมง
หน่วยที่ 2 การใช้ประโยชน์และผลกระทบจากวัสดุ	จำนวน 20 ชั่วโมง
หน่วยที่ 3 การคัดแยกและการรีไซเคิล	จำนวน 20 ชั่วโมง
หน่วยที่ 4 แนวโน้มและทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคต	จำนวน 20 ชั่วโมง
หน่วยที่ 5 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุตามหลักสะเต็มศึกษา	จำนวน 30 ชั่วโมง
หน่วยที่ 6 เทคโนโลยีการกำจัดวัสดุ	จำนวน 20 ชั่วโมง

การจัดประสบการณ์การเรียนรู้

1. บรรยาย
2. ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจากสื่อที่เกี่ยวข้อง
3. พบกลุ่ม ทำการทดลอง อภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ วิเคราะห์ และสรุปการเรียนรู้ที่ได้ลงในเอกสารการเรียนรู้ด้วยตนเอง (กรต.)

สื่อประกอบการเรียนรู้

1. สื่อเอกสาร ได้แก่
 - 1.1 ชุดวิชา วัสดุศาสตร์ 3 รหัสวิชา พว32024
 - 1.2. สมุดบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดวิชา วัสดุศาสตร์ 3
2. สื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่
 - 2.1 เว็บไซต์
 - 2.2 หนังสือเรียนอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 2.3 CD,DVD ที่เกี่ยวข้อง
3. แหล่งเรียนรู้ในชุมชน ได้แก่
 - 3.1 มุมหนังสือ กศน.ตำบล
 - 3.2 ห้องสมุดประชาชนอำเภอ
 - 3.3 ห้องสมุดประชาชนจังหวัด
 - 3.4 ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา
 - 3.5 เทศบาลและสำนักงานสิ่งแวดล้อม

จำนวนหน่วยกิต

ระยะเวลาเรียนตลอดหลักสูตร จำนวน 120 ชั่วโมง รวม 3 หน่วยกิต

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียนและตรวจสอบคำตอบจากเฉลยท้ายเล่ม รายวิชา
วิทยาศาสตร์ 3
2. ศึกษาเนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วย
3. ทำกิจกรรมตามที่กำหนดและตรวจสอบคำตอบจากเฉลยและแนวตอบ
ในท้ายเล่มรายวิชาวิทยาศาสตร์ 3
4. ทำแบบทดสอบหลังเรียนและตรวจสอบคำตอบจากเฉลยท้ายรายวิชา
วิทยาศาสตร์ 3

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
คำแนะนำการใช้ชุดวิชา	ข
โครงสร้างชุดวิชา	ง
สารบัญ	ช
หน่วยที่ 1 หลักวัสดุศาสตร์	1
เรื่องที่ 1 ความหมายของวัสดุศาสตร์และประเภทของวัสดุ	1
เรื่องที่ 2 สมบัติวัสดุศาสตร์	11
หน่วยที่ 2 การใช้ประโยชน์และผลกระทบจากวัสดุ	17
เรื่องที่ 1 การใช้ประโยชน์จากวัสดุ	18
เรื่องที่ 2 มลพิษจากการผลิตและการใช้งาน	43
เรื่องที่ 3 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	45
หน่วยที่ 3 การคัดแยกและการรีไซเคิลวัสดุ	50
เรื่องที่ 1 การคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้ว	51
เรื่องที่ 2 การจัดการวัสดุด้วยการรีไซเคิล	58
หน่วยที่ 4 แนวโน้มการใช้วัสดุและทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคต	70
เรื่องที่ 1 แนวโน้มการใช้วัสดุในอนาคต	71
เรื่องที่ 2 ทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคต	74
หน่วยที่ 5 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุตามหลักสะเต็มศึกษา	81
เรื่องที่ 1 หลักสะเต็มศึกษา	82
เรื่องที่ 2 หลักสะเต็มศึกษาสำหรับการประดิษฐ์วัสดุที่ใช้แล้ว	86
เรื่องที่ 2 การประดิษฐ์วัสดุเหลือทิ้ง	91
หน่วยที่ 6 เทคโนโลยีการกำจัดวัสดุ	103
เรื่องที่ 1 เทคโนโลยีการกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งด้วยการเผา	104
เรื่องที่ 2 การผลิตพลังงานจากเศษวัสดุเหลือทิ้ง	119
บรรณานุกรม	127
คณะผู้จัดทำ	140

หน่วยที่ 1 หลักวัสดุศาสตร์

สาระสำคัญ

วัสดุศาสตร์ (Materials Science) หมายถึง การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับวัตถุ เป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบพื้นฐานของวัสดุ และสมบัติของวัสดุ ซึ่งความรู้ดังกล่าว จะนำมาผลิตหรือสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อแก้ปัญหาหรืออธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับวัสดุและสมบัติที่สนใจ ได้แก่ โลหะ พลาสติก หรือ พอลิเมอร์ และเซรามิกส์ โดยวัสดุศาสตร์มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ จึงถือได้ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยพื้นฐานในการดำเนินชีวิต และเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาประเทศ ให้ก้าวทันเทคโนโลยีที่ทันสมัยในด้านต่าง ๆ ในอนาคต

ตัวชี้วัด

1. บอกความหมายของวัสดุได้
2. อธิบายประเภทของวัสดุได้
3. อธิบายสมบัติของวัสดุได้
4. ทดสอบสมบัติของวัสดุได้
5. นำความรู้เรื่องสมบัติของวัสดุไปใช้ได้

ขอบข่ายเนื้อหา

- 1 ความหมายของวัสดุศาสตร์และประเภทของวัสดุ
- 2 สมบัติวัสดุ

หน่วยที่ 1 หลักวัสดุศาสตร์

เรื่องที่ 1 ความหมายของวัสดุศาสตร์

วัสดุศาสตร์ (Materials Science) คือ การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ เป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่ออธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบพื้นฐานของวัสดุ และสมบัติของวัสดุ ซึ่งความรู้ดังกล่าวนี้ จะนำมาผลิตหรือสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งหาค่าสมรรถนะในการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ความรู้ที่นำมาใช้นั้นจะมีลักษณะเป็นสหวิทยาการ คือ การใช้ความรู้ในหลาย ๆ แขนงมารวมกัน วัสดุศาสตร์จึงยังจำเป็นต้องใช้ความรู้หลายแขนงวิชา ไม่ว่าจะเป็นความรู้ทางฟิสิกส์ เคมี วิศวกรรม ชีววิทยา ไฟฟ้า คณิตศาสตร์ หรือ การแพทย์ เข้ามารวมกันเพื่อแก้ปัญหาหรืออธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับวัสดุและสมบัติที่สนใจ

ประเภทของวัสดุศาสตร์

ในปัจจุบันไม่ว่าวิศวกร นักวิทยาศาสตร์ หรือนักเทคโนโลยี ล้วนต้องเกี่ยวข้องกับวัสดุ (Materials) อยู่เสมอทั้งในเชิงของผู้ใช้วัสดุ ผู้ผลิตและผู้ควบคุมกระบวนการผลิต ตลอดจนผู้ออกแบบทั้งในรูปแบบ องค์ประกอบ และโครงสร้าง บุคคลเหล่านี้จำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมถูกต้องจากสมบัติของวัสดุเหล่านั้น นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นมันเป็นเพราะเหตุใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความก้าวหน้าไปอย่างมาก วัสดุใหม่ ๆ ถูกผลิตขึ้น และมีการค้นคว้าสมบัติพิเศษของวัสดุ เพื่อใช้ประโยชน์มากขึ้น กระบวนการผลิตก็สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ราคาของวัสดุนั้นต่ำลง

วัสดุศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

- 2.1 โลหะ (Metallic materials)
- 2.2 พลาสติก หรือ พอลิเมอร์ (Polymeric materials)
- 2.3 เซรามิกส์ (Ceramic materials)

2.1 วัสดุประเภทโลหะ

โลหะ (Metals) หมายถึง วัสดุที่ได้จากการถลุงสินแร่ต่าง ๆ อันได้แก่ เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม นิกเกิล ดีบุก สังกะสี ทองคำ ตะกั่ว เป็นต้น โลหะเมื่อถลุงได้จากสินแร่ในตอนแรกนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นโลหะเนื้ออ่อนช่างบริสุทธิ์ มีโครงสร้างเป็นผลึกซึ่งอะตอมจะมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและเฉพาะ โดยทั่วไปโลหะเป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี แต่โลหะเหล่านี้มักจะมีเนื้ออ่อนไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมโดยตรงส่วนมากจะนำไปปรับปรุงคุณสมบัติก่อนการใช้งาน

โลหะและโลหะผสม (Alloys) สามารถแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ

- 1) โลหะและโลหะผสมที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ (ferrous metals and alloys) โลหะพวกนี้จะประกอบด้วยเหล็กที่มีเปอร์เซ็นต์สูง เช่น เหล็กกล้า และเหล็กหล่อ
 - 2) โลหะและโลหะผสมที่ไม่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ หรือมีอยู่น้อย (nonferrous metals and alloys) เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง สังกะสี ไทเทเนียม และนิกเกิล
- คำว่า โลหะผสม (Alloys) หมายถึง ของผสมของโลหะตั้งแต่ 2 ชนิดหรือมากกว่า 2 ชนิด หรือเป็นโลหะผสมกับโลหะ



ภาพที่ 1.1 วัสดุประเภทโลหะ

ที่มา : <http://www.fsocial789013.blogspot.com/>

2.2 วัสดุประเภทพอลิเมอร์

พอลิเมอร์ (Polymers) หมายถึง สารประกอบที่โมเลกุลมีขนาดใหญ่มาก เกิดจากโมเลกุลเดี่ยวมาเชื่อมต่อกันด้วย พันธะเคมีแต่ละโมเลกุลเดี่ยวหรือหน่วยย่อย เรียกว่า มอนอเมอร์

วัสดุพอลิเมอร์ส่วนมากประกอบด้วยสารอินทรีย์ (คาร์บอนเป็นองค์ประกอบ) ที่มีโมเลกุลเป็นโซ่ยาว หรือเป็นโครงข่าย โดยโครงสร้างแล้ววัสดุพอลิเมอร์ส่วนใหญ่ไม่มีรูปร่างผลึก แต่บางชนิดประกอบด้วยของผสมของส่วนที่มีรูปร่างผลึกและส่วนมากไม่มีรูปร่างผลึก ความแข็งแรงและความอ่อนเหนียวของวัสดุพอลิเมอร์มีความหลากหลาย เนื่องจากลักษณะของโครงสร้างภายใน ทำให้วัสดุพอลิเมอร์ส่วนมากเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดี บางชนิดเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี โดยทั่วไปวัสดุพอลิเมอร์ มีความหนาแน่นต่ำ และมีจุดอ่อนตัวหรืออุณหภูมิของการสลายตัวค่อนข้างต่ำ

ประเภทของพอลิเมอร์

พอลิเมอร์เป็นสารที่มีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งในแต่ละชนิดก็จะมีสมบัติและการกำเนิดที่แตกต่างกัน ดังนั้นการจัดจำแนกประเภทพอลิเมอร์จึงสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับว่าใช้ลักษณะใดเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา เราสามารถจำแนกประเภทพอลิเมอร์ได้ โดยอาศัยลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. พิจารณาตามแหล่งกำเนิด

เป็นวิธีการพิจารณาโดยดูจากวิธีการกำเนิดของพอลิเมอร์ชนิดนั้น ซึ่งจะ สามารถจำแนกพอลิเมอร์ได้เป็น 2 ประเภท คือ พอลิเมอร์ธรรมชาติ และพอลิเมอร์สังเคราะห์

1) พอลิเมอร์ธรรมชาติ (Natural Polymers) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ สามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยพอลิเมอร์ธรรมชาติเหล่านี้เป็นสิ่งที่สิ่งมีชีวิตผลิตขึ้นโดยอาศัยกระบวนการทางเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ และมีการเก็บสะสมไว้ใช้ประโยชน์ตามส่วนต่าง ๆ ดังนั้นพอลิเมอร์ธรรมชาติจึงมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของสิ่งมีชีวิตและตำแหน่งที่พบในสิ่งมีชีวิต ตัวอย่างพอลิเมอร์ธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยพืช เซลลูโลส และไคติน เป็นต้น



ภาพที่ 1.2 พอลิเมอร์ธรรมชาติ

ที่มา : <http://www.newsplus.co.th>

2) พอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic Polymers) เกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นโดยมนุษย์ ด้วยวิธีการนำสารมอนอเมอร์จำนวนมากมาทำปฏิกิริยาเคมีภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ทำให้มอนอเมอร์เหล่านั้นเกิดพันธะโคเวเลนต์ต่อกันกลายเป็นโมเลกุลพอลิเมอร์ โดยสารมอนอเมอร์ที่มักใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์คือ สารไฮโดรคาร์บอนที่เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติ เช่น เอททิลีน สไตรีน โพรพิลีน ไวนิลคลอไรด์ เป็นต้น



ภาพที่ 1.3 พอลิเมอร์สังเคราะห์

ที่มา : <http://www.vcharkarn.com>

2. พิจารณาตามมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบ

เป็นวิธีการพิจารณาโดยดูจากลักษณะมอนอเมอร์ ที่เข้ามาสร้างพันธะร่วมกัน โดยจะสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) โฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) คือ พอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์ ชนิดเดียวกันทั้งหมด เช่น แป้ง พอลิเอทิลีน และพีวีซี เป็นต้น



ภาพที่ 1.4 แสดงโมเลกุลของโฮโมพอลิเมอร์

ที่มา : <https://th.wikipedia.org/wiki/>

2) โคพอลิเมอร์ (Copolymer) คือ พอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์มากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป เช่น โปรตีน ซึ่งเกิดจากกรดอะมิโนที่มีลักษณะต่าง ๆ มาเชื่อมต่อกัน พอลิเอไมด์และพอลิเอสเทอร์ เป็นต้น



ภาพที่ 1.5 แสดงโมเลกุลของโคพอลิเมอร์

ที่มา : <https://th.wikipedia.org/wiki/>

3. พิจารณาตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) อีลาสโตเมอร์ (Elastomer)

หรือพอลิเมอร์ประเภทยาง อาจเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ หรือพอลิเมอร์สังเคราะห์ ที่มีสมบัติยืดหยุ่น เกิดจากลักษณะโครงสร้างโมเลกุลมีลักษณะม้วนขดไปมา และบิดเป็นเกลียว สามารถยืดตัวได้เมื่อมีแรงดึง หดกลับได้เมื่อลดแรงดึง และสามารถเกิดการยืดตัวหดตัวซ้ำไป ซ้ำมาได้ เช่น ยางรถยนต์ เป็นต้น



ภาพที่ 1.6 อีลาสโตเมอร์

2) เส้นใย (Fabric) คือ พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลขนาดยาว ลักษณะโครงสร้างมีความเหนียวและยืดหยุ่น สามารถนำมาปั่นเป็นเส้นยาวได้ เมื่อนำมาสานจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัว เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็น เครื่องนุ่งห่ม สามารถนำไปชักรีดได้ โดยไม่เสียรูป หรือเสื่อมคุณภาพ โดยเส้นใยนั้นมีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และได้จากการสังเคราะห์



ภาพที่ 1.7 เส้นใย

ที่มา : <http://santext.igetweb.com>

3) พลาสติก (Plastic) คือ พอลิเมอร์กลุ่มใหญ่กว่าพอลิเมอร์ประเภทอื่น ๆ เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น โดยทั่วไปจะมีลักษณะอ่อนตัวได้เมื่อได้รับความร้อน ทำให้สามารถนำไปหล่อหรือขึ้นรูปเป็นรูปต่าง ๆ ได้ มีสมบัติระหว่างเส้นใยกับออสโตเมอร์ พลาสติกอาจจำแนกได้เป็น พลาสติกยืดหยุ่น และพลาสติกแข็ง



ภาพที่ 1.8 พลาสติก

ที่มา : <http://www.kanchanapisek.or.th>

4) วัสดุเคลือบผิว (Coating Materials) คือ พอลิเมอร์ที่ใช้ในการป้องกัน ตกแต่งผิวหน้าของวัสดุรวมถึงพอลิเมอร์ขนาดเล็กที่ให้สี ใช้ย้อมผ้าให้มีสีต่าง ๆ พอลิเมอร์กันน้ำ บางชนิดเคลือบเหล็กไม่ให้เกิดสนิม นอกจากนี้ ยังรวมถึงกาว กาวลาเทกซ์ และกาวพอลิเมอร์ ชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 9 วัสดุเคลือบผิว

2.3 วัสดุประเภทเซรามิกส์

เซรามิกส์ มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกว่า “เครามอส (Keramos)” หมายถึง วัตถุที่ผ่านการเผา ดังนั้นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์จึงครอบคลุมผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ความร้อน ในกระบวนการผลิต ปัจจุบัน เซรามิกส์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากวัตถุดิบในธรรมชาติ เช่น ดิน หิน ทราย และแร่ธาตุต่าง ๆ นำมาผสมกัน ทำเป็นสิ่งประดิษฐ์แล้วเผาเพื่อเปลี่ยนเนื้อวัสดุ ให้มีความแข็งแรงและคงรูปอยู่ได้ เช่น อิฐ ถ้วยชาม แก้ว แจกัน เป็นต้น

วัสดุประเภทเซรามิกส์ ส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบอยู่ 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ วัตถุดิบหลัก เช่น ดิน เฟลด์สปาร์ อวอตซ์ และวัตถุดิบรอง ซึ่งเป็นวัตถุดิบช่วยเสริมให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี คุณภาพสูงขึ้น เช่น ดิกโคซ์ โดโลไมต์ และสารประกอบออกไซด์บางชนิด

ดิน (Clays) เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตเซรามิกส์หลายประเภท โดยเฉพาะ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นภาชนะใส่อาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้อง เป็นต้น ถ้าแบ่งดินตามลักษณะ ทางกายภาพอาจจำแนกได้เป็นดินขาว (China clays) และดินเหนียว (Ball clays)

เฟลด์สปาร์ (Feldspar) หรือหินฟันม้า เป็นสารประกอบ

อะลูมิเนียมซิลิเกต ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{Si}$) ใช้ผสมกับดิน เพื่อช่วยให้ส่วนผสมหลอมตัวที่อุณหภูมิต่ำ และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสง ใช้ผสมในน้ำยาเคลือบทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแวววาว ในอุตสาหกรรมแก้ว เมื่อเฟลด์สปาร์หลอมตัวกับแก้วจะทำให้แก้วมีความเหนียว คงทนต่อการกระแทก และทนต่อความร้อนเฉียบพลัน

ควอตซ์ (Quartz) หรือหินเขี้ยวหนุมาน เป็นสารประกอบออกไซด์ของซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) หรือที่เรียกว่า ซิลิกา ส่วนมากมีลักษณะใสไม่มีสี แต่ถ้ามีมลทินเจือปนจะทำให้เกิดสีต่าง ๆ ควอตซ์ ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ช่วยให้เกิดความแข็งแรง ไม่โค้งงอ ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้งก่อนเผาและหลังเผาหดตัวน้อย

แร่โดโลไมต์ (Dolomite) หรือหินตะกอนที่มีองค์ประกอบหลัก คือ แคลเซียมแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) มีลักษณะคล้ายหินปูน ใช้ผสมกับเนื้อดินเพื่อลดจุดหลอมเหลวของวัตถุดิบ และใช้ผสมในน้ำยาเคลือบ

สารประกอบออกไซด์ เป็นสารที่ใช้เติมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติและคุณภาพตามที่ต้องการ เช่น มีสมบัติทนไฟ มีสมบัติโปร่งแสงทึบแสง

นอกจากนี้ยังมีวัตถุดิบอื่นๆ เช่น ดิกโคต์ ซึ่งมีองค์ประกอบเหมือนดิน แต่มีโครงสร้างผลึกและสัดส่วนขององค์ประกอบต่างกัน ปริมาณอะลูมินาที่องค์ประกอบมีผลต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ถ้าอะลูมินาเป็นองค์ประกอบร้อยละ 28 – 32 โดยมวล จะมีลักษณะเป็นหินแข็งเหมาะสำหรับแกะสลักเป็นรูปต่างๆ แต่ถ้าอะลูมินาเป็นองค์ประกอบร้อยละ 11 – 28 โดยมวล เหมาะสมสำหรับใช้ผลิตวัสดุทนไฟ กระเบื้องปูพื้นและถ้ามีอะลูมินาเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่น้อยกว่านี้จะใช้ผสมทำปูนซีเมนต์ขาว เป็นต้น

กระบวนการผลิตเซรามิกส์แต่ละชนิดประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การเตรียมวัตถุดิบ การขึ้นรูป การตากแห้ง การเผาดิบ การเคลือบ การเผาเคลือบ นอกจากนี้ การตกแต่งให้สวยงามโดยการเขียนลวดลายด้วยสีหรือการติดรูปลอก ซึ่งสามารถทำได้ทั้งก่อน และหลังการเคลือบ



ภาพที่ 1.10 วัสดุประเภทวัสดุเซรามิกส์ ในชีวิตประจำวัน
ที่มา : <http://www.hong-pak.com>

เรื่องที่ 2 สมบัติของวัสดุ

การศึกษาและทดสอบสมบัติของวัสดุ มีความสำคัญและมีความจำเป็นต่อผู้ปฏิบัติงาน ทั้งในด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และด้านเทคโนโลยี เพราะแต่ละกลุ่มย่อมต้องมีความรู้ ความเข้าใจในศาสตร์ของวัสดุ เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ สำหรับการออกแบบหรือผลิตผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการสังเคราะห์วัสดุชนิดใหม่ แต่การศึกษาสมบัติวัสดุนี้อาจศึกษาในรายละเอียดที่แตกต่างกัน เช่น หากเป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ของวัสดุ จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างโครงสร้างและสมบัติของวัสดุ การศึกษาทางวิศวกรรมศาสตร์ของวัสดุ จะเป็นการอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติในการออกแบบ เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามต้องการ ดังนั้น การศึกษาสมบัติของวัสดุโดยทั่ว ๆ ไป จำแนกได้ ดังนี้

1) สมบัติทางเคมี (Chemical properties)

เป็นสมบัติที่สำคัญของวัสดุซึ่งจะบอกลักษณะเฉพาะตัวที่เกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของธาตุต่าง ๆ ที่เป็นวัสดุนั้น ตามปกติสมบัตินี้จะทราบได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเท่านั้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบทำลายหรือไม่ทำลายตัวอย่าง

2) สมบัติทางกายภาพ (Physical properties)

เป็นสมบัติเฉพาะของวัสดุที่เกี่ยวกับการเกิดอันตรกิริยา (Interaction) ของวัสดุนั้นกับพลังงานในรูปต่าง ๆ กัน เช่น ลักษณะของสี ความหนาแน่น การหลอมเหลว ปรากฏการณ์ที่เกิดเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้า เป็นต้น การทดสอบสมบัตินี้จะไม่มีทำให้วัสดุนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือถูกทำลาย

3) สมบัติเชิงกล (Mechanical properties)

เป็นสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุที่ถูกกระทำด้วยแรง โดยทั่วไปจะเกี่ยวกับการยืดและหดตัวของวัสดุ ความแข็ง ความสามารถในการรับน้ำหนัก ความสึกหรอ และการดูดกลืนพลังงาน เป็นต้น

4) คุณสมบัติทางความร้อน (Thermal properties)

เป็นการตอบสนองของวัสดุต่อปฏิบัติการทางความร้อน เช่น การดูดซับพลังงานของของแข็งในรูปของความร้อนด้วยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและขนาด พลังงานจะถ่ายเทไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าถ้าวัสดุมีสองบริเวณที่มีอุณหภูมิต่างกัน โดยวัสดุอาจเกิดการหลอมเหลวในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ความจุความร้อน การขยายตัวจากความร้อน และการนำความร้อนเป็นสมบัติทางความร้อนที่สำคัญของวัสดุของแข็งในการนำไปใช้งาน

3.1 สมบัติวัสดุประเภทโลหะ (Metallic Materials)

วัสดุพวกนี้เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic substances) ที่ประกอบด้วยธาตุที่เป็นโลหะเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ และโลหะประกอบอยู่ด้วยก็ได้ ธาตุที่เป็นโลหะ ได้แก่ เหล็ก ทองแดง อะลูมิเนียม นิกเกิล และไทเทเนียม ธาตุที่เป็นอโลหะ ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน และออกซิเจน โลหะที่มีโครงสร้างเป็นผลึกซึ่งอะตอมจะมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและเฉพาะ ทำให้โลหะมีสมบัติ ดังนี้

1. การนำไฟฟ้า

เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี เพราะมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปได้ง่ายทั่วทั้งก้อนของโลหะ แต่โลหะนำไฟฟ้าได้น้อยลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากไอออนบวกมีการสั่นสะเทือนด้วยความถี่และช่วงกว้างที่สูงขึ้นทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไม่สะดวก

2. การนำความร้อน

โลหะนำความร้อนได้ดี เพราะมีอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้ โดยอิเล็กตรอนซึ่งอยู่ตรงตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูง จะมีพลังงานจลน์สูง และอิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลน์สูงจะเคลื่อนที่ไปยังส่วนอื่นของโลหะจึงสามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่ส่วนอื่น ๆ ของแท่งโลหะที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้

3. ความเหนียว

โลหะตีแผ่เป็นแผ่นหรือดึงออกเป็นเส้นได้ เพราะไอออนบวกแต่ละไอออนอยู่ในสภาพเหมือนกัน ๆ กัน และได้รับแรงดึงดูดจากประจุลบเท่ากันทั้งแท่งโลหะ ไอออนบวกจึงเลื่อนไหลผ่านกันได้โดยไม่หลุดจากกัน เพราะมีกลุ่มของอิเล็กตรอนทำหน้าที่คอยยึดไอออนบวกเหล่านี้ไว้

4. ความมันวาว

โลหะมีผิวเป็นมันวาว เพราะกลุ่มของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้ โดยอิสระจะรับและกระจายแสงออกมา จึงทำให้โลหะสามารถสะท้อนแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้

5. จุดหลอมเหลว

โลหะมีจุดหลอมเหลวสูง เพราะพันธะในโลหะ เป็นพันธะที่เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวาเลนซ์อิเล็กตรอนอิสระทั้งหมดในก้อนโลหะกับไอออนจึงเป็นพันธะที่แข็งแรงมาก

3.2 สมบัติวัสดุพอลิเมอร์

ชนิดของสมบัติของพอลิเมอร์แบ่งอย่างกว้างๆได้เป็นหลายหมวดขึ้นกับความละเอียด ในระดับนาโนหรือไมโครเป็นสมบัติที่อธิบายลักษณะของสายโดยตรงโดยเฉพาะโครงสร้างของพอลิเมอร์ ในระดับกลาง เป็นสมบัติที่อธิบายสัณฐานของพอลิเมอร์เมื่ออยู่ในที่ว่าง ในระดับกว้างเป็นการอธิบายพฤติกรรมโดยรวมของพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นสมบัติในระดับการใช้งาน

1. จุดหลอมเหลว

จุดหลอมเหลวที่ใช้กับพอลิเมอร์ไม่ใช่การเปลี่ยนสถานะ จากของแข็งเป็นของเหลวแต่เป็นการเปลี่ยนจากรูปผลึกหรือ กึ่งผลึกมาเป็นรูปของแข็ง บางครั้งเรียกว่าจุดหลอมเหลวผลึก ในกลุ่มของพอลิเมอร์สังเคราะห์จุดหลอมเหลวผลึกยังเป็นที่ ถกเถียงในกรณีของเทอร์โมพลาสติกเช่นเทอร์โมเซตพอลิเมอร์ ที่สลายตัวในอุณหภูมิสูงมากกว่าจะหลอมเหลว

2. พฤติกรรมการผสม

โดยทั่วไปส่วนผสมของพอลิเมอร์มีการผสมกันได้น้อยกว่า การผสมของโมเลกุลเล็กๆผลกระทบนี้เป็นผลจากแรงขับเคลื่อนสำหรับการผสมที่เป็นแบบระบบปิด ไม่ใช่แบบใช้พลังงาน หรืออีกอย่างหนึ่ง วัสดุที่ผสมกันได้ที่เกิดเป็น สารละลายไม่ใช่เพราะปฏิสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลที่ชอบทำปฏิกิริยากัน แต่เป็นเพราะการเพิ่มค่าเอนโทรปีและพลังงานอิสระที่เกี่ยวข้องกับ การเพิ่มปริมาตรที่ใช้งานได้ของแต่ละส่วนประกอบ การเพิ่มขึ้นในระดับเอนโทรปีขึ้นกับจำนวนของอนุภาคที่นำมาผสมกัน

3. การแตกกิ่ง

การแตกกิ่ง ของสายพอลิเมอร์มีผลกระทบต่อสมบัติทั้งหมดของพอลิเมอร์ สายยาวที่แตกกิ่งจะเพิ่มความเหนียว เนื่องจากการเพิ่มจำนวนของความซับซ้อนต่อสาย ความยาวอย่างสุ่ม และสายสั้นจะลดแรงภายในพอลิเมอร์เพราะการรบกวนการจัดตัวโซ่ข้างสั้นๆ ลดความเป็นผลึกเพราะรบกวนโครงสร้างผลึก การลดความเป็นผลึกเกี่ยวข้องกับการเพิ่มลักษณะโปร่งใสแบบกระจกเพราะแสงผ่านบริเวณที่เป็นผลึกขนาดเล็ก

4. การนำความร้อน

การนำความร้อนของพอลิเมอร์ ส่วนใหญ่มีค่าต่ำ ด้วยเหตุนี้วัสดุพอลิเมอร์จึงถูกนำมาใช้เป็นฉนวนทางความร้อน เนื่องจากค่าการนำความร้อนต่ำเช่นเดียวกับวัสดุเซรามิกส์ โดยสมบัติความเป็นฉนวนของพอลิเมอร์จะสูงขึ้นจากโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูอากาศเล็ก ๆ ที่เกิดจากกระบวนการเกิด polymerization เช่น โฟมพอลิไสตรีนหรือที่เรียกว่า Styrofoam ซึ่งมักถูกนำมาใช้เป็นฉนวนกันความร้อน

3.3 สมบัติวัสดุเซรามิกส์

วัสดุเซรามิกส์ เป็นสารอนินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุที่เป็นโลหะและธาตุที่เป็นอโลหะรวมตัวกันด้วยพันธะเคมี ที่ยึดจับตัวกันจากการผ่านกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิสูง วัสดุเซรามิกส์มีโครงสร้างเป็นได้ทั้งแบบมีรูปร่างผลึก และไม่มีรูปร่างผลึกหรือเป็นของผสมของทั้งสองแบบ

1. การนำความร้อน

การนำความร้อนของเซรามิกส์ จะเป็นฉนวนความร้อนมากขึ้นตามจำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่ลดลง ค่าการนำความร้อนของวัสดุเซรามิกอยู่ในช่วงประมาณ 2 ถึง 50 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการกระเจิงจากการสั่นของผลึกจะมากขึ้น ทำให้การนำความร้อนของวัสดุเซรามิกส์ลดลง แต่ค่าการนำความร้อนจะกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของรังสีอินฟราเรด จำนวนหนึ่งจะสามารถทำให้ความร้อนถ่ายเทผ่านวัสดุเซรามิกส์โปร่งใสได้ โดยประสิทธิภาพการนำความร้อนของกระบวนการนี้จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น สมบัติด้านการเป็นฉนวนควบคู่ไปกับการทนความร้อนสูง ๆ และทนต่อการขีดสี ทำให้เซรามิกส์หลายชนิดสามารถนำไปใช้บุผนังเตาเผาที่อุณหภูมิสูงเพื่อหลอมโลหะ เช่น เตาหลอมเหล็กกล้า การนำเซรามิกส์ไปใช้งานทางอวกาศนั้นมีความสำคัญมากคือ ใช้กระเปาะเซรามิกส์บุผนังกระสวยอวกาศ (space shuttle) วัสดุเซรามิกส์เหล่านี้ช่วยกันความร้อนไม่ให้ผ่านเข้าไปถึงโครงสร้างอะลูมิเนียมภายในกระสวยอวกาศเมื่อขณะบินออก และกลับเข้าสู่บรรยากาศของโลกซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 800 องศาเซลเซียส

2. ความเหนียวของเซรามิกส์

เนื่องจากพันธะที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างของเซรามิกเป็นพันธะแบบไอออนิก - โคเวเลนต์ ดังนั้นวัสดุเซรามิกส์จะมีความเหนียว (toughness) ที่ต่ำ มีงานวิจัยมากมายที่พยายามค้นคว้าเพื่อ ปรับปรุง ความเหนียวของเซรามิกส์ อาทิเช่น การทำอัดด้วยความร้อน (hot pressing) และเติม สารเคมีบางชนิดเพื่อให้เกิดพันธะขึ้น การทดสอบความต้านทานต่อการขยายตัวของรอยแตก (fracture – toughness tests) กับวัสดุเซรามิกส์เพื่อหาค่าความสามารถกระทำได้เช่นเดียวกับในโลหะ

3.ความแข็งของเซรามิกส์

เนื่องจากเซรามิกส์มีความแข็งมาก ทำให้เราสามารถนำเอาวัสดุเซรามิกส์มาใช้เป็นวัสดุสำหรับ ขัดสี (abrasive materials) เพื่อตัด บด และขัดถูวัสดุอื่นที่มีความแข็งน้อยกว่า เซรามิกส์เหล่านี้ ได้แก่อลูมิเนียมออกไซด์ (aluminum oxide) และซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide) เซรามิกส์ที่ใช้ เป็นวัสดุสำหรับขัดสีจะต้องมีอนุภาคที่แข็งและมีปริมาณรูพรุนที่พอเหมาะ เพื่อให้อากาศและของ เหลวไหลผ่านโครงสร้างได้ อลูมิเนียมออกไซด์มักจะมี ความเหนียวที่สูงกว่าซิลิคอนคาร์ไบด์แต่ ไม่แข็งเท่า ดังนั้นซิลิคอนคาร์ไบด์จึงถูกใช้มากกว่า ในขณะเดียวกันเมื่อผสมเซอร์โคเนียมออกไซด์ (zirconium oxide) ลงไป อลูมิเนียมออกไซด์จะ ทำให้เราได้วัสดุขัดสีมีความแข็งแรง ความแข็ง และความคมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีเซรามิกส์ ที่ใช้สำหรับขัดสี (abrasive ceramic) ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือโบรอนไนไตรด์ (boron nitride) ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Borazon ซึ่งมีความแข็ง เกือบเท่ากับเพชร แต่ทนความร้อนได้ดีกว่าเพชร

กล่าวโดยสรุป การศึกษาสมบัติของวัสดุแต่ละประเภท มีความสำคัญและ มีความจำเป็นต่อผู้ปฏิบัติงานอย่างมาก เพื่อให้สามารถออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ให้ได้ตาม ความต้องการและเกิดประโยชน์ต่อการใช้งานมากที่สุด โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์จะต้อง คำนึงถึงชนิด และสมบัติของวัสดุที่จะนำไปใช้

ตัวอย่างสมบัติของวัสดุชนิดต่าง ๆ

ชนิดของวัสดุ	สมบัติ
โลหะ ทองแดง (Cu)	นำไฟฟ้าดี สามารถทำให้มีรูปร่างต่างๆ ได้ดี
เหล็กหล่อ (cast iron)	สามารถหล่อได้ กลึงได้ รับการสั่นได้
เหล็กกล้าผสม (alloy steel)	มีความแข็งแรงสูงและสามารถเพิ่มความแข็งแรง ได้ด้วยความร้อน
พอลิเมอร์ พอลิเอทิลีน(Polyethylene: PE)	ทำเป็นแผ่นฟิล์มบางๆได้ อ่อนตัวได้ เป็นฉนวน ความร้อนและไฟฟ้า
พอลิโพรไพลีน(Polypropylene: PP)	ผิวแข็ง ทนทานต่อการขีดข่วน อ่อนตัวได้ เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก แม้ที่อุณหภูมิสูง
พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride: PVC)	เป็นฉนวนไฟฟ้าอย่างดี ไม่ติดไฟ มีลักษณะเป็น ของแข็งคงรูป และอ่อนนุ่มเหนียว สามารถ นำไปใช้งานได้กว้างขวาง
พอลิไวนิลอะซิเตต (Polyvinyl	อ่อนนิ่มเป็นของเหลวข้นหนืด สีขุ่นขาว เมื่อแห้ง

ชนิดของวัสดุ	สมบัติ
acetate: PVA)	จะใส ไม่สามารถหล่อขึ้นรูปด้วยวิธีแม่พิมพ์
พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS)	แข็ง แต่เปราะ แตกранง่าย น้ำหนักเบา เป็นฉนวนไฟฟ้า
พอลิอะคริเลต (Polyacrylate)	มีความโปร่งใสคล้ายกระจก มีจุดอ่อนตัวต่ำ มีความเหนียว คงรูปดีมากและทนทานต่อการขีดข่วน
พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate)	โปร่งใส และแข็งแรงมาก ด้านทนทานการขีดข่วน ได้ดี
ไนลอน(Nylon)	เหนียว และมีผิวลื่น
พอลิเทตระฟลูออโรเอทิลีน (Polytetrafluoroethylene : PTFE)	ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี และทนความร้อนสูง สีขาวขุ่น ผิวมีความลื่นมัน ไม่ต้องการสารหล่อลื่น
ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PhenolFormaldehyde : Bakelite)	เนื้อแข็งคงตัว แต่เปราะ ทนทานต่อการผุกร่อน
อีพอกซี(Epoxy)	เป็นฉนวนไฟฟ้าและกันความชื้นได้
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO ₂) (วัสดุหลักในการผลิตแก้ว)	ให้ประโยชน์ทางแสง และเป็นฉนวนความร้อน
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	เป็นฉนวนความร้อน, หลอมเหลวที่อุณหภูมิสูง, สมบัติเฉื่อยต่อโลหะที่หลอมเหลว
แบเรียมไทเทเนต (BaTiO ₃)	เปลี่ยนเสียงเป็นไฟฟ้า โดยอาศัยสมบัติการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน

กิจกรรมท้ายหน่วยที่ 1

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาเอกสารชุดการเรียนรู้หน่วยที่ 1 จบแล้ว ให้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วทำกิจกรรมการเรียนรู้หน่วยที่ 1 ในสมุดบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วจัดส่งตามที่ครูผู้สอนกำหนด

หน่วยที่ 2 การใช้ประโยชน์และผลกระทบจากวัสดุ

สาระสำคัญ

มนุษย์มีความผูกพันกับวัสดุศาสตร์มาเป็นเวลาช้านาน โดยเราสามารถพัฒนาสมบัติของวัสดุให้สามารถใช้งานในด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ในการพัฒนาสมบัติของวัสดุย่อมเกิดมลพิษจากการผลิตและการใช้งานวัสดุ และเกิดผลกระทบที่เกิดจากการใช้วัสดุต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

ตัวชี้วัด

1. อธิบายถึงการใช้ประโยชน์จากวัสดุ
2. สามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์จากวัสดุได้
3. อธิบายสาเหตุของมลพิษจากการผลิตและการใช้งานได้
4. นำความรู้เรื่องมลพิษจากการผลิตและการใช้งานไปใช้ได้
5. อธิบายผลกระทบที่เกิดจากการใช้วัสดุต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
6. นำความรู้เรื่องผลกระทบที่เกิดจากการใช้วัสดุต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมไปใช้ได้

ขอบข่ายเนื้อหา

1. การใช้ประโยชน์จากวัสดุ
2. มลพิษจากการผลิตและการใช้งาน
3. ผลกระทบจากการใช้วัสดุต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

หน่วยที่ 2 การใช้ประโยชน์และ ผลกระทบจากวัสดุ

เรื่องที่ 1 การใช้ประโยชน์จากวัสดุ

มนุษย์มีความผูกพันกับวัสดุศาสตร์มาเป็นเวลาช้านาน หรืออาจกล่าวได้ว่า“วัสดุศาสตร์อยู่รอบตัวเรา” ซึ่งวัสดุต่างๆ ล้วนประกอบขึ้นจากวัสดุ โดยเราสามารถพัฒนาสมบัติของวัสดุให้สามารถใช้งานในด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ โลหะ พอลิเมอร์ และเซรามิกส์

1.1 วัสดุประเภทโลหะ

โลหะที่นิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ

3 ประเภท ได้แก่

1) โลหะจำพวกเหล็ก (Ferrous metal) เป็นโลหะที่มีแหล่งที่มาจากสินแร่เหล็ก ซึ่งเป็นแร่มีปริมาณมากบนพื้นผิวโลกและมีการนำมาใช้ประโยชน์คิดเป็นปริมาณมากที่สุด

2) โลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Nonferrous metal) สามารถแบ่งเป็นประเภทย่อย ๆ ได้ 3 ชนิด คือ กลุ่มโลหะพื้นฐาน เป็นโลหะที่มีแหล่งกำเนิดเป็นแร่ประเภทออกไซด์หรือซัลไฟด์ซึ่งมีกระบวนการถลุงเอาโลหะออกมาได้ง่าย เช่น ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี ดีบุก พลวง เป็นต้น กลุ่มโลหะหนัก เป็นโลหะที่มีความหนาแน่นสูงกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เช่น แทนทาลัม ไทเทเนียม แคลเดียม โปรท โคโรเนียม แมงกานีส นิกเกิล เป็นต้น และกลุ่มโลหะเบา ซึ่งเป็นโลหะที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เช่น อะลูมิเนียม แมกนีเซียม เบริลเลียม เป็นต้น

3) โลหะมีค่า (Precious metal) เป็นโลหะที่มีสีสวยงามและคงทน จึงนิยมใช้ทำเป็นเครื่องประดับ เช่น ทองคำ เงิน และแพลทินัม นอกจากนี้โลหะมีค้ายังมีความสำคัญในด้านทุนสำรองเงินตราต่างประเทศ เนื่องจากมูลค่าของโลหะประเภทนี้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

เนื่องด้วยโลหะมีคุณสมบัติที่ดีมากมายหลายประการจึงทำให้ความต้องการใช้โลหะมีเพิ่มมากขึ้นมาโดยตลอด ดังจะเห็นได้จากปัจจุบันที่โลหะเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของมนุษย์จนขาดไม่ได้ ทั้งเครื่องใช้ครัวเรือน ภาชนะบรรจุภัณฑ์ เครื่องประดับ เพอร์นิเจอร์ อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้าง ผลงานศิลปะ หรือแม้กระทั่งอาวุธ ยุทโธปกรณ์ ก็ล้วนแต่ทำขึ้นด้วยมีโลหะเป็นส่วนประกอบทั้งสิ้น โลหะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในรูปของโลหะบริสุทธิ์ โลหะผสมประเภทต่างๆ และสารประกอบโลหะ

การใช้ประโยชน์ของโลหะชนิดต่าง ๆ

1. เหล็ก

เหล็กเป็นแร่ธาตุโลหะที่มีอยู่บนพื้นผิวโลกมากที่สุด เป็นอันดับสองรองจากอะลูมิเนียม มนุษย์ได้คิดค้นวิธีการถลุงแร่เหล็กมาเป็นเวลานานกว่า 3,500 ปี โดยในยุคเริ่มแรกได้นำมาใช้เพื่อการสงคราม และด้วยคุณสมบัติที่ดีหลายประการโดยเฉพาะด้านความแข็งแรงสูง และมีราคาถูก ทำให้ปัจจุบันเหล็กนับเป็นโลหะที่มีการนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดในโลก โดยมีปริมาณการผลิตเหล็กคิดเป็นร้อยละ 95 ของปริมาณการผลิตโลหะทั้งหมด สำหรับทางอุตสาหกรรมมีการนำเหล็กมาใช้อย่างแพร่หลายในรูปของเหล็กหล่อ (Cast iron) และเหล็กกล้า (Steel)

การใช้ประโยชน์ของโลหะเหล็ก

เหล็กมีการนำไปใช้ประโยชน์มากมายนับตั้งแต่การใช้เป็นวัสดุสำหรับงานก่อสร้างต่างๆ เช่น โครงสร้างอาคาร เสา คาน หลังคา สะพาน เสาไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น ในอุตสาหกรรมคมนาคมขนส่งก็มีการใช้เหล็กเป็นวัสดุสำหรับผลิตยานพาหนะต่างๆ เช่น รถยนต์ รถบรรทุก รถไฟ เรือเดินสมุทร และเครื่องบิน นอกจากนี้ของใช้ต่างๆ ในชีวิตประจำวันของเราก็กว้านมีส่วนประกอบที่ทำจากเหล็กทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ พัดลม นาฬิกา เครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว กระทะ เตาแก๊ส ถังแก๊ส เตาปิ้ง โต๊ะ เก้าอี้ มุ้งลวด ท่อน้ำ ช้อน ส้อม มีด ฯลฯ

2. ดีบุก

ดีบุกเป็นโลหะสีขาวซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์เป็นเวลานานแล้ว เนื่องจากดีบุกสามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับทองแดงได้ดี การใช้งานในช่วงแรกจึงเป็นการผลิตโลหะผสมระหว่างดีบุกกับทองแดงหรือที่เรียกว่า โลหะสัมริด (Bronze) ซึ่งมีการใช้ค้นพบมาตั้งแต่ประมาณ 3,500 ปีก่อนคริสตกาล ดีบุกจัดเป็นโลหะที่มีลักษณะเด่นคือ มีความอ่อนตัวสูง มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง และมีคุณสมบัติด้านหล่อลื่นดี

การใช้ประโยชน์ของโลหะดีบุก

โลหะดีบุกเป็นโลหะอ่อนจึงไม่ใช้ดีบุกในการผลิตชิ้นส่วนจักรกล แต่ด้วยคุณสมบัติเด่นที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดและสารละลายต่าง ๆ ทนต่อการเป็นสนิม มีความเงางาม สวยงาม และไม่ก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย จึงนิยมใช้ในการเคลือบแผ่นเหล็กเพื่อผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม ดีบุกเมื่อรีดเป็นแผ่นบาง ๆ สามารถนำไปใช้ห่อสิ่งของต่าง ๆ เพื่อป้องกันความชื้นได้ดี นอกจากนี้โลหะดีบุดยังมีคุณสมบัติในการผสมเป็น เนื้อเดียวกับโลหะอื่นได้ดี จึงสามารถผลิตเป็นโลหะดีบุกผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่น โลหะดีบุกผสมตะกั่ว พลวง หรือสังกะสี ที่ใช้ในการผลิตโลหะบัดกรีสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ โลหะดีบุกผสมตะกั่วเพื่อใช้ผลิตหม้อน้ำรถยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ โลหะดีบุกผสมทองแดงที่ใช้ในการผลิตทองสัมฤทธิ์เพื่อทำระฆังและศิลปวัตถุต่าง ๆ โลหะดีบุกผสมเงิน ทองแดง และปรอท ใช้สำหรับอุดฟันและงานทันตกรรม นอกจากนี้ยังใช้ทำโลหะดีบุกผสมทองแดงและพลวงหรือที่เรียกว่า พิวเตอร์ (Pewter) ซึ่งนิยมนำไปผลิตเป็นเครื่องใช้ เครื่องประดับตกแต่ง ของที่ระลึก ตลอดจนการชุบเคลือบต่าง ๆ อีกด้วย โลหะดีบุกที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ทำเป็นโลหะแบร็ง มีชื่อว่า Babbitt เป็นโลหะที่ประกอบด้วย ดีบุก พลวง ทองแดง และอาจมีตะกั่วผสมอีกเล็กน้อย โลหะผสมชนิดนี้มีโครงสร้างพื้นฐานที่อ่อนและมีสัมประสิทธิ์ความฝืดต่ำทำให้เหมาะที่จะใช้เป็นโลหะแบร็ง

3. ตะกั่ว

ตะกั่วเป็นที่รู้จักมานานตั้งแต่ 3,500 ปีก่อนคริสตกาล ในอียิปต์สมัยโบราณมีการใช้แร่ตะกั่วเป็นเครื่องสำอางสำหรับทาตา โลหะตะกั่วก็นับเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่มีการใช้มานานที่สุด การค้นพบโลหะตะกั่วเกิดขึ้นโดยบังเอิญ โดยขณะที่มีการถลุงทองแดงที่มีส่วนผสมของตะกั่วได้เกิดมีโลหะตะกั่วหลอมเหลวไหลออกมาบริเวณกองไฟนั้น เนื่องจากตะกั่วมีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงสามารถสกัดเอาโลหะออกจากแร่ได้โดยง่ายด้วยอุณหภูมิที่ไม่สูงนัก ชาวโรมันโบราณเริ่มนำโลหะตะกั่วมาใช้อย่างจริงจังสำหรับผลิตเป็นภาชนะและท่อน้ำ ซึ่งยังคงหลักฐานอยู่จนกระทั่งปัจจุบัน นับจากนั้นก็ได้มีการใช้ประโยชน์จากโลหะตะกั่วอย่างแพร่หลาย จนจัดเป็นโลหะที่มีการใช้มากที่สุดเป็นอันดับห้ารองจาก เหล็ก อะลูมิเนียม ทองแดง และสังกะสี

การใช้ประโยชน์ของโลหะตะกั่ว

โลหะตะกั่วเป็นมีคุณสมบัติเด่นคือ มีหลอมเหลวต่ำ มีความหนาแน่นสูง มีความอ่อนตัวสูง ความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ต่ำ มีคุณสมบัติหล่อลื่น และต้านทานการกัดกร่อนได้ดี การใช้ประโยชน์โลหะตะกั่วส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมทำแบตเตอรี่รถยนต์ ใช้เป็นสารประกอบตะกั่วสำหรับผสมทำสี ใช้ทำลูกกระสุนและยุทธภัณฑ์ ใช้ทำฉนวนกันเพื่อป้องกันรังสีต่าง ๆ เช่น รังสีเอกซ์ รังสีเบต้า รังสีแกมมา เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นธาตุผสมกับโลหะทองแดงและเหล็ก เพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านการกลึงหรือตัด ซึ่งการนำตะกั่วไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ทั้งสภาพโลหะและสารเคมีที่สำคัญ มีดังนี้

- 1) แบตเตอรี่ โลหะตะกั่วใช้มากที่สุดในการผลิตแบตเตอรี่ ซึ่งประกอบด้วยแผ่นขั้วและหุ้มยึดแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์จะมีตะกั่วประมาณ 9 - 12 กิโลกรัม
- 2) เปลือกเคเบิล ใช้ตะกั่วหุ้มสายเคเบิลไฟฟ้าและสื่อสารที่อยู่ใต้ดินและใต้น้ำ เพื่อป้องกันความเสียหายจากความชื้น และการกัดแทะของหนู ซึ่งช่วยให้ไม่เกิดการขัดข้องในระบบไฟฟ้าและการสื่อสาร
- 3) ตะกั่วแผ่น เนื่องจากตะกั่วมีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อน จึงใช้ตะกั่วแผ่นเป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญในอุตสาหกรรมเคมี และการก่อสร้างอาคาร แผ่นกันรังสีต่าง ๆ รวมทั้งการใช้ตะกั่วแผ่นร่วมกับแอสเบสทอสและเหล็กสำหรับปูใต้ฐานตึกเพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนและควบคุมเสียงสำหรับรถไฟใต้ดิน

4) ท่อตะกั่ว เนื่องจากตะกั่วมีคุณสมบัติด้านการกัดกัดกร่อน ดัดงอ่าย และแปรรูปด้วยการอัดรีดง่าย จึงใช้ทำท่อไร้ตะเข้บสำหรับอุตสาหกรรมเคมีและระบบท่อส่งน้ำ

5) โลหะบัดกรี จากคุณสมบัติจุดหลอมเหลวต่ำและราคาถูก จึงใช้เชื่อมกับดีบุกเป็นโลหะบัดกรี (อัตราส่วนดีบุกต่อตะกั่ว 60-40 หรือ 70-30) เพื่อเชื่อมชิ้นงานโลหะให้ติดกัน โลหะบัดกรีบางชนิดอาจผสมธาตุอื่น เช่น พลวงและเงิน เข้าไปเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและต้านทานการกัดกร่อน

6) โลหะตัวพิมพ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์ เป็นโลหะผสมระหว่างตะกั่ว พลวง และดีบุก โดยตะกั่วช่วยให้มีจุดหลอมตัวต่ำและหล่อได้ง่าย พลวงช่วยเพิ่มความแข็งแรงต้านทานแรงกดและการสึกหรอ ลดอุณหภูมิหล่อ และลดการหดตัวตัวพิมพ์ สำหรับดีบุกช่วยให้หล่อได้ง่าย ลดความเปราะ และช่วยให้ตัวพิมพ์มีลวดลายละเอียด

7) โลหะผสมตะกั่ว - ดีบุก (มีดีบุก 8-12%) ใช้ในการเคลือบผิวแผ่นเหล็ก เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและต้านทานการกัดกร่อน นิยมใช้ทำถังบรรจุน้ำมันรถยนต์ อุปกรณ์กรอง และมุงหลังคา

8) พิวส์ระบบตัดไฟอัตโนมัติ อาศัยคุณสมบัติที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงทำให้ตะกั่วหลอมละลายเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไปที่กำหนดไว้ในระบบ

9) รงควัตถุ ใช้สำหรับเป็นสีสำหรับทาเพื่อป้องกันสนิมให้เหล็กและเหล็กกล้า และใช้ทาสีเครื่องหมายบนทางเท้า

4. สังกะสี

สังกะสีเป็นโลหะที่มีการผลิตและนำมาใช้ประโยชน์เมื่อประมาณ 600 ปีมาแล้ว โดยช่วงแรกจะมีการใช้มากในแถบประเทศอินเดียและจีน โดยมีการผลิตเครื่องใช้ที่ทำจากโลหะสังกะสีผสม และนำสังกะสีออกไซด์มาผสมถ่านหินเพื่อใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา สำหรับกระบวนการผลิตโลหะสังกะสีที่เป็นต้นแบบของเทคโนโลยีการถลุงสังกะสีในปัจจุบันถูกคิดค้นในปี 1738 โดยวิลเลียม แชมเปียน ทำให้มีการใช้สังกะสีอย่างแพร่หลาย และถือเป็นโลหะที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดเป็นอันดับสี่ในปัจจุบัน รองจากเหล็ก อะลูมิเนียม และทองแดง

การใช้ประโยชน์ของโลหะสังกะสี

สังกะสีเป็นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีความเหนียวน้อยหรือเปราะ เพราะมีระบบผลึกเป็นรูปหกเหลี่ยม อัตราการยืดยาวน้อย และมีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถก่อให้เกิดพิษได้เนื่องจากรวมตัวกับออกซิเจนเป็นสังกะสีออกไซด์ได้ง่าย ซึ่งเป็นควันทoxicที่มีอันตราย สังกะสีถูกนำไปใช้ประโยชน์หลายด้าน ตามคุณสมบัติที่มีมากมาย โดยอาจแบ่งการใช้ประโยชน์ตามลักษณะการนำไปใช้ได้ดังนี้

- 1) ใช้เคลือบผิวเหล็กเพื่อป้องกันการเกิดสนิม และการผุกร่อน โดยสังกะสีจะทำหน้าที่ป้องกัน 2 ขั้นตอนคือ ขั้นแรกจะทำหน้าที่ป้องกันผิวเหล็กไม่ให้สัมผัสกับอากาศหรือสารอย่างอื่น และหากเกิดรอยขีดข่วนหรือผุกร่อนจนถึงผิวเหล็กแล้ว สังกะสีจะทำหน้าที่ในขั้นตอนต่อไปของ Galvanic action คือ โลหะสังกะสีซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemical activity) สูงกว่าเหล็กจะทำตัวเป็นขั้วบวกและดึงออกซิเจนมาทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสนิมแทนเหล็ก ทำให้ผิวเหล็กไม่ผุกร่อนแม้ผิวเหล็กจะสัมผัสกับอากาศ การใช้งานด้านนี้มีสัดส่วนมากที่สุดโดยคิดเป็นร้อยละประมาณ 45 - 50 ของการบริโภคสังกะสีทั้งหมด
- 2) ใช้ทำทองเหลืองโดยผสมกับโลหะทองแดง และอาจมีโลหะอื่น ๆ ผสมเพิ่ม คุณสมบัติเป็นการเฉพาะต่อการใช้งาน เช่น ตะกั่ว อะลูมิเนียม ดีบุก พลวง แมงกานีส เป็นต้น
- 3) สังกะสีออกไซด์ใช้ในอุตสาหกรรมยาง เซรามิกส์ ยา สีสะท้อนแสง สังกะสีซัลเฟตใช้ในการผลิตสารทำยาสังเคราะห์เรยอน และสังกะสีคลอไรด์ใช้ทำยาดับกลิ่นปาก ยาฆ่าเชื้อ และยารักษาเนื้อไม้ไม่ให้ผุและติดไฟง่าย
- 4) สังกะสีฝุ่น (Zinc dust) ใช้ในการผลิตสารเคมีที่ใช้ในการพิมพ์และย้อมผ้า ใช้ผสมกับอะลูมิเนียมผงเพื่อแก้การกัดกร่อน ใช้เป็นสารผลิตก๊าซในคอนกรีตทำให้ได้รูปพรุน ใช้เป็นสารเร่งในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ช่วยให้เกิดการคายไฮโดรเจนในการทำสบู่จากขี้ผึ้งพาราฟิน นอกจากนี้ยังใช้ทำดอกไม้ไฟ ผงไฟแฟลช อุตสาหกรรมน้ำตาล และกระดาษ
- 5) ใช้ทำโลหะผสมสำหรับงานหล่อ (Die casting) เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงให้คุณสมบัติที่ดีคือ ง่ายต่อการขึ้นรูป นอกจากนี้ยังคงทน กลิ้งไสตกแต่งง่าย และมีสีที่สวยงาม โลหะผสมที่สำคัญ ได้แก่ อะลูมิเนียม แมกนีเซียม และทองแดง เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยโลหะสังกะสีผสมมีมากมายเช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ลูกบิดประตู ของเล่นเด็ก เครื่องใช้ในครัวเรือน เครื่องมือกล อุปกรณ์สำนักงาน และท่อน้ำ เป็นต้น

5. พลวง

พลวงเป็นโลหะที่มีการใช้ประโยชน์มานานกว่า 2,500 ปี โดยชื่อของโลหะพลวง (Antimony) มาจากภาษากรีกว่า Anti และ Monos ซึ่งหมายความว่า โลหะที่ไม่ค่อยพบได้โดยลำพัง แต่ในความเป็นจริง บางครั้งเราอาจพบโลหะพลวงบริสุทธิ์ในสภาพธรรมชาติได้ (Native antimony) สัญลักษณ์ทางเคมีของโลหะพลวงคือ Sb ซึ่งมาคำว่า Stibium ในภาษาละติน

การใช้ประโยชน์ของโลหะพลวง

พลวงเป็นโลหะสีขาวเงิน วาว มีคุณสมบัติแข็งเปราะ ไม่สามารถแปรรูปได้ที่อุณหภูมิปกติ แต่มีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนของกรดเจือจางได้ ที่อุณหภูมิสูงจะรวมตัวกับออกซิเจนได้ดีและให้เปลวไปสีน้ำเงิน เมื่อกลายเป็นออกไซด์จะเป็นผงสีขาว โลหะพลวงไม่สามารถใช้งานได้ในสภาพบริสุทธิ์ ส่วนใหญ่จะถูกใช้ในลักษณะของโลหะผสม โดยการใช้ประโยชน์ของโลหะพลวงมีรายละเอียด ดังนี้

- 1) การใช้งานหลักของโลหะพลวง คือ เป็นสารเจือในตะกั่ว สำหรับทำแผ่นธาตุแบตเตอรี่ นอกจากนี้ยังใช้ในงานเกี่ยวกับเคมี ท่อ แผ่นมุงหลังคา ไขบูธึง ทำโลหะตัวพิมพ์ โลหะบัดกรี โลหะรองเพลลา และกระสุน เป็นต้น เนื่องจากช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความต้านทานการกัดกร่อน ลดการหดตัว และให้ความคมชัดสำหรับโลหะตัวพิมพ์
- 2) ใช้เป็นสารชะลอการติดไฟ พลวงไตรออกไซด์หรือไตรคลอไรด์ในสารละลายอินทรีย์ใช้ในการทำเส้นใยกันไฟและเปลวไฟจากการสันดาป
- 3) มีการใช้พลวงไตรออกไซด์ในการผลิตพลาสติก เซรามิกส์เคลือบ ใช้เป็นสีขาวสำหรับทาสี และเป็นสารที่ให้ลักษณะคล้ายแก้ว และมีคุณสมบัติการสะท้อนแสงที่ดี พลวงออกไซด์ใช้ร่วมกับคลอรีนเตตระฟลูออไรด์และปูนขาวในอุตสาหกรรมทอผ้า นอกจากนี้ พลวงเพนตะซัลไฟด์ยังใช้ทำสีสำหรับพรางตา และเป็นสารทำให้ยางแข็งตัว

6. นิกเกิล

นิกเกิลเป็นโลหะมีสีขาวยเงิน มีความคล้ายคลึงกับเหล็กด้านความแข็งแรงและมีความต้านทานการกัดกร่อนที่ดีคล้ายทอง มีการคิดค้นวิธีการสกัดโลหะนิกเกิลจากแร่เป็นครั้งแรกเมื่อประมาณ 250 ปีที่ผ่านมา นิกเกิลเป็นธาตุที่เชื่อว่ามีปริมาณมากบริเวณใจกลางของโลก เนื่องจากผลวิเคราะห์ของสะเก็ดดาวที่มีแหล่งกำเนิดไม่ต่างกับโลกพบว่า มีนิกเกิลในปริมาณสูงการใช้ประโยชน์ของโลหะนิกเกิล

นิกเกิลเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติต้านทานการเกิดออกซิเดชัน และต้านทานการกัดกร่อนสูง มีความเหนียวและอ่อนตัวมากสามารถขึ้นรูปที่อุณหภูมิต่ำได้ง่าย นอกจากนี้ยังสามารถละลายกับโลหะอื่นได้ง่าย และให้สารละลายของแข็งที่มีความเหนียว งานใช้งานโลหะนิกเกิลส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าผสม นอกจากนั้นยังใช้ในงานที่ต้องทนการกัดกร่อนสูง ๆ และใช้เคลือบผิวเหล็ก

การใช้ประโยชน์ของโลหะนิกเกิล

- 1) ใช้ทำมาตรฐาน ประตุน้ำ ท่อสำหรับอุปกรณ์ส่งถ่ายความร้อน และวัสดุกรองในอุตสาหกรรมเคมีและการกลั่นน้ำมัน
- 2) ใช้ทำโลหะผสมชนิดพิเศษ (Super alloy) ซึ่งต้านทานความเค้นและทนการกัดกร่อนที่อุณหภูมิสูงสำหรับอุตสาหกรรมอากาศยาน โดยใช้เป็นวัสดุในการผลิตอุปกรณ์รักษาระดับความดันอากาศ ชิ้นส่วนต่างๆ และเครื่องยนต์ของเครื่องบินไอพ่น
- 3) ใช้เคลือบผิวอุปกรณ์ระดับยนต์ต่างๆ รวมถึงเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น เตาไฟฟ้า หม้อหุงข้าว เตาปิ้งขนมปัง เครื่องเป่าผม ซ่อมส้อม จาน ถาด และอุปกรณ์การทำอาหาร เป็นต้น
- 4) ใช้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดสุญญากาศ หลอดโทรทัศน์ และใช้ทำขั้วแอโนด แคโทด และลวดยึดในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยอาศัยคุณสมบัติการยึดติด การต้านแรง และคุณลักษณะการปล่อยอิเล็กตรอน
- 5) จากคุณสมบัติที่สามารถดูดติดแม่เหล็กของนิกเกิลจึงใช้ในอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมาย เช่น เครื่องแปลงกำลังสำหรับพลังงานอัลตราโซนิก อุปกรณ์การสำรวจใต้น้ำ ในอุตสาหกรรมการเดินเรือ อุปกรณ์ทำความสะอาดชิ้นงานก่อนเคลือบผิวในอุตสาหกรรมชุบเคลือบโลหะ

6) ใช้ทำสปริงแบนในระบบถ่ายทอดโทรศัพท์ ปลั๊กไฟซึ่งทนการกัดกร่อน
จอแม่เหล็ก แกนเหนียวนำในคลื่นเสียงวิทยุ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในมอเตอร์ไซค์ รถยนต์ และ
มอเตอร์กระแสตรงขนาดใหญ่ นิกเกิลผงที่อัดเป็นแท่งใช้ในแบตเตอรี่ที่มีสารละลายเป็นต่าง
ซึ่งใช้ในเครื่องบิน

7) ในการก่อสร้างมีการใช้นิกเกิลในรูปเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อทำอุปกรณ์ประดับ
อาคาร เนื่องจากมีความต้านทานการกัดกร่อน แข็งแรง และให้ความสวยงาม

7. แทนทาลัม

แทนทาลัมนับเป็นโลหะใหม่ที่เพิ่งมีการค้นพบและนำมาใช้ประโยชน์เมื่อประมาณ
200 ปีที่ผ่านมา โดยมักจะพบร่วมกันกับไนโอเบียม จนช่วงแรกที่มีการค้นพบเข้าใจว่าธาตุทั้ง
สองชนิดนี้เป็นประเภทเดียวกัน แทนทาลัมเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติทนความร้อนสูงมาก มีความ
เหนียว สามารถรีดเป็นเส้นลวดขนาดเล็กหรือตีเป็นแผ่นบาง ๆ ได้ มีความต้านทานการกัดกร่อน
เป็นสื่อไฟฟ้าและความร้อนที่ดี และมีคุณสมบัติด้านการเก็บประจุไฟฟ้าที่ดี นอกจากนี้ยัง
สามารถนำไปผสมกับโลหะอื่น ๆ ได้

การใช้ประโยชน์ของโลหะแทนทาลัม

แทนทาลัมมีการใช้ประโยชน์ในงานต่าง ๆ ดังนี้

1) ใช้ผงโลหะแทนทาลัม เป็นวัตถุดิบในการผลิตตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor)
สำหรับเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง โดยเฉพาะอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น
โทรศัพท์มือถือ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องคำนวณ เครื่องส่งสัญญาณเตือนภัย
หม้อแปลงไฟฟ้า และกล้องวิดีโอดิจิทัล เป็นต้น ซึ่งการใช้แทนทาลัมในงานด้านนี้คิดเป็น
ร้อยละ 55 ของการใช้งานทั้งหมด

2) ใช้ทำเครื่องมือและอุปกรณ์ทางเคมี ซึ่งมีความต้านทานและทนต่อการกัดกร่อน
ของกรด และสารเคมี รวมทั้งใช้ทำภาชนะบรรจุน้ำยาและสารประกอบเคมีบางชนิด

3) แทนทาลัมคาร์ไบด์ มีความแข็งแรงและทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี สามารถใช้
ผสมกับโลหะคาร์ไบด์ชนิดอื่นๆ เช่น ทังสเตนคาร์ไบด์หรือนีโอเบียมคาร์ไบด์ เพื่อใช้ในการทำ
เครื่องมือ กลึง เจาะ ไส หรือตัดเหล็กและโลหะอื่น ๆ

4) ใช้ทำโลหะผสมที่มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น วัสดุที่ใช้ในเครื่องยนต์และตัวถังของยานอวกาศ ตลอดจนพาหนะที่ต้องการคุณสมบัติการทนความร้อนสูงที่เกิดจากการเสียดสี ใช้ทำขดลวดความร้อน คอนเดนเซอร์วาล์ว และปั๊มชนิดพิเศษ นอกจากนี้ยังใช้ผสมกับโลหะอื่นๆ เช่น โคบอลต์ เหล็ก นิกเกิล ไททาเนียม และไนโอเบียม

5) ใช้ทำเครื่องมือพิเศษอื่นๆ เช่น ตัวเชื่อมกระดูกหรือด้ายเย็บกระดูก เครื่องมือผ่าตัด เครื่องมือผลิตใยสังเคราะห์ และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ

6) การใช้งานอื่นๆ เช่น ทำเลนส์สำหรับกล้องถ่ายรูปและกล้องจุลทรรศน์ที่มีค่าดรรชนีหักเหสูงมากเป็นพิเศษ และใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการทำวัสดุสังเคราะห์ เช่น ยางเทียม เป็นต้น

8. อะลูมิเนียม

โลหะอะลูมิเนียมเป็นธาตุเริ่มเป็นที่รู้จักของมนุษย์เมื่อไม่นานมานี้ โดยมีการค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1820 ณ แหล่งบอกไซด์ ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งต่อมาได้ใช้เป็นชื่อเรียกแร่อะลูมิเนียมจนถึงปัจจุบัน แม้โลหะอะลูมิเนียมจะเป็นธาตุชนิดใหม่ แต่มีคุณสมบัติเด่นหลายประการและสามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมหลายประเภท ทำให้การใช้ประโยชน์จากโลหะอะลูมิเนียมมีปริมาณเพิ่มขึ้น มาโดยตลอด จนนับเป็นโลหะนอกกลุ่มเหล็กที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดในโลก โดยปัจจุบันมีปริมาณการใช้โลหะอะลูมิเนียมทั่วโลกประมาณ 28 ล้านตันต่อปี คิดเป็นปริมาณการใช้ที่เพิ่มขึ้นจากเมื่อ 20 ปีที่แล้วถึงร้อยละ 75

การใช้ประโยชน์ของโลหะอะลูมิเนียม

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติเด่นในหลายด้าน เช่น มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา และมีกำลังวัสดุต่อหน่วยสูง (High Strength to weight ratio) มีคุณสมบัติที่ยึดตัวได้ง่ายและมีความเหนียวมาก ทำให้สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ได้ง่าย มีจุดหลอมเหลวต่ำและมีคุณสมบัติการไหลของน้ำโลหะที่ดี ทำให้มีความสามารถในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อได้ดี มีค่าการนำไฟฟ้าที่ดี มีค่าการนำความร้อนสูง และผิวหน้าของโลหะอะลูมิเนียมมีดัชนีการสะท้อนของแสงสูง ดังนั้นโลหะอะลูมิเนียมจึงนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น

1) เนื่องจากอะลูมิเนียมมีความแข็งแรงเทียบกับน้ำหนักสูง จึงนิยมใช้ทำเครื่องจักร อุปกรณ์ ตลอดจนชิ้นส่วนหลายอย่างในเครื่องบิน จรวด และรถยนต์ เพื่อลดน้ำหนักของยานพาหนะให้น้อยลงและช่วยในการประหยัดเชื้อเพลิง

2) อะลูมิเนียมสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้ดี ทำให้เกิดฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ที่ผิวของชิ้นงาน ซึ่งฟิล์มนี้มีความเหนียวมากจึงช่วยให้สามารถต่อต้านการเป็นสนิมได้ด้วยตัวเองและต้านทานการกัดกร่อนในชั้นบรรยากาศได้ดี ดังนั้น โลหะอะลูมิเนียมจึงนิยมนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ใช้ทำท่อ กรอบประตู กรอบหน้าต่าง และวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ เป็นต้น

3) อะลูมิเนียมสามารถผสมกับโลหะอื่น ๆ ได้หลายชนิด เช่น ซิลิกอน ทองแดง แมกนีเซียม และสังกะสี ซึ่งโลหะอะลูมิเนียมผสมแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้มีขอบเขตการใช้งานที่กว้างขวางมาก

4) ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าในงานที่ต้องคำนึงถึงเรื่องน้ำหนักเบาเป็นสำคัญ เช่น สายไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น

5) เหมาะสำหรับใช้ทำเป็นภาชนะหุงต้มหรือหีบห่อบรรจุอาหาร โดยเฉพาะกระป๋องที่บรรจุเครื่องดื่มคาร์บอนเนต เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย และทนต่อการ กัดกร่อนได้ดี โดยปัจจุบันกระป๋องเครื่องดื่มกว่าร้อยละ 97 และกระป๋องเบียร์เกือบทั้งหมดล้วน ทำจากโลหะอะลูมิเนียมทั้งสิ้น

6) ใช้ทำแผ่นสะท้อนแสงในแฟลชถ่ายรูป จานสะท้อนแสงในคอมพิวเตอร์ ไฟหน้ารถยนต์

9. แมกนีเซียม

แมกนีเซียมเป็นธาตุที่มีมากที่สุดเป็นอันดับ 8 บนพื้นผิวโลก โดยแหล่งที่สำคัญคือ น้ำทะเลซึ่งจะมีปริมาณของแมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) ซึ่งถ้าคือน้ำหนักของแมกนีเซียมที่มีอยู่ในทะเลทั้งหมดจะได้ปริมาณถึง 1.85×10^{15} ตัน

การใช้ประโยชน์ของโลหะแมกนีเซียม

แมกนีเซียมเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบา สามารถตัดเจาะได้ง่ายและมีความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์สูงเมื่อเทียบกับน้ำหนัก แต่ข้อจำกัดที่ทำให้โลหะแมกนีเซียมมีการใช้งานไม่มากนักได้แก่ มีความแข็งแรงและความเหนียวต่ำ ขาดคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อน นอกจากนี้ยังรวมตัวกับออกซิเจนเกิดเป็นเปลวไฟที่อุณหภูมิสูงได้ง่าย ทำให้แมกนีเซียมมีการใช้งานส่วนใหญ่ในรูปธาตุผสมกับโลหะอื่น โดยการใช้ประโยชน์ของโลหะแมกนีเซียมมีดังนี้

1) โลหะแมกนีเซียมเมื่อผสมด้วยโลหะต่างๆ ในปริมาณเล็กน้อย เช่น อะลูมิเนียม แมงกานีส โลหะแรเอิร์ธ ทอเลียม สังกะสี และเซอร์โคเนียม จะได้โลหะที่มีความแข็งแรงรับน้ำหนักได้มากที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิปกติ ทนการสั่นสะเทือน และสามารถกลึงไสและแปรรูปได้ง่าย

2) ใช้กำจัดออกซิเจนและกำมะถันในการผลิตโลหะนิกเกิลผสมและทองแดงผสม ใช้กำจัดกำมะถันในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า ใช้กำจัดบิสฟัทในตะกั่ว และเป็นสารลดออกซิเจนในการผลิตเบริลเลียม ไทเทเนียม เซอร์โคเนียม ทอเรียม และยูเรเนียม ใช้การผลิตซิลิคอนและสารประกอบอินทรีย์เคมีต่าง ๆ

3) ใช้สำหรับป้องกันการกัดกร่อนโดยเป็นแอโนดเพื่อป้องกันแคโทดของโลหะอื่น ๆ โดยเฉพาะท่อใต้ดิน แท็งค์น้ำ ตัวเรือ เครื่องทำน้ำร้อน และโครงสร้างอื่นๆ ที่อยู่ใต้ดินและใต้น้ำ

4) ใช้ในแบตเตอรี่สำหรับงานเฉพาะอย่างและการทหาร โดยเป็นขั้วแอโนดทำให้มีน้ำหนักเบาแต่ให้ไฟแรงสูง

5) เนื่องจากเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบาจึงนำมาใช้ในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต่าง ๆ เช่น คาร์บูเรเตอร์ ตะแกรงหน้า วัสดุปิดเครื่องทำความสะอาดอากาศ คันโยกถ่ายกำลัง คลัช ล้อพวงมาลัย เสื้อสูบ เกียร์ มอเตอร์ เป็นต้น ทำให้รถยนต์มีน้ำหนักลดลงและช่วยประหยัดพลังงานได้มากขึ้น

10. ทองแดง

โลหะทองแดงนับเป็นโลหะที่มนุษย์รู้จักและนำมาใช้งานเป็นเวลานานมากที่สุดประเภทหนึ่ง ทองแดงมีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ Cu ซึ่งมาจากภาษาละตินว่า Cuprum ที่หมายถึง ชื่อเกาะไซปรัส (Cyprus) อันเป็นแหล่งแร่ทองแดงขนาดใหญ่ที่มีการค้นพบและนำโลหะทองแดงมาใช้ประโยชน์เมื่อหลายพันปีก่อน แร่ทองแดงสามารถพบในสภาพบริสุทธิ์โดยธรรมชาติ คือ พบในสภาพที่เป็นโลหะ (Metallic state) หรือในสภาพทองแดงธรรมชาติ (Native copper) ทำให้รวบรวมและนำมาหลอมเป็นโลหะสำหรับใช้งานได้ง่าย แต่ถือเป็นธาตุที่พบปริมาณไม่มากบนผิวโลก (ประมาณ 0.0001% ของธาตุบนพื้นผิวโลกทั้งหมด) และถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับแร่อะลูมิเนียมและเหล็กที่มีปริมาณ 8.07% และ 5.06% ของธาตุทั้งหมดตามลำดับ

การใช้ประโยชน์ของโลหะทองแดง

โลหะทองแดงมีคุณสมบัติเด่นมากมายโดยเฉพาะการนำไฟฟ้าและการนำความร้อนที่สูง มีความต้านทานการกัดกร่อน สามารถแปรรูปด้วยวิธีต่างๆ ได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรง และมีความต้านทานความล้าสูง ดังนั้นโลหะทองแดงจึงมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางดังนี้

- 1) เนื่องจากทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีการใช้งานส่วนใหญ่จึงเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมไฟฟ้า เช่น ใช้ทำสายไฟ เคเบิล มอเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไดนาโม พัดลม ระบบควบคุมในโรงงาน อุปกรณ์ไฟฟ้า ระบบจ่ายกำลัง เครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ
- 2) ด้วยคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนทองแดงจึงนำมาใช้ในการก่อสร้างหลายอย่าง เช่น ทำหลังคา ท่อน้ำและข้อต่อต่างๆ ระบบให้ความร้อน และระบบปรับอากาศ
- 3) ใช้ทำเครื่องจักรกล เครื่องใช้ในบ้าน เนื่องจากขึ้นรูปง่าย และเนื่องจากมีความสามารถต้านทานการกัดกร่อนของน้ำทะเลและมีการถ่ายเทความร้อนสูง จึงใช้ทำท่อวาล์ว ข้อต่อในโรงกลั่นน้ำจากน้ำทะเล อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และเครื่องมือกลอื่น ๆ
- 4) ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนเครื่องบิน เรือเดินสมุทร หัวจักรรถไฟ อุปกรณ์สวิตช์ และสัญญาณต่าง ๆ
- 5) การใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ของทองแดง เช่น ใช้ผลิตยุงฆาตภัณฑ์ ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี เครื่องวัดต่าง ๆ เครื่องประดับ เครื่องตกแต่ง เหริยญาษาปณ์ บรรจุภัณฑ์ และใช้ผลิตโลหะผสม เช่น ทองเหลือง และทองสัมฤทธิ์ เป็นต้น

11. ทองคำ

ทองคำเป็นโลหะชนิดแรกที่มีการนำมาใช้ประโยชน์เมื่อประมาณ 8,000 ปีมาแล้ว สัญลักษณ์ทางเคมีของทองคำ คือ Au ซึ่งมาจากภาษาละตินว่า Aurum ที่มีความหมายถึง แสงสว่างแห่งรุ่งอรุณ ทองคำเป็นแร่ที่ประกอบด้วยธาตุชนิดเดียวหรือสามารถปรากฏพบในสภาพบริสุทธิ์โดยธรรมชาติ (Native gold) จึงมีกระบวนการแยกสกัดของจากแร่ ที่ไม่ยุ่งยาก บางครั้งอาจพบก้อนโลหะทองคำในธรรมชาติขนาดใหญ่ซึ่งสามารถนำไปหลอม เพื่อใช้งานได้ทันที ด้วยจุดเด่นด้านสีส้มที่สวยงาม มีความเหนียวสามารถดึงเป็นเส้นลวดหรือตีแผ่เป็นแผ่นบาง ๆ ได้ ทำให้การใช้ประโยชน์ของทองคำจะเน้นไปทางด้านการผลิตเครื่องประดับต่าง ๆ

การใช้ประโยชน์ของโลหะทองคำ

ทองคำมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าและนำความร้อนได้ดี มีความเหนียว สามารถขึ้นรูปได้ง่าย มีความต้านทานการกัดกร่อน และเป็นธาตุเฉื่อยที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารใด ๆ ในอุณหภูมิปกติ จึงทำให้ทองคำมีความงามไม่หมองอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้ทองคำยังเป็นธาตุที่หายาก และมีความคงทนไม่แปรสภาพแม้เวลาจะผ่านไปนานเท่าใด จึงถูกนำมาเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนซื้อขายเชิงพาณิชย์ และเป็นปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการแสดงฐานะ ความมั่งคั่ง รวมถึงใช้เป็นทุนสำรองสำหรับแต่ละประเทศในการเจรจาทำธุรกรรมต่าง ๆ

นอกเหนือจากการใช้งานหลักในการทำเครื่องประดับ และของตกแต่งต่าง ๆ แล้ว โลหะทองคำ ยังมีการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อีกมากมาย ดังนี้

- 1) ทองคำใช้เป็นส่วนประกอบในลวดตัวนำของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับระบบแผงวงจรควบคุมที่ทำหน้าที่ประมวลผล หรือส่งข้อมูลในระบบสั่งงานขนาดเล็ก โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ต้องการความเร็วในการประมวลผลสูง
- 2) ใช้เคลือบอุปกรณ์ไฟฟ้าของดาวเทียมเพื่อป้องกันรังสีคอสมิกและการเผาไหม้ของดวงอาทิตย์ เพราะทองคำมีคุณสมบัติการสะท้อนแสงที่ดีและความทนทานต่อการกัดกร่อน
- 3) ใช้ในงานทันตกรรม เช่น การทำครอบฟัน และการทำฟันปลอม
- 4) ทองคำถูกนำมาใช้ผสมในไอออนของแสงเลเซอร์ เพื่อเป็นตัวควบคุมปรับความชัดเจนของโฟกัสในการผ่าตัดเซลล์มะเร็งด้วยการยิงเลเซอร์ โดยจะเลือกทำลายเฉพาะเซลล์มะเร็งและไม่ก่อให้เกิดอันตรายกับร่างกาย

5) ใช้เคลือบกระจกเครื่องบินในห้องนักบิน เพื่อป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ และช่วยรักษาอุณหภูมิภายในห้องนักบิน กำจัดเมฆหมอกที่อาจบดบังทัศนวิสัยในการมองเห็นของนักบิน

6) ในเครื่องตรวจวัดความชื้นใช้ทองคำเป็นตัวเคลือบระบบตรวจวัดปริมาณของแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ที่มีส่วนสำคัญในการป้องกันการเน่าเสียของอาหาร เนื่องจากทองไม่ทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศที่เป็นสภาพที่เหมาะสมของการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตจำพวกเห็ดและรา

7) ทองใช้เป็นตัวเคลือบที่กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนได้ดี ทำให้การวัดอุณหภูมิเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำ

นอกจากนี้ ยังมีการใช้ตะกั่วในการทำหลอดบรรจุสำหรับงานศิลปะ ออกไซด์ของตะกั่วใช้สารออกซิไดซ์ในการผลิตสีย้อม ไม้ขีดไฟ ยางเทียม กลั่นน้ำมัน กาว และใช้เป็นโลหะถ่วงน้ำหนัก เป็นต้น

1.2 วัสดุประเภทพอลิเมอร์(พลาสติก)

พอลิเมอร์(พลาสติก) แต่ละประเภทแตกต่างกันเนื่องจากมีห่วงโซ่คาร์บอนที่ต่างกัน สามารถจำแนกออกเป็น 10 ประเภท ดังนี้

1.2.1 พอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE)

โดยทั่วไปแล้ว พอลิเอทิลีนมีสีขาวขุ่น โปร่งแสง มีความลื่นมันในตัว เมื่อสัมผัสจึงรู้สึกลื่น หยุนตัวได้ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่ติดแม่พิมพ์ มีความเหนียว ทนความร้อนได้ไม่มากนัก ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี เป็นฉนวนไฟฟ้า ใส่สีผสมได้ง่าย มีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ จึงลอยน้ำได้ เมื่อความหนาแน่นสูงขึ้น จะทำให้มีความแข็ง และความเหนียวเพิ่มขึ้น อุณหภูมิหลอมตัวสูงขึ้น และอัตราการคายก๊าซเพิ่มขึ้น เมื่อความหนาแน่นลดลง จะทำให้อัตราการเสื่อมสลายของผิวเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ผิวจะแตกกรันได้ง่ายขึ้น

1.2.3 พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride: PVC)

พอลิไวนิลคลอไรด์ เป็นพอลิเมอร์ที่สำคัญที่สุดในกลุ่มไวนิลด้วยกัน มักเรียกกันทั่วไปว่า พีวีซี เนื้อพีวีซีมีลักษณะขุ่นทึบ แต่ก็สามารถผลิตออกมาให้มีสีสวยได้ทุกสี เป็นฉนวนไฟฟ้าอย่างดี ตัวมันเองเป็นสารที่ทำให้ไฟดับจึงไม่ติดไฟ มีลักษณะทั้งที่เป็นของแข็ง คงรูป และอ่อนนุ่มเหนียว เรซินมีทั้งที่เป็นเม็ดแข็ง หรืออ่อนนุ่ม และเป็นผง จึงสามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิไวนิลคลอไรด์

ผลิตภัณฑ์ทั่วไป ได้แก่ ผนังเทียม ซึ่งมีความอ่อนนุ่มกว่าหนังแท้ สำหรับหุ้มเบาะเก้าอี้หรือบุโต๊ะ เคลือบกระดาดและผ้า กระเป๋ารถเมล์ ของสตรี กระเป๋าเดินทาง กระเป๋าใส่สตางค์ รองเท้า เข็มขัด หุ้มสายไฟฟ้า สายเคเบิล หุ้มด้ามเครื่องมือ หุ้มหลอดเหล็ก ท่อน้ำ ท่อร้อยสายไฟฟ้า อ่างน้ำ ประตุ หน้าต่าง

1.2.4 พอลิไวนิลอะซิเตต (Polyvinyl acetate: PVA)

เป็นพอลิเมอร์ที่มีแขนงหนาแน่น มีลักษณะโมเลกุลแบบอะแทกติก ไม่มีความเป็นผลึก จึงมีลักษณะอ่อนนิ่มมากจนเป็นของเหลวข้นหนืด สีขุ่นขาว เมื่อแห้งจะใส เนื่องจากความอ่อนนิ่ม จนมีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด จึงไม่สามารถหล่อขึ้นรูปด้วยวิธีแม่พิมพ์ใด ๆ ได้

การใช้งาน

พอลิเมอร์ชนิดนี้ใช้ทำกาวในรูปของอีมีลชัน สำหรับติดไม้ กระดาด ผ้า และผนังเทียม มักเรียกกาวชนิดนี้ว่า "กาวลาเท็กซ์" ใช้เป็นสารเหนียวในหมากฝรั่ง ทำสี และเคลือบหลอดไฟแฉับ สำหรับถ่ายรูปในสมัยก่อน

1.2.5 พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS)

เป็นพอลิเมอร์เก่าแก่ที่รู้จักกันมานานแล้ว โดยทั่วไปสไตรีนพอลิเมอร์ จะมีความแข็ง เปราะแตกรานได้ง่าย แต่สามารถทำให้เหนียวขึ้นได้ โดยการเติมยางสังเคราะห์ บิวทาไดอีนลงไป ซึ่งเรียกว่า สไตรีนทนแรงอัดสูง การใช้สไตรีน เป็นโคพอลิเมอร์ (พอลิเมอร์ ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ 2 ชนิด) เพื่อปรับปรุงคุณภาพ และสมบัติของพอลิเมอร์อื่นให้ดีขึ้น เมื่อรวมตัวกับพอลิเมอร์อื่นจะทำให้มีคุณสมบัติเปลี่ยนไป เช่น มีความเหนียว และความแข็ง เพิ่มขึ้น ทนความร้อนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจุดหลอมตัวสูงขึ้น พอลิสไตรีนบริสุทธิ์มีลักษณะใสคล้าย กระจก ปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาเทคโนโลยี การผลิตพอลิสไตรีนให้มีคุณภาพดีขึ้น มีความเป็นผลึกใส แข็ง และขึ้นรูปได้ง่าย พอลิสไตรีนเป็นพอลิเมอร์ที่มีอุณหภูมิ หลอมเหลว เป็นช่วงกว้าง ทำให้ง่ายต่อการหล่อขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ สามารถเลือกตั้งอุณหภูมิ และความดัน ของเครื่องจักรได้ง่าย พอลิสไตรีนเป็นพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักเบา ราคาประหยัด

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิสไตรีน

พอลิสไตรีนเรซิน มีลักษณะเป็นเม็ด เป็นผง และเป็นของเหลว เหมาะ สำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ทั่วไป ได้แก่ ถ้วยจาน แก้วน้ำ ช้อนส้อมที่ใช้ แล้วทิ้ง กล่องบรรจุอาหาร และผลไม้ ไม้บรรทัด อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ของเล่น ด้ามลูกอม ขนมเด็ก ขวดหรือกระปุกใส่ยาเฟอร์นิเจอร์บางอย่าง ชิ้นส่วนในตู้เย็น โฟมกันแตก สำหรับบรรจุ ภัณฑ์ และฉนวนความร้อน



ภาพที่ 2.3 ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิสไตรีน

ที่มา : <http://kanchanapisek.or.th/>

1.2.6 พอลิอะครีเลต (Polyacrylate)

พอลิอะครีเลต มักเรียกกันทั่วไปว่า อะคริลิก เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม สามารถผลิตได้จากมอนอเมอร์หลายชนิด พลาสติกประเภทนี้ที่เป็นพื้นฐาน ได้แก่ เมทิลเมทาครีเลต (Methyl methacrylate) พอลิอะครีเลต เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างเส้นสายเป็นแบบ อะแทกติก (Atactic) กล่าวคือ โมเลกุลมีกิ่งหรือแขนงไม่แน่นอน สันบ้างยาวบ้าง มีความโปร่งใสมาก (แสงผ่านได้ประมาณร้อยละ 92) จึงเป็นวัสดุมาตรฐานที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น เลนส์และฝาครอบไฟท้าย

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิอะครีเลต

อาจนำพอลิอะครีเลตมาใช้แทนกระจกทั้งใสและเป็นสีชา ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้แก่ กล่องพลาสติก กระจกกันลมสำหรับเรือเร็ว กระจกบังลมสำหรับหมวกนิรภัย ชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ เส้นใยนำแสง (Fiber optics) กระจกโคมไฟรถยนต์ แผ่นป้ายและป้ายโฆษณา

1.2.7 พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate)

พอลิคาร์บอเนตเป็นพลาสติกที่มีความโปร่งใส และแข็งแรงมาก ด้านทานการขีดข่วนได้ดี จึงมักใช้ทำผลิตภัณฑ์แทนแก้วหรือกระจก

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิคาร์บอเนต

ลักษณะของเรซินมีทั้งเป็นเม็ดใส เป็นผง และเป็นแผ่น เหมาะสำหรับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ เช่น การฉีดเข้าแม่พิมพ์ หรือเอกซ์ทรูชัน ใช้ทำโคมไฟ กระจกเลนส์ โคมไฟหน้าของรถยนต์ กระจกแว่นตาอากาศ และขวดพลาสติก ใบพัดเรือ และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

1.2.8 ไนลอน (Nylon)

ไนลอนเป็นพอลิเมอร์ที่มีมานาน คนไทยมักรู้จักไนลอนในรูปของ เสื้อผ้า และเชือกไนลอน ผลิตภัณฑ์ไนลอนที่นิยมใช้แพร่หลาย มีหลายชนิด เช่น ไนลอน 4 ไนลอน 6,6 ไนลอน 6,10 ไนลอน 10 และไนลอน 11 เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไนลอน

เนื่องจากไนลอนมีสมบัติที่ดี ในด้านความเหนียว และมีผิวลื่น จึงมัก ใช้ทำเฟืองเกียร์แทนโลหะ เพื่อลดการใช้สารหล่อลื่น ทำเส้นใยที่มีเส้นละเอียดมาก สำหรับทอ เป็นผ้า และผลิตเครื่องนุ่งห่ม ลักษณะของเรซินมีทั้งที่เป็นเม็ด แผ่น แท่ง และท่อนอีกด้วย ผลิตภัณฑ์จากไนลอนที่พบเห็นได้ทั่วไป ได้แก่ เครื่องมือช่าง ฝาครอบไฟฟ้า ภายในรถยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้า รอก และเชือกถวามาน อวน แห หวี เฟืองเกียร์ ลูกปืนในเครื่องจักรกลที่ไม่ต้อง ใช้น้ำมันหล่อลื่น ผ้าไนลอน และใบเรือ

1.2.9 พอลิเทตระฟลูออโรเอทิลีน (Polytetrafluoroethylene : PTFE)

พอลิเทตระฟลูออโรเอทิลีน (พีทีเอฟอี) เป็นพลาสติกชนิดพิเศษที่รู้จัก กันดีชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติเยี่ยมในด้านความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี และทน ความร้อน สูง สีขาวขุ่น ผิวมีความลื่นมัน ไม่ต้องการสารหล่อลื่น เนื่องจากมีความทนทานต่อ ความร้อนสูงมาก จึงทำให้กระบวนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ต้องใช้ความร้อนสูง และมีความ ยุ่งยากกว่าพลาสติกชนิดอื่น

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิเทตระฟลูออโรเอทิลีน

ลักษณะของเรซินเป็นของเหลว เป็นเม็ด และเป็นผง ใช้เคลือบด้าม เครื่องมือช่าง เคลือบภายในหม้อและกระทะทำให้ไม่ต้องใช้น้ำมัน หุ้มสายไฟฟ้า แหวนลูกสูบ ของเครื่องยนต์ ลูกปืนที่ใช้ในเครื่องจักรกลที่ไม่ต้องการสารหล่อลื่น ภาชนะและอุปกรณ์ที่ใช้ ในการทดลองทางเคมี เช่น หลอดทดลอง บีกเกอร์ ฯลฯ นอกจากนี้ยังใช้ผสมกับน้ำมันหล่อลื่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อลื่นอีกด้วย



ภาพที่ 2.4 ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก
พอลิเทตระฟลูออโรเอทิลีน

ที่มา : <http://kanchanapisek.or.th/>

1.2.10 ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde : Bakelite)

ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ หรือเบกาไลต์ เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตชนิดแรก ที่รู้จักมานาน มีสีน้ำตาลคล้ายขนมปัง มีความแข็ง และอยู่ตัว เรซินชนิดนี้มีทั้งที่เป็นของเหลวใส เหมาะสำหรับหล่อในพิมพ์ และแบบที่เป็นผงสำหรับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ ซึ่งชนิดหลังนี้ มีสีน้ำตาลดำเพียงอย่างเดียว

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

ใช้ทำปลอกหุ้มขดลวดทองแดงรถยนต์ แกนคอยล์ในเครื่องรับวิทยุ และโทรทัศน์ เปลือกเครื่องโทรศัพท์สมัยโบราณ ด้ามเครื่องมือช่าง หูหม้อ หูกระทะ ด้ามมีด ลูกบิดเลื่อน แผงวงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กาว สารเคลือบผิว ตลอดจนใช้เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมยาง

1.3 วัสดุประเภทเซรามิกส์

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่พบหรือใช้ในชีวิตประจำวันมีมากมายหลายชนิด ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ตามลักษณะการใช้งาน ได้แก่

- 1) ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้เป็นภาชนะรองรับหรือปรุงอาหาร เช่น ถ้วย ชาม
- 2) ผลิตภัณฑ์เครื่องสุขภัณฑ์ เช่น โถส้วม อ่างล้างหน้า ที่วางสบู่
- 3) ผลิตภัณฑ์กระเบื้อง เช่น กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องกรุฝาผนัง
- 4) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานด้านไฟฟ้า เช่น กิ่งฟิวส์ ฐานและมือจับสะพานไฟฟ้า
- 5) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นวัสดุทนไฟ เช่น อิฐฉนวนทนไฟ
- 6) ผลิตภัณฑ์แก้ว เช่น แก้ว กระຈก

การใช้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ควรคำนึงถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากสารเคมีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต เช่น สารตะกั่วที่ใช้เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิการหลอมละลายและเคลือบให้มีสีสดใส ถ้าน้ำเคลือบยืติดกับผิวหนังเมื่อรับประทานไม่ดี สารตะกั่วที่เคลือบอาจหลุดกะเทาะออกมาได้ ซึ่งเป็นอันตรายต่อการบริโภค นอกจากนี้การนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปใส่อาหารที่เป็นกรดหรือเบส จะทำให้สารตะกั่วที่เคลือบอยู่ละลายปนมากับอาหารได้



ภาพที่ 2.5 ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ มีหลากหลายรูปแบบ และสีสัน
ที่มา : <http://fieldtrip.ipst.ac.th>

เซรามิกส์ (ceramic) มีความหมายว่า ความร้อน คำจำกัดความของคำว่า เซรามิกส์ คือ วัสดุที่เกิดจากการรวมกันของสารอนินทรีย์ (inorganic) ที่อุณหภูมิสูง และสำหรับคำจำกัดความตาม ASTM คือ วัสดุที่เริ่มต้นจากสารอนินทรีย์ มาประกอบกัน เกิดปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้อนุภาคของวัสดุเกิดการรวมชิดติดกันจนเกิดเป็นอนุภาค ขนาดเปลี่ยนไปหรือเกิดเฟสใหม่ขึ้น และทำให้โครงสร้างผลึกเปลี่ยนไปจากเดิม

เมื่อกล่าวถึงคำว่า เซรามิกส์ มักจะนึกถึงผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ใน ชีวิตประจำวัน เช่น ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร ได้แก่ ถ้วยกาแฟ จานชาม เหยือก ผลิตภัณฑ์ ประเภทสุขภัณฑ์ อ่างล้างน้ำ ที่ใส่สบู่ แก้วน้ำ กระเบื้องปูพื้นและบุผนัง กระเบื้องหลังคา เซรามิกส์ โอ่ง กระถาง และของตกแต่งต่าง ๆ แต่ในความเป็นจริง ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ มีมากกว่าที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งทุกคนอาจไม่คิดว่าสิ่งของที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ โทรทัศน์ วิทยุ รถยนต์ อุปกรณ์ในเครื่องจักร ต่าง ๆ อุปกรณ์ทางการแพทย์ กระดูกเทียม ฟันปลอม จะมีส่วนที่เป็นเซรามิกส์ประกอบอยู่ ด้วยทั้งสิ้น

เซรามิกส์แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. เซรามิกส์แบบดั้งเดิม (Traditional ceramics) ได้แก่ ถ้วย จานชาม สุขภัณฑ์ ลูกถ้วยไฟฟ้า กระเบื้องปูพื้นและบุผนัง กระเบื้องหลังคา วัสดุทนไฟ แผ่นรองเผาในเตา อิฐก่อสร้าง กระถางต้นไม้ โอ่ง กระຈกและแก้ว ปูนซีเมนต์ ยิปซัม ปูนปลาสเตอร์ เป็นต้นซึ่งทำมาจากวัสดุหลักคือดินดำ ดินขาว ดินแดง หินฟันม้า หินทราย หินปูน หินผุ ควอตซ์ และแร่อื่น ๆ การแบ่งชนิดของเนื้อดินสำหรับเซรามิกส์แบบดั้งเดิม

1.1 เซรามิกส์แบบพอร์ซเลน (Porcelain) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องเผาที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 1250 °C มีความแข็งแรงสูงมาก มีการดูดซึมน้ำต่ำมาก ยกตัวอย่างเช่น ลูกถ้วยไฟฟ้า, กระเบื้องแกรนิต, ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร, สุขภัณฑ์

1.2 เซรามิกส์แบบสโตนแวร์ (Stone ware) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิเผาปานกลางประมาณ 1150 - 1200 °C มีความแข็งแรงต่ำกว่าพวก porcelain มีการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 3 - 5 % ตัวอย่างเช่น กระเบื้องปูพื้น, ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร

1.3 เซรามิกส์แบบโบนไชนา (Bone china) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของเถ้ากระดูก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความโปร่งแสง ความแข็งแรงปานกลาง การดูดซึมน้ำต่ำ

1.4 เซรามิกส์แบบเอิร์ทเทนแวร์ (Earthen ware) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิในการเผาไม่สูงมาก อยู่ในช่วง 900 - 1100 °C มีความแข็งแรงต่ำ การดูดซึมน้ำสูง 10 - 20% ตัวอย่างเช่น กระเบื้องบุผนัง, กระเบื้องหลังคา, ตุ๊กตาและของตกแต่ง กระถางเทอร์ราคอตตา

2. เซรามิกส์สมัยใหม่ (Fine ceramics) คือเซรามิกส์ที่ต้องใช้วัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการมาแล้ว เพื่อให้มีความบริสุทธิ์สูงได้รับการควบคุมองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างจุลภาค (microstructure) อย่างแม่นยำ โดยเซรามิกส์สมัยใหม่อาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ เซรามิกส์สำหรับงานโครงสร้าง, อิเล็กทรอนิกส์ และเซรามิกส์สำหรับงานทางการแพทย์

2.1 เซรามิกส์สำหรับงานโครงสร้าง (Structural ceramics) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ใช้ในงานที่ต้องการสมบัติทางกลที่ดีที่อุณหภูมิสูง ทนต่อการสึกหรอและการกัดกร่อนได้ดี ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันได้ดี เป็นฉนวนความร้อน ตัวอย่างเซรามิกส์สำหรับงานโครงสร้าง เช่น ซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide, SiC) สำหรับใช้ทำวัสดุสำหรับตัดแต่งหัวพ่นไฟ (Burner) ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เช่น ปลอกนำวาล์ว (valve guide) และซิลิโคนทนแรงดันสูง

(Mechanical seal) ซิลิคอนไนไตรด์ (silicon nitride, Si_3N_4) สำหรับใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์กลไก เช่น ลูกปืน (bearing ball) วาล์ว (valve) สลักลูกสูบ (piston pin) เบรคสำหรับรถยนต์ที่เป็น Exotic car และ ใบพัดของเทอร์โบชาร์จเจอร์ (turbocharger rotor blade) และ อะลูมินัมไนไตรด์ (Aluminum Nitride, AlN) สำหรับใช้ทำแผ่นรองวงจรสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น กรรไกรและมิดเซรามิกส์ที่ทำด้วยเซอร์โคเนีย (ZrO_2) ซึ่งเป็นมิดเซรามิกส์ที่มีความคมมาก และไม่ต้องลับเนื่องจากเซอร์โคเนียมีความแข็งสูงและไม่สึกกร่อนง่าย จึงไม่ทำให้มีดทื่อ

เซรามิกส์สำหรับงานโครงสร้างอีกตัวอย่างหนึ่งคือผิวของยานกระสวยอวกาศ (space shuttle) ในตอนที่ยานเข้ามาจากอวกาศเข้าสู่บรรยากาศของโลกนั้นจะเกิดการเสียดสีกับบรรยากาศของโลกทำให้มีอุณหภูมิสูงมากซึ่งมากกว่า 2000°C โครงสร้างลำตัวของยานภายในนั้นจริงๆ แล้วทำจากโลหะผสมซึ่งทนความร้อนได้ไม่เกิน 800°C แต่ผิวของยานนั้นปูด้วยแผ่นกระเบื้องเซรามิกส์เล็ก ๆ ซึ่งทนความร้อนสูงจำนวนมาก ตัวอย่างวัสดุที่ใช้ทำแผ่นเซรามิกส์ ดังกล่าว เช่น เส้นใยซิลิกาอะมอร์ฟัสความบริสุทธิ์สูงมาก (very-high-purity amorphous silica fibers) และแผ่นกระเบื้องเล็ก ๆ ที่ทำด้วยเซอร์โคเนีย ทำให้ทนอุณหภูมิสูงได้และอีกตัวอย่างหนึ่งที่อยู่ใกล้ตัว สำหรับผู้ที่ใช้รถยนต์ คือ ที่ท่อไอเสียรถยนต์จะมีเซรามิกส์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า แคตาไลติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic converter) ช่วยทำหน้าที่เปลี่ยนก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่เป็นพิษต่อมนุษย์ให้เป็นสารที่ไม่เป็นพิษ เช่น เปลี่ยนคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นต้น

วัสดุที่ใช้ทำแคตาไลติกคอนเวอร์เตอร์จะต้องมีคุณสมบัติที่สามารถทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันได้เป็นอย่างดี ซึ่งหมายถึงจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว เนื่องจากความร้อนอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก ซึ่งวัสดุที่นิยมนำมาใช้ก็คือ คอर्डีไทรท์นั่นเอง โดยแคตาไลติกคอนเวอร์เตอร์นั้นจะใช้คอर्डีไทรท์มาขึ้นรูปโดยการ Extrude เป็นรังผึ้ง (Honey comb) เพื่อให้มีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดี

2.2 อิเล็กโทรเซรามิกส์ (Electro ceramics) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ใช้สมบัติทางไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ แม่เหล็ก แสง เป็นหลัก อิเล็กโทรเซรามิกส์นั้นเป็นกลุ่มเซรามิกส์ที่มีมากมายหลายชนิด และ ครอบคลุมสมบัติด้านต่าง ๆ หลายอย่างได้แก่ ไฟฟ้า แม่เหล็ก แสง และความร้อน เป็นต้น ตัวอย่างเช่นไดอิเล็กทริกเซรามิกส์ (dielectric ceramics) เช่น แบเรียมไททาเนต (barium titanate, BaTiO_3) สำหรับใช้ทำตัวเก็บประจุไฟฟ้า เพียโซอิเล็กทริกเซรามิก

(piezoelectric ceramics) ซึ่งเป็นเซรามิกส์ที่สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานกลพลังงานไฟฟ้ากลับไปได้ (“piezo” มาจากภาษากรีก แปลว่า กด (press)) วัสดุนี้เมื่อให้แรงกลเข้าไปจะสามารถเปลี่ยนแรงกลเป็นพลังงานไฟฟ้าได้หรือในทางกลับกันสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลได้ ตัวอย่างเช่น เลดเซอร์โคเนตไททาเนต (lead zirconate titanate, $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$) สำหรับใช้ทำทรานสดิวเซอร์ (transducer) ชุดโพลดเซลส์สำหรับเครื่องชั่งขนาดใหญ่ ตัวจุดเตาแก๊ส (gas ignitor) หรือที่ใกล้ตัวเราก็คือการดับวันเกิดที่เมื่อเปิดแล้วมีเสียงเพลงดังขึ้นก็อาศัยหลักการของเพียโซอิเล็กทริกนั่นเอง นอกจากนี้อิเล็กทรอนิกส์ยังมีเซรามิกส์แม่เหล็ก (magnetic ceramics) เช่น เฟอร์ไรต์ (ferrite, Fe_3O_4) ซึ่งใช้เป็นวัสดุบันทึกข้อมูล เป็นต้น

2.3 เซรามิกส์สำหรับงานทางด้านการแพทย์ พวกกระดูกเทียม ฟันปลอม ข้อต่อเทียม ตัวอย่างเช่น วัสดุที่เรียกว่า ไฮดรอกซีอะพาไทต์ ซึ่งทำมาจากกระดูกวัว กระดูกควายที่ผ่านการเผาแบบ Calcine เพื่อไล่สารอินทรีย์ภายในและนำมาขึ้นรูปเป็นชิ้นกระดูกและนำไปเผาแบบ Sinter อีกครั้งหนึ่ง

เรื่องที่ 2 มลพิษจากการผลิตและการใช้งาน

มลพิษจากการผลิต

อุตสาหกรรมการผลิตโลหะ พอลิเมอร์ และเซรามิกส์ จัดเป็นอุตสาหกรรมขั้นพื้นฐานของประเทศไทยที่มีบทบาทสำคัญของประเทศ เนื่องจากโลหะ พอลิเมอร์ และเซรามิกส์ เป็นวัตถุดิบพื้นฐานสำหรับอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องใช้ในครัวเรือน เป็นต้น

กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญ ทั้งมลพิษทางอากาศ กากของเสียและน้ำเสีย ซึ่งสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ หากมีการจัดการไม่เหมาะสม

2.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษจากการผลิต

1) กระบวนการหลอมและเกิดมลพิษ

กระบวนการหลอม เป็นการนำวัตถุดิบทั้งในรูปวัสดุใหม่และเศษวัสดุที่ใช้แล้วมาให้ความร้อนเพื่อให้หลอมละลาย และทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยสารต่าง ๆ มลพิษหลักที่เกิดขึ้นในกระบวนการหลอม คือ ฝุ่นควัน ไอโลหะ และก๊าซพิษต่าง ๆ

2) กระบวนการหล่อและเกิดมลพิษ

กระบวนการหล่อ สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การหล่อโดยใช้เครื่องหล่อแบบต่อเนื่อง และการหล่อในแม่แบบชนิดต่าง ๆ

ในการหล่อขึ้นงานในแม่แบบ วัสดุเหลวจะถูกเทใส่ในแม่แบบ แล้วปล่อยให้แข็งตัวระยะหนึ่ง จากนั้นรื้อแบบแยกออกเอาชิ้นงานออกแบบหล่อ แล้วเอาไปทำความสะอาดแต่งชิ้นงานให้ได้คุณภาพตามต้องการ

มลพิษหลัก ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหล่อทั้งสองลักษณะจะเกิดขึ้นในระหว่างการหล่อ แต่สำหรับการหล่อโลหะบางชนิดจะเกิดมลพิษในระหว่างการทำแม่แบบใส่แบบและการนำชิ้นงานออกจากแบบหล่อ ซึ่งควรมีการจัดการอย่างเหมาะสมเช่นเดียวกัน

3) กระบวนการหล่อและเกิดมลพิษ

การรีดมักใช้อุตสาหกรรมโลหะ เป็นการนำแท่งโลหะผ่านการรีดลดขนาด ที่วางต่อกันหลายชุดจนได้ขนาดตามต้องการ ซึ่งการรีดโลหะมีทั้งการรีดร้อนและรีดเย็นขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

มลพิษที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในกระบวนการรีดร้อนคือ ฝุ่นควัน ไอโลหะ ก๊าซพิษ และน้ำเสีย

4) กระบวนการสนับสนุนการผลิตและเกิดมลพิษ

ระบบสนับสนุนการผลิตที่สำคัญระบบหนึ่งคือ ระบบหล่อเย็น ซึ่งหากระบบหล่อเย็นเกิดขัดข้อง กระบวนการผลิตบางส่วนอาจหยุดการผลิตลง ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายกับโรงงานได้

มลพิษที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในกระบวนการสนับสนุนการผลิตคือมลพิษทางอากาศ และน้ำเสียจากน้ำหล่อเย็น ซึ่งอาจใช้เพียงครั้งเดียวแล้วระบายทิ้ง

2.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษจากการใช้งาน

1) จำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อมีประชากรเพิ่มมากขึ้น ความต้องการด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิถีการดำเนินชีวิตประจำวัน ก็มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นอยู่ในรูปของสินค้า เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องใช้ในครัวเรือน ดังนั้น จำนวนวัสดุที่ใช้แล้วจึงเพิ่มทวีคูณมากขึ้นเรื่อย ๆ

2) คนทั่วไปไม่มีความรู้ ความเข้าใจ ในการจัดการกับเศษวัสดุที่ใช้แล้ว ส่วนใหญ่มักจัดการกับเศษวัสดุด้วยวิธีการเผาซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดมลพิษทางอากาศ

3) ความมั่งคั่งและขาดจิตสำนึก ไม่คำนึงถึงผลเสียที่จะเกิดขึ้น เช่น การทิ้งเศษวัสดุใช้แล้วลงแม่น้ำลำคลอง เป็นสาเหตุให้เกิดน้ำเสีย

4) การผลิตหรือใช้สิ่งของมากเกินไปจนเกินความจำเป็น เช่น การผลิตสินค้าที่มีกระดากหรือพลาสติกหุ้มหลายชั้น การซื้อสินค้าโดยห่อแยกและใส่ถุงพลาสติกหลายถุง ทำให้เศษวัสดุใช้แล้วมีปริมาณมากขึ้น

เรื่องที่ 3 ผลกระทบจากการใช้วัสดุต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทและ ความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทั้งภายในบ้าน และภายนอกบ้าน เพื่ออำนวยความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน เช่น การทำงานบ้าน การคมนาคม การสื่อสาร การแพทย์ การเกษตร และการอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งความเจริญก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องของเทคโนโลยีช่วยพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่มนุษย์ อย่างไรก็ตาม แม้เทคโนโลยีจะเข้ามามีบทบาทต่อมนุษย์ แต่หลายครั้งเทคโนโลยีเหล่านั้นก็ส่งผลกระทบต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ได้แก่

3.1 ด้านสุขภาพ

มลพิษในอากาศ (air pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารมลพิษเจือปนอยู่ในปริมาณ และเป็นระยะเวลา ที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สารมลพิษดังกล่าว อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ อาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษในอากาศที่สำคัญ และมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ได้แก่ ฝุ่นละออง สารตะกั่ว ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซโอโซน และสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น

มลพิษในอากาศที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ

1. ฝุ่นละออง เป็นมลพิษในอากาศที่เป็นปัญหาหลักในกรุงเทพมหานคร และชุมชนขนาดใหญ่ จากการ วิจัยพบว่าฝุ่นละอองที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก ที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โดยฝุ่นละอองขนาดเล็กนี้ สามารถเข้าไปในระบบทางเดินหายใจผ่านโพรงจมูกเข้าไปถึงถุงลมในปอด ทำให้เกิดการอักเสบ และการระคายเคืองเรื้อรัง และฝุ่นละอองจะมีพิษมากขึ้น หากฝุ่นละอองนั้นเกิดจากการรวมตัวของก๊าซบางชนิด เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจนเข้าไปในอนุภาคของฝุ่น โดยก่อให้เกิดการแพ้และระคายเคืองผิวหนัง ทางเดินหายใจ และดวงตาได้

2. สารตะกั่ว มีฤทธิ์ทำลายระบบประสาท และมีผลต่อกระบวนการรับรู้และการพัฒนาสติปัญญาของมนุษย์

3. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีความสามารถในการละลายในเลือดได้ดีกว่าออกซิเจนถึง 200 - 250 เท่า เมื่อหายใจเอาก๊าซชนิดนี้เข้าไป จะไปแย่งจับกับฮีโมโกลบินในเลือด เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน ทำให้ความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ลดลง ทำให้เลือดขาดออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย และหัวใจทำงานหนักขึ้น หากมนุษย์ ได้รับก๊าซนี้ในปริมาณมาก จะทำให้ร่างกายเกิดภาวะขาดออกซิเจน และจะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้

4. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ผิวหนัง และเยื่อปอด ทำให้เกิดการอักเสบ, หลอดลม, ผิวหนัง และตา เมื่อหายใจเอาก๊าซชนิดนี้เข้าไป จะทำให้ก๊าซละลายในของเหลวในระบบทางเดินหายใจ เกิดเป็นกรดซัลฟิวริก ซึ่งจะกัดกร่อนเยื่อ และอวัยวะในระบบทางเดินหายใจ หากได้รับเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เป็นโรคจมูก และหลอดลมอักเสบเรื้อรังได้

5. ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน เนื่องจากจมูกเป็นส่วนต้นของระบบทางเดินหายใจ เมื่อผู้ป่วยโรคจมูกอักเสบภูมิแพ้ มีอาการคัดจมูก จะทำให้เกิดปัญหาการอุดตันทางเดินหายใจขณะหลับได้ อาจเป็นมากถึงเกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับตามมาได้ นอกจากนั้น การที่ลมวิ่งผ่านช่องจมูกที่แคบ อาจทำให้มีเสียงดังได้

6. ก๊าซโอโซน มีฤทธิ์กัดกร่อน ก่อให้เกิดการระคายเคืองตา และเยื่อในระบบทางเดินหายใจ เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อจมูก และปอด ทำให้ความสามารถของปอดในการรับก๊าซออกซิเจนลดลง อาจเกิดโรคหืด โดยเฉพาะในเด็ก และมีอาการเหนื่อยง่าย และเร็วในคนชรา และคนที่ปอดเรื้อรัง หรือโรคหืด จะมีอาการมากขึ้นกว่าเดิม

7. สารอินทรีย์ระเหยง่าย มีผลโดยตรงต่อระบบทางเดินหายใจ โดยทำให้เกิดการอักเสบ และการระคายเคืองเรื้อรัง นอกจากนี้สารบางชนิดเป็นสารก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ และเสี่ยงต่อการก่อมะเร็ง เช่น อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs) เบนซีนและไดออกซิน เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

มลพิษในอากาศกับโรคภูมิแพ้ของระบบทางเดินหายใจ

โรคภูมิแพ้ เป็นโรคที่พบบ่อย โดยมีอุบัติการณ์ร้อยละ 30-40 ทั่วโลก ซึ่งมีผู้ป่วยถึง 400 ล้านคนที่เป็นโรคจมูกอักเสบภูมิแพ้ หรือโรคแพ้อากาศ และมีผู้ป่วยถึง 300 ล้านคนที่เป็นโรคหืด อับัติการณ์ของโรคจมูกอักเสบภูมิแพ้ ในประเทศไทยพบว่า มีผู้ป่วยผู้ใหญ่ถึงร้อยละ 20 และมีผู้ป่วยเด็กถึงร้อยละ 40 ขณะที่อุบัติการณ์ของโรคหืดมีประมาณร้อยละ 10 ดังนั้นจะมีผู้ป่วย 10 - 15 ล้านคนในประเทศไทย ที่ป่วยเป็นโรคจมูกอักเสบภูมิแพ้ และจะมีผู้ป่วย 3 - 5 ล้านคน ที่เป็นโรคหืด

อุบัติการณ์ของโรคภูมิแพ้ทั้ง 2 ชนิดนี้มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ ที่มีมลพิษในอากาศเพิ่มขึ้น เชื่อว่าการที่มีปริมาณของมลพิษ และสารระคายเคืองในอากาศมากขึ้น และประชากรสัมผัสกับสารดังกล่าวในอากาศมากขึ้น ทำให้พบผู้ป่วยเพิ่มขึ้น เนื่องจากเยื่อบุจมูกของผู้ป่วยโรคจมูกอักเสบภูมิแพ้ และเยื่อหลอดลมของผู้ป่วยโรคหืดมีความไวต่อการกระตุ้นมากผิดปกติ ทั้งสารก่อภูมิแพ้ และสารที่ไม่ใช่สารก่อภูมิแพ้ มลพิษในอากาศทั้ง 7 ชนิดดังกล่าว จึงสามารถกระตุ้นให้ผู้ป่วยโรคจมูกอักเสบภูมิแพ้ และโรคหืดมีอาการมากขึ้นได้

3.2 ผลกระทบต่อระบบนิเวศ

ขยะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดมลพิษของน้ำ มลพิษของดิน และมลพิษของอากาศ เนื่องจากขยะส่วนที่ขาดการเก็บรวบรวม หรือนำมากำจัดให้ถูกวิธี ปล่อยทิ้งค้างไว้ในพื้นที่ของชุมชน เมื่อมีฝนตกลงมาจะไหลชะนำความสกปรก เชื้อโรค สารพิษจากขยะไหลลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำเกิดเน่าเสียได้ หากสารอันตรายซึมหรือไหลลงสู่พื้นดิน หรือแหล่งน้ำ จะไปสะสมในห่วงโซ่อาหาร เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำและพืชผัก เมื่อเรานำไปบริโภคจะได้รับสารนั้นเข้าสู่ร่างกายเหมือนเรากินยาพิษเข้าไปอย่างช้า ๆ

3.2.1 มลพิษด้านสิ่งแวดล้อม

ถ้ามีการเผาขยะมูลฝอยกลางแจ้งทำให้เกิดควันมีสารพิษทำให้คุณภาพของอากาศเสีย ส่วนมลพิษทางอากาศจากขยะมูลฝอยนั้น อาจเกิดขึ้นได้ทั้งจากมลสารที่มีอยู่ในขยะและพวกแก๊สหรือไอระเหย ที่สำคัญก็คือ กลิ่นเหม็นที่เกิดจากการเน่าเปื่อย และสลายตัวของอินทรีย์สารเป็นส่วนใหญ่

3.2.2 ระบบนิเวศถูกทำลาย

มูลฝอยอันตรายบางอย่าง เช่น ไฟฉายหลอดไฟ ซึ่งมีสารโลหะหนัก บรรจุในผลิตภัณฑ์ หากปนเปื้อนสู่ดินและน้ำ จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ และห่วงโซ่อาหาร ซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

3.2.3 ปัญหาดินเสื่อมสภาพ

ขยะมูลฝอยและของเสียต่าง ๆ ถ้าเราทิ้งลงในดินขยะส่วนใหญ่จะสลายตัวให้สารประกอบ อินทรีย์และอนินทรีย์มากมายหลายชนิดด้วยกัน แต่ก็มีขยะบางชนิดที่สลายตัวได้ยาก เช่น ฝ้าย หนัง พลาสติก โดยเฉพาะเกลือไนเตรตสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก แล้วละลายไปตามน้ำ สะสมอยู่ในบริเวณใกล้เคียง การทิ้งของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นแหล่งผลิตของเสียที่สำคัญยิ่ง โดยเฉพาะของเสียจากโรงงานที่มีโลหะหนักปะปน ทำให้ดินบริเวณนั้นมีโลหะหนักสะสมอยู่มาก โลหะหนักที่สำคัญ ได้แก่ ตะกั่วปรอท และแคดเมียม ซึ่งจะมีผลกระทบมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของขยะมูลฝอย ถ้าขยะมีซากถ่านไฟฉาย ซากแบตเตอรี่ ซากหลอดฟลูออเรสเซนต์มาก ก็ส่งผลกระทบต่อปริมาณโลหะหนักปรอท แคดเมียม ตะกั่ว ในดินมาก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในดิน และสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยเมื่อมีการย่อยสลาย จะทำให้เกิดสภาพความเป็นกรดในดิน และเมื่อฝนตกมาชะกองขยะมูลฝอยจะ ทำให้น้ำเสียจากกองขยะมูลฝอยไหลปนเปื้อนดินบริเวณรอบ ๆ ทำให้เกิดมลพิษของดินได้ การปนเปื้อนของดิน ยังเกิดจากการนำมูลฝอยไปฝังกลบ หรือการยกยอกนำไปทิ้งทำให้ของเสียอันตรายปนเปื้อนในดินนอกจากนั้นการเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมาก ก็ส่งผลกระทบต่อสภาพของดิน เพราะสิ่งขับถ่ายของสัตว์ที่นำมากองทับถมไว้ ทำให้เกิดจุลินทรีย์ย่อยสลายได้อนุมูลของไนเตรตและอนุมูลไนไตรต์ ถ้าอนุมูลดังกล่าวนี้สะสมอยู่จำนวนมากในดิน บริเวณนั้นจะเกิดเป็นพิษได้ ซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์โดยทางอ้อม โดยได้รับเข้าไปในรูปของน้ำดื่มที่มีสารพิษเจือปน โดยการรับประทานอาหาร พืชผักที่ปลูกในดินที่มีสารพิษสะสมอยู่ และส่งผลกระทบต่อคุณภาพดิน

3.2.4 ปัญหามลพิษทางน้ำ

ขยะมูลฝอยอินทรีย์ จำนวนมากถ้าถูกทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลอง จะถูกจุลินทรีย์ในน้ำย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจน ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง และส่งผลให้เกิดน้ำเน่าเสีย

3.3 ผลเสียหายด้านเศรษฐกิจและสังคม

3.3.1 เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน

สารอันตรายบางชนิดนอกจากทำให้เกิดโรค ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลแล้ว อาจทำให้เกิดไฟไหม้ เกิดการกักต้อนเสียหายของวัสดุ เกิดความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสภาพแวดล้อมและทรัพย์สินอีกด้วย

3.3.2 เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ

ขยะมูลฝอยปริมาณมาก ๆ ย่อมต้องสิ้นเปลืองงบประมาณในการจัดการเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ นอกจากนี้ผลกระทบจากขยะมูลฝอยไม่ว่าจะเป็นน้ำเสีย อากาศเสีย ดินปนเปื้อนเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ

3.3.3 ทำให้ขาดความสวยงาม

การเก็บขนและกำจัดที่ดีจะช่วยให้ชุมชนเกิดความสวยงาม มีความเป็นระเบียบเรียบร้อยอันสื่อแสดงถึงความเจริญและวัฒนธรรมของชุมชน ฉะนั้นหากเก็บขนไม่ดี ไม่หมด กำจัดไม่ดี ย่อมก่อให้เกิดความไม่น่าดู ขาดความสวยงาม บ้านเมืองสกปรก และไม่เป็นระเบียบ ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยว

กิจกรรมท้ายหน่วยที่ 2

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาเอกสารชุดการเรียนรู้หน่วยที่ 2 จบแล้ว ให้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วทำกิจกรรมการเรียนรู้หน่วยที่ 2 ในสมุดบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วจัดส่งตามที่ครูผู้สอนกำหนด

หน่วยที่ 3 การคัดแยกและการรีไซเคิลวัสดุ

สาระสำคัญ

การคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้วเป็นวิธีการลดปริมาณวัสดุที่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากต้นทาง ได้แก่ ครั้วเรือน สถานประกอบการต่าง ๆ ก่อนทิ้ง ในการจัดการวัสดุที่ใช้แล้ว จำเป็นต้องจัดให้มีระบบการคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้ว ประเภทต่าง ๆ ตามแต่ลักษณะองค์ประกอบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ โดยจัดวางภาชนะให้เหมาะสม ตลอดจนวางระบบการเก็บรวบรวมวัสดุที่ใช้แล้วอย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับระบบการคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้ว เพื่อเป็นการสะดวกแก่ผู้เก็บขนและสามารถนำวัสดุที่ใช้แล้วบางชนิดไปขายเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับตนเองและครอบครัว รวมทั้งง่ายต่อการนำไปกำจัด หลัก 3R เป็นหลักการจัดการเศษวัสดุ เพื่อลดปริมาณเศษวัสดุ ได้แก่ รีดิวซ์ (Reduce) คือ การใช้น้อยหรือลดการใช้ รียูส (Reuse) คือ การใช้ซ้ำ และ รีไซเคิล (Recycle) คือ การผลิตใช้ใหม่ ใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการลดปริมาณเศษวัสดุในครั้วเรือน โรงเรียน และชุมชน

ตัวชี้วัด

1. อธิบายถึงการคัดแยกวัสดุได้
2. นำความรู้เรื่องการคัดแยกวัสดุไปใช้ได้
3. อธิบายหลัก 3R ในการจัดการวัสดุและแนวทางดำเนินการที่เหมาะสมได้
4. นำความรู้เรื่องหลัก 3R ไปใช้ในการจัดการวัสดุได้
5. อธิบายวิธีการรีไซเคิลวัสดุแต่ละประเภทได้
6. นำความรู้เรื่องการรีไซเคิลวัสดุแต่ละประเภทไปใช้ได้

ขอบข่ายเนื้อหา

1. การคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้ว
2. การจัดการวัสดุด้วยการรีไซเคิล

หน่วยที่ 3

การคัดแยกและการรีไซเคิล

เรื่องที่ 1 การคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้ว

ในการจัดการวัสดุที่ใช้แล้วแบบครบวงจร จำเป็นต้องจัดให้มีระบบการคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้วประเภทต่าง ๆ ตามแต่ลักษณะองค์ประกอบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ สามารถดำเนินการได้ตั้งแต่แหล่งกำเนิด โดยจัดวางภาชนะให้เหมาะสมตลอดจนวางระบบการเก็บรวบรวมวัสดุที่ใช้แล้วอย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับระบบการคัดแยกวัสดุที่ใช้แล้ว พร้อมทั้งพิจารณาความจำเป็นของสถานีขนถ่ายวัสดุที่ใช้แล้วและระบบขนส่งวัสดุที่ใช้แล้วไปกำจัดต่อไป

ก่อนที่จะนำเศษวัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ ต้องมีการคัดแยกประเภทวัสดุที่ใช้แล้วภายในบ้าน เพื่อเป็นการสะดวกแก่ผู้เก็บขนและสามารถนำเศษวัสดุบางชนิดไปขายเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับตนเองและครอบครัว รวมทั้งง่ายต่อการนำไปกำจัดอีกด้วย โดยสามารถทำได้ ดังนี้

วิธีดำเนินการคัดแยก

การคัดแยกเศษวัสดุใช้แล้ว โดยมีแนวทางปฏิบัติดังนี้ คือ

1. ใช้สีเป็นตัวกำหนดการแยกเศษวัสดุใช้แล้วแต่ละชนิด
2. มีภาชนะสำหรับบรรจุขยะแต่ละชนิดตามสีที่กำหนด และมีเชือกผูกปากถุงเพื่อความสวยงามและเรียบร้อย
3. มีถังรองรับถุงใส่เป็นสีเดียวกัน และแข็งแรงทนทาน ทำความสะอาดง่าย
4. ออกแบบถังขยะให้น่าใช้เสมือนเป็นเฟอร์นิเจอร์อย่างหนึ่งภายในบ้าน
ให้ใครเห็นก็อยากจะได้เป็นเจ้าของถังขยะนี้
5. ให้ผู้ร่วมคัดแยกขยะได้มีส่วนได้รับผลประโยชน์จากการคัดแยกขยะ
6. จัดหาถุงและภาชนะรองรับให้สมาชิกได้ใช้โดยทั่วถึงฟรี โดยการใช้เงินกองทุน หรืองบประมาณสนับสนุน และจะหักจากการขายวัสดุรีไซเคิล เช่น กระดาษ พลาสติก แก้ว ฯลฯ

7. ให้ผู้ร่วมคัดแยกขยะได้เป็นที่ยกย่องจากสังคม เช่น ป้ายแสดงการเป็นสมาชิกของการคัดแยกขยะ

8. ให้ชุมชน หมู่บ้าน ที่ให้ความร่วมมืออย่างดี ได้รับการยกย่อง และได้รับการเชิดชูเกียรติจากสังคม

ภาชนะรองรับวัสดุที่ใช้แล้ว

เพื่อให้การจัดเก็บรวบรวมวัสดุที่ใช้แล้ว เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดการปนเปื้อนของวัสดุที่ใช้แล้วที่มีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ จะต้องมีการตั้งจุดรวบรวมวัสดุที่ใช้แล้ว และให้มีการแบ่งแยกประเภทของถังรองรับวัสดุที่ใช้แล้วตามสีต่าง ๆ โดยมีถุงบรรจุภายในถังเพื่อสะดวกและไม่ตกหล่น หรือแพร่กระจาย ดังนี้

1. ถังขยะ

1. สีเขียว รองรับผัก ผลไม้ เศษอาหาร ใบไม้ ที่เน่าเสียและย่อยสลายได้ สามารถ นำมาหมักทำปุ๋ยได้ มีสัญลักษณ์ที่ถังเป็นรูปถังปลาหรือเศษอาหาร

2. สีเหลือง รองรับเศษวัสดุที่สามารถนำมารีไซเคิลหรือขายได้ เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะ มีสัญลักษณ์เป็นรูปคนทิ้งกระดาษลงถัง

3. สีแดง หรือสีเทาฟ้าสีส้ม รองรับเศษวัสดุที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขวดยา ถ่านไฟฉาย กระป๋องสีสเปรย์ กระป๋องยาฆ่าแมลง ภาชนะบรรจุสารอันตรายต่าง ๆ

4. สีฟ้าหรือสีน้ำเงิน รองรับเศษวัสดุทั่วไป คือ วัสดุที่ใช้แล้วประเภทอื่น นอกจากเศษวัสดุย่อยสลาย เศษวัสดุรีไซเคิล และเศษวัสดุอันตราย เศษวัสดุทั่วไปจะมีลักษณะที่ย่อยสลายยาก ไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น พลาสติกห่อลูกอม ของบะหมี่สำเร็จรูป ถุงพลาสติก โฟมและฟอล์ยที่เปื้อนอาหาร



ภาพที่ 3.1 ภาพถังขยะประเภทต่างๆ

ที่มา : <http://www.promma.ac.th>

2. เกณฑ์มาตรฐานภาชนะรองรับวัสดุที่ใช้แล้ว

1. ควรมีสัดส่วนของถังวัสดุที่ใช้แล้วจากพลาสติกที่ใช้แล้วไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก
2. ไม่มีส่วนประกอบสารพิษ (toxic substances) หากจำเป็นควรใช้สารเติมแต่งในปริมาณที่น้อยและไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค
3. มีความทนทาน แข็งแรงตามมาตรฐานสากล
4. มีขนาดพอเหมาะมีความจุเพียงพอต่อปริมาณวัสดุที่ใช้แล้ว สะดวกต่อการถ่ายเทวัสดุที่ใช้แล้วและการทำความสะอาด
5. สามารถป้องกัน แมลงวัน หนู แมว สุนัข และสัตว์อื่น ๆ มิให้สัมผัสหรือคุ้ยเขี่ยวัสดุที่ใช้แล้วได้

3. การแปรสภาพวัสดุที่ใช้แล้ว ในการจัดการวัสดุที่ใช้แล้ว

การแปรสภาพวัสดุที่ใช้แล้ว คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพลักษณะทางกายภาพเพื่อลดปริมาณเปลี่ยนรูปร่าง โดยวิธีคัดแยกเอาวัสดุที่สามารถหมุนเวียนใช้ประโยชน์ได้ออกมา วิธีการบดให้มีขนาดเล็กลง และวิธีอัดเป็นก้อนเพื่อลดปริมาตรของวัสดุที่ใช้แล้วได้ร้อยละ 20 - 75 ของปริมาตรเดิม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องมือและลักษณะของวัสดุที่ใช้แล้ว ตลอดจนใช้วิธีการห่อหุ้มหรือการผูกมัดก้อนวัสดุที่ใช้แล้วให้เป็นระเบียบมากยิ่งขึ้น ผลที่ได้รับจากการแปรสภาพมูลฝอยนี้ จะช่วยให้การเก็บรวบรวม ขนถ่าย และขนส่งได้สะดวกขึ้น สามารถลดจำนวนเที่ยวของการขนส่ง ช่วยไม่ให้มลพิษจากรถบรรทุกและช่วยรีดเอาน้ำออกจากวัสดุที่ใช้แล้ว ทำให้ไม่มีน้ำชะวัสดุที่ใช้แล้วรั่วไหลในขณะขนส่ง ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดวัสดุที่ใช้แล้วโดยวิธีฝังกลบ โดยสามารถจัดวางซ้อนได้อย่างเป็นระเบียบ จึงทำให้ประหยัดเวลา และค่าวัสดุในการกลบทับ และช่วยยืดอายุการใช้งานของบ่อฝังกลบ

4. หลัก 3R ในการจัดการวัสดุ

3R เป็นหลักการของการจัดการเศษวัสดุ เพื่อลดปริมาณเศษวัสดุ ได้แก่ รีดิวซ์ (Reduce) คือ การใช้น้อยหรือลดการใช้ รียูส (Reuse) คือ การใช้ซ้ำ และรีไซเคิล (Recycle) คือ การผลิตใช้ใหม่ ใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการลดปริมาณเศษวัสดุในครัวเรือน โรงเรียน และชุมชน ดังนี้

1. รีดิวซ์ (Reduce) การใช้น้อยหรือลดการใช้ มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

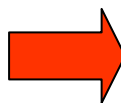
- 1) หลีกเลี่ยงการใช้อย่างฟุ่มเฟือย ลดปริมาณการใช้ให้อยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม ลดปริมาณบรรจุภัณฑ์หีบห่อที่ไม่จำเป็น ลดการขนเศษวัสดุเข้าบ้าน ไม่ว่าจะเป็นถุงพลาสติก ถุงกระดาษ โฟม หรือ หนังสือพิมพ์ ฯลฯ
- 2) เลือกใช้สินค้าที่มีอายุการใช้งานสูง ใช้ผลิตภัณฑ์ชนิดเติม เช่น น้ำยาล้างจาน น้ำยาปรับผ้านุ่ม ถ่านชนิดชาร์จ ได้ สบู่เหลว น้ำยารีดผ้า ฯลฯ
- 3) เลือกบรรจุภัณฑ์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
- 4) คิดก่อนซื้อสินค้า พิจารณาสິงนั้นมีความจำเป็นมากน้อยเพียงใด หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีภายในบ้าน เช่น ยากำจัดแมลงหรือน้ำยาทำความสะอาดต่าง ๆ ควรจะหันไปใช้วิธีการทางธรรมชาติจะดีกว่า อาทิ ใช้เปลือกส้มแห้ง นำมาเผาไฉ่ยุง หรือ ใช้ผลมะกรูดดับกลิ่นภายในห้องน้ำ
- 5) ลดการใช้กล่องโฟม หลีกเลี่ยงการใช้โฟมและพลาสติกโดยใช้ถุงผ้าหรือตะกร้าในการจับจ่ายซื้อ ของใช้ปิ่นโต ใส่อาหาร
- 6) ลดการใช้ถุงพลาสติก ควรใช้ถุงผ้าหรือตะกร้าแทน



ภาพที่ 3.2 การรณรงค์ลดใช้ถุงพลาสติกของหน่วยงานต่าง ๆ
ที่มา : <http://www.bloggang.com>

2. รียูส (Reuse) คือ การใช้ซ้ำผลิตภัณฑ์สิ่งของต่าง ๆ เช่น

1. นำสิ่งของที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ เช่น ถุงพลาสติกที่ไม่เปรอะเปื้อน ก็ให้เก็บไว้ใช้ใส่ของอีกครั้งหนึ่ง หรือใช้เป็นถุงใส่เศษวัสดุในบ้าน
2. นำสิ่งของมาดัดแปลงให้ใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น การนำยางรถยนต์ มาทำเก้าอี้ การนำขวดพลาสติก ก็สามารถนำมาดัดแปลงเป็นที่ใส่ของแจกัน การนำเศษผ้า มาทำเป้เล่นนอน เป็นต้น
3. ใช้กระดาษทั้งสองหน้า



ภาพที่ 3.3 การลดปริมาณเศษวัสดุด้วย Reuse โดยใช้แก้วน้ำเซรามิค หรือ แก้วใส แทนแก้วพลาสติก หรือแก้วกระดาษเคลือบ

4. นำสิ่งของมาดัดแปลงให้ใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น การนำยางรถยนต์มาทำเก้าอี้ การนำขวดพลาสติกก็สามารถนำมาดัดแปลงเป็นที่ใส่ของ หรือแจกัน การนำเศษผ้ามาทำเปนอน เป็นต้น



ภาพที่ 3.4 เก้าอี้จากขวดน้ำ

ที่มา : <http://www.oknation.net/>



ภาพที่ 3.5 พรหมเช็ดเท้าจากเศษผ้า

ที่มา : <https://www.l3nr.org>



ภาพที่ 3.6 กระถางต้นไม้จากรองเท้าเก่า

ที่มา : <http://www.thaitambon.com/>



ภาพที่ 3.7 ตุ๊กตาดกแต่งสวนจากยางรถยนต์เก่า

ที่มา : <http://www.jeab.com/>

3. รีไซเคิล (Recycle) การแปรรูปนำกลับมาใช้ใหม่

รีไซเคิล (Recycle) หมายถึง การแปรรูปกลับมาใช้ใหม่ เพื่อนำวัสดุที่ยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่หมุนเวียนกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตตามกระบวนการของแต่ละประเภท เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณเศษวัสดุมูลฝอยแล้วยังเป็นการลดการใช้พลังงานและลดมลพิษที่เกิดกับสิ่งแวดล้อม เศษวัสดุรีไซเคิลโดยทั่วไปแยกได้เป็น 4 ประเภท คือ แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะและอโลหะ ส่วนบรรจุภัณฑ์บางประเภทอาจจะใช้ซ้ำไม่ได้ เช่น กระป๋องอะลูมิเนียม หนังสือเก่า ขวดพลาสติก ซึ่งแทนที่จะนำไปทิ้ง ก็รวบรวมนำมาขายให้กับร้านรับซื้อของเก่า เพื่อส่งไปยังโรงงานแปรรูป เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

- 1) นำขวดพลาสติก มาหลอมเป็นเม็ดพลาสติก
- 2) นำกระดาษใช้แล้วแปรรูปเป็นเยื่อกระดาษ เพื่อนำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตเป็นกระดาษใหม่
- 3) นำเศษแก้วเก่ามาหลอม เพื่อขึ้นรูปเป็นขวดแก้วใบใหม่
- 4) นำเศษอะลูมิเนียมมาหลอมขึ้นรูปเป็นแผ่น นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียม รวมทั้งกระป๋องอะลูมิเนียม



ภาพที่ 3.8 การรีไซเคิลหรือการแปรรูปเศษวัสดุนำกลับมาใช้ใหม่
ที่มา : <https://www.dek-d.com>



ภาพที่ 3.9 ป้ายประชาสัมพันธ์กิจกรรม 3R ของกรมควบคุมมลพิษ
ที่มา : <http://www.siamgoodlife.com>

เรื่องที่ 2 การจัดการวัสดุด้วยการรีไซเคิลวัสดุ

ทำไมจึงต้องให้ความสำคัญกับการรีไซเคิล เพราะการรีไซเคิลเป็นหัวใจสำคัญของวัฏจักรให้ดำเนินต่อไป เป็นการเปลี่ยนสภาพของวัสดุที่ใช้แล้วให้มีมูลค่า จากสิ่งที่ไม่เป็นประโยชน์ แปรเปลี่ยนสภาพเป็นวัตถุดิบ สิ่งของนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการประหยัดพลังงาน ใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าสูงสุด ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัสดุที่ใช้แล้ว ปกป้องการทำลายผืนป่า ดิน น้ำ สิ่งแวดล้อมต่างๆที่อยู่แวดล้อมตัวเรา ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดที่เราจะสามารถทำได้

ดังนั้น เรามาทำความรู้จักกับการจัดการวัสดุด้วยการรีไซเคิลของวัสดุประเภทต่าง ๆ ว่ามีวิธีการจัดการอย่างไรจึงจะมีความปลอดภัย และเกิดประโยชน์สูงสุด

1. การจัดการวัสดุประเภทโลหะ

โลหะหลากหลายชนิดสามารถนำมารีไซเคิลได้โดยการนำมาหลอมและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ สามารถแบ่งโลหะออกได้ 3 กลุ่มใหญ่ คือ

- **โลหะประเภทเหล็ก** ใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรมก่อสร้างผลิตอุปกรณ์ ต่าง ๆ รวมทั้งเครื่องใช้ในบ้านอุตสาหกรรมการนำเหล็กมาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนในการผลิตมีมานานแล้วคาดว่าทั่วโลกมีการนำเศษเหล็กมารีไซเคิลใหม่ถึงร้อยละ 50 แม้แต่ในรถยนต์ก็มีเหล็กรีไซเคิลปะปนอยู่ 1 ใน 4 ของรถแต่ละคัน เหล็กสามารถนำมารีไซเคิลได้ทุกชนิด สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. เหล็กเหนียว เช่น เฟืองรถ น็อต ตะปู เศษเหล็กข้ออ้อย ขาเก้าอี้ ล้อจักรยาน หัวแก๊สรถ เหล็กเส้นตะแกรง ท่อไอเสีย ถังสี
2. เหล็กหล่อ เช่น ปลอกสูบปั้มน้ำ ข้อต่อวาล์ว เฟืองขนาดเล็ก
3. เหล็กรูปพรรณ เช่น แป๊ปประปา เผลาท้ายรถเพลารถโรส แป๊ปกลมดำ เหล็กฉาก เหล็กตัวซี และเพลลา เครื่องจักรต่างๆ
4. เศษเหล็กอื่น ๆ เช่น เหล็กสังกะสี กระป๋อง ปิ๊บเหล็ก กลิ้งเหล็กแมงกานีส ซึ่งราคาซื้อขายจะต่างกันตามประเภทของเหล็ก ซึ่งพ่อค้ารับซื้อของเก่าจะทำการตัดเหล็กตามขนาดต่าง ๆ ตามที่ทางโรงงานกำหนดเพื่อสะดวกในการเข้าเตาหลอมและการขนส่ง



ภาพที่ 3.10 ตัวอย่างโลหะประเภทเหล็กหล่อ เหล็กหนา และเหล็กบาง

ที่มา : <http://www.thaiceramicsociety.com>

- โลหะประเภทอะลูมิเนียม แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) อะลูมิเนียมหนา เช่น อะไหล่เครื่องยนต์ ลูกสูบ อะลูมิเนียมอัลลอย ฯลฯ

(2) อะลูมิเนียมบาง เช่น หม้อ กะละมังซักผ้า ชันน้ำ ครอบเครื่องดื่ม ฯลฯ

ราคาซื้อขายโลหะประเภทอะลูมิเนียมมีราคาตั้งแต่ 10 บาท ถึง 45 บาท แล้วแต่ประเภท อะลูมิเนียมหนามีราคาแพงกว่าอะลูมิเนียมบาง แต่ขยะอะลูมิเนียมที่พบมากในกองขยะส่วนใหญ่จะเป็นพวกครอบเครื่องดื่ม เช่น ครอบน้ำอัดลม ครอบเปียร์ โดยเฉพาะครอบน้ำอัดลมจะเป็นขยะที่มีปริมาณมาก ดังนั้น ก่อนนำไปขายควรจะอัดครอบให้มีปริมาตรเล็กลงเพื่อที่จะได้ประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง สำหรับการรีไซเคิลครอบอะลูมิเนียมนั้นพ่อค้ารับซื้อของเก่าจะทำการอัดครอบอะลูมิเนียมให้มีขนาดตามที่ ทางโรงงานกำหนดมา ครอบอะลูมิเนียมสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้หลาย ๆ ครั้ง ไม่มีการจำกัดจำนวนครั้งของการผลิต เมื่อครอบอะลูมิเนียมถูกส่งเข้าโรงงานแล้วจะถูกบดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วหลอมให้เป็นแท่งแข็ง จากนั้นนำไปรีดให้เป็นแผ่นบางเพื่อส่งต่อไปยังโรงงานผลิตครอบเพื่อผลิตครอบใหม่

วัสดุใช้แล้วจำพวกครอบผลิตจากวัสดุต่างกัน เช่น ครอบอะลูมิเนียม ครอบเหล็กเคลือบดีบุก ครอบที่มีส่วนผสมทั้งโลหะและอะลูมิเนียม แต่ไม่ว่าจะผลิตจากอะไรก็สามารถนำมารีไซเคิลได้ ซึ่งสามารถสังเกตดูตะเข็บด้านข้างครอบ ครอบอะลูมิเนียมจะไม่มีตะเข็บด้านข้าง เช่น ครอบน้ำอัดลม ส่วนครอบเหล็กที่เคลือบดีบุกจะมีตะเข็บด้านข้าง เช่น ครอบใส่อาหารสำเร็จรูป ครอบกาแฟ ปลาครอบ หากไม่แน่ใจลองใช้แม่เหล็กมาทดสอบ หากแม่เหล็กดูดติด บรรจุภัณฑ์ชนิดนั้น คือ เหล็ก โลหะ หากแม่เหล็กดูดไม่ติด บรรจุภัณฑ์นั้นอะลูมิเนียม

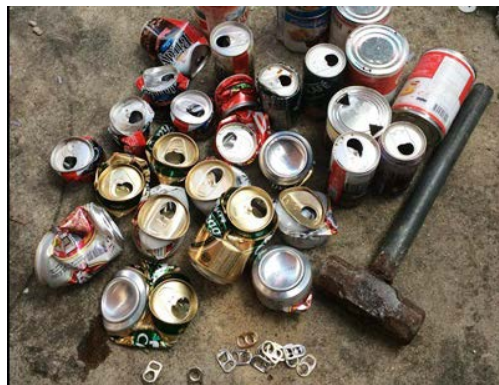


ภาพที่ 3.11 ซ้ายอะลูมิเนียมหนา และขวาอะลูมิเนียมบาง

ที่มา : <http://images.recyclechina.com>

ข้อปฏิบัติในการรวบรวมวัสดุที่ใช้แล้วประเภทอะลูมิเนียม

- 1) แยกประเภทกระป๋องอะลูมิเนียม โลหะ เพราะกระป๋องบางชนิดมีส่วนผสมทั้งอะลูมิเนียมและโลหะ ส่วนฝาปิดส่วนใหญ่เป็นอะลูมิเนียม ให้ดึงแยกเก็บต่างหาก
- 2) หลังจากทีบริโภครองดื่มแล้ว ให้เทของเหลวออกให้หมด ล้างกระป๋องด้วยน้ำเล็กน้อย เพื่อไม่ให้เกิดกลิ่น เพื่อป้องกันแมลง สัตว์ มากินอาหารในบรรจุภัณฑ์
- 3) ไม่ควรทิ้งเศษวัสดุหรือก้นบุหรีลงในขวด และต้องทำความสะอาดก่อนนำขวดไปเก็บรวบรวม
- 4) ควรเหยียบกระป๋องให้แบน เพื่อประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ



ภาพที่ 3.12 ดึงแยกฝากระป๋องเครื่องดื่มออกแล้วทุบให้แบน

ที่มา : <http://nwnt.prd.go.th>

- โลหะประเภททองเหลือง ทองแดง และ สแตนเลส โลหะประเภทนี้ มีราคาสูงประมาณ 30 - 60 บาท โดยทองเหลืองสามารถนำมากลับมาหลอมใหม่ โดยนำมาสร้างพระระฆัง อุปกรณ์สุขภัณฑ์ต่าง ๆ ส่วนทองแดงก็นำกลับมาหลอมทำสายไฟได้ใหม่



ภาพที่ 3.13 ตัวอย่างโลหะประเภททองเหลือง ทองแดง และสแตนเลส ที่นำมารีไซเคิลได้
ที่มา : <http://www.in.all.biz>

สัญลักษณ์รีไซเคิลกระป๋องโลหะและอะลูมิเนียม

กระป๋องส่วนใหญ่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ เช่น กระป๋องน้ำอัดลม กระป๋องเครื่องดื่ม เพราะเป็นโลหะชนิดหนึ่ง แต่กระป๋องบางชนิดจะมีส่วนผสมของวัสดุทั้งอะลูมิเนียมและโลหะชนิดอื่น ๆ ก็ต้องดูตามสัญลักษณ์ ดังต่อไปนี้



เหล็ก

อะลูมิเนียม

อะลูมิเนียม

ภาพที่ 3.14 สัญลักษณ์รีไซเคิลกระป๋องโลหะและอะลูมิเนียม

ที่มา : <https://img.kapook.com>

2. การใช้เคลือบพอลิเมอร์

พอลิเมอร์ได้กลายเป็นผลิตภัณฑ์สำคัญอย่างหนึ่งและมีแนวโน้มที่จะเข้ามา มีบทบาทในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากพอลิเมอร์มีราคาถูก น้ำหนักเบาและมีขอบข่าย การใช้งานได้กว้าง

ปัจจุบันพอลิเมอร์ได้กลายเป็นผลิตภัณฑ์สำคัญอย่างหนึ่ง และมีแนวโน้มที่จะเข้ามา มีบทบาทในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น โดยการนำมาใช้แทนทรัพยากรธรรมชาติได้ หลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นไม้ เหล็ก เนื่องจากพอลิเมอร์มีราคาถูก มีน้ำหนักเบา และมีขอบข่าย การใช้งานได้กว้าง เนื่องจากเราสามารถผลิตพอลิเมอร์ให้มีคุณสมบัติต่าง ๆ ตามที่ต้องการได้ โดยขึ้นกับการเลือกใช้วัตถุดิบปฏิกิริยาเคมี กระบวนการผลิต และกระบวนการขึ้นรูปทรงต่าง ๆ ได้อย่างมากมาย และยังสามารถปรุงแต่งคุณสมบัติได้ง่าย โดยการเติมสารเติมแต่ง (additives) เช่น สารเสริมสภาพพอลิเมอร์ (plasticizer) สารปรับปรุงคุณภาพ (modifier) สารเสริม (filler) สารคงสภาพ (stabilizer) สารยับยั้งปฏิกิริยา (inhibitor) สารหล่อลื่น (lubricant) และผงสี (pigment) เป็นต้น

พอลิเมอร์ หมายถึง วัสดุที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากธาตุพื้นฐาน 2 ชนิด คือ คาร์บอนและไฮโดรเจนซึ่งเมื่อเติมสารบางอย่างลงไปจะทำให้พอลิเมอร์มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น แข็งแกร่ง ทนความร้อน ลื่นและยืดหยุ่น เราอาจสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้มากมาย โดยการเติมสารเคมีชนิดต่าง ๆ เข้าไปโดยใช้สัดส่วนและกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

พอลิเมอร์ ประกอบด้วยโมเลกุลขนาดใหญ่เรียกว่า พอลิเมอร์ (polymer) ซึ่งเกิดจากโมเลกุลขนาดเล็กที่มาต่อเข้าด้วยกันเป็นสายยาวเหมือนโซ่ สายโมเลกุลเหล่านี้จะ เกี่ยวพันกัน ทำให้พอลิเมอร์แข็งแรง แต่กว่าจะดึงสายโมเลกุลพอลิเมอร์ให้แยกจากกันได้ ต้องใช้แรงมากพอสมควร กระบวนการที่ทำให้โมเลกุลขนาดเล็กมาต่อรวมกันเข้าจนมีขนาด ใหญ่ขึ้นนั้น เรียกว่า การเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของ พอลิเมอร์ (catalyst) กระตุ้นให้โมเลกุลขนาดเล็ก มายึดต่อเข้าด้วยกัน พอลิเมอร์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เทอร์โมเซตติง (thermosetting) และเทอร์โมพอลิเมอร์ (thermoplastic)

เทอร์โมเซตติง (Thermosetting) พอลิเมอร์ประเภทนี้จะมีรูปทรงที่ถาวร เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยให้ความร้อน ความดันหรือตัวเร่งปฏิกิริยา การขึ้นรูปทำได้ยากและ ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ยังมีต้นทุนการผลิตสูงรวมทั้งการใช้งานค่อนข้าง จำกัด ทำให้ในปัจจุบันมีใช้ในอุตสาหกรรมไม่กี่ประเภท ได้แก่ เมลามีน ฟีนอลิก ยูเรีย พอร์มาลดีไฮด์ โพลีเอสเตอร์ที่ไม่อิมตัว เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะใช้ผลิตเครื่องครัว ชิ้นส่วน ปลั๊กไฟ ชิ้นส่วนรถยนต์ และชิ้นส่วนในเครื่องบิน เป็นต้น

ภาพที่



3.15

ตัวอย่างพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมเซตติง

ที่มา : <https://www.easypacelearning.com>

เทอร์โมพอลิเมอร์ (Thermoplastic) พอลิเมอร์ประเภทนี้เมื่อได้รับความร้อนหรือความดันระหว่างกระบวนการขึ้นรูป จะเปลี่ยนแปลงสถานะทางกายภาพ กล่าวคือเมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนนิ่มและเมื่อเย็นลง จะแข็งตัวโดยที่โครงสร้างทางเคมีจะไม่เปลี่ยนแปลงทำให้พอลิเมอร์ประเภทนี้มีคุณสมบัติที่สามารถนำกลับมา เข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำ ๆ ได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาขึ้นรูปได้ง่ายด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำ และมีหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้งานได้ อย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมประเภทของเด็กเล่น ดอกไม้ประดิษฐ์บรรจุภัณฑ์ชิ้นส่วนรถยนต์ และผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ พอลิเมอร์ประเภทนี้ ได้แก่ โพลีเอทิลีน (PE), โพลีโพรพิลีน (PP), โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC), โพลีสไตรีน (PS), โพลีเอทิลีน เทเรพทาเลต (PET) เป็นต้น



ภาพที่ 3.16 ตัวอย่างพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพอลิเมอร์

ที่มา : <https://sites.google.com>

ในประเทศไทยนิยมใช้พอลิเมอร์จำพวกเทอร์โมพอลิเมอร์กันมากที่สุด เนื่องจากสามารถใช้งานได้หลายประเภท โดยเฉพาะด้านบรรจุภัณฑ์พอลิเมอร์ที่มีการผลิตในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น โพลีเอทิลีน (PE) ผลิตเป็นถุงพอลิเมอร์ทั้งร้อนและเย็น ขวด, ถัง และฟิล์ม พอลิเมอร์ประเภทอ่อนนุ่ม กระสอบพอลิเมอร์ เป็นต้น โพลีโพรพิลีน (PP) นิยมผลิตเป็นถุงบรรจุอาหาร และเสื้อผ้าสำเร็จรูป กระสอบพอลิเมอร์ เป็นต้น โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) และโพลีสไตรีน (PS) นิยมผลิตเป็นถัง ถุงบรรจุผักสด ผลไม้ และเนื้อสัตว์บางชนิด เป็นต้น

จากการเพิ่มจำนวนบรรจุภัณฑ์พอลิเมอร์ ปัจจุบันซึ่งมีแนวโน้มความต้องการจะขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอนาคตนั้น ก่อให้เกิดปัญหาขยะพอลิเมอร์ที่ใช้แล้ว ตามมาซึ่งทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งการกำจัดขยะพอลิเมอร์ในปัจจุบันยังมิอุปสรรคอีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่สามารถกำจัดพอลิเมอร์บางชนิดได้ เนื่องจากยังไม่สามารถหลอมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก จึงได้นักวิจัยค้นคว้าที่จะนำบรรจุภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ใช้แล้วกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ หรือที่เรียกว่า Recycle โดยนำพอลิเมอร์ที่ใช้แล้วตามบ้านเรือนหรือตามกองขยะมาป้อนเข้าสู่โรงงานแปรรูปพอลิเมอร์ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือการทำลายพอลิเมอร์ในระยะสั้น ซึ่งนอกจากเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพแล้วยังช่วยให้เกิดการขยายตัวของธุรกิจอย่างต่อเนื่องด้วย

อย่างไรก็ตาม การนำพอลิเมอร์กลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่นั้น ประเด็นสำคัญอยู่ที่การแยกประเภทของพอลิเมอร์ก่อนที่จะนำไปรีไซเคิล และการกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการออกไป โดยปกติแล้วพอลิเมอร์ผสมเกือบทุกประเภทจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เนื่องจากพอลิเมอร์ที่แม้จะมีโครงสร้างทางเคมีที่เหมือนกัน แต่ไม่สามารถเข้ากันได้เสมอไป (incompatible) ตัวอย่างเช่น โพลีเอสเตอร์ ที่ใช้ทำขวดพอลิเมอร์ จะเป็นโพลีเอสเตอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูงกว่า เมื่อเทียบกับโพลีเอสเตอร์ที่ใช้ในการผลิตเส้นใย (fiber)

นอกจากนี้ ยังมีสารเติมแต่งอีกประเภท ได้แก่ พวกสารเพิ่มความเข้ากันได้ (Compatibilizer) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการรีไซเคิลของพอลิเมอร์ สารเติมแต่งนี้จะช่วยให้เกิดพันธะทางเคมีระหว่างพอลิเมอร์ 2 ประเภทที่เข้ากันไม่ได้ ดังนั้น Compatibilizer จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรีไซเคิล ตัวอย่างเช่น การใช้ยางคลอริเนตโพลีเอทิลีน สำหรับพอลิเมอร์ผสม PE/PVC

การระบุรหัสสำหรับพอลิเมอร์ (ID Code) และคุณสมบัติของขวดพอลิเมอร์

พอลิเมอร์ ถูกแบ่งเป็น 7 ประเภท ซึ่งแต่ละประเภทจะมีการระบุรหัสของพอลิเมอร์ (identification code) ถึงแม้ว่าพอลิเมอร์หลายประเภทจะสามารถรีไซเคิลได้ ในปัจจุบันได้นำเฉพาะพอลิเมอร์ที่ใช้ในครัวเรือนมารีไซเคิลกัน ดังนั้นขวดพอลิเมอร์แต่ละชนิด จึงมีวิธีการรีไซเคิลที่แตกต่างกันไป

ชนิดของพอลิเมอร์	โพลิเอทิลีน เทเรพทาเลต (PET)	โพลิเอทิลีน ความหนาแน่นสูง (HDPE)	โพลิไวนิล คลอไรด์ (PVC)	โพลิเอทิลีน ความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	โพลิโพรพิลีน (PP)	โพลิสไตรีน (PS)
รหัสของพอลิเมอร์ (ID Code)	 PETE	 HDPE	 V	 LDPE	 PP	 PS
ความใส	ใส	ขุ่น	ใส	ขุ่น	ขุ่น	ใส
การป้องกันความชื้น	พอใช้ถึงดี	ดีถึงดีมาก	พอใช้	ดี	ดีถึงดีมาก	ไม่ดีถึงพอใช้
การป้องกันออกซิเจน	ดี	ดี	ดี	ไม่ดี	ไม่ดี	พอใช้
อุณหภูมิสูงสุด (°F)	120	145	140	120	165	150
ความแข็งแรง	ปานกลางถึงสูง	ปานกลาง	ปานกลางถึงสูง	ต่ำ	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงสูง
ความทนทานต่อการกระแทก	ดีถึงดีมาก	ดีถึงดีมาก	พอใช้ถึงดี	ดีมาก	พอใช้ถึงดี	พอใช้ถึงดี
ความทนทานต่อความร้อน	ไม่ดีถึงพอใช้	ดี	ไม่ดีถึงพอใช้	พอใช้	ดี	พอใช้
ความทนทานต่อความเย็น	ดี	ดีมาก	พอใช้	ดีมาก	ไม่ดีถึงพอใช้	ไม่ดี
ความทนทานต่อแสงแดด	ดี	พอใช้	พอใช้ถึงดี	พอใช้	พอใช้	ไม่ดีถึงพอใช้



ทั้งนี้ หมายถึง พอลิเมอร์นอกเหนือจาก 6 ประเภทที่กล่าวมานี้ ซึ่งมักเกิดจากการผสมกันของพอลิเมอร์ ซึ่งจะทำให้มีโครงสร้างและสมบัติที่ไม่แน่นอน

สภาพพอลิเมอร์ที่ได้จากกระบวนการรีไซเคิลนั้นไม่นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์เพื่อบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม เนื่องจากเนื้อพอลิเมอร์จะมีคุณสมบัติด้อยลง และเมื่อได้รับความร้อน สารเคมี และสีบางชนิดที่ใช้ผสมในระหว่างกระบวนการรีไซเคิลอาจมาปะปนกับอาหารหรือเครื่องดื่มที่บรรจุซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ ในทางปฏิบัติแล้วพบว่าปริมาณขยะที่เกิดจากพอลิเมอร์ที่ถูกนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตอีกครั้งมีสัดส่วนน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาณขยะจากบรรจุภัณฑ์พอลิเมอร์ทั้งหมด

เมื่อพิจารณาจากปริมาณเศษวัสดุใช้แล้วทุกประเภท ซึ่งมีเพียงร้อยละ 2 เท่านั้นที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่และที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้เนื่องจากรูปแบบการทิ้งขยะของประชาชนไม่เอื้ออำนวย เนื่องจากไม่ได้มีการแยกประเภทชัดเจน ทำให้ยากลำบากต่อการคัดแยกขยะพอลิเมอร์ออกจากกองขยะ จึงนับได้ว่าเป็นอุปสรรคสำคัญอย่างหนึ่งของการจัดการขยะพอลิเมอร์ และส่งผลให้การผลิตพอลิเมอร์ที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิล มีต้นทุนสูงกว่าที่ควรจะเป็น

3. การรีไซเคิลเซรามิกส์

วัสดุที่สามารถนำมา รีไซเคิลได้มีหลายชนิด อาทิ โลหะชนิดต่าง ๆ พลาสติก เป็นต้น อย่างไรก็ตาม กลับพบว่าได้มีการนำวัสดุเซรามิกส์ เช่น กระเบื้องปูพื้นและผนัง ถ้วยชาม ตลอดจนเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ มาผ่านกระบวนการรีไซเคิล เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่น้อยมาก ยกเว้นแก้วและกระจก ทั้งที่วัสดุเหล่านี้มีปริมาณ การผลิตและการใช้งาน ตลอดจน ผลิตภัณฑ์ที่เสียทิ้งในระหว่างการผลิต และการใช้งานที่ต้องกลายเป็นขยะ ปีหนึ่ง ๆ เป็นจำนวนมาก

การนำวัสดุเซรามิกส์ มารีไซเคิลได้นั้น จำเป็นต้องบดวัสดุเซรามิกส์ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูง ให้มีสภาพเป็นผงละเอียดมากเสียก่อน เนื่องจากการผลิตวัสดุเซรามิกส์ เริ่มต้นด้วยการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ให้ได้รูปทรงตามต้องการ แล้วจึงนำไปเผาผนึกในภายหลัง ซึ่งต่างจาก การหลอมแก้วหรือโลหะ ดังนั้นหากมีเม็ดผงขนาดใหญ่เกินไป ปะปนอยู่ในเนื้อจะทำให้เกิดตำหนิในเนื้อวัสดุ และส่งผลต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ ไม่เป็นไปตามความต้องการ นอกจากนั้นแล้ว วัสดุเซรามิกส์ที่ผ่านการเผามาแล้วครั้งหนึ่ง จะมีโครงสร้างและสมบัติแตกต่างจากวัตถุดิบตั้งต้นมาก อาทิ ความเหนียว การกระจายลอยตัวในน้ำ เป็นต้น ดังนั้นถ้าจะนำวัสดุเซรามิกส์ มารีไซเคิล จึงต้องมีการศึกษาค้นคว้า และปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตใหม่อีกด้วย ทั้งหมดนี้เองทำให้การรีไซเคิล วัสดุเซรามิกส์มีต้นทุนสูงกว่า การผลิตโดยใช้วัตถุดิบดั้งเดิมมาก จึงเป็นเหตุทำให้ อุตสาหกรรมไม่นิยมนำวัสดุเซรามิกส์ มาทำการรีไซเคิลใช้ใหม่ เหมือนกับวัสดุอื่น ๆ ซึ่งมีต้นทุนในการรีไซเคิล ต่ำเมื่อเทียบกับการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ

ขวดแก้วเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมสูง ด้วยคุณสมบัติที่ใส สามารถมองเห็นสิ่งที่อยู่ภายในไม่ทำปฏิกิริยากับสิ่งบรรจุ ทำให้คงสภาพอยู่ได้นาน สามารถออกแบบให้มีรูปทรงได้ตามความต้องการ ราคาไม่สูงจนเกินไป มีคุณสมบัติสามารถนำมารีไซเคิลได้ และให้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณภาพคงเดิมร้อยละ 100 ไม่ว่าจะรีไซเคิลกี่ครั้งก็ตาม ขวดแก้วสามารถนำมารีไซเคิลด้วยการหลอม ซึ่งใช้อุณหภูมิในการหลอม 1,600 องศาเซลเซียส จนเป็นน้ำแก้ว และนำไปขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ การนำเศษแก้วประมาณร้อยละ 10 มาเป็นส่วนผสมในการหลอมแก้ว จะช่วยประหยัดพลังงาน และช่วยลดปริมาณน้ำเสียลงร้อยละ 50 ลดมลพิษทางอากาศลงร้อยละ 20 แก้วไม่สามารถย่อยสลายได้ในหลุมฝังกลบวัสดุที่ใช้แล้ว แต่สามารถนำมาหลอมใช้ใหม่ได้หลายรอบและมีคุณสมบัติเหมือนเดิม ดังนั้นเรารู้จักสัญลักษณ์การรีไซเคิลแก้ว และวิธีการเก็บรวบรวมแก้วเพื่อนำไปขายให้ได้ราคาสูง ในการส่งต่อไปรีไซเคิล

แก้วสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนี้

- 1) ขวดแก้วดี จะถูกนำมาคัดแยกชนิด สี และประเภทที่บรรจุสินค้า ได้แก่ ขวดแมโซง ขวดน้ำปลา ขวดเปียร์ ขวดซอส ขวดโซดา ขวดเครื่องดื่มชูกำลัง ขวดยา ขวดน้ำอัดลม ฯลฯ การจัดการขวดเหล่านี้หากไม่แตกบิ่นเสียหาย จะถูกนำกลับเข้าโรงงานเพื่อนำไปล้างให้สะอาดและนำกลับมาใช้ใหม่ที่เรียกว่า “Reuse”
- 2) ขวดแก้วแตก ขวดที่แตกหักบิ่นชำรุดเสียหายจะถูกนำมาคัดแยกสี ได้แก่ ขวดแก้วใส ขวดแก้วสีชา และขวดแก้วสีเขียว จากนั้นนำเศษแก้วมาผ่านกระบวนการรีไซเคิล โดยเบื้องต้นจะเริ่มแยกเศษแก้วออกมาตามสีของ เอาฝาจุกที่ติดมากับปากขวดออกแล้วบดให้ละเอียด ใส่น้ำยากัดสีเพื่อกัดสีที่ติดมากับขวดแก้ว ล้างให้สะอาด แล้วนำส่งโรงงานผลิตขวดแก้วเพื่อนำไปหลอมใหม่ เรียกว่า “Recycle”



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.17 (ก) แก้วดีน้ำรียูส (ข) แก้วแตกเข้ากระบวนการรีไซเคิล

ที่มา : <http://pkrugreenlife.net23.net/>

3.1 สัญลักษณ์รีไซเคิลแก้ว

แก้วสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้หลายชนิด แต่ก็มีแก้วบางชนิดที่ต้องตรวจสอบอีกครั้งว่าสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้หรือไม่ โดยการสังเกตสัญลักษณ์ของการรีไซเคิลแก้วได้ ดังนี้



แก้วผสม ที่เกิดจากวัสดุต่าง ๆ



แก้วใส ไม่มีสี



แก้วสีเขียว

ภาพที่ 3.18 สัญลักษณ์รีไซเคิลแก้ว

ที่มา : <https://home.kapook.com>

ข้อควรปฏิบัติในการรวบรวมวัสดุที่ใช้แล้วประเภทแก้ว

- 1) นำฝาหรือจุกออกจากบรรจุภัณฑ์ เพราะไม่สามารถนำไปรีไซเคิลรวมกับแก้วได้
- 2) หลังการบริโภค ควรล้างขวดแก้วด้วยน้ำเล็กน้อย เพื่อไม่ให้เกิดการเน่าของอาหาร และเพื่อป้องกันแมลง สัตว์ มากินอาหารในบรรจุภัณฑ์
- 3) ไม่ควรทิ้งเศษวัสดุหรือก้นบุหรีลงในขวด และต้องทำความสะอาดก่อนนำขวดไปเก็บรวบรวม
- 4) เก็บรวบรวมขวดแก้วรวมไว้ในกล่องกระดาษ ป้องกันการแตกหักเสียหาย
- 5) ควรแยกสีของแก้ว จะช่วยให้ขายได้ราคาดี และเพื่อให้ง่ายต่อการส่งต่อไปรีไซเคิล
- 6) ขวดแก้วที่เป็นใบ ควรแยกใส่กล่องเดิม จะขายได้ราคาดี
- 7) ขวดแก้วบางชนิด อาจนำไปรีไซเคิลไม่ได้ หรือมีร้านรับซื้อของเก่าบางร้านที่อยู่ในพื้นที่ ไม่รับซื้อ ดังนั้นควรสอบถามร้านก่อนเก็บรวบรวมแก้วเพื่อนำไปขาย

สรุปได้ว่า ปัจจัยสำคัญในการรีไซเคิลวัสดุประเภทต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นโลหะ พลาสติก กระดาษ แก้ว ก็คือจะต้องแยกประเภทของขยะรีไซเคิลแต่ละชนิดออกจากกันไม่ให้ปนกัน และทำความสะอาดวัสดุก่อนที่จะนำไปขาย ถ้าเป็นกระป๋องก็ควรจะทำกรัดเพื่อลดปริมาณของวัสดุใช้แล้วก่อนที่จะนำไปขาย

กิจกรรมท้ายหน่วยที่ 3

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาเอกสารชุดการเรียนรู้หน่วยที่ 3 จบแล้ว ให้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วทำกิจกรรมการเรียนรู้หน่วยที่ 3 ในสมุดบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วจัดส่งตามที่ครูผู้สอนกำหนด

หน่วยที่ 4 แนวโน้มการใช้วัสดุและทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคต

สาระสำคัญ

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบัน การพัฒนาวัสดุให้มีสมบัติที่เหมาะสมกับความต้องการใช้งาน จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง อันจะช่วยให้การพัฒนาของเทคโนโลยีเติบโตไปพร้อมกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ควบคู่กันไป โดยทิศทางการพัฒนาวัสดุเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน จึงมุ่งเน้นพัฒนาให้วัสดุมีความเบา แข็งแรงทนทาน ทนต่อสภาพอากาศ มีความยืดหยุ่นสูง นำไฟฟ้ายิ่งยวด หรือวัสดุที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรม

ตัวชี้วัด

1. อธิบายแนวโน้มการใช้วัสดุในอนาคตได้
2. นำความรู้เรื่องแนวโน้มการใช้วัสดุในอนาคตไปใช้ได้
3. อธิบายทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคตได้
4. นำความรู้เรื่องทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคตไปใช้ได้
5. อธิบายถึงความสำคัญของการพัฒนาวัสดุในอนาคตได้

ขอบข่ายเนื้อหา

1. แนวโน้มการใช้วัสดุในอนาคต
2. ทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคต

หน่วยที่ 4

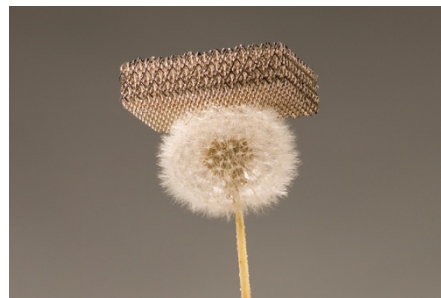
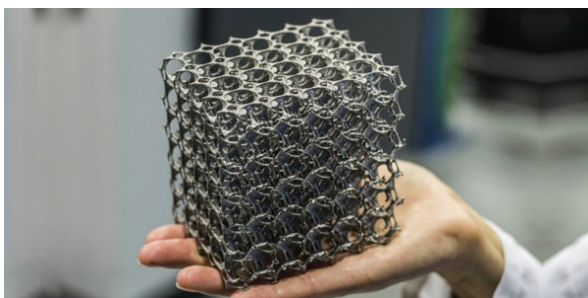
แนวโน้มการใช้วัสดุและทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคต

เรื่องที่ 1 แนวโน้มการใช้วัสดุในอนาคต

ตามที่ได้กล่าวข้างต้นในหน่วยที่ 1 ประเภทของวัสดุสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ โลหะ พอลิเมอร์ และเซรามิกส์ ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันไป มนุษย์จึงสามารถผลิตผลิตภัณฑ์โดยเกิดจากการผสมวัสดุหลายชนิดทำให้ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติตามต้องการได้ ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจบริการของประเทศไทยมีแนวโน้มการเติบโตอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการลงทุนของต่างชาติมากขึ้น ทำให้ประเทศไทยกลายเป็นฐานการผลิตสินค้าเพื่อส่งออก ซึ่งสินค้าส่งออกสำคัญของประเทศไทยส่วนใหญ่ล้วนเกี่ยวข้องกับวัสดุทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็น รถยนต์และอุปกรณ์ส่วนประกอบ เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์และส่วนประกอบ อัญมณีและเครื่องประดับ เม็ดพลาสติก เป็นต้น จากการเติบโตของภาคอุตสาหกรรม ทำให้แนวโน้มการใช้วัสดุแต่ละประเภทเพิ่มขึ้นด้วย

1.1 วัสดุประเภทโลหะ

โลหะผสมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นใหม่เพื่อใช้ในโครงการอวกาศ เช่น โลหะผสมนิกเกิล ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงกำลังได้รับการค้นคว้าวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงเมื่อใช้อุณหภูมิสูงและทนทานต่อการกัดกร่อนยิ่งขึ้น โลหะผสมเหล่านี้ได้นำไปใช้สร้างเครื่องยนต์ไอพ่นที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงขึ้นไปอีก กระบวนการผลิตที่ใช้เทคนิคใหม่ เช่น ใช้การดัดด้วยความร้อนสูง สามารถช่วยยืดอายุของการเกิดความล้าของโลหะผสมที่ใช้กับเครื่องบิน นอกจากนี้ยังมีการใช้เทคนิคการถลุงโลหะด้วยโลหะผง ทำให้สมบัติโลหะผสมมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น และทำให้ราคาของการผลิตลดลงอีกด้วย เทคนิคการทำให้โลหะแข็งตัวอย่างรวดเร็วโดยทำให้โลหะที่หลอมเหลวลดอุณหภูมิลงประมาณ 1 ล้านองศาเซลเซียสต่อวินาที กลายเป็นโลหะผสมที่เป็นผง จากผงโลหะผสมเปลี่ยนให้เป็นแท่งด้วยกระบวนการต่างๆ เช่น การดัดด้วยความร้อนสูง เป็นต้น ด้วยวิธีการเหล่านี้ทำให้สามารถผลิตโลหะที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงชนิดใหม่ได้หลายชนิด เช่น นิกเกิลอัลลอยด์ อะลูมิเนียมอัลลอยด์ และ ไทเทเนียมอัลลอยด์



ภาพที่ 4.1 Micro lattice โลหะเบาสุดในโลก

ที่มา : <https://www.electricalab.gr>

1.2 วัสดุประเภทพอลิเมอร์

จากเหตุการณ์ที่ผ่านมาวัสดุพอลิเมอร์ (พลาสติก) มีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็วมาก ด้วยอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 ต่อปีโดยน้ำหนัก แม้ว่าอัตราการเติบโต ของพลาสติกจากปี ค.ศ.1995 ได้มีการคาดการณ์ว่าโดยเฉลี่ยแล้วจะลดลงต่ำกว่าร้อยละ 5 การลดลงนี้ ก็เพราะว่าพลาสติกได้ถูกนำมาใช้แทนโลหะ แก้วและกระดาษ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักในตลาด เช่น ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ และใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งพลาสติกเหมาะสมกว่า พลาสติกที่ใช้ในงานทางวิศวกรรม เช่น ไนลอน ได้รับความคาดหวังว่าน่าจะเป็นคู่แข่งกับโลหะได้อย่างน้อยจนถึง ค.ศ. 2000 แนวโน้มที่สำคัญในการพัฒนาพลาสติกวิศวกรรม คือ การผสมผสานพลาสติกต่างชนิดกันเข้าด้วยกันให้เป็นพลาสติกผสมชนิดใหม่ (synergistic plastic alloy) ตัวอย่างเช่น ในช่วงปี ค.ศ.1987 ถึง ค.ศ. 1988 ได้มีการผลิตพลาสติกชนิดใหม่ๆพลาสติกผสมและสารประกอบตัวใหม่จากทั่วโลกประมาณ 100 ชนิด พลาสติกผสมชนิดใหม่มีประมาณร้อยละ 10



ภาพที่ 4.2 Shape memory polymers

คืนรูปได้ แดกหัก-เสียหายซ่อมตัวเอง

ที่มา : <http://www.ictp.csic.es>



ภาพที่ 4.3 แกรฟีนวัสดุที่ใช้ทำหน้าจอสัมผัส

มีลักษณะบางมาก โปร่งใส ยืดหยุ่น และนำไฟฟ้า

ที่มา : <https://d27v8envyltg3v.cloudfront.>

1.3 วัสดุประเภทเซรามิก

ในอดีตการเจริญเติบโตของการใช้เซรามิกส์สมัยเก่า เช่น ดินเหนียว แก้วและหินในอเมริกาเท่ากับร้อยละ 3.6 (ค.ศ.1966 - 1980) อัตราการเจริญเติบโตของวัสดุเหล่านี้จากปี ค.ศ. 1982 ถึง ค.ศ. 1995 คาดว่าจะประมาณร้อยละ 2 ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาเซรามิกส์วิศวกรรมตระกูลใหม่ได้ผลิตขึ้น ซึ่งเป็นสารประกอบพวกไนไตรด์คาร์ไบด์ และออกไซด์ ปรากฏว่าวัสดุเหล่านี้ได้นำไปประยุกต์อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะใช้กับอุณหภูมิสูง ๆ และใช้กับเซรามิกส์อิเล็กทรอนิกส์ วัสดุเซรามิกส์ มีราคาถูกแต่การนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมักใช้เวลานาน และมีค่าใช้จ่ายสูง วัสดุเซรามิกส์ส่วนใหญ่จะแตกหักหรือชำรุดได้ง่ายจากการกระแทก เพราะมีความยืดหยุ่นน้อยหรือไม่มีเลย ถ้ามีการค้นพบเทคนิคใหม่ที่สามารถพัฒนาให้เซรามิกส์ ทนต่อแรงกระแทกสูง ๆ ได้แล้ว วัสดุประเภทนี้สามารถนำมาประยุกต์ทางวิศวกรรมได้สูงยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในส่วนที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงและในบริเวณสิ่งแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนสูง



ภาพที่ 4.4 วัสดุประเภทเซรามิกส์ในอนาคต

ที่มา : <https://img.grouponcdn.com>

เรื่องที่ 2 ทิศทางการพัฒนาวัสดุในอนาคต

1. วัสดุที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Sustainable Material) วัสดุประเภทนี้ได้กลายเป็นสิ่งจำเป็นในปัจจุบัน มากกว่าที่จะเป็นเพียงแค่เทรนด์ ได้แก่ การใช้พลังงานอย่างประหยัดและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำในกระบวนการผลิต การรีไซเคิล การเลือกใช้วัสดุและการออกแบบโดยคำนึงถึงประโยชน์สูงสุดของการใช้งานและการเหลือทิ้งเป็นขยะให้น้อยที่สุด การใช้วัสดุจากธรรมชาติเพราะสามารถย่อยสลายกลับคืนสู่ดินได้ เป็นต้น บริษัททั่วโลกต่างพากันเปิดเผยข้อมูลด้านการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่แสดงถึงความพยายามในการปรับปรุงและพัฒนาอย่างตั้งใจจากองค์กร แม้อยู่คนละประเทศก็สามารถเข้าใจในศักยภาพที่แสดงถึงความยั่งยืนของแต่ละบริษัทได้ เพราะใช้มาตรฐานการวัดระดับสากลเหมือนกัน เช่น ISO14000, การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA), และหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) เป็นต้น



ภาพที่ 4.5 วัสดุที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ที่มา : <http://www.1000ideas.ru>

2. พลาสติกจากพืชที่แข็งแรงทนทาน (Durable Bioplastic) เป็นวัสดุทางเลือกที่ไม่ได้ผลิตจากน้ำมันเหมือนพลาสติกรูปแบบเดิมที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เช่น พีวีซี โพลีเอสเตอร์ และไนลอน เป็นต้น แต่ได้มาจากพืชจำพวกข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย แทน วัสดุนี้ได้ถูกพัฒนาให้มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับพลาสติกจากน้ำมันและตรงตามจุดประสงค์ของการใช้งาน

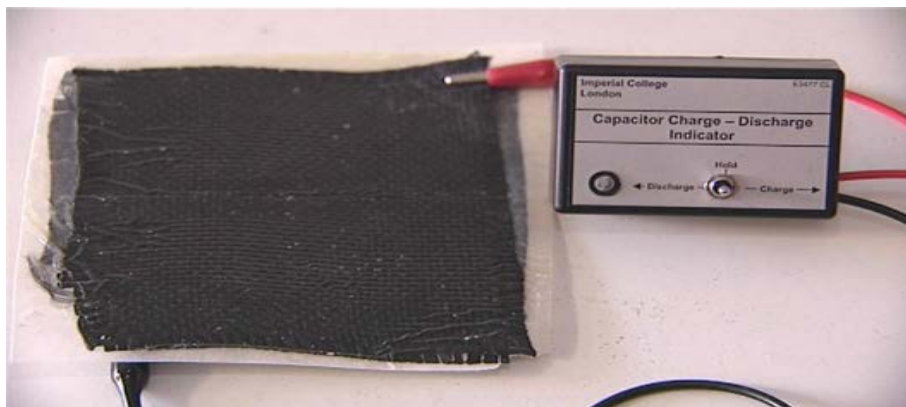
เพราะความกังวลของพ่อแม่เกี่ยวกับสารพิษ สารก่อมะเร็งและโลหะหนักในของเล่นที่ทำจากพลาสติกทั่วไป ผู้ผลิตของเล่นเด็กในประเทศสหรัฐอเมริกาอย่างบริษัทกรีนดอท จึงตัดสินใจเลือกใช้พลาสติกจากพืชที่ไม่เป็นพิษ แข็งแรงทนทานและย่อยสลายเป็นปุ๋ยในสภาพที่เหมาะสมได้ โดยมีข้อดีอื่น ๆ อีก คือ ประกอบขึ้นรูปได้ง่าย มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าทำให้ไม่เปลืองพลังงานและมีรอบการทำงานที่เร็วขึ้น และพิมพ์บนพื้นผิวได้ง่าย



ภาพที่ 4.6 พลาสติกจากพืชที่แข็งแรงทนทาน

ที่มา : <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com>

3. วัสดุผสม (Hybrid Material) เป็นการผสมผสานและทำงานร่วมกันของวัสดุ 2 ประเภท เพื่อให้ได้คุณสมบัติและตอบโจทย์การใช้งานที่กว้างขึ้น เช่น เทคโนโลยีที่สวมใส่ได้ (wearable technology) เป็นการผสมผสานระหว่างผ้าที่ทอด้วยเส้นด้ายนำไฟฟ้าที่สามารถต่อกับเซนเซอร์เพื่อวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และระดับการเผาผลาญของแคลอรี ขณะที่กำลังออกกำลังกายได้ หรือวัสดุผสมที่ เรียกว่า Schultec® TinCo ที่มีการผสมกันของพลาสติกและโลหะ ทำให้ขึ้นรูปได้ง่ายเนื่องจากพลาสติกใช้ความร้อนในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าโลหะ ซึ่งประหยัดพลังงานได้มากและนำไฟฟ้าได้ดี



ภาพที่ 4.7 วัสดุผสม

ที่มา : <http://www.alternative-energy-news>.

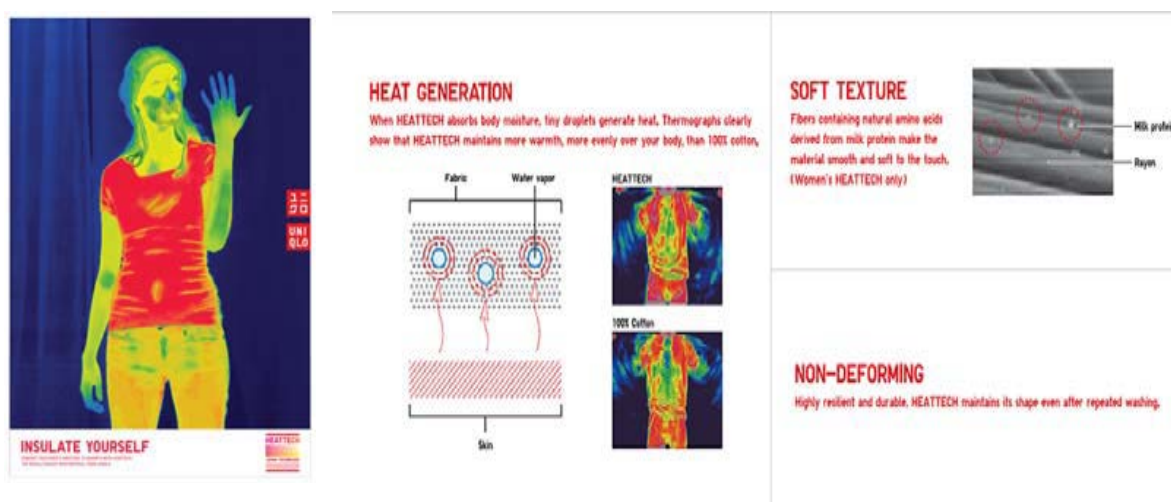
4. การลดค่าใช้จ่าย (cost reduce) วัสดุที่มีราคาสูงถูกแทนที่ด้วยวัสดุที่ราคาถูกลง เพื่อลดค่าใช้จ่ายดูเหมือนจะเป็นเทรนด์ที่เกิดขึ้นอย่างถาวรไปแล้ว นอกเหนือจากความพยายามปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการและการบริหารการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ตัวอย่างเช่น ในช่วงที่ราคาฝ้ายแพงและขึ้นลงไม่แน่นอน ผู้ผลิตก็หันมาใช้ด้ายสปินโพลีเอสเตอร์ที่พยายามทำเลียนแบบฝ้าย ในราคาที่มีความผันผวนน้อยกว่าแทนเป็นต้น



ภาพที่ 4.8 สปินโพลีเอสเตอร์

ที่มา : <http://www.msgtexmed.com>

5. วัสดุที่ช่วยทำให้สุขภาพดีขึ้น (health product) เรายอมเสียเงินซื้อเสื้อผ้าที่สามารถช่วยทำให้สุขภาพดีขึ้น เช่น เสื้อผ้าที่ใช้เทคโนโลยีนาโนซิลเวอร์ในการฆ่าเชื้อโรคและกำจัดกลิ่น การใช้เส้นใยชนิดพิเศษที่ดูดซับเหงื่อได้รวดเร็ว การใช้เส้นใยที่สามารถปรับอุณหภูมิร่างกายให้คงที่เมื่ออากาศเปลี่ยนแปลง การใช้เส้นใยที่สามารถดูดซับความร้อนและปล่อยออกมาเป็นรังสี Far Infrared ที่ช่วยกระตุ้นให้เลือดหมุนเวียนได้ดีขึ้น บริษัทยูนิโคล่ร่วมมือกับบริษัท โทเร ในประเทศญี่ปุ่น คิดค้นนวัตกรรม Heattech ผลิตผ้าที่บางเพียง 0.55 มิลลิเมตร ออกมาเพื่อต่อสู้ความหนาวเย็นโดยที่ผ้าชนิดนี้สามารถผลิตความร้อนได้จากความชื้นที่ระเหยออกจากร่างกายของเราแล้วเก็บกักไว้ในเส้นใยเพื่อให้ความอบอุ่นกับผิวหนังโดยไม่จำเป็นต้องใช้ผ้าหนา ๆ อีกต่อไป



ภาพที่ 4.9 เสื้อผ้าที่ใช้เทคโนโลยีนาโนซิลเวอร์

ที่มา : <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com>

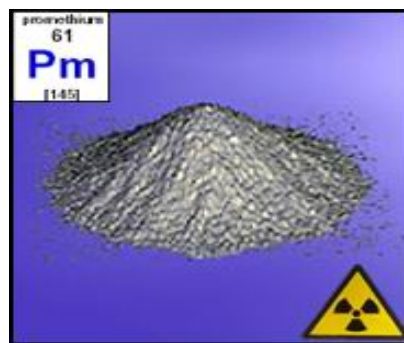
6. รีไซเคิลสินแร่หายาก (mining landfill) สินแร่หายากเป็นวัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในสินค้า Hi-tech หลายประเภทเช่นโทรทัศน์จอแบนหรือโทรศัพท์มือถือ Smart phone โดยที่จีนเป็นผู้ผลิต 97% ของโลก ขณะนี้จีนได้จำกัดการส่งออกสินแร่หายาก ซึ่งทำให้จีนได้เปรียบบริษัทต่างชาติเนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า ดังนั้นประเทศเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เป็นคู่แข่งจึงพยายามที่จะรีไซเคิลสินแร่หายากจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ นอกเหนือจากความพยายามในการหาวัตถุดิบจากแหล่งอื่น ๆ

สินแร่หายากที่นำมาใช้ในทางอุตสาหกรรมมีอยู่ 5 ประเภท คือ สแกนเดียม (Scandium) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขุดเจาะน้ำมัน โพรมีเทียม (Promethium) ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่พลังงานนิวเคลียร์ แลนทานัม (Lanthanum) ใช้ในอุตสาหกรรมภาพยนตร์และกล้องถ่ายรูป อิตเทรียม (Yttrium) ใช้ในการผลิตโทรทัศน์และเตาอบไมโครเวฟ และเพรซีโอดีเมียม (Praseodymium) ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตใยแก้วนำแสงและเครื่องยนต์ของเครื่องบิน



ภาพที่ 4.10 สแกนเดียม

ที่มา : <https://www.webelements.com>



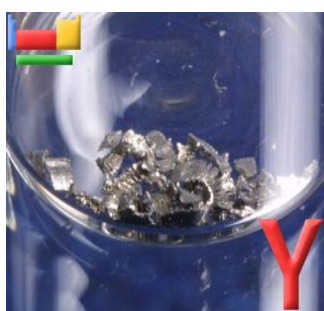
ภาพที่ 4.11 โพรมีเทียม

ที่มา : <http://elements.vanderkrogt.net>



ภาพที่ 4.12 แลนทานัม

ที่มา : <http://98a4980578083abe0fc6-26cdb33025b4deaf9c0a6e9a3953d227.r43.cf2.rackcdn.com>



ภาพที่ 4.13 อิตเทรียม

ที่มา : <http://www.rmuphysics.com>



ภาพที่ 4.14 เพรซีโอดีเมียม

ที่มา : <http://vichakarn.triamudom.ac.th>

7. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) บริษัทต่าง ๆ พยายามพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีขนาดเล็กลง ใช้งานได้หลากหลายขึ้นในรูปของฟิล์มที่ยืดหยุ่นได้ จากรูปแบบเดิมที่เป็นแผ่นแข็ง และมีราคาถูกลง เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) มีคุณภาพดีขึ้น เราจะสามารถชาร์จอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ และโทรศัพท์มือถือได้สะดวกขึ้น เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) ทำให้พื้นที่ห่างไกล มีไฟฟ้าใช้ ช่วยให้คนจำนวนมากมีชีวิตที่ดีขึ้น



ภาพ

ที่ 4.15 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

ที่มา : <http://estaticos.qdq.com>

8. อิเล็กทรอนิกส์โปร่งใส (Transparent electronics) กำลังเป็นที่นิยมอย่างมาก ในปี 2010 ตลาดของสินค้าประเภทอิเล็กทรอนิกส์โปร่งใสทั่วโลกมีมูลค่าสูงถึงเกือบ 76.4 พันล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ เราได้เห็นตัวอย่างของวัสดุประเภทนี้ในภาพยนตร์หลายเรื่อง เช่น แผ่นกระจกใสที่มีข้อความและรูปภาพปรากฏขึ้น เมื่อเปิดสวิตช์ใช้งานและเห็นการใช้ไฟ LED กับฟิล์มพลาสติกใสในรูปแบบต่าง ๆ



ภาพที่ 4.16 อิเล็กทรอนิกส์โปร่งใส
ที่มา : <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com>

กิจกรรมท้ายหน่วยที่ 4

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาเอกสารชุดการเรียนรู้หน่วยที่ 4 จบแล้ว ให้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วทำกิจกรรมการเรียนรู้หน่วยที่ 4 ในสมุดบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วจัดส่งตามที่ครูผู้สอนกำหนด

หน่วยที่ 5 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุตามหลักสะเต็มศึกษา

สาระสำคัญ

สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน

ตัวชี้วัด

1. อธิบายหลักสะเต็มศึกษาได้
2. อธิบายประโยชน์ของสะเต็มศึกษาได้
3. อธิบายหลักสะเต็มศึกษาสำหรับการประดิษฐ์วัสดุได้แล้วได้
4. นำความรู้เรื่องหลักสะเต็มศึกษาสำหรับการประดิษฐ์วัสดุได้แล้วไปใช้ได้
5. สามารถออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุได้แล้วได้

ขอบข่ายเนื้อหา

1. หลักสะเต็มศึกษา
2. หลักสะเต็มศึกษาสำหรับการประดิษฐ์จากวัสดุได้แล้ว
3. การประดิษฐ์วัสดุได้แล้ว

หน่วยที่ 5

สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุตามหลักสะเต็มศึกษา

เรื่องที่ 1. หลักสะเต็มศึกษา

ในยุคปัจจุบัน ความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นที่แต่ละประเทศต้องเรียนรู้ที่จะปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาและเตรียมพร้อมที่จะเผชิญกับความท้าทายจากกระแสโลก โดยปัจจัยสำคัญที่จะเผชิญการเปลี่ยนแปลงและความท้าทายดังกล่าว คือ คุณภาพของคน

การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนให้มีคุณภาพจึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยต้องเป็นการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพ เพื่อให้ศักยภาพที่มีอยู่ในตัวคนได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่ทำให้เป็นคนที่มีรู้จักคิดวิเคราะห์ รู้จักแก้ปัญหา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ รู้จักเรียนรู้ด้วยตนเองสามารถปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว มีคุณธรรม จริยธรรม รู้จักพึ่งตนเองและสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างเป็นสุข

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ STEM จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้เพื่อเป็นการประกันคุณภาพผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนา ศักยภาพของตนเองให้มากที่สุด

คำว่า “สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึง องค์ความรู้ วิชาการของศาสตร์ทั้งสี่ที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริงที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน คำว่า STEM ถูกใช้ ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (the National Science Foundation: NSF) ซึ่งใช้คำนี้เพื่ออ้างถึงโครงการหรือโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาไม่ได้ให้นิยามที่ชัดเจนของคำว่า STEM มีผลให้มีการใช้และให้ความหมายของคำนี้แตกต่างกันไป (Hanover Research, 2011, p.5) เช่น มีการใช้คำว่า STEM ในการอ้างอิงถึงกลุ่มอาชีพที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 10 ประการ ได้แก่ (1) เชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี สู่โลกจริง (2) การสืบเสาะหาความรู้ (3) การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (4) การสร้างสรรค์ชิ้นงาน (5) การบูรณาการเทคโนโลยี (6) การมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (7) การสร้างการยอมรับและการมีส่วนร่วมจากชุมชน (8) การสร้างการสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่น (9) การเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการ (10) การจัดการเรียนรู้ตามอัธยาศัย

จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน

STEM Education ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการจัดการเรียนรู้ ของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนผู้สอนหลายสาขาวิชาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้น ต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้ STEM Education ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนา ทักษะสำคัญในโลกยุคโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย ทั้งนี้ STEM Education เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิด ดังนี้

1.1 เป็นการบูรณาการข้ามสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ คณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามา ผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

- **วิทยาศาสตร์ (S)** เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจใน ธรรมชาติ โดยนักการศึกษา มักชี้แนะให้อาจารย์ ผู้สอนผู้สอนใช้ วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ เหมาะกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับ ผู้เรียน ระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้ลึก ทำทหายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ ในระดับขั้นที่สูงขึ้นและประสบ ความสำเร็จในการเรียน

- **เทคโนโลยี (T)** เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการ แก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนา สิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับ กระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่ เข้าใจ

- **วิศวกรรมศาสตร์ (E)** เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิด สร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตผู้เรียนโดยใช้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งคน ส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการ ศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถ เรียนได้ดีเช่นกัน

- **คณิตศาสตร์ (M)** เป็นวิชาที่มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับ องค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบการจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูปและการบอกรูปร่างและ คุณสมบัติ ประการที่สอง ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิด หรือความเข้าใจ ความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิด คณิตศาสตร์ ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรม ในชีวิตประจำวัน

1.2 เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดการเรียนรู้ได้ในทุกระดับ โดยใช้วิธีการเรียนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ พัฒนาชิ้นงานได้ดี

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education นอกจากจะเป็นการบูรณาการวิชาทั้ง 4 สาขา ดังที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังเป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context Integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอีกด้วย ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้น ๆ และสามารถนำไป ใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสการทำงาน การเพิ่มมูลค่า และสามารถสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศ ด้านเศรษฐกิจได้

1.3 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคนให้มี คุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

- **ด้านปัญญา** ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา
- **ด้านทักษะการคิด** ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ ฯลฯ
- **ด้านคุณลักษณะ** ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่มทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

เรื่องที่ 2 หลักสูตรเสริมศึกษาสำหรับการประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้ว

ทุกวันนี้ปัญหาเรื่องการจัดการขยะนับเป็นปัญหาระดับชาติ การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่ได้ยืนกันอย่างแพร่หลายมากขึ้นเรื่อย ๆ หลายท่านคงกำลังครุ่นคิดว่า จะทำให้อย่างไรให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงสนับสนุนซึ่งกันและกัน และเชื่อมโยงการเรียนรู้สู่การแก้ปัญหาจริงเรื่องขยะได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับการจัดการกับวัสดุใช้แล้ว ทำได้หลากหลายแนวทาง บางอย่างเป็นการเปลี่ยนแปลงง่าย ๆ ทุกคนสามารถทำได้ด้วยตัวเอง ส่วนบางแนวทางต้องการ “แนวร่วม” สนับสนุนที่กว้างขวางขึ้น เช่น การทำงานร่วมกันระหว่างผู้สอนกับนักเรียน การทำงานร่วมกันทั้งโรงเรียน หรือแม้กระทั่งการดำเนินการร่วมกันกับชุมชน หรือสถาบันการศึกษาท้องถิ่น

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาสำหรับการประดิษฐ์วัสดุใช้แล้ว เป็นส่วนหนึ่งของวิธีการหลากหลายที่จะจัดการกับวัสดุใช้แล้ว ซึ่งมีแนวทางดังนี้

1. เชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี สู่โลกจริง

หลายท่านน่าจะทำอยู่แล้วอย่างสม่ำเสมอ เพราะในชีวิตประจำวันเรามีการใช้วัสดุต่างอยู่เสมอตลอดจนมีการบริหารจัดการวัสดุนั้นอย่างมีประสิทธิภาพ เพียงมองเห็นว่าแนวคิดหลัก หรือกระบวนการที่เรารู้จักนั้น สามารถเกิดขึ้นได้ในธรรมชาติ ใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตจริง ก็เป็นก้าวแรกสู่การบูรณาการความรู้สู่การเรียนรู้ที่มีความหมาย เพราะปรากฏการณ์หรือประดิษฐ์กรรมใดๆ รอบตัวเรา ไม่ได้เป็นผลของความรู้จากศาสตร์หนึ่งศาสตร์ใดเพียงศาสตร์เดียว การประยุกต์ความรู้ง่าย ๆ เช่น การคำนวณพื้นที่ของแกนหมุนกระดาดชำระ เชื่อมโยงสู่ความรู้ความสงสัยด้านวัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีการผลิต และการใช้กระบวนการทางวิศวกรรมวิเคราะห์ปัญหาและสร้างสรรค์วิธีแก้ไขได้อย่างหลากหลายจนน่าแปลกใจ

2. การสืบเสาะหาความรู้

การเรียนรู้สะเต็มศึกษาสำหรับการประดิษฐ์วัสดุใช้แล้ว โดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาประเด็นปัญหา หรือตั้งคำถามซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับตนเองหรือชุมชน เช่น ในชุมชนมีการใช้ขวดน้ำพลาสติกจำนวนมากจนเกิดปัญหาขยะ ผู้เรียนนำประเด็นปัญหา ไปสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง โดยการรวบรวมประจักษ์พยานหลักฐานที่เกี่ยวข้อง สืบสารแนวคิดและเหตุผล เปรียบเทียบแนวคิดต่าง ๆ โดยพิจารณาความหนักแน่นของหลักฐาน ก่อนการตัดสินใจไปในทางใดทางหนึ่งนับเป็นกระบวนการเรียนรู้สำคัญที่ไม่เพียงแต่สนับสนุนการเรียนรู้ในประเด็นที่ศึกษาเท่านั้น แต่ยังเป็นช่องทางให้มีการบูรณาการความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา นับเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนจุดเน้นของสะเต็มศึกษาสำหรับการประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วได้เป็นอย่างดี

3. การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

การทำโครงงานเป็นการสืบเสาะหาความรู้ในรูปแบบหนึ่ง แต่ผู้เขียนได้แยกโครงงานออกมาเป็นหัวข้อเฉพาะ เนื่องจากเป็นแนวทางที่สามารถส่งเสริมการบูรณาการความรู้สู่การแก้ปัญหาได้ชัดเจน การสืบเสาะหาความรู้บางครั้งผู้สอนเป็นผู้กำหนดประเด็นปัญหา หรือให้ข้อมูลสำหรับศึกษาวิเคราะห์ หรือกำหนดวิธีการในการสำรวจตรวจสอบ ตามข้อจำกัดของเวลาเรียน วัสดุอุปกรณ์ หรือปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ แต่การทำโครงงานนั้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้สำคัญในทุกขั้นตอนด้วยตนเอง ตั้งแต่การกำหนดปัญหา ศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการรวบรวมข้อมูล ดำเนินการ ลงข้อสรุป และสื่อสารสิ่งที่ค้นพบ (บางครั้งผู้สอนอาจกำหนดกรอบกว้าง ๆ เช่น ให้ทำโครงงานเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้ว โครงงานเกี่ยวกับการใช้คณิตศาสตร์ในวัสดุใช้แล้วของชุมชน เป็นต้น) โครงงานในรูปแบบสิ่งประดิษฐ์จะมีการบูรณาการกระบวนการทางวิศวกรรมได้อย่างโดดเด่น

4. การสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ประสบการณ์การทำชิ้นงาน สร้างทักษะการคิด การออกแบบ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งชิ้นงานที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกวัสดุใช้แล้ว และคิดอย่างอิสระและสร้างสรรค์ การประดิษฐ์ชิ้นงานเหล่านี้จากเศษวัสดุใช้แล้วประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ อย่างไม่รู้ตัวบางครั้งอาจจัดให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดว่าได้เกิดประสบการณ์หรือเรียนรู้อะไรบ้างจากงานที่มอบหมายให้ทำ เพราะเป้าหมายของการเรียนรู้อยู่ที่กระบวนการทำงานด้วยเช่นกัน หากผู้เรียนมองเพียงเป้าหมายชิ้นงานที่สำเร็จอย่างเดียวอาจไม่ตระหนักว่าตนเองได้เรียนรู้บทเรียนสำคัญมากมายระหว่างทางและมีส่วนหรือบทบาทในการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมอีกด้วย

5. การบูรณาการเทคโนโลยี

เพียงบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมสู่กระบวนการประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้ว ก็ถือว่าได้ก้าวเข้าใกล้เป้าหมายการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอีกก้าวหนึ่งแล้ว เทคโนโลยีที่สามารถใช้ประโยชน์ในปัจจุบันนี้ได้ตั้งแต่การสืบค้นข้อมูลลักษณะต่าง ๆ การบันทึกและนำเสนอข้อมูลด้วยภาพนิ่ง วิดิทัศน์ และมัลติมีเดีย การใช้อุปกรณ์ sensor/data logger บันทึกข้อมูลในการสำรวจตรวจสอบ การใช้ซอฟต์แวร์จัดการกระทำ วิเคราะห์ข้อมูล และเทคโนโลยีอื่นๆ อีกมากมาย การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีเหล่านี้ กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้ประยุกต์ใช้ความรู้ แก้ปัญหา และทำงานร่วมกัน รวมทั้งสร้างทักษะสำคัญในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพต่อไปในอนาคตด้วย

6. การมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพัฒนาพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี ยกตัวอย่างทักษะการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ตามกรอบแนวคิดของ Partnership for 21st Century Skills ที่ครอบคลุม 4C คือ Critical Thinking (การคิดเชิงวิพากษ์) Communication (การสื่อสาร) Collaboration (การทำงานร่วมกัน) และ Creativity (การคิดสร้างสรรค์) จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบโครงงาน หรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานจากวัสดุใช้แล้วที่กล่าวถึงข้างต้นนั้นสามารถสร้างเสริมทักษะเหล่านี้ได้มากอย่างไรก็ตามในบริบทของสถานศึกษาทั่วไป ผู้สอนอาจไม่สามารถให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการทำโครงงาน หรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานเท่านั้น ดังนั้นในบทเรียนอื่น ๆ ถ้าผู้สอนมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในทุกโอกาสที่เอื้ออำนวย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ทำงานร่วมกัน เรียนรู้การหาที่ดี (ฝึกคิดเชิงวิพากษ์) หาที่ชมหรือเสนอวิธีการใหม่ (ฝึกคิดเชิงสร้างสรรค์) ก็นับว่าผู้สอนจัดการเรียนการสอนเข้าใกล้แนวคิดสะเต็มศึกษามากขึ้นตามสภาพจริงของชั้นเรียน

7. การสร้างการยอมรับและการมีส่วนร่วมจากชุมชน

ผู้สอนหลายท่านอาจเคยมีประสบการณ์กับผู้ปกครองที่ไม่เข้าใจแนวคิดการศึกษาที่พัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนเต็มคน แต่มุ่งหวังให้สอนเพียงเนื้อหา อยากให้ผู้สอนสร้างเด็กที่สอบเรียนต่อได้ แต่อาจใช้ชีวิตไม่ได้ในสังคมจริงของการเรียนรู้และการทำงาน เมื่อผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนสืบค้น สร้างชิ้นงาน หรือทำโครงงานผู้ปกครองไม่ให้การสนับสนุน หรืออีกด้านหนึ่งผู้ปกครองรับหน้าที่ทำให้ทุกอย่าง อย่างไรก็ตามหวังว่าผู้ปกครองทุกคนจะไม่เป็นไปตามที่กล่าวข้างต้น ผลงานจากความสามารถของเด็ก เป็นอาวุธสำคัญที่ผู้สอนจะนำมาเผยแพร่จัดแสดงเพื่อชนะใจผู้ปกครองและชุมชนให้ให้การสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนสามารถนำผู้เรียนไปศึกษาในแหล่งเรียนรู้ของชุมชน สืบหาสิ่งแวดลอมธรรมชาติในท้องถิ่น ศึกษาและรายงานสภาพมลพิษหรือการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่ให้ชุมชนรับทราบ ตลอดจนศึกษาและแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ในชุมชน กิจกรรมการเรียนรู้เหล่านี้ เกิดประโยชน์สำหรับนักเรียนเอง อาจเป็นประโยชน์สำหรับชุมชน และสามารถสร้างการมีส่วนร่วม ความภาคภูมิใจ และที่สำคัญอย่างยิ่งคือความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมรับผิดชอบคุณภาพการจัดการศึกษาในท้องถิ่นตัวเองให้เกิดขึ้นได้

8. การสร้างการสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่น

การให้ผู้เรียนได้ศึกษาปัญหาปลายเปิดตามความสนใจของตนเองในลักษณะโครงการ ตลอดจนการเชื่อมโยงการเรียนรู้สู่การใช้ประโยชน์ในบริบทจริงนั้น บางครั้งนำไปสู่คำถามที่ซับซ้อนจนต้องอาศัยความรู้ความชำนาญเฉพาะทาง ผู้สอนไม่ควรกลัวจะยอมรับกับผู้เรียนว่าผู้สอนไม่รู้คำตอบ หรือผู้สอนช่วยไม่ได้ แต่ควรใช้เครือข่ายที่มีเชื่อมโยงให้ผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่นมาช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน เครือข่ายดังกล่าวอาจเป็นได้ทั้ง ศิษย์เก่า ผู้ปกครอง ราษฎรชาวบ้าน เจ้าหน้าที่รัฐ หรืออาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาในท้องถิ่น ผู้สอนสามารถเชิญวิทยากรภายนอกมาบรรยายหรือสาธิตในบางหัวข้อ หรือใช้เทคโนโลยี เช่น การประชุมผ่านวิดีโอเทป เอื้ออำนวยให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถพูดคุย ให้ความคิดเห็น หรือวิพากษ์ผลงานของผู้เรียน เป็นต้น

9. การเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการ (informal learning)

ทุกคนชอบความสนุกสนาน หากเราจำกัดความสนุกไม่ให้เกิดถ้ากรายใกล้ห้องเรียน ความสุขคงอยู่ห่างไกลจากผู้สอนและจากผู้เรียนไปเรื่อย ๆ แต่จะบูรณาการความสนุกสู่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผ่านกระบวนการประดิษฐ์สิ่งของจากเศษวัสดุใช้แล้วเป็นการแก้ปัญหาได้อย่างไร ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของผู้สอนในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ท้าทาย เพลิดเพลิน ให้การเรียนรู้เหมือนเป็นการเล่น แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องสร้างความรู้และความสามารถตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรด้วย การเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการที่ได้รับความนิยม คือ การจัดกิจกรรมค่าย การเรียนรู้จากบทปฏิบัติการ หรือการประกวดแข่งขัน กิจกรรมเหล่านี้เป็นโอกาสที่จะสร้างการมีส่วนร่วมจากชุมชน เช่น อาจเชิญผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่นเป็นวิทยากรในค่าย เป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ หรือให้การสนับสนุนของรางวัล

10. การเรียนรู้ตามอัธยาศัย (non-formal learning)

เมื่อผู้สอนได้ดำเนินการ 9 ข้อข้างต้นแล้ว อาจมองออกนอกสถานศึกษา สร้างนิสัยการเรียนรู้ตลอดชีวิต ให้เป็นวัฒนธรรมของชุมชน ร่วมกันสร้างแหล่งเรียนรู้ด้านสะเต็มในห้องถิ่น เช่น เข้าค่ายวิทยาศาสตร์ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา หรือประยุกต์ความรู้สะเต็มเพื่อสนับสนุนแหล่งเรียนรู้วิถีชุมชน เช่น ส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมนำเสนอข้อมูลภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ และวัฒนธรรมในชุมชนสร้างหอเกียรติยศสะเต็มของหมู่บ้าน เพื่อนำเสนอเรื่องราวการใช้ความรู้สะเต็มในการพัฒนาอาชีพและพัฒนาคุณภาพชีวิต เช่น ผลงานด้านการเกษตร ด้านสาธารณสุข ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เป็นต้น

การส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับการประดิษฐ์วัสดุใช้แล้ว เป็นความพยายามจากหลากหลายภาคส่วนในการขับเคลื่อนการจัดการศึกษา ให้พร้อมสำหรับการดำรงชีวิต ด้วยความรู้ความเข้าใจในความงามและคุณค่าของธรรมชาติ ด้วยความสามารถในการสร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบด้วยกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม และการใช้ศักยภาพของเทคโนโลยีสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

เรื่องที่ 3 การประดิษฐ์วัสดุใช้แล้ว

3.1 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทอิเล็กทรอนิกส์

สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการนำขยะที่เป็นเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ที่ทิ้งแล้ว เช่นเครื่องคอมพิวเตอร์และวัสดุคอมพิวเตอร์เก่ามาดัดแปลงเป็นของใช้ ได้แก่ CD/DVD มาทำเป็นของใช้จุ๊กจิกน่ารักสำหรับวางตกแต่งเพิ่มความสวยงามของสถานที่ต่าง ๆ การนำแผ่นซีดีมาประดิษฐ์เป็นนาฬิกา ที่รองแก้ว เครื่องประดับ ชั้นวางของ จุกจิก และอื่น ๆ การนำแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ (คีย์บอร์ด) เอาเฉพาะตัวอักษรมาเขียนสีตัวอักษรให้ชัดแล้วนำมาติดร้อยเรียงกันทำเป็นพวงกุญแจ การนำหลอดไฟนีออนกลมมาทำ ความสะอาดเอาไส้หลอดออกแล้วนำมาเป็นแจกันปลูกต้นไม้ประดับภายในอาคาร โทรทัศน์เก่า นำมาทำเป็นที่นอนสัตว์เลื้อย หรือตุ๊กตา เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการป้องกันขยะอิเล็กทรอนิกส์ ไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และลดความเสี่ยงและผลกระทบจากปริมาณขยะ นอกจากนี้แล้ว ยังเป็นการสร้างงานสร้างรายได้ให้กับผู้ที่คิดค้นประดิษฐ์สิ่งของต่าง ๆ ออกจำหน่ายอีกด้วย



ภาพที่ 5.1 เศษวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกนำมาประดิษฐ์เป็นของใช้ต่าง ๆ

ที่มา : <http://www.manager.co.th>



ภาพที่ 5.2

หลอดไฟประดิษฐ์เป็นแจกัน

ที่มา : <http://www.manager.co.th>



ภาพที่ 5.3 จอคอมพิวเตอร์

ประดิษฐ์เป็นที่นอนสัตว์เลื้อย

ที่มา : <http://www.creativemove.com>



ภาพที่ 5.4

ตุ๊กตาจากโทรทัศน์เก่า

ที่มา : <http://www.homedd4u.com>

ข้อควรระวังในสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทอิเล็กทรอนิกส์

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนใหญ่มีสารอันตรายที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ ได้แก่ สารตะกั่ว สารปรอท คลอรีน แคดเมียม โบรมีน ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ดังนั้น ก่อนการประดิษฐ์ควรศึกษาหาข้อมูลและวิธีการทำที่ถูกต้องเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากสารพิษ

3.2 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทเศษเหล็ก

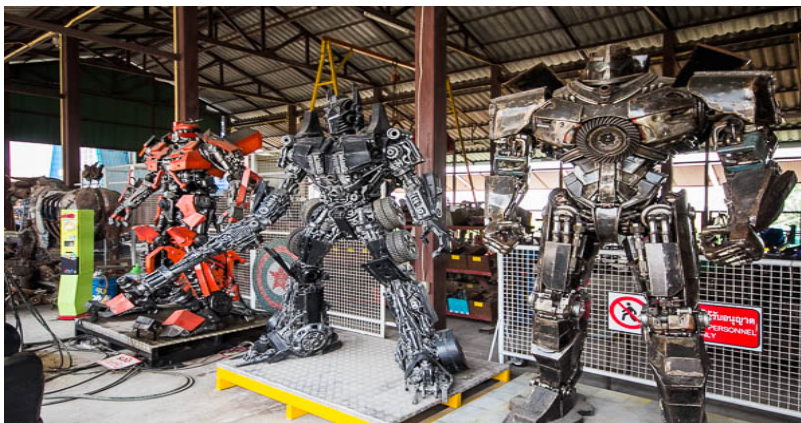
สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทเศษเหล็ก เป็นการนำเศษเหล็กชิ้นเล็กชิ้นน้อยมาปะติดปะต่อกันเกิดเป็นรูปร่างใหม่ อาจเป็นของใช้หรืองานศิลปะ งานประติมากรรม แล้วแต่ผู้ประดิษฐ์จะคิดค้นหรือสร้างสรรค์ นำเศษเหล็กเหล่านั้นมาออกแบบ แล้วเชื่อมต่อกันเป็นรูปร่างตามที่ออกแบบไว้ หรือตามประโยชน์ที่ต้องการใช้สอย ตัวอย่างเช่น การนำท่อน้ำประปาที่เป็นท่อเหล็กมาทำเป็นขาตั้งของโคมไฟ การทำเศษเหล็กหลายรูปแบบมาเชื่อมต่อกันเป็นรูปร่างงานประติมากรรม เช่น หุ่นยนต์ สัตว์ต่าง ๆ เป็นต้น นำเศษเหล็กมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์รูปแบบต่าง ๆ



ภาพที่ 5.5 เศษเหล็กท่อน้ำนำมาประดิษฐ์เป็นขาตั้งโคมไฟ
ที่มา : <http://www.houzzmate.com>



ภาพที่ 5.6 เศษเหล็กหลายประเภทนำมาประดิษฐ์เป็นงานประติมากรรม
ที่มา : <http://www.nana108.com>



ภาพที่ 5.7 เศษเหล็กประดิษฐ์เป็นหุ่นยนต์สร้างงานสร้างอาชีพให้แก่ผู้ประดิษฐ์
แหล่งผลิตหุ่นเหล็กยักษ์ส่งออก บ้านหุ่นเหล็ก จังหวัดอ่างทอง
ที่มา : <http://www.thailovetrip.com>



ภาพที่ 5.8 เศษเหล็กประดิษฐ์เป็นโต๊ะเก้าอี้
ที่มา : <http://www.manager.co.th>

ข้อควรระวัง ในการประดิษฐ์เศษเหล็กนั้น ผู้ประดิษฐ์ควรมีความรู้เรื่อง การเชื่อมเหล็ก และควรรู้จักการป้องกันเศษเหล็กหรือไฟจากการเชื่อมเหล็กเข้าตา ควรระวัง ไม่ให้เศษเหล็กบาดมือหรือส่วนต่าง ๆ ของร่างกายซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคบาดทะยัก

3.3 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทยางรถยนต์

สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทยางรถยนต์ เป็นการนำยางรถยนต์เก่า โดยเฉพาะยางนอกนำมาดัดแปลงตกแต่งเป็นข้าวของเครื่องใช้และงานศิลปะต่าง ๆ เช่น ที่นอน สัตว์เลี้ยง บ่อเลี้ยงปลา เฟอร์นิเจอร์ กระถางต้นไม้ รูปสัตว์สำหรับตกแต่งสวนหรือบ้านเรือน ถึงขยะ และอีกมาก ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและยังช่วยให้ผู้ที่คิดค้นประดิษฐ์สามารถ มีรายได้จากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากยางรถยนต์อีกด้วย



ภาพที่ 5.9

ยางรถยนต์ประดิษฐ์เป็นที่นอนสัตว์เลี้ยง
ที่มา : <https://www.iurban.in.th>



ภาพที่ 5.10

ยางรถยนต์ประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้



ภาพที่ 5.11

ยางรถยนต์ประดิษฐ์เป็น
เฟอร์นิเจอร์



ภาพที่ 5.12

ยางรถยนต์ประดิษฐ์
เป็นสนามเด็กเล่น



ภาพที่ 5.13

ยางรถยนต์ประดิษฐ์
เป็นกรอบกระจก

ที่มา : <http://www.banidea.com>

3.4 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทอลูมิเนียม

สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทอลูมิเนียม เป็นการนำเอาขยะที่เป็นกระป๋องอลูมิเนียม หรือฝาเปิดกระป๋อง นำมาประดิษฐ์ดัดแปลงใช้ประโยชน์ และจำหน่ายเป็นรายได้ ได้แก่ นำมาประดิษฐ์เป็นโคมไฟ ที่เก็บของรูปแบบต่าง ๆ เคสโทรศัพท์มือถือ กระเป๋า กระถางปลูกต้นไม้ เป็นต้น



ภาพที่ 5.14 กระป๋องประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้



ภาพที่ 5.15 ที่เก็บของจากกระป๋องเก่า

ที่มา : <http://www.banidea.com>



ภาพที่ 5.16 ฝาเปิดกระป๋องประดิษฐ์เป็นโคมไฟ

ที่มา : <http://www.banidea.com>



ภาพที่ 5.17 ฝาเปิดกระป๋องประดิษฐ์เป็นเครื่องประดับ

ที่มา : <http://women.kapook.com>

ข้อควรระวัง

ในการนำเศษอลูมิเนียมหรือกระป๋อง หรือฝาเปิดกระป๋อง มาทำงานประดิษฐ์นั้น ควรระมัดระวังไม่ให้บาดมือ หรือเศษผงของอลูมิเนียมเข้าตา ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

3.5 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทขวดน้ำพลาสติก

สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทขวดน้ำพลาสติก ขวดน้ำพลาสติกมีหลายประเภทเช่นขวดน้ำดื่มแบบอ่อนใส และแบบขาวขุ่น ขวดบรรจุภัณฑ์พลาสติกแข็งสามารถนำกลับมาสร้างสรรค์เป็นงานประดิษฐ์ที่ใช้ประโยชน์ได้จริงอีกครั้ง และสามารถสร้างงาน สร้างอาชีพให้แก่ผู้คิดค้นประดิษฐ์ได้อีกทางหนึ่งด้วย ตัวอย่าง เช่น การนำมาประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้ โคมไฟ ม่านบังตา โรงเรือนเพาะปลูก โต๊ะ เก้าอี้ ชั้นเก็บของ และอื่น ๆ อีกมาก

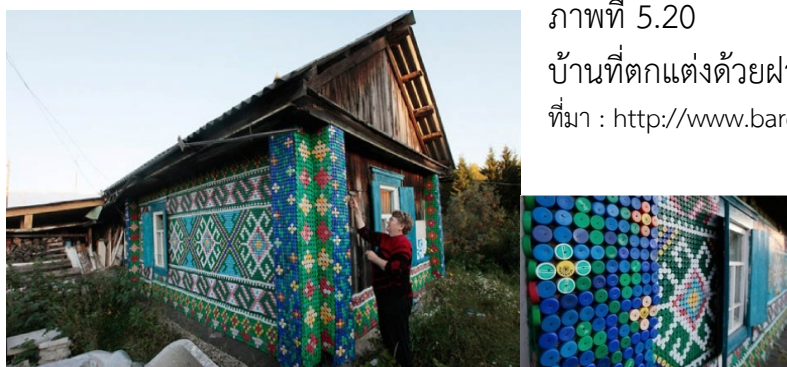


ภาพที่ 5.18 ขวดพลาสติกประดิษฐ์เป็นม่านบังตา โคมไฟ และโรงเรือนเพาะชำ



ภาพที่ 5-19 ขวดพลาสติกประดิษฐ์เป็นรั้วบ้าน และลิ้นชักเก็บของในบ้าน

ที่มา : <http://www.nonvisual.com>



ภาพที่ 5.20

บ้านที่ตกแต่งด้วยฝาขวดน้ำดื่มพลาสติก

ที่มา : <http://www.bareo-isys.com>

3.6 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทเศษผ้า

สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทเศษผ้า เป็นการนำเศษผ้าที่เหลือจากการตัดเย็บเสื้อผ้า หรือเสื้อผ้าเก่าที่ไม่ใช้มาดัดแปลงเป็นของใช้ต่าง ๆ เช่น พรมเช็ดเท้า ผ้ารองครก ผ้าห่ม ตุ๊กตา ของที่ระลึก เบาะรองนั่ง เป็นต้น



ภาพที่ 5.21 เบาะรองนั่งจากเศษผ้า



ภาพที่ 5.22 กระถางต้นไม้จากเศษผ้า

ที่มา : <http://p-dit.com>



ภาพที่ 5.23 พรมเช็ดเท้าจากเสื้อผ้าเก่า



ภาพที่ 5.24 หมอนอิงจากกางเกงยีนส์เก่า

ที่มา : <http://home.kapook.com>



ภาพที่ 5.25 พวงกุญแจจากเศษผ้า

ที่มา : <https://sites.google.com>

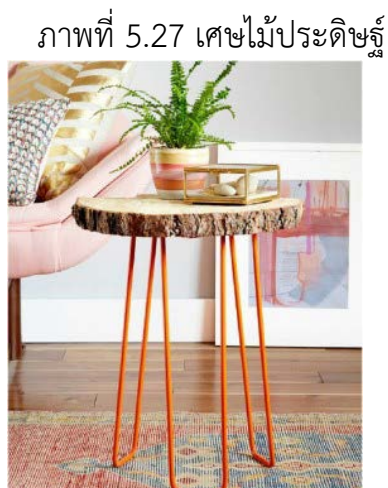


ภาพที่ 5.26 ตุ๊กตาจากเศษผ้า

ที่มา : <http://www.ladysquare.com>

3.7 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทเศษไม้

สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทเศษไม้ เป็นการนำเอาเศษไม้ที่เหลือใช้จากงานก่อสร้าง หรือจากกิ่งไม้เก่า หรือจากจุกเครื่องมือตีมาประดิษฐ์ด้วยความคิดสร้างสรรค์ ประดิษฐ์เป็นของใช้ใหม่ ๆ เช่น โต๊ะเก้าอี้จากเศษไม้เก่า กรอบรูปหรือกรอบกระจก ชั้นวางของ ตุ๊กตา เป็นต้น



ภาพที่ 5.27 เศษไม้ประดิษฐ์

เป็นเครื่องใช้ประดับตกแต่งบ้าน

ที่มา : <http://www.diy-knight.com>

3.8 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทกระดาษ

สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทกระดาษ เป็นการนำกระดาษประเภทต่าง ๆ เช่น กระดาษเอกสาร การดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษนิตยสาร กระดาษรังไข่ กระดาษกล่องบรรจุภัณฑ์ นำมาประดิษฐ์ดัดแปลงเป็นของใช้ใหม่เพิ่มมูลค่า เป็นของใช้ใหม่ในครัวเรือน ลดรายจ่ายและยังเป็นสินค้าสร้างรายได้สร้างอาชีพได้ เช่น ทำเปเปอร์มาเช่ ทำดอกไม้ สารเป็นตะกร้า โคมไฟ กรอบรูป โต๊ะเก้าอี้ และเครื่องประดับ เป็นต้น



ภาพที่ 5.28 กระดาษประเภทต่าง ๆ ประดิษฐ์เป็นของใช้ในบ้านและสินค้าเพื่อจำหน่าย

ที่มา : <https://www.iurban.in.th>



ภาพที่ 5.29 งานประดิษฐ์เปเปอร์มาเช่จากกระดาษ
ที่มา : <http://www.kruwichan.com>

3.9 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทถุงพลาสติก

สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทถุงพลาสติก เป็นการนำถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุสิ่งของจากห้างร้านต่างหรือร้านค้าต่าง ๆ มาทำความสะอาดให้แห้ง หรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่า ถุงกอบแก็บ หรือก๊อบแก็บ นำมาตัดแล้วมัดต่อกันยาวเป็นเส้นเชือก แล้วนำมาถักเป็นสิ่งของเครื่องใช้ ได้แก่ ที่นอนฟูก กระเป๋า ที่รองจาน ที่รองแก้ว ไม้แขวนเสื้อ ถุงเท้า ที่ใช้ของจุ๊กจิก ตามแต่ความคิดสร้างสรรค์ของผู้ประดิษฐ์



ภาพที่ 5.30 ถุงพลาสติกที่นำมาประดิษฐ์เป็นที่รองภาชนะ และใส่ของจุ๊กจิก
ที่มา : <http://joobbox.exteen.com>



ภาพที่ 5.31 พูกที่ถักจากถุงพลาสติก
ที่มา : <http://www.posttoday.com>



ภาพที่ 5.32 รองเท้าที่ถักจากถุงพลาสติก
ที่มา : <http://www.jeab.com>



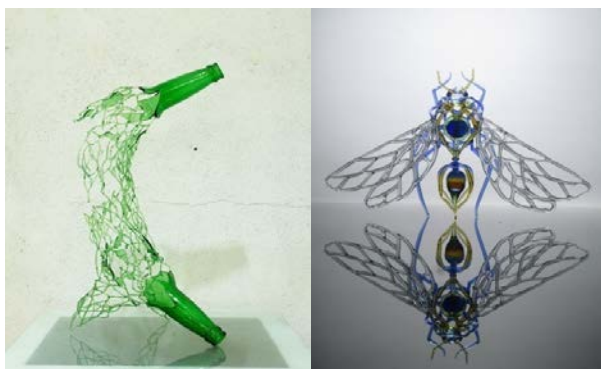
ภาพที่ 5.33 กระเป๋าที่ถักจากถุงพลาสติก
ที่มา : <http://p-dit.com>



ภาพที่ 5.34 ดอกไม้ประดิษฐ์จากถุงพลาสติก
ที่มา : <http://www.jeab.com>

3.10 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุใช้แล้วประเภทขวดแก้ว

การประดิษฐ์ขวดแก้ว เป็นการนำขวดแก้วเครื่องดื่ม หรือเครื่องปรุงต่าง ๆ นำกลับมาใช้ใหม่โดยอาจจะประดิษฐ์เปลี่ยนรูปร่าง หรืออาจคงรูปร่างเดิมไว้แต่นำไปใช้ประโยชน์แบบใหม่ เช่น การนำประดิษฐ์เป็นงานศิลปะต่าง ๆ การนำมาทำเป็นโคมไฟ การนำไปทำเป็นกำแพงรั้วสวนหรือรั้วบ้าน การนำไปประกอบตกแต่งฝาผนังบ้านเพื่อเพิ่มแสงสว่าง แทนบล็อกลูกแก้วในการก่อสร้างบ้านเรือน และอื่น ๆ อีกมาก



ภาพที่ 8.35 งานศิลปะจากขวดแก้ว

ที่มา : <http://www.greenintrend.com>



ภาพที่ 8.36 โคมไฟจากขวดแก้ว

ที่มา : <https://pinperty.com>



ภาพที่ 8.37 ขวดแก้วใช้ประดับตกแต่งผนัง

บ้านเพิ่มแสงสว่างแทนบล็อกแก้ว

ที่มา : <http://www.designrulz.com>



ภาพที่ 8.38 ร้วสวนจากขวดแก้ว

ที่มา : <https://benefitsofbeingfit.wordpress.com>

จากตัวอย่างข้างต้น ยังมีขยะอีกหลายประเภทที่สามารถนำมาประดิษฐ์ได้ เช่น โฟมจากห่อบรรจุภัณฑ์ หรือโฟมบรรจุอาหาร เป็นต้น ซึ่งสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสือที่มีจำหน่ายตามร้านขายหนังสือและจากเว็บไซต์ต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าการคัดแยกขยะมีประโยชน์และความจำเป็นอย่างมากในการลดปริมาณขยะ นอกจากจะขายเป็นเศษขยะได้แล้ว ยังนำมาดัดแปลงตกแต่ง เป็นข้าวของเครื่องใช้ หรือสินค้าใหม่ ลดรายจ่าย เพิ่มรายได้ให้กับครอบครัว และหากรวมกลุ่มกันทำก็จะเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนด้วย

กิจกรรมท้ายหน่วยที่ 5

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาเอกสารชุดการเรียนรู้หน่วยที่ 5 จบแล้ว ให้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วทำกิจกรรมการเรียนรู้หน่วยที่ 5 ในสมุดบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วจัดส่งตามที่ครูผู้สอนกำหนด

หน่วยที่ 6 เทคโนโลยีการกำจัดวัสดุ

สาระสำคัญ

1. การเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งเป็นการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้ง เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมสามารถกำจัดของเสียที่มาจากการรักษาพยาบาลและของเสียที่มีพิษได้ ดีกว่าการกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งโดยวิธีฝังกลบและอาจนำส่วนที่เหลือนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ ผลกระทบทางระบบนิเวศก็น้อยกว่า

2. ความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งนับวันจะมีปริมาณลดน้อยลงและมีราคาสูงขึ้น เศษวัสดุเหลือทิ้งเป็นอีก ทางเลือกหนึ่งด้านการผลิตพลังงาน เพราะเศษวัสดุเหลือทิ้ง มีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้เพื่อผลิตพลังงานได้ ทั้งนี้ เนื่องจากมีปริมาณมาก และไม่ต้องซื้อหาแต่ในปัจจุบันมีการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งมาผลิต เป็นพลังงานน้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานทดแทนด้านอื่น ๆ

ตัวชี้วัด

1. อธิบายเทคโนโลยีการกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งด้วยการเผาได้
2. นำความรู้เรื่องเทคโนโลยีการกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งด้วยการเผาไปใช้ได้
3. อธิบายการผลิตพลังงานจากเศษวัสดุเหลือทิ้งได้
4. นำความรู้เรื่องการผลิตพลังงานจากเศษวัสดุเหลือทิ้งไปใช้ได้

ข้อข่ายเนื้อหา

1. เทคโนโลยีการกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งด้วยการเผา
2. การผลิตพลังงานจากเศษวัสดุเหลือทิ้ง

หน่วยที่ 6 เทคโนโลยีการจัดวัสดุ

เรื่องที่ 1 เทคโนโลยีการจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งด้วยการเผา

1. เทคโนโลยีเตาเผาที่ใช้กันอยู่ปัจจุบัน

เทคโนโลยีเตาเผา หรือ Incineration คือ การเผาไหม้มูลฝอยกับอากาศเพื่อเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ที่ให้ความร้อนและอุณหภูมิเพื่อทำลายมวลและปริมาตรของมูลฝอย การเผาไหม้เกิดขึ้นในเตาเผาที่ได้มีการ ออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้เข้ากับลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย คือ อัตราความชื้นสูง และมีค่าความร้อนที่แปรผันได้ การเผาไหม้จะต้องมีการควบคุมที่ดีเพื่อจะป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษและการรบกวนต่อสภาพแวดล้อม เช่น ก๊าซพิษ เขม่า กลิ่น เป็นต้น ก๊าซซึ่งเกิดจากการเผาไหม้จะได้รับการกำจัดเขม่าและอนุภาคตามที่กฎหมาย ควบคุม ก่อนที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ ชี๊ไถ่ซึ่งเหลือจากการเผาไหม้ ซึ่งมีปริมาตรประมาณร้อยละ 10 และน้ำหนักประมาณร้อยละ 25 ถึง 30 ของขยะที่ส่งเข้าเตาเผา สามารถนำไปฝังกลบหรือใช้เป็นวัสดุปูพื้นสำหรับ การสร้างถนน ส่วนชี๊ไถ่ที่มีส่วนประกอบของโลหะ อาจถูกนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนั้นในบางพื้นที่ที่มี ปริมาณขยะมูลฝอยอยู่มาก สามารถที่จะนำพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มาใช้ในการผลิตไอน้ำ หรือ ทำน้ำร้อน หรือผลิตกระแสไฟฟ้าได้

หัวใจของโรงเผามูลฝอยคือระบบการเผาไหม้ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบบการเผาไหม้มวล (Mass Burn System) ซึ่งหมายถึง การเผาทำลายมูลฝอยในสภาพที่รับเข้ามาโดยไม่ต้องมี กระบวนการจัดการเบื้องต้นก่อน
2. ระบบที่มีการจัดการเบื้องต้น (Burning of Preheated and Homogenized Waste) หมายถึง ระบบการเผาไหม้มวลเป็นการเผาไหม้มูลฝอยที่มีองค์ประกอบที่หลากหลายโดยไม่ต้องมีการจัดการเบื้องต้นก่อน

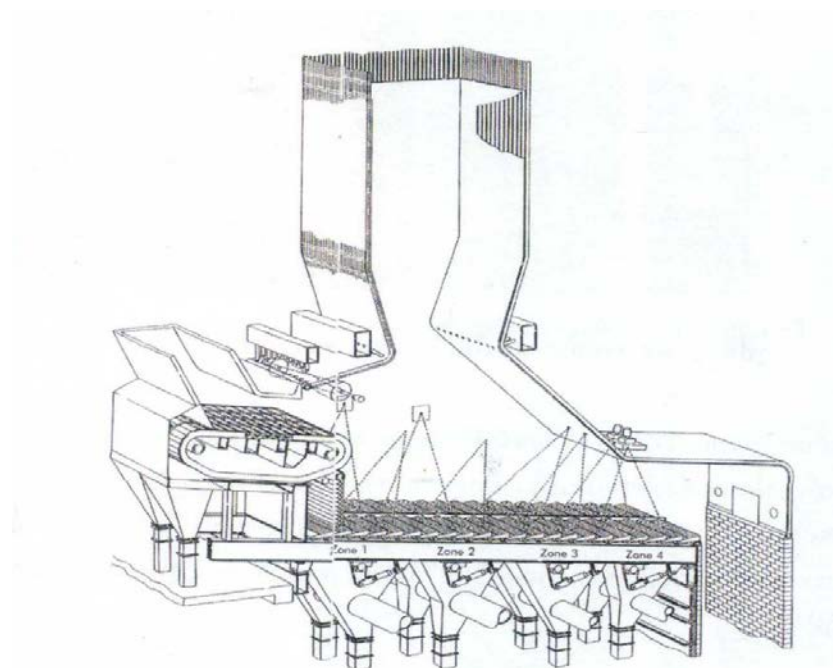
จากการศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีเตาเผามูลฝอยระบบการเผาไหม้มวลที่มีอยู่ใน ปัจจุบัน พบว่า เตาเผา ระบบการเผาไหม้มวลที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท หลัก ๆ คือ เตาเผาแบบตะแกรงเคลื่อนที่ (Moving Grate) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันแพร่หลายและได้รับการ ทดสอบแล้ว มีสมรรถนะทางเทคนิคที่ยอมรับได้และสามารถรองรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบ และค่าความร้อนที่หลากหลาย และเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) ซึ่งเป็นระบบที่ได้รับความนิยมรองลงมา

ระบบที่มีการจัดการมูลฝอยเบื้องต้นก่อนทำการเผาต้องมีระบบเพื่อการลดขนาด การบด ตัด และการ คัดแยก หรือในบางครั้งอาจมีระบบการผลิตเชื้อเพลิงจากมูลฝอย (Refuse-Derived Fuel : RDF) ซึ่งทำให้มี ความยุ่งยากในการปฏิบัติงานมากขึ้น ดังนั้นระบบดังกล่าวจึงมีการใช้งาน อยู่ในวงจำกัด

ระบบที่มีการจัดการมูลฝอยเบื้องต้นก่อนทำการเผาในทางทฤษฎีอาจจัดให้เตาเผาแบบ ฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed) จัดอยู่ในพวกเดียวกันด้วย อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีฟลูอิดไดซ์เบด จัดว่าเทคโนโลยีที่ใหม่อยู่ และมีการใช้งานเพื่อการเผาทำลายขยะมูลฝอยในวงจำกัด โดยทั่วไปใช้ ในการกำจัดเศษวัสดุอุตสาหกรรมอุตสาหกรรม (มีตัวอย่างการใช้งานในประเทศญี่ปุ่น) นอกจากนี้มี เทคโนโลยีไพโรไลซิส-แก๊สซิฟิเคชันอีกด้วย โดยรายละเอียดของเตาเผาแต่ละเทคโนโลยี ทั้งทาง ด้านเทคนิควิศวกรรม การจัดการสิ่งแวดล้อม การบริหารจัดการโรงแรม รายละเอียดค่าใช้จ่าย ในการดำเนินงานและการบำรุงรักษา จะได้กล่าวถึงต่อไป

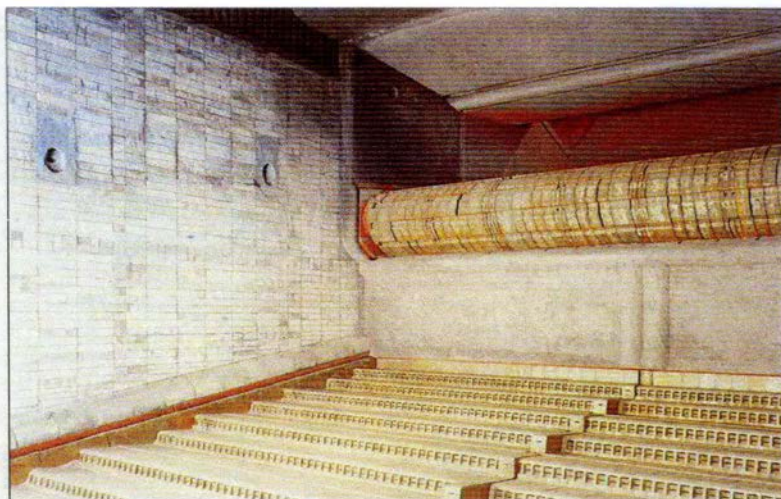
1.1 ประเภทของเทคโนโลยีและหลักการทำงานของเทคโนโลยี

เตาเผามูลฝอยแบบการเผาไหม้มวลเป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่ง ประกอบด้วยตะกรับที่สามารถเคลื่อนที่ได้และมี การเผาไหม้บนตะกรับนี้ โดยขยะเผา ไหม้ ตะกรับ จะเคลื่อนที่และลำเลียงมูลฝอยจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย



ภาพที่ 6.1 เตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่

ที่มา : <http://bangkokgreencity.bangkok.go.th>

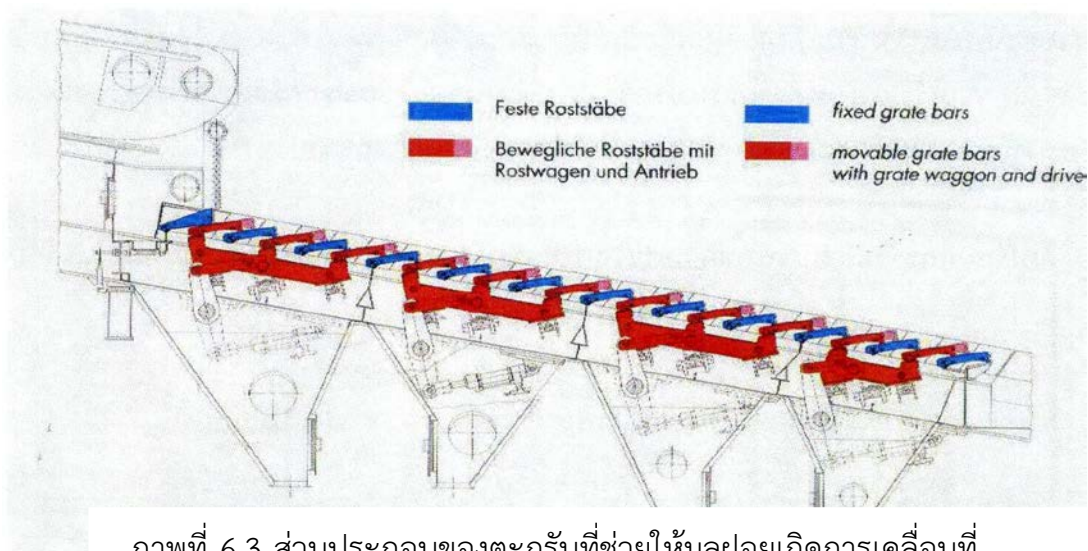


ภาพที่ 6.2 ภาพถ่ายแสดงให้เห็นตะกรับที่อยู่ด้านในของเตาเผามูลฝอย

ที่มา : <http://bangkokgreencity.bangkok.go.th>

กำมปูของครนหนือเตา จะทำหน้าที่จับมูลฝอยเพื่อป้อนลงไปในช่วงป้อนก่อนที่จะหล่นเข้าไป ในห้องเผาไหม้ของเตาเผาด้วยแรงโน้มถ่วง เมื่อมูลฝอยตกลงไปวางบนตะกรับ ความร้อนในเตาเผาจะทำให้มูล ฝอยแห้งก่อนที่จะเกิดการเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิสูงกับอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ ชี้อื้อ (รวมทั้งส่วนประกอบของ มูลฝอยส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้) จะหลุดออกจากตะกรับในลักษณะของเถ้าลอย ลงสู่หลุมถ่ายชี้อื้อ

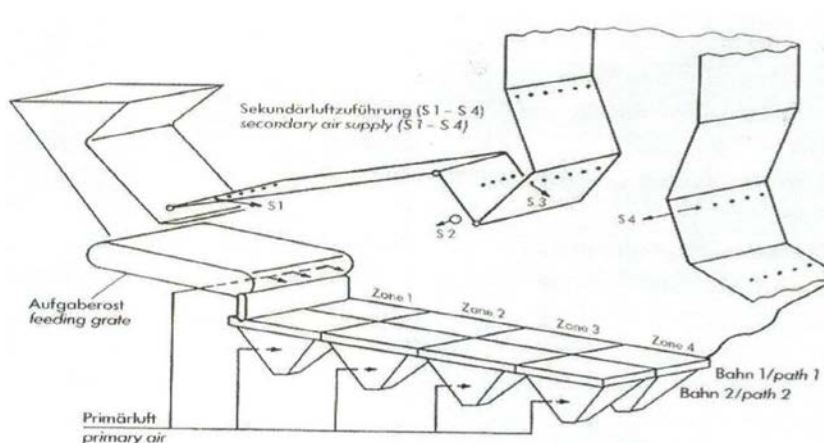
ตะกรับจะทำหน้าที่เป็นเสมือนพื้นผิวด้านล่างของเตา การเคลื่อนที่ของตะกรับหากได้รับการ ออกแบบ อย่างถูกต้องจะทำให้มูลฝอยมีการขนย้ายและผสมผสานกันอย่างมีประสิทธิภาพและทำให้อากาศที่ใช้ในการ เผาไหม้สามารถแทรกซึมไปทั่วถึงพื้นผิวของมูลฝอย ตะกรับอาจถูกจัดแบ่งให้เป็นที่ย่อยเฉพาะ ซึ่งทำให้สามารถ ปรับปริมาณอากาศเพื่อใช้ในการเผาไหม้ได้อย่างอิสระและทำให้สามารถเผาไหม้ได้แม้มูลฝอยที่มีค่าความร้อนต่ำ



ภาพที่ 6.3 ส่วนประกอบของตะแกรงที่ช่วยให้มูลฝอยเกิดการเคลื่อนที่
ที่มา : <http://bangkokgreencity.bangkok.go.th>

อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้แบ่งออกเป็นอากาศปฐมภูมิ (Primary Air) ซึ่งเป่าด้านล่างของผิวตะแกรง โดยทำหน้าที่ ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ในภาคของแข็งและระบายความร้อนให้กับตะแกรง อากาศทุติยภูมิ (Secondary Air) จะจ่ายเข้าบริเวณด้านบนของห้องเผาไหม้และทำหน้าที่เผาไหม้ก๊าซที่ระเหยขึ้นมาจากมูล ฝอยที่วางบนตะแกรงเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

ตะแกรงที่ใช้กับระบบเตาเผามูลฝอยมีหลายแบบเช่นกัน เคลื่อนไปด้านหน้า (Forward Movement), เคลื่อนไปด้านหลัง (Backward Movement), เคลื่อนที่แยกตัว (Double Movement Rocking) และ ลูกกลิ้ง (Roller) เป็นต้น



รูปที่ 6.4 อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ที่จ่ายเข้าตามส่วนต่าง ๆ ของห้องเผาไหม้

ที่มา : <http://bangkokgreencity.bangkok.go.th>

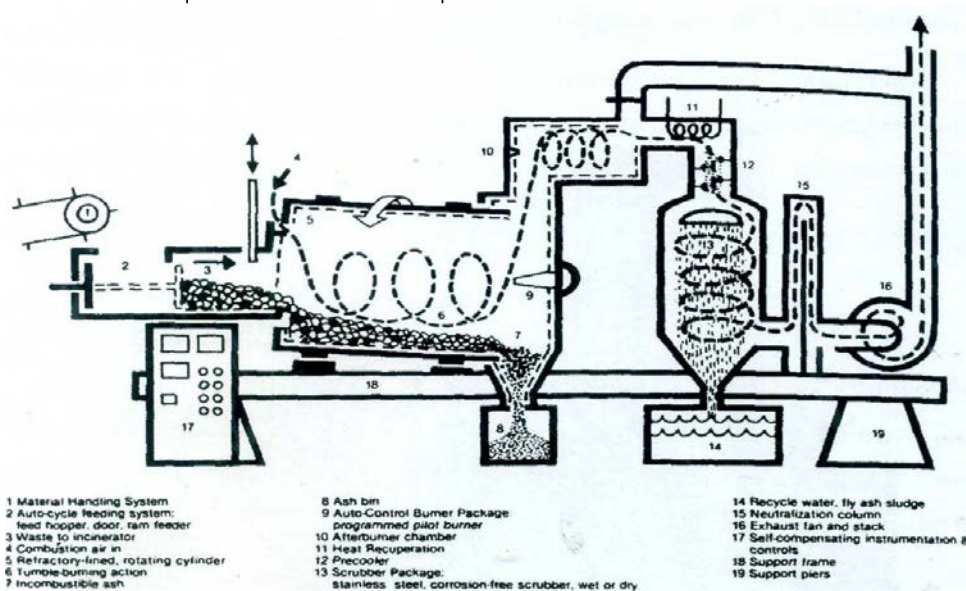
ผนังของห้องเผาไหม้ในเตาเผามูลฝอยมักเป็นแบบบุด้วยอิฐทนไฟ (Refractory Wall) หรือแบบผนังน้ำ (Water Wall) สำหรับแบบหลังนี้ส่วนมากจะปฏิบัติงานโดยใช้อากาศส่วนเกินในปริมาณต่ำ ซึ่งช่วยให้ลด ปริมาตรของห้องเผาไหม้และลดขนาดของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ

ตารางที่ 6.1 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของเตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่

ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
1. ไม่ต้องการคัดแยกหรือบดตัดมูลฝอยก่อน 2. เป็นเทคโนโลยีที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการทดสอบแล้วสำหรับการเผาทำลายมูลฝอยและมีสมรรถนะตรงตามวัตถุประสงค์ 3. สามารถจัดการกับมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี 4. สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึงร้อยละ 85 5. เตาเผาแต่ละเตาสามารถก่อสร้างให้มีความสามารถในการเผาทำลายได้ถึง 1,200 ตันต่อวัน (50 ตันต่อชั่วโมง)	1. เงินลงทุนและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง

เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln)

ระบบเตาเผาแบบหมุนเป็นการเผาไหม้ มวลของมูลฝอยโดยใช้ห้องเผาไหม้ทรงกระบอกซึ่งสามารถ หมุนได้รอบแกน มูลฝอยจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผา ทรงกระบอกตามการหมุน ของเตาเผาซึ่งทำมุมเอียงกับแนวระดับ



รูปที่ 6.5 ระบบเตาเผาแบบหมุน

ที่มา : <http://bangkokgreencity.bangkok.go.th>

เตาเผาแบบหมุนส่วนใหญ่จะเป็นแบบผนังอิฐทนไฟ แต่ก็มีบ้างที่เป็นผนังถ้าทรงกระบอกอาจมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1 ถึง 5 เมตร และยาวตั้งแต่ 8 ถึง 20 เมตร ความสามารถในการเผาทำลายมูลฝอย มีตั้งแต่ 2.4 ตันต่อวัน (0.1 ตันต่อชั่วโมง) จนถึงประมาณ 480 ตันต่อชั่วโมง (20 ตันต่อชั่วโมง)

อัตราส่วนอากาศส่วนเกินที่จะใช้มีปริมาณที่มากกว่าแบบที่ใช้กับเตาเผาแบบตะกรับ และอาจจะมากกว่าที่ใช้กับเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดด้วย สิ่งที่ตามมาก็คือ เตาเผาแบบหมุนมีประสิทธิภาพพลังงานที่ ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ก็ยังมีค่ามากกว่าร้อยละ 80

เนื่องจากว่าเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (Retention Time) ของก๊าซไอเสียค่อนข้างสั้นเกินไปสำหรับการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ในเตาเผาแบบหมุน ดังนั้น เตาทรงกระบอกจึงมักมีส่วนต่อที่ทำเป็นห้องเผาไหม้หลัง (After-Burning Chamber) และหมักรวมอยู่ในส่วนของหมอน้ำด้วย



ภาพที่ 6.6 ระบบเตาเผาแบบหมุนที่ติดตั้งใช้งานจริง
ที่มา : <http://bangkokgreencity.bangkok.go.th>

ตารางที่ 6.2 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของเตาเผาแบบหมุน

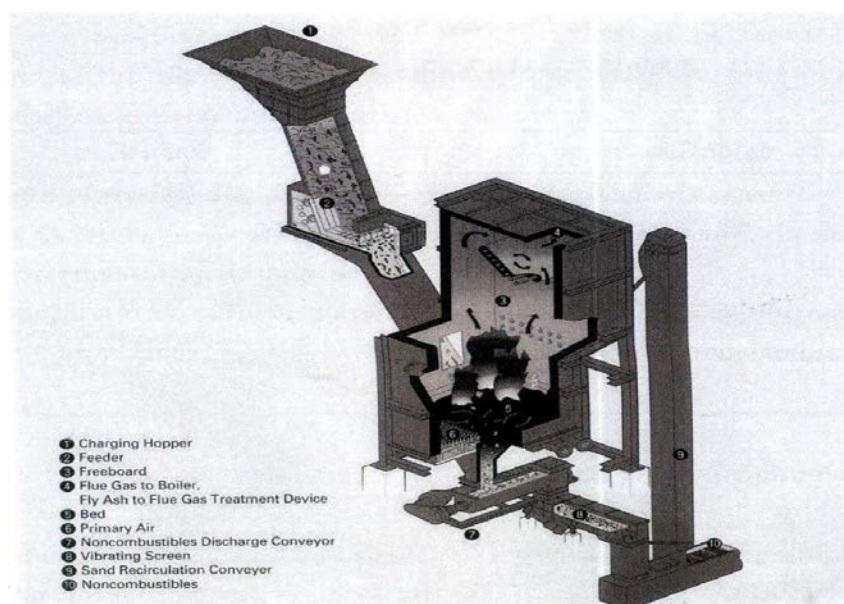
ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
1. ไม่ต้องการการคัดแยกหรือบดตัดมูลฝอยก่อน 2. สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงถึงร้อยละ 80 3. สามารถจัดการกับมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี	1. เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้ในการเผาทำลายมูลฝอยค่อนข้างน้อย 2. เงินลงทุนและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง 3. ความสามารถในการเผาทำลายสูงสุดต่อหนึ่งเตาประมาณ 480 ตันต่อวัน (20 ตันต่อชั่วโมง)

เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed)

เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด ทำงานโดยอาศัยหลักการที่อนุภาคของแข็งที่รวมตัวเป็น Bed ในเตาเผา ผสมเข้ากับมูลฝอยที่ทำหน้าที่เป็น เชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ถูกทำให้ลอยตัวขึ้น อันเนื่องมาจากอากาศที่เป่า เข้าด้านข้างทำให้มันมีพฤติกรรมเหมือนกับการไหลเตาเผาโดยทั่วไปจะมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกตั้ง และวัสดุที่ทำผนังห้องเผาไหม้ มักทำมาจากทรายซิลิกา หินปูน หรือวัสดุเซรามิกส์

การใช้งานเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบดอยู่ในขั้นเริ่มต้นเนื่องจากมีการพัฒนาเทคโนโลยีเตาเผาอยู่อย่าง สม่่าเสมอ โดยเตาเผาที่มีข้อได้เปรียบที่สามารถลดปริมาณสารอันตรายได้ในผนังห้องเผาไหม้ และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงหลากหลายประเภท

ข้อเสียเปรียบหลักของเตาเผาแบบนี้คืออยู่ที่ต้องการกระบวนการในการจัดการมูลฝอยเบื้องต้นก่อนที่จะสามารถป้อนข้อมูลเข้าสู่เตาเผาได้ เพื่อให้มูลฝอยมีขนาด ค่าความร้อน ปริมาณซีเมนต์ที่อยู่ข้างในและอื่น ๆ เพื่อให้ตรงต่อข้อกำหนดในการปฏิบัติงานของเตาเผา และเนื่องจากมูลฝอย มีลักษณะสมบัติที่หลากหลาย จึงทำให้เกิดความยากลำบากในการทำให้ได้เชื้อเพลิงที่ตรงตามความต้องการ



ภาพที่ 6.7 เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด

ที่มา : <http://bangkokgreencity.bangkok.go.th>

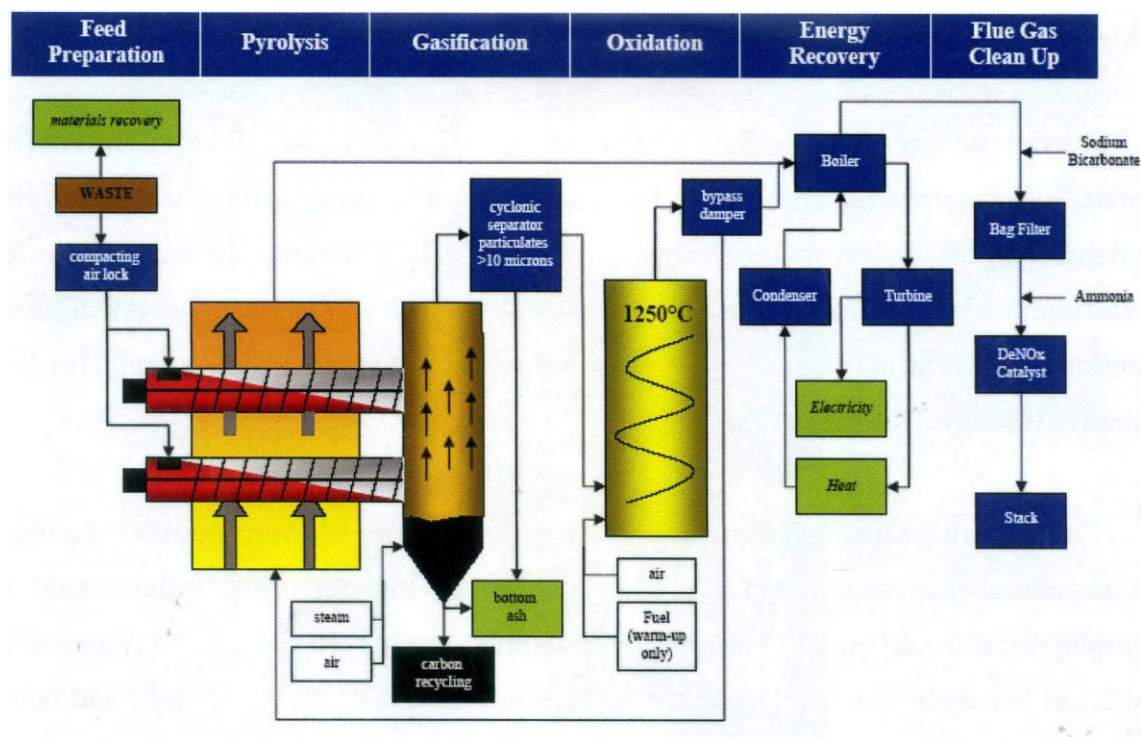
ตารางที่ 6.3 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบหลักของเตาเผาแบบพลูอิติไดซ์เบด

ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
1. เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำเนื่องจากออกแบบที่ค่อนข้างง่าย 2. สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึงร้อยละ 90 3. สามารถใช้ในการเผาทำลายเชื้อเพลิงที่หลากหลายประเภทและสามารถรับรองได้ทั้งและกากของแข็ง เหลวโดยเผาทำลายร่วมกันหรือแยกจากกัน	1. ณ ปัจจุบันยังจัดว่าเป็นเทคโนโลยีที่ยังต้องการการทดสอบอยู่สำหรับเผาทำลายมูลฝอย 2. ค่อนข้างมีข้อจำกัดด้านขนาดและองค์ประกอบของมูลฝอย โดยทั่วไปต้องมีกระบวนการในการจัดการมูลฝอยก่อนส่งเข้าเตาเผา

เตาเผาแบบไพโรไลซิส - แก๊สซิฟิเคชัน (Pyrolysis and Gasification)

กระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากมูลฝอยชุมชน (MSW Gasification) เป็นกระบวนการทำให้มูลฝอยเป็นแก๊สโดยการทำ ปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ (Partial Combustion) กล่าวคือ สารอินทรีย์ในมูล ฝอยจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือออกซิเจนปริมาณจำกัด ทำให้เกิดแก๊ส ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจนและมีเทน เรียกว่า Producer gas ในกรณีที่ใช้อากาศเป็นแก๊สทำปฏิกิริยาแก๊ส เชื้อเพลิงที่ได้จะมีค่าความร้อนต่ำประมาณ 3 - 5 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร แต่ถ้าใช้ออกซิเจนเป็นแก๊สทำปฏิกิริยาแก๊สเชื้อเพลิง ที่ได้จะมีค่าความร้อนสูงกว่าคือ ประมาณ 15 - 20 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร กระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงแข็งประกอบไปด้วยกระบวนการสลายตัว (Decomposition) และกระบวนการกลั่นสลาย (Devolatilization) ของโมเลกุลสารอินทรีย์ในมูลฝอยชุมชน ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,200 - 1,400 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่ควบคุมปริมาณออกซิเจน เพื่อผลิตสารระเหย และถ่านชาร์ (Char) ในขั้นตอนของกระบวนการกลั่นสลายที่เรียกว่าไพโรไลซิส (Pyrolysis) มูลฝอยจะสลายตัวด้วย ความร้อนเกิดเป็นสารระเหย เช่น มีเทน และส่วนที่เหลือยังคงสภาพของแข็งอยู่เรียกว่า ถ่านชาร์ สารระเหยจะทำปฏิกิริยากับอากาศ ออกซิเจน หรือไอน้ำ ได้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส (Gasification Process) จะเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง ซึ่งปัจจัยหลักที่กำหนดเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว คือ อุณหภูมิ ภายในเครื่องปฏิกรณ์ เช่น ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไป จะทำให้โมเลกุลขนาดกลางไม่เกิดสลายตัว และจะหลุดออกไปเกิดการควบแน่น เป็นน้ำมันหยาบ



ภาพที่ 6.8 กระบวนการไพโรไลซิส ของบริษัท Compact Power®

ที่มา : <http://bangkokgreencity.bangkok.go.th>

เครื่องปฏิกรณ์ผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasifier) สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด

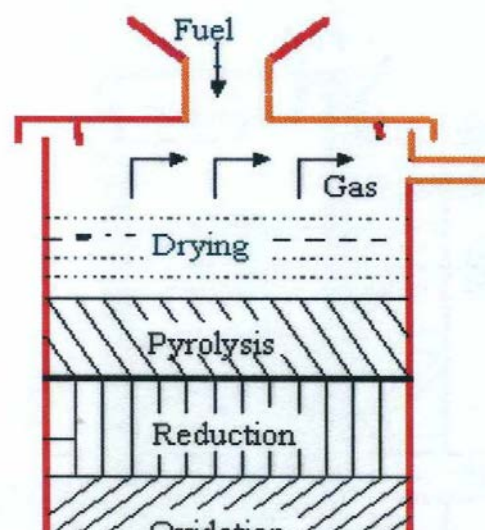
ได้แก่

1. ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลขึ้น (Updraft Gasifier)
2. ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft Gasifier)
3. ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลขวาง (Cross-Current Gasifier)
4. ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบป้อนเชื้อเพลิงต่อเนื่อง (Fluid Bed Gasifier)

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) เครื่องปฏิกรณ์แบบระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลขึ้น (Updraft Gasifier)

เครื่องปฏิกรณ์แบบนี้เป็นแบบที่ใช้เริ่มแรกและเป็นแบบที่ง่ายที่สุด เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเครื่องและอากาศจะถูกส่งผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่าง บริเวณเหนือตะแกรงขึ้นไปมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้น ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่า ส่วนเผาไหม้ (Combustion Zone) เมื่ออากาศผ่านเข้าไปบริเวณส่วนเผาไหม้(Combustion Zone) จะเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ก๊าซร้อนที่ผ่านมาส่วนเผาไหม้ (Combustion Zone) จะมีอุณหภูมิสูงและจะถูกส่งผ่านไปยังส่วนปฏิกิริยาเกิดก๊าซ (Reduction Zone) ซึ่งเป็นโซนที่มีปริมาณคาร์บอนมากเพียงพอที่จะก่อให้เกิดปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจน หลังจากนั้นก๊าซที่จะไหลเข้าสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในชั้นของเชื้อเพลิง และกลั่นสลายในช่วงอุณหภูมิ 200 - 500 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นก๊าซก็จะไหลเข้าสู่ชั้นของเชื้อเพลิงที่ขึ้น เนื่องจากก๊าซยังคงมีอุณหภูมิสูงอยู่ จึงไประเหยน้ำที่อยู่ในเชื้อเพลิงเหล่านั้น ทำให้ก๊าซที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์มี



ภาพที่ 6.9 ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลขึ้น (Updraft Gasifier)

ที่มา : <http://bangkokgreencity.bangkok.go.th>

อุณหภูมิต่ำลง สารระเหยและน้ำมันที่

ที่เกิดขึ้นในช่วงการกลั่นสลายจะติดออกไปกับ

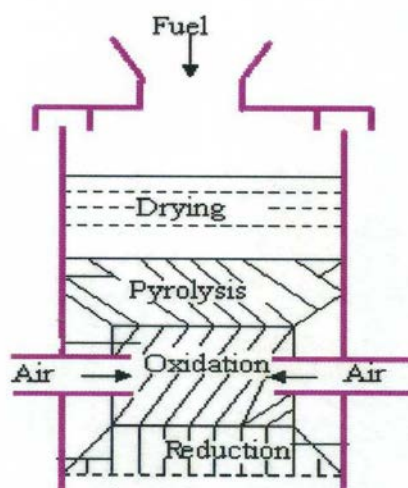
เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้น ดังนั้นก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลขึ้น (Updraft Gasifier) จะมีปริมาณของน้ำมันที่มาก บางครั้งอาจมีมากถึงร้อยละ 20 ของน้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิส

2) เครื่องปฏิกรณ์แบบระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft gasifier)

เครื่องปฏิกรณ์แบบระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงนี้ ออกแบบมาเพื่อขจัดน้ำมันทาร์ในก๊าซเชื้อเพลิง โดยเฉพาะ อากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านล่าง ผ่านกลุ่มของหัวฉีดซึ่ง เรียกว่า Tulyers บริเวณหัวฉีดจะเป็นบริเวณของโซนส่วนเผาไหม้ (Combustion) ก๊าซที่ได้จากโซนส่วนเผาไหม้ (Combustion) จะถูกลดขนาดลงในขณะที่ไหลลงสู่ด้านล่างและผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนซึ่งอยู่เหนือตะแกรงเล็กน้อยขณะเดียวกันในชั้นของเชื้อเพลิงที่อยู่ทางด้านบนของโซนส่วนการเผาไหม้ จะมีปริมาณออกซิเจนน้อยมากทำให้เกิดการกลั่นสลายและน้ำมันทาร์ที่เกิดจากการกลั่นสลาย จะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อน ทำให้น้ำมันทาร์เกิดการแตกตัวเป็นก๊าซ ซึ่งการแตกตัวนี้จะเกิดที่อุณหภูมิ คงที่ในช่วงระหว่าง 800–1,000 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาคายความร้อนจะทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิต่ำลง แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิดังกล่าว ปฏิกิริยาคายความร้อนจะ ทำให้ก๊าซที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ก๊าซที่ผ่านโซนส่วนเผาไหม้ (Combustion) จะมีส่วนประกอบของน้ำมันทาร์ลดลงเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10

ของน้ำมันทาร์ที่ได้จากระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลขึ้น (Updraft gasifier) และก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะสะอาดกว่าการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงโดยเครื่องปฏิกรณ์แบบระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft gasifier) นี้ง่าย และมีความน่าเชื่อถือสำหรับเชื้อเพลิงที่มีแฉ่ง (มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 30) เนื่องจากว่า ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณน้ำมันทาร์ต่ำ ดังนั้น เครื่องปฏิกรณ์แบบระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft gasifier) จึงเหมาะ กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีขนาดกำลังการผลิตไม่เกิน

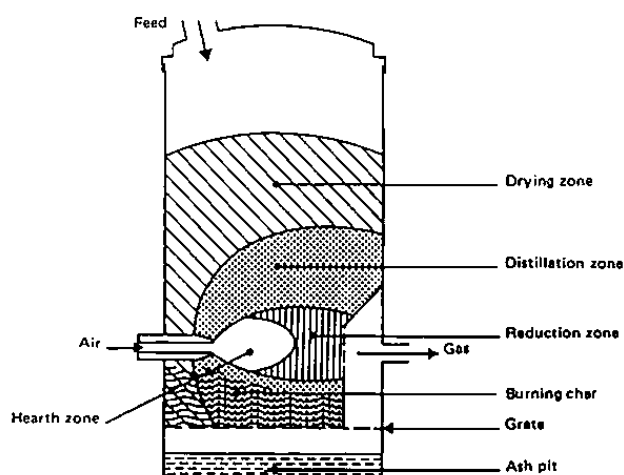
500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง(kg h^{-1}) หรือ 500 กิโลวัตต์



รูปที่ 6.10 ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft gasifier)
ที่มา : <http://biofuelsacademy.org>

3) เครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟายเออร์แบบไหลขวาง (cross draft gasifier)

เครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟายเออร์แบบไหลขวางนี้มีหลักการทำงานคือให้อากาศเข้าทางด้านข้างของเตาและก๊าซออกทางตรงข้าม อากาศจะถูกดูดผ่านหัวฉีดอยู่ในแนวราบเขตเผาไหม้จะอยู่ถัดจากหัวฉีดออกไป และต่อจากนั้นจะเข้าเขตรีดักชัน ความร้อนจะไหลออกสู่ภายนอก โดยผ่านตะแกรงซึ่งอยู่รอบๆเขตการเผาไหม้ และเขตรีดักชันจะเป็นบริเวณเขตกลั่นสลายน้ำมันดิน (ทาร์) ที่จะเกิดจากเขตกลั่นสลายนี้จะผ่านเขตรีดักชันก่อน ทำให้น้ำมันดินเกิดแตกสลายก่อนออกสู่ภายนอก



รูปที่ 6.11 เครื่อง

เออร์แบบไหลขวาง (cross draft gasifier)

ปฏิกรณ์แก๊สซิฟาย

ที่มา : <http://www.fao.org>

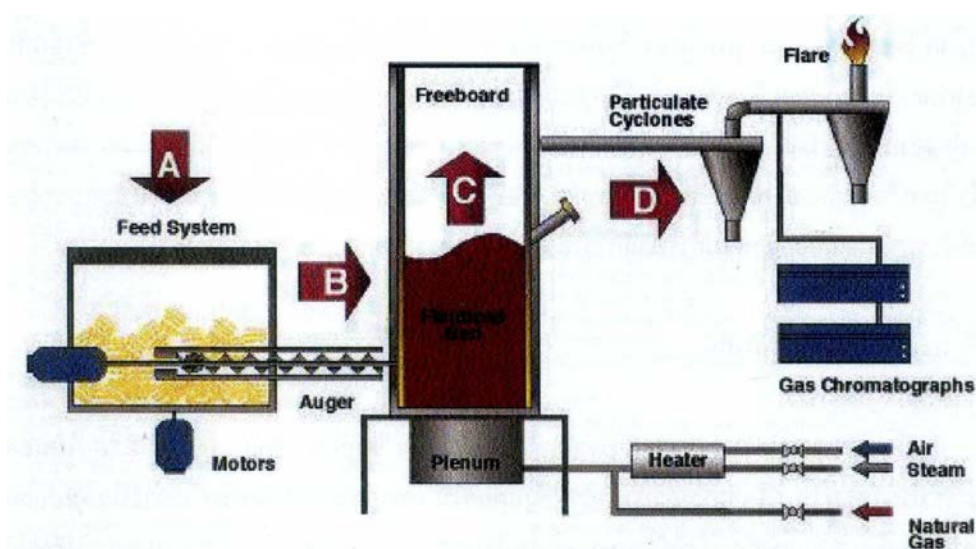
4) เครื่องปฏิกรณ์แบบระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบป้อนเชื้อเพลิงต่อเนื่อง

(Fluid Bed Gasifier)

การทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้นเป็น การทำงานของกระบวนการในระบบซึ่งจะขึ้นอยู่กับ ปฏิกิริยาเคมีและสภาพทางฟิสิกส์ของเชื้อเพลิง โดยจะเกิดปัญหาของขยะหลอมเหลว ที่เกิดขึ้นมากเกินไป จึงก่อให้เกิด การอุดตันในเครื่องปฏิกรณ์ บ่อยครั้ง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์แบบ ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบป้อนเชื้อเพลิงต่อเนื่องขึ้น เครื่องปฏิกรณ์แบบนี้ อากาศจะไหลผ่านชั้นของเชื้อเพลิง เมื่อเราเพิ่มความเร็วของอากาศที่ไหล ผ่านสูงจนกระทั่งทำให้เชื้อเพลิงที่วางอยู่เริ่มลอยตัวขึ้นมีลักษณะคล้ายของไหล ภายในเครื่องปฏิกรณ์ จะใส่วัสดุเฉื่อย (Inert Material) ซึ่งอาจเป็นทราย อลูมินา หรือออกไซด์ ของโลหะที่ทนความร้อนสูงและไม่เกิดการหลอม

รวมตัว โดยมีแผ่นที่เจาะรูมารองรับตัวกลางเหล่านี้ที่ตอนล่างของเครื่องปฏิกรณ์ แผ่นที่เจาะรูนี้จะช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวแบบฟลูอิดไดเซชันอย่างทั่วถึงของผนังห้องเผาไหม้ โดยการผ่านอากาศหรือออกซิเจนเข้าสู่ตอนล่างของแผ่นรองรับ ซึ่งความเร็วของอากาศหรือออกซิเจนที่ผ่านเข้าไปต้องมีค่าที่เหมาะสม ทำให้ตัวกลาง มีสภาพแขวนลอย (Suspension) โดยปกติเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงภายในผนังห้องเผาไหม้ อย่างไรก็ตามปฏิกิริยา Gasification อาจเกิดขึ้นในส่วนที่เป็นที่ว่างเหนือผนังห้องเผาไหม้ โดยเป็นปฏิกิริยาของอนุภาคเชื้อเพลิงเล็ก ๆ ที่ปลิวหลุดออกมาจากผนังห้องเผาไหม้ หรือเป็นปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยความร้อนของน้ำมันทาร์ ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้ จากเครื่องปฏิกรณ์แบบระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบป้อนเชื้อเพลิงต่อเนื่องจะมีปริมาณน้ำมันทาร์อยู่ระหว่างก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์แบบระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลขึ้นและแบบระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง

เครื่องปฏิกรณ์แบบระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบป้อนเชื้อเพลิงต่อเนื่อง มี ข้อดี คือ มีการผสมที่ปั่นป่วนมาก ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลมีค่าสูง มีการผสมที่ดีของวัสดุก่อนนำมาป้อนเข้าเตา ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงและสามารถควบคุมอุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์ได้ค่อนข้างง่าย ข้อเสีย ของเครื่องปฏิกรณ์แบบนี้คือก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีปริมาณเถ้าและฝุ่นถ่านชาร์ออกมาด้วย เนื่องจากความเร็วของอากาศภายในเครื่องปฏิกรณ์มีค่าสูง จึงต้องนำระบบหมุนวนอากาศมาใช้กับระบบด้วย



ภาพที่ 6.12 ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบป้อนเชื้อเพลิงต่อเนื่อง (Fluid Bed Gasifier)
ที่มา : <https://www.andritz.com>

1.2 การนำพลังงานที่ได้ไปใช้

ประโยชน์หลักที่ได้รับจากการเผาไหม้มูลฝอยในเตาเผา ได้แก่ การนำเอาพลังงานที่มีอยู่ในมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยการเผาทำลายขยะมูลฝอยในเตาเผาสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบและสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ นอกจากนี้ยังเป็นการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมด้วย

ก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ในเตาเผาจะมีพลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้ อยู่ในตัวด้วยมันจะถูกทำให้เย็นตัวลงในหม้อน้ำก่อนที่จะไหลเข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ ชนิดของหม้อน้ำที่ติดตั้งขึ้นอยู่กับว่า ต้องการพลังงานในรูปของน้ำร้อนเพื่อใช้กับระบบน้ำร้อน หรือไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรมหรือเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

การนำพลังงานขั้นสุดท้ายไปใช้งานก็ขึ้นอยู่กับตลาดพลังงาน ณ โรงเผามูลฝอยด้วยว่าเป็นอย่างไร ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

- โครงข่ายระบบพลังงาน เช่น มีโครงข่ายสายไฟฟ้า หรือมีโครงข่ายระบบน้ำร้อนหรือไอน้ำ
- รูปแบบการใช้พลังงานตลอดทั้งปี ต้องระลึกว่า โรงงานเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนมักมีการผลิต พลังงานที่ค่อนข้างจะไม่คงที่
- ราคาของแหล่งพลังงานอื่น ๆ และข้อตกลงการซื้อพลังงานกับผู้ซื้อ

พลังงาน

เรื่องที่ 2 การผลิตพลังงานจากเศษวัสดุเหลือทิ้ง

2.1 การผลิตพลังงานโดยการหมักใช้ก๊าซชีวภาพ

ในสภาวะที่ประเทศไทยมีความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งนับวันจะมี ปริมาณลดน้อยลงและมีราคาสูงขึ้น เศษวัสดุเป็นอีก ทางเลือกหนึ่งด้านการผลิตพลังงาน เพราะเศษวัสดุ มีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้เพื่อผลิตพลังงานได้ ทั้งนี้ เนื่องจากมีปริมาณมาก และไม่ต้องซื้อหาแต่ในปัจจุบันมีการนำเศษวัสดุมาผลิต เป็นพลังงานน้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานทดแทนด้านอื่น ๆ

ในสภาวะที่ประเทศไทย มีความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาแหล่งพลังงานหมุนเวียน ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งนับวันจะมีปริมาณลดน้อยลงและมีราคาสูงขึ้น เศษวัสดุเป็นอีกทางเลือกหนึ่งด้านการผลิตพลังงาน เพราะเศษวัสดุมีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้เพื่อผลิตพลังงานได้ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณมากและไม่ต้องซื้อหาแต่ในปัจจุบันมีการนำเศษวัสดุมาผลิตเป็นพลังงานน้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานทดแทนด้านอื่น ๆ การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) เป็นกระบวนการหมักของเสียในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน เพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพ สำหรับใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือ ความร้อนและสุดท้ายยังสามารถปรับสภาพดินให้สามารถนำไปใช้ในการเพาะปลูกพืชได้อย่างปลอดภัย ระบบย่อย สลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก ๆ ตามความเข้มข้นของ สารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ถังหมัก ได้แก่ การหมักแบบแห้ง (Dry Digestion) ซึ่งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ประมาณร้อยละ 20–40 และการหมักแบบเปียก (Wet Digestion) ซึ่งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์น้อยกว่าร้อยละ 20 นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งระบบหมัก ตามอุณหภูมิระดับกลาง (Mesospheric Digestion Process) และระบบหมักที่อุณหภูมิสูง (Hemophilic Digestion Process)

ปริมาณและคุณภาพของก๊าซชีวภาพจากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นอยู่กับลักษณะของเศษวัสดุเป็นหลักนอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับการควบคุมระบบและสภาพแวดล้อมของการหมัก ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียปริมาณสารอินทรีย์อุณหภูมิระยะเวลาการหมักการผสมคลุกเคล้าและปริมาณสารยับยั้งแบคทีเรีย ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้ในการผลิตพลังงานได้หลายรูปแบบเช่นผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์ก๊าซหรือใช้ เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำเพื่อผลิตน้ำร้อนหรือไอน้ำ



รูปที่ 6.13 การผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบเศษวัสดุ
ที่มา : <http://s2.thingpic.com>

เป็นการพัฒนาและปรับปรุงระบบฝังกลบเศษวัสดุเพื่อลดการปล่อยก๊าซชีวภาพออกและนำ ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบเศษวัสดุมาใช้พลังงานทดแทนก๊าซชีวภาพที่ได้สามารถนำไป ใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงพลังงานได้หลายทางเช่นเดียวกับก๊าซชีวภาพที่ได้จากระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่อาจมีความจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพก๊าซก่อนนำไปใช้ เช่น การกำจัดน้ำคาร์บอนไดออกไซด์ และสารก่อกวนต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนด คุณภาพ ก๊าซสำหรับการใช้ประโยชน์ในแต่ละรูปแบบ การผลิตเชื้อเพลิงเศษวัสดุ (Refuse Derived Fuel : RDF) เทคโนโลยีผลิตเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุ เป็นการนำเศษวัสดุมาผ่านกระบวนการจัดการต่าง ๆ ได้แก่ การคัดแยกด้วยมือหรือเครื่องจักรการลดขนาดการผสมการทำให้แห้งการอัดแท่งการบรรจุและการเก็บ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ ทางกายภาพและเคมีให้กลายเป็นเชื้อเพลิงเศษวัสดุที่มีค่าความร้อนสูงสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงาน อีกทั้งยังสะดวกต่อการจัดเก็บและขนส่ง

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification) การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุในชุมชน (MSW Gasification) เป็นกระบวนการทำให้เศษวัสดุกลายเป็น ก๊าซโดยทำปฏิกิริยาสันดาปแบบไม่สมบูรณ์ (Partial Combustion) กล่าวคือ สารอินทรีย์ในเศษวัสดุจะทำปฏิกิริยากับอากาศหรือ ออกซิเจนในปริมาณจำกัดและทำให้เกิดก๊าซซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือคาร์บอนมอนออกไซด์ไฮโดรเจนและมีเทน ทั้งนี้ องค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิงจะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ (Gasifier) สภาวะความดันอุณหภูมิและคุณสมบัติของก๊าซเชื้อเพลิงแข็งก๊าซเชื้อเพลิงที่

ผลิตได้สามารถใช้งานได้หลายรูปแบบเช่นเป็นก๊าซเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าการให้ความร้อนโดยตรง หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะทั้งนี้ การใช้งานจะต้องคำนึงถึงคุณภาพของก๊าซเชื้อเพลิงโดยอาจจำเป็นต้องทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิง โดยการกำจัดก๊าซที่เป็นกรด สารประกอบของโลหะอัลคาไลน์ น้ำมันทาร์และฝุ่นละออง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ลดปัญหาการเสียหายของอุปกรณ์และป้องกันปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น

ศักยภาพสำหรับปริมาณเศษวัสดุที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมียอดรวมประมาณ 41,991 ตันต่อวันเป็นเศษวัสดุที่เกิดขึ้นในกรุงเทพฯ ถึง 9,400 ตันต่อวันซึ่งจำนวนเศษวัสดุที่เกิดขึ้นสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานได้อย่างมากมายแต่สาเหตุที่การใช้พลังงานจากเศษวัสดุยังมีน้อย เนื่องมาจากการขาดความพร้อมในหลายด้านทั้งงบประมาณเครื่องมืออุปกรณ์บุคลากรหรือแม้แต่สถานที่ตั้งนั้นการนำพลังงานจากเศษวัสดุมาใช้ในประเทศไทยจึง ต้องอาศัยระยะเวลาในการพัฒนา อีกระยะหนึ่ง จึงจะ สามารถนำพลังงานดังกล่าวมาใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เศษวัสดุเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากของเหลือใช้ในกิจกรรมประจำวันของมนุษย์ก่อนจะถูกทิ้งออกมาสู่สิ่งแวดล้อมเศษวัสดุเหล่านี้ หากไม่ได้รับการกำจัดอย่างถูกวิธีจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของมนุษย์การนำเศษวัสดุมาผลิตพลังงาน เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยกำจัดเศษวัสดุที่เกิดขึ้นได้อีกทั้งวิธีดังกล่าวยังทำให้ได้ประโยชน์จากเศษวัสดุกลับมาในรูปของ พลังงานจากเศษวัสดุซึ่งจะทำให้ประเทศมีแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้นแต่การใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า ที่สุดยังคงเป็นสิ่งสำคัญ ต่อการอนุรักษ์พลังงานในยุควิกฤตพลังงานเช่นนี้

การผลิตเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุ

จุดเริ่มต้นของมาใช้เชื้อเพลิงเศษวัสดุจะเริ่มจากการใช้เศษวัสดุเหลือทิ้งที่เก็บรวบรวม ได้ไปใช้ในการเผาไหม้โดยตรง ซึ่งมักก่อให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งาน เนื่องจากความไม่แน่นอนและไม่สม่ำเสมอในองค์ประกอบต่าง ๆ (Non-homogeneous) ที่ประกอบกันขึ้นเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามชุมชนและตามฤดูกาล อีกทั้งเศษวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มีค่าความร้อนต่ำ มีปริมาณเถ้าและความชื้นสูง สิ่งเหล่านี้ก่อความยุ่งยากให้กับผู้ออกแบบโรงเผาและผู้ปฏิบัติ และยังคงพบการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ยาก การแปรรูปเศษวัสดุเหลือทิ้งโดยผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเศษวัสดุเหลือทิ้งเพื่อทำให้กลายเป็นเชื้อเพลิงเศษวัสดุ (Refuse Derived Fuel, RDF) จะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวมาข้างต้นได้ ซึ่งเชื้อเพลิงที่ได้นั้นสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานได้

เชื้อเพลิงเศษวัสดุ (RDF) เป็นการปรับปรุงและแปลงสภาพของเศษวัสดุเหลือทิ้ง ให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติในด้านค่าความร้อน (Heating Value) ความชื้นต่ำ มีขนาดและความหนาแน่นเหมาะสมในการขนย้าย หรือการเผา และมีส่วนประกอบทั้งทางเคมีและกายภาพสม่ำเสมอ คุณลักษณะทั่วไปของเชื้อเพลิงเศษวัสดุประกอบด้วย

ปลอดเชื้อโรคจากการอบด้วยความร้อน ลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อโรค ไม่มีกลิ่น มีขนาดเหมาะสมต่อการป้อนเตาเผา-หม้อไอน้ำ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 15-30 มิลลิเมตร ความยาว 30 - 150 มิลลิเมตร) มีความหนาแน่นมากกว่าเศษวัสดุเหลือทิ้งและชีวมวลทั่วไป (450 - 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) เหมาะสมต่อการจัดเก็บ และขนส่ง มีค่าความร้อนสูง เทียบเท่ากับชีวมวล (ประมาณ 13 - 18 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร) และมีความชื้นต่ำ (ประมาณร้อยละ 5 - 10) ลดปัญหามลภาวะจากการเผาไหม้ เช่น ไนโตรเจนออกไซด์ และ ไดออกซินและฟูราน

หลักการทำงานของเทคโนโลยีนี้ เริ่มจากการคัดแยกเศษวัสดุที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ (โลหะ แก้ว เศษหิน) เศษวัสดุอันตราย และเศษวัสดุรีไซเคิลออกจาก มีเหลือเพียงเศษวัสดุที่เผาได้ประกอบด้วย เศษวัสดุอินทรีย์ ไม้ ผ้า ยาง หนัง ใสจุดนี้อาจจะมีการแยกซากเศษวัสดุอินทรีย์ ซึ่งได้แก่ เศษอาหาร เศษผักผลไม้ ออก เพื่อนำไปหมักผลิตก๊าซชีวภาพต่อไป เศษวัสดุที่เผาได้อื่น ๆ จะถูกส่งเข้าเครื่องสับ - ย่อยเพื่อลดขนาด และเข้าเตาอบเพื่อลดความชื้นเศษวัสดุ เศษวัสดุแห้งจะมีให้น้ำหนักลดลงเกือบร้อยละ 50 (สำหรับความชื้นเหลือไม่เกินร้อยละ 15) ในขั้นตอนสุดท้ายเศษวัสดุจะถูกส่งไปเข้าเครื่องอัดเม็ด เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงเศษวัสดุอัดเม็ดที่มีขนาดและความหนาแน่นเหมาะสมในขั้นตอนของการอัดเม็ด อาจมีการเติมหินปูน (CaO) เข้าไป เพื่อควบคุมและลดปริมาณก๊าซพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ เชื้อเพลิงเศษวัสดุจะเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E-75 ในตอนนี้เชื้อเพลิงจากเศษวัสดุก็พร้อมที่จะเผาแล้วนำความร้อนที่ได้ไปต้มน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป

ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (anaerobic digestion) ก๊าซชีวภาพโดยทั่วไปจะประกอบด้วยแก๊สมีเทน(CH_4) ประมาณร้อยละ 50 - 70 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณร้อยละ 30 - 40 ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N) และไอน้ำ แต่เมื่อเรากล่าวถึงก๊าซชีวภาพเรามักจะหมายถึง ก๊าซมีเทน โดยหลักการ ก๊าซมีเทนจะเกิดการหมัก (fermentation) ของสารอินทรีย์ โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมเศษวัสดุ กองมูลสัตว์ และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่ง กล่าวคือเมื่อไหร่ก็ตาม ที่มีสารอินทรีย์หมักรวมกันเป็นเวลานานก็อาจเกิดก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่แตกต่างกันจะมีสัดส่วนของก๊าซมีเทนและก๊าซอื่น ๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งก็จะมีวิธีการผลิตและวัตถุดิบนำมาผลิตที่แตกต่างกัน โรงผลิตแก๊สชีวภาพโดยทั่วไปจะใช้ มูลสุกร น้ำเสียจากโรงงานแป้งมัน โรงงานปาล์ม โรงหมักเบียร์ โรงกลั่นสุรา และโรงงานแปรรูปอาหาร รวมทั้งน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ การนำก๊าซชีวภาพไปใช้จำเป็นต้องมีการปรับปรุงซึ่งสรุปเป็นสามข้อดังนี้

การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ (Gas Purification) ก่อนการนำไปใช้งาน มีขั้นตอนดังนี้

1. การดักน้ำในท่อส่งก๊าซชีวภาพ

ปกติแล้วก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มักจะมีกลิ่นสูงเกือบถึงจุดอิ่มตัว เมื่อก๊าซชีวภาพไหลผ่านท่อส่งก๊าซที่ฝังอยู่ในดินที่มีอุณหภูมิต่ำมักจะทำให้ความชื้น(ไอน้ำ) ในก๊าซชีวภาพกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและสะสมจนเกิดเป็นอุปสรรคในการส่งก๊าซไปตามท่อได้ ดังนั้นต้องมีการติดตั้งชุดดักน้ำก่อนนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน

2. ปรับลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

การปรับลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากก๊าซชีวภาพนี้จะปฏิบัติก็ต่อเมื่อมีความจำเป็น เช่น ในกรณีที่ก๊าซชีวภาพที่ได้มีสัดส่วนของก๊าซมีเทน (CH_4) ต่ำมากจนอยู่ในระดับที่จุดไฟติดยาก คือประมาณเปอร์เซ็นต์ CH_4 น้อยกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ แต่ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกรนั้นไม่มีปัญหาในเรื่องนี้ ดังนั้นการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จึงไม่จำเป็น

3. การปรับลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

การปรับลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่ปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพนั้น มีคุณสมบัติเป็นก๊าซพิษและเมื่อสัมผัสกับน้ำ หรือไอน้ำจะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ซึ่งเป็นสาเหตุของฝนกรดหรือไอรกรดที่สามารถกัดกร่อนโลหะและวัสดุอุปกรณ์ได้ ดังนั้นการลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในก๊าซชีวภาพก่อนการนำไปใช้ประโยชน์นั้นจะเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไป และจะช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ใช้ก๊าซด้วย

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจาก ก๊าซชีวภาพสามารถทำได้ด้วยวิธีหลัก ๆ 3 วิธี กล่าวคือ

- 3.1 ระบบกังหันไอน้ำ
- 3.2 ระบบกังหันก๊าซเดินคู่กับระบบกังหันไอน้ำ
- 3.3 ระบบเครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายใน

1. การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบกังหันไอน้ำ

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไป โดยระบบกังหันไอน้ำแต่ละระบบจะต่างกันตรงชนิดเชื้อเพลิงที่นำมาเผาให้ความร้อนแก่หม้อน้ำเท่านั้น ระบบนี้เป็นการนำก๊าซชีวภาพมาเผาเพื่อต้มน้ำในหม้อน้ำโดยตรงให้กลายเป็นไอน้ำ จากนั้นใช้ไอน้ำไปหมุนกังหันไอน้ำที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกทอดหนึ่ง อุปกรณ์หลักประกอบด้วย เตาเผาก๊าซชีวภาพ หม้อน้ำ (boiler) ระบบจ่ายน้ำและบำบัดน้ำ เครื่องควบแน่น (condenser) หอหล่อเย็น (cooling tower) กังหันไอน้ำ (turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญที่ซับซ้อนหลายชนิด

2. การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบกังหันก๊าซเดินคู่กับระบบกังหันไอน้ำ

วิธีนี้น่าจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด หลักการทำงานก็คือ ใช้ระบบกังหันก๊าซชนิดเดียวกับที่ใช้ในเครื่องบินไอพ่น โดยอัดอากาศผ่านเครื่องอัดความดันสูง แล้วนำอากาศความดันสูงที่ได้มาเผาพร้อมกับก๊าซชีวภาพในห้องเผาไหม้ ซึ่งทำให้ก๊าซที่เผาไหม้แล้วเกิดการขยายตัวทันที กลายเป็นพลังงานไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เนื่องจากก๊าซเสีย (ก๊าซผสมที่ปล่อยทิ้ง) มีอุณหภูมิสูงถึง 450 - 550 องศาเซลเซียส ดังนั้น จึงสามารถนำไปใช้ให้ความร้อนแก่หม้อน้ำ เพื่อไปหมุนกังหันไอน้ำที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อีกทอดหนึ่ง ระบบนี้ให้ประสิทธิภาพโดยรวมประมาณร้อยละ 30

3. การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบเครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายใน

เครื่องยนต์สันดาปภายในเครื่องแรกที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ผลิตขึ้นในปี ค.ศ. 1876 ที่ประเทศเยอรมนี ต่อมาอีก 10 ปี เครื่องยนต์สันดาปภายใน 4 จังหวะที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงได้ถือกำเนิดขึ้นที่เยอรมันเช่นกัน สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ก๊าซธรรมชาติและใช้ก๊าซชีวภาพนั้น การทำงานของเครื่องยนต์จะมีลักษณะเหมือนกับการทำงานของเครื่องยนต์ในรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน ซึ่งต้องมีการจุดระเบิดโดยใช้หัวเทียน แต่มีส่วนประกอบหรือชิ้นส่วนต่าง ๆ เหมือนกับเครื่องยนต์ดีเซลมากกว่า โดยก๊าซที่เผาไหม้ในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายในที่จุดศูนย์กลาง อาจมีอุณหภูมิสูงถึง 1,400 องศา ทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบนี้สูงกว่าระบบที่ใช้กังหันก๊าซ เดิมทีกับระบบกังหันไอน้ำโดยมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 32 - 40 และค่าเฉลี่ยทั่วไปจะอยู่ที่ร้อยละ 35



ภาพที่

6.14 การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบเครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายใน

ที่มา : <http://www.thaiwaste.com>

กิจกรรมท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 6

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาเอกสารชุดการเรียนรู้หน่วยที่ 6 จบแล้ว ขอให้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วทำกิจกรรมการเรียนรู้หน่วยที่ 6 ในสมุดบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วจัดส่งตามที่คุณสอนกำหนด

แนะนำ แหล่งเรียนรู้บนอินเทอร์เน็ต

เตาเผาขยะลดมลพิษ_เทคโนโลยีล้านนา เชียงใหม่

<https://www.youtube.com/watch?v=oBSNhNpSdmQ>

โครงการเตาเผาขยะในชุมชนไร่ลพิษ ไม่ใช่เชื้อเพลิง

https://www.youtube.com/watch?v=K0gOe1z7_tl

เตาเผาขยะผลิตไฟฟ้าเทศบาลนครภูเก็ต

https://www.youtube.com/watch?v=K0gOe1z7_tl

วิชาการ.คอม

<http://www.vcharkarn.com/varticle/42732>

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2553). **คู่มือประชาชนการคัดแยกขยะมูลฝอยอย่างถูกวิธีและเพิ่มมูลค่า**. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ฮีล จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานสารและสมบัติของสาร** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานเคมี** (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี** (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสิงห์บุรี. (2559). **คู่มือการสร้างวินัยสู่การจัดการขยะแบบครบวงจร (เอกวิชาการลำดับที่ 6/2559)**. สิงห์บุรี:สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสิงห์บุรี.
- สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดขอนแก่น. (ม.ป.ป.). **คู่มือดำเนินการตั้งศูนย์เรียนรู้การจัดการขยะชุมชนและศูนย์รีไซเคิล**. ขอนแก่น : ม.ป.ท.
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 14.(2554). **คู่มือการลด คัดแยก และใช้ ประโยชน์ขยะมูลฝอยชุมชน**.สุราษฎร์ธานี : ม.ป.ท.

แหล่งอ้างอิงออนไลน์

- นาว26. ขยะล้นเมือง...ปัญหาใหญ่มลพิษปี 59. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.now26.tv/view/66104>. (วันที่ค้นข้อมูล : 8 กุมภาพันธ์ 2560).
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. วารสารนักบริหาร STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษ
 ที่ 21(2556). เข้าถึงได้จาก : [http://www.scipnru.com/
 materials/newsystem/materials.pdf](http://www.scipnru.com/materials/newsystem/materials.pdf). (วันที่ค้นข้อมูล : 13 กุมภาพันธ์ 2560).
- รักษพล ธนานุวงศ์. Executive Journal ปีที่ 33 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2556.
 รายงานสรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ STEM Education. เข้าถึงได้จาก:
[http://www.slideshare.net/ focusphysics/stem-workshop-](http://www.slideshare.net/focusphysics/stem-workshop-). (วันที่ค้นข้อมูล :
 14 กุมภาพันธ์ 2560).
- วิชาการ.คอม. การผลิตไฟฟ้าจากขยะ. เข้าถึงได้จาก : [http://www.vcharkarn.com/
 article/42732](http://www.vcharkarn.com/article/42732). (วันที่ค้นข้อมูล : 10 กุมภาพันธ์ 2560)
- ห้องสมุดวัสดุเพื่อการออกแบบศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ. วัสดุมาแรงในปี 2556 และใน
 อนาคต. เข้าถึงได้จาก : <http://th.materialconnexion.com/admin/mainmenu>.
 (วันที่ค้นข้อมูล : 8 กุมภาพันธ์ 2560).
- อภิสิทธิ์ ธงไชย และคณะ. สรุปการบรรยายพิเศษเรื่อง Science, Technology,
 Engineering, and Mathematics Education: Preparing students for the
 21st Century. เข้าถึงได้จาก : [http://designtechnology.ipst.ac.th/
 uploads/STEMeducation.pdf](http://designtechnology.ipst.ac.th/uploads/STEMeducation.pdf). (วันที่ค้นข้อมูล : 14 กุมภาพันธ์ 2560).
- เอไอดีเอ. การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint Calculation).
 เข้าถึงได้จาก : <http://www.aida-2010.com/carbon-footprint.php>. (วันที่ค้น
 ข้อมูล : 8 กุมภาพันธ์ 2560).
- โฮมโปร. 6 สัญลักษณ์ รักษาโลกกับโฮมโปร. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.homepro.co.th/news/pr/927?lang=en>. (วันที่ค้นข้อมูล :
 10 กุมภาพันธ์ 2560).
- Janjarus Srisomboon. วัสดุศาสตร์และเทคโนโลยี. เข้าถึงได้จาก :
<https://preat55janjarus.wordpress.com/2013/01/23/>. (วันที่ค้นข้อมูล :
 7 กุมภาพันธ์ 2560).

ที่มาภาพประกอบชุดวิชา

หน่วยที่ 1 หลักวัสดุศาสตร์

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
1.1	วัสดุประเภทโลหะ	http://www.fsocial789013.blogspot.com/p/blog-page_41.html
1.2	พอลิเมอร์ธรรมชาติ	http://www.newsplus.co.th/images/2016/02/93877/เส้นใยที่ปั่นเป็นด้าย.jpg
1.3	พอลิเมอร์สังเคราะห์	http://www.vcharkarn.com/uploads/43/44020.jpg
1.4	โมเลกุลของไฮโดรพอลิเมอร์	https://th.wikipedia.org/wiki/พอลิเมอร์
1.5	โมเลกุลของโคพอลิเมอร์	https://th.wikipedia.org/wiki/พอลิเมอร์
1.7	เส้นใย	http://santext.igetweb.com/article/art_42078094.jpg
1.8	พลาสติก	http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=28&chap=8&page=t28-8-infodetail06.html
1.10	วัสดุประเภทวัสดุเซรามิกส์ในชีวิตประจำวัน	http://www.thaiceramicsociety.com/ts_waste.php http://www.hong-pak.com/www.php?web=SORWASANA&lang=th&p=roomdetail&rid=1037%20target=_blank%3E

หน่วยที่ 2 การใช้ประโยชน์และผลกระทบจากวัสดุ

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
2.1	ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิเอทิลีน	http://www.gacner.com/products/pd001_plastic6.jpg
2.2	ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิโพรไพลีน	http://kanchanapisek.or.th/kp6/pictures28/l28-249.jpg
2.3	พอลิสไตรีน	http://kanchanapisek.or.th/kp6/pictures28/l28-251.jpg
2.4	พอลิเทตระฟลูออโรเอทิลีน	http://kanchanapisek.or.th/kp6/pictures28/l28-253.jpg
2.5	ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ มีหลากหลายรูปแบบ และสีส่น	http://fieldtrip.ipst.ac.th/backend/images/resources/hongtai/content_pic/contents04_03.jpg

หน่วยที่ 3 การคัดแยกและการรีไซเคิล

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
3.1	ภาพถังขยะประเภทต่าง ๆ	http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/plastic_waste.htm
3.2	การรณรงค์ลดใช้ถุงพลาสติกของหน่วยงานต่าง ๆ	http://www.bloggang.com/m/viewdiary.php?id=shabu&group=1&month=11-2012&date=14
3.4	เก้าอี้จากขวดน้ำ	http://www.oknation.net/blog/home/blog_data/912/23912/images/rcjpg
3.5	พรมเช็ดเท้าจากเศษผ้า	https://www.l3nr.org/posts/559460
3.6	กระถางต้นไม้จากรองเท้าเก่า	http://www.thaitambon.com/product/1412814174
3.7	ตุ๊กตาดกแต่งสวนจากยางรถยนต์เก่า	http://www.jeab.com/home-living/how-to/25-reuse-old-tires-ideas/attachment/reuse-old-tires-2
3.8	การรีไซเคิลหรือการแปรรูปเศษวัสดุนำกลับมาใช้ใหม่	https://www.dekd.com/activity/28028/
3.9	ป้ายประชาสัมพันธ์กิจกรรม 3R ของกรมควบคุมมลพิษ	http://www.siamgoodlife.com/index.php?route=product/product&product_id=1927

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
3.10	ตัวอย่างโลหะประเภท เหล็กหล่อ เหล็กหนา และ เหล็กบาง	http://www.thaiceramicsociety.com/ts_waste.php
3.11	อะลูมิเนียมหนา และ อะลูมิเนียมบาง	http://images.recyclechina.com/img/products/2012/7/3/1341246610734839.jpg
3.12	ดิ่งแยกฝากระป๋องเครื่องดื่ม ออกแล้วทุบให้แบน	http://nwnt.prd.go.th/centerweb/news/NewsDetail?NT01_NewsID=TNSOC5812140010034.jpg
3.13	ตัวอย่างโลหะประเภท ทองเหลือง ทองแดง และ สแตนเลสที่นำมารีไซเคิลได้	http://www.in.all.biz/img/in/catalog/376264.jpeg
3.14	สัญลักษณ์รีไซเคิลกระป๋อง โลหะและอะลูมิเนียม	https://img.kapook.com/u/surauch/movie2/page_68.jpg
3.15	ตัวอย่างพอลิเมอร์ประเภท เทอร์โมเซตติ่ง	https://www.easypacelearning.com/design/images/carparts.jpg
3.16	ตัวอย่างพอลิเมอร์ประเภท เทอร์โมพอลิเมอร์	https://sites.google.com/site/myportfolio24/_/rsrc/1395645629601/6-wasdu-chang/untitled3232.png
3.17	ซ่ายแก้วดีนารียูล์ส ขวแก้วแตก เข้ากระบวนการรีไซเคิล	http://pkrugreenlife.net23.net/img/re11.jpg
3.18	สัญลักษณ์รีไซเคิลแก้ว	https://home.kapook.com/view74326.html

หน่วยที่ 4 แนวโน้มการใช้วัสดุในอนาคต

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
4.1	Micro lattice โลหะเบาสุดในโลก	https://www.electricalab.gr/images/stories/science00.jpg
4.2	Shape memory polymers คีรูปร่างได้ แตกหัก – เสียหายซ่อมตัวเอง	http://www.ictp.csic.es/Boletin/InfoCTP%20mayo2014/fotos/foto_2014/mayo/imagen-shape-memory2.jpg
4.3	แกรฟีนวัสดุที่ใช้ทำหน้าจอสัมผัส มีลักษณะบางมาก โปร่งใส ยืดหยุ่น และนำไฟฟ้า	https://d27v8envyltg3v.cloudfront.net/tackk/614939/13939834956169/cover.jpg
4.4	วัสดุประเภทเซรามิกสีในอนาคต	https://img.grouponcdn.com/deal/itsmGzPSgdRcXCwvXrX2/V7-960x582/v1/c700x420.jpg
4.5	วัสดุที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	http://www.1000ideas.ru/wp-content/uploads/2013/08/Bananas-foto2.jpg
4.6	พลาสติกจากพืชที่แข็งแรงทนทาน	https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/c9/c6/0a/c9c60a250598491316722eb753e27d2b.jpg
4.7	วัสดุถูกผสม	http://www.alternative-energy-news.info/images/pictures/self-powered-devices.jpg
4.8	สปีนโพลีเอสเตอร์	http://www.msgtexmed.com/upload/articles/%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%A2.jpg
4.9	เสื้อผ้าที่ใช้เทคโนโลยีนาโนซิลเวอร์	https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/1c/2c/fd/1c2cfd276044a42eddc0eeb592b684f8.jpg

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
4.10	สแกนเดียม	https://www.webelements.com/_media/elements/element_pictures/Sc.jpg
4.11	โพรมีเทียม	http://elements.vanderkrogt.net/jdurg/Pm.jpg
4.12	แลนทานัม	http://98a4980578083abe0fc6-26cdb33025b4deaf9c0a6e9a3953d227.r43.cf2.rackcdn.com/5305AE2C-56DB-45FD-92D1-617DDB107AD0.jpg
4.13	อิตเทรียม	http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/3/periodic3/Y.jpg
4.14	เพอร์ซีโอดีเมียม	http://vichakarn.triamudom.ac.th/comtech/studentproject/sci/cheme/periodic/pic/059_pr.jpg
4.15	โซลาร์เซลล์	http://estaticos.qdq.com/swdata/cache/ad/bc/adbc3a82744efe5ba4d7670f11dc5d24.jpg
4.16	อิเล็กทรอนิกส์โปร่งใส	https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/39/a9/0e/39a90e518154b6c75f941570eb4461f2.jpg

หน่วยที่ 5 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุตามหลักสะเต็มศึกษา

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
5.1	เศษวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกนำมาประดิษฐ์เป็นของใช้ต่าง ๆ	http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9540000107869
5.2	หลอดไฟแปลงร่างเป็นแจกัน	http://www.manager.co.th
5.3	จอคอมพิวเตอร์แปลงร่างเป็นที่นอนสัตว์เลี้ยง	http://www.creativemove.com/creative/diy-monitor-cat-house/
5.4	ตุ๊กตาจากโทรทัศน์เก่า	http://www.homedd4u.com/
5.5	เศษเหล็กท่อประปามานำมาแปลงร่างเป็นขาตั้งคอมพิวเตอร์	http://www.houzzmate.com/topic/1215122012434252
5.6	เศษเหล็กหลายประเภทนำมาแปลงร่างเป็นงานปติมากรรม	http://www.nana108.com/
5.7	เศษเหล็กแปลงร่างเป็นหุ่นยนต์สร้างงานสร้างอาชีพให้แก่ผู้ประดิษฐ์แหล่งผลิตหุ่นเหล็กยักษ์ส่งออก บ้านหุ่นเหล็ก จังหวัดอ่างทอง	http://www.thailovetrip.com/view.php?id_view=654
5.8	เศษเหล็กแปลงร่างเป็นโต๊ะ เก้าอี้	http://www.manager.co.th/iBizchannel/ViewNews.aspx?NewsID=9520000070875
5.9	ยางรถยนต์แปลงร่างเป็นที่นอนสัตว์เลี้ยง	https://www.iurban.in.th/greenery/brilliant-ways-to-reuse-and-recycle-old-tires/
5.10	ยางรถยนต์แปลงร่างเป็นกระถางต้นไม้	
5.11	ยางรถยนต์แปลงร่างเป็นสนามเด็กเล่น	http://www.banidea.com/diy-garden-in-can-ideas/
5.12	ยางรถยนต์แปลงร่างเป็นกรอบกระจก	
5.13	ยางรถยนต์แปลงร่างเป็นเฟอร์นิเจอร์	

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
5.14	กระป๋องแปลงร่างเป็น กระถาง	http://www.banidea.com/ideas-to-recycle-tin-cans/
5.15	ต้นไม้ ที่เก็บของจากกระป๋องเก่า	
5.16	ฝาเปิดกระป๋องแปลงร่างเป็น โคมไฟ	http://www.banidea.com/lamp-canned-aluminum/
5.17	ฝาเปิดกระป๋องแปลงร่างเป็น เครื่องประดับ	<a href="http://women.kapook.com/photoทำไอ
ข้อมือ_3728.html">http://women.kapook.com/photoทำไอ ข้อมือ_3728.html
5.18	ขวดพลาสติกแปลงร่างเป็นม่าน บังตา โคมไฟ แลโรงเรือนเพาะชำ	http://www.nonvisual.com/2016/01/ diy.html
5.19	ขวดพลาสติกแปลงร่างเป็นร้วบ้าน และลิ้นชักเก็บของในบ้าน	http://www.nonvisual.com/2016/01/ diy.html
5.20	บ้านที่ตกแต่งด้วยฝาขวด น้ำ ดื่มพลาสติก	http://www.bareo-isyss.com/design- tips/161-diy-plastic-bottles. html
5.21	เบาะรองนั่งจากเศษผ้า	http://p-dit.com/2013/12/08/3610/
5.22	กระถางต้นไม้จากเศษผ้า	http://p-dit.com/2016/08/09/8015/
5.23	พรมเช็ดเท้าจากเสื้อผ้าเก่า	http://home.kapook.com/view124978. html
5.24	หมอนอิงจากกางเกงยีนส์เก่า	
5.25	พวงกุญแจจากเศษผ้า	https://sites.google.com/site/fabrickey chain/home/phwng-kuycae- dxk-thiw-lip-cak-ses-pha
5.26	ตุ๊กตาจากเศษผ้า	http://www.ladysquare.com/forum_p osts.asp?TID=133936&PN=2
5.27	เศษไม้แปลงร่างเป็นเครื่องประดับ ตกแต่งบ้าน	http://www.diy-knight.com/2015/06/ diy-diy_1.html https://decorationlite.wordpress.com/ 2013/01/18/พาเลทไม้เก่าๆอย่าทิ้ง/
5.28	กระดาษประเภทต่าง ๆ แปลงร่าง เป็นของใช้ในบ้านและ สินค้าเพื่อ จำหน่าย	https://www.iurban.in.th/inspiration/re cycle- newspaper-to-coo/

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
5.29	งานประดิษฐ์เปเปอร์มาเช่จากกระดาษ	http://www.kruwichan.com/_files_school/00000647/activity/00000647_1_20131226-162208.jpg
5.30	ถุงพลาสติกที่นำมาแปลงร่างเป็นที่รองภาชนะ และใส่ของจุ๊กจิก	http://joobbox.exteen.com/20080807/entry http://www.babyfancy.com/printer_friendly_posts.asp?TID=56203 http://home.sanook.com/5577/
5.31	ฟูกที่ถักจากถุงพลาสติก	http://www.posttoday.com/social/goodstory/459192
5.32	รองเท้าที่ถักจากถุงพลาสติก	http://www.jeab.com/home-living/how-to/6-diy-plastic-bag-ideas
5.33	กระเป๋าที่ถักจากถุงพลาสติก	http://p-dit.com/2013/12/20/3721/
5.34	ดอกไม้ประดิษฐ์จากถุงพลาสติก	http://www.jeab.com/home-living/how-to/6-diy-plastic-bag-ideas
5.35	งานศิลปะจากขวดแก้ว	http://www.greenintrend.com/งานอาร์ตจากขยะ ขวดแก้ว/
5.36	โคมไฟจากขวดแก้ว	https://pinperty.com/blog/wine-bottle-crafts-412
5.37	ขวดแก้วใช้ประดับตกแต่งผนังบ้านเพิ่มแสงสว่างแทนบล็อกลูกแก้ว	http://www.designrulz.com/product-design/2012/08/20-ideas-of-recycle-wine-bottles/
5.38	แจกันจากขวดแก้ว	https://benefitsofbeingfit.wordpress.com/2015/03/17/make-use-of-you-glass-bottles/

หน่วยที่ 6 สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุตามหลักสะเต็มศึกษา

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
6.1	เตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ Moving Grate	http://bangkokgreencity.bangkok.go.th/kmedweb/pdf/Incinerator_technology.pdf
6.2	ภาพถ่ายแสดงให้เห็นตะกรับที่อยู่ด้านในของเตาเผามูลฝอย	http://bangkokgreencity.bangkok.go.th/kmedweb/pdf/Incinerator_technology.pdf
6.3	ส่วนประกอบของตะกรับที่ช่วยให้มูลฝอยเกิดการเคลื่อนที่	http://bangkokgreencity.bangkok.go.th/kmedweb/pdf/Incinerator_technology.pdf
6.4	อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ที่ง่ายเข้าตามส่วนต่าง ๆ ของห้องเผาไหม้	http://bangkokgreencity.bangkok.go.th/kmedweb/pdf/Incinerator_technology.pdf
6.5	ระบบเตาเผาแบบหมุน	http://bangkokgreencity.bangkok.go.th/kmedweb/pdf/Incinerator_technology.pdf
6.6	ระบบเตาเผาแบบหมุนที่ติดตั้งใช้งานจริง	http://bangkokgreencity.bangkok.go.th/kmedweb/pdf/Incinerator_technology.pdf
6.7	เตาเผาแบบพลูอิดไดซ์เบด	http://bangkokgreencity.bangkok.go.th/kmedweb/pdf/Incinerator_technology.pdf
6.8	กระบวนการ Pyrolysis & Gasification ของ Compact Power®	http://bangkokgreencity.bangkok.go.th/kmedweb/pdf/Incinerator_technology.pdf
6.9	ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลขึ้น (Updraft Gasifier)	http://www.kobelco/general/illist_haiki_03.jpg
6.10	ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft gasifier)	http://biofuelsacademy.org/web_images/CFBG/CFBG3.jpg

ภาพที่	ชื่อภาพ	ที่มา
6.11	เครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟายเออร์ แบบไหลขวาง (cross draft gasifier)	http://www.fao.org/docrep/t0512e/T0512e13.gif
6.12	ระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง แบบป้อนเชื้อเพลิงต่อเนื่อง (Fluid Bed Gasifier)	https://www.andritz.com/pp-powergeneration-bfb-gasifer-principle.jpg
6.13	การผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซ ชีวภาพจากหลุมฝังกลบเศษวัสดุ (Landfill Gas to Energy)	http://s2.thingspic.com/images/qC/KQyiG99bQ5YfJYQNTVT2Nkqc.jpeg
6.14	การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบ เครื่องยนต์ก๊าซสันดาปภายใน	http://www.thaiwaste.com/wp-content/uploads/2016/02/235143.jpg

คณะผู้จัดทำต้นฉบับ

ที่ปรึกษา

นายวิเชียรโชติ โสอุบล	ผู้อำนวยการสถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
นายทรงเดช โคตรสิน	รองผู้อำนวยการสถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผู้เชี่ยวชาญเนื้อหา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพงษ์ อุ่นใจ	อาจารย์ประจำวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
---------------------------------------	--

ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี

นายสิทธิพร ประสารแซ่	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
นายไพจิตร ผุดเพชรแก้ว	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
นายสุชาติ สุวรรณประทีป	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
นายสมชาย คำเพราะ	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดและประเมินผล

นางสาวนาถีวรรณ บุญประสงค์	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
นางสาวฉันทลักษณ์ ศรีผา	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

คณะบรรณาธิการ ตรวจสอบความถูกต้องและพิสูจน์อักษร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพงษ์ อุ่นใจ

อาจารย์ประจำวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

นางลัดดา คัมภีระ

ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

สถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

นางสาวสกุลตรา ขอสุข

ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

สถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

นายสุรพงษ์ ลาตวงษ์

ครู ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา

อุบลราชธานี

นางศรีัญญา โนนคู่เขตโขง

ครู สถาบัน กศน.

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

นางอรัญญา บัวงาม

ข้าราชการบำนาญ

สถาบัน กศน. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผู้เขียน/รวบรวม/เรียบเรียง

นายสุรพงษ์ ลาตวงษ์

ครู ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา

อุบลราชธานี

ผู้ออกแบบปก

นายศุภโชค ศรีรัตนศิลป์

กลุ่มพัฒนาการศึกษานอกระบบและ

การศึกษาตามอัธยาศัย



ห้ามจำหน่าย

ชุดวิชานี้ ลิขสิทธิ์เป็นของ สำนักงาน กคณ. สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ