

## บทที่ 7

### การนำกลับคืนวัสดุ

การรีไซเคิล (Recycling) ชยะจากผู้บริโภคที่ทิ้งร่วมกับขยะชุมชน ทำให้นำไปสู่กระบวนการต่างดังนี้

- 1) การนำกลับวัสดุมาใช้ใหม่จากการเก็บขยะ
- 2) กระบวนการที่ใช้ระหว่างทาง เช่น การคัดแยก การบดอัด
- 3) การขนถ่าย
- 4) กระบวนการสุดท้าย คือ การเตรียมวัสดุดิบเพื่อนำสู่กระบวนการรีไซเคิล

กระบวนการรีไซเคิลมีกระบวนการที่สำคัญมากคือ การคัดแยก (Separation) และการนำกลับ (Recovery) เพื่อให้ได้ลักษณะเฉพาะของวัสดุ วัสดุที่ใช้ในกระบวนการรีไซเคิล มีการใช้กันในเวลาสั้น ๆ ถูกทิ้งอย่างรวดเร็วและมีปริมาณมากในขยะชุมชน

#### 7.1 บทบาทของการนำกลับคืนวัสดุและการขนถ่ายสำหรับการนำกลับคืนวัสดุ<sup>[1]</sup>

เครื่องมือของกระบวนการนำกลับคืนวัสดุ (Material Recovery Facilities, MRFs) และระบบการขนถ่ายสำหรับการนำกลับคืนวัสดุ (Material Recovery/Transfer Facilities, MRF/TFs) ที่ใช้ในโรงงานสำหรับการคัดแยก การทำความสะอาด การบรรจุ และทำการลำเลียงส่งวัสดุนำกลับคืนในปริมาณมากจากขยะชุมชน กระบวนการนี้รวมถึงระบบเก็บขน ขนถ่ายขยะจากริมทางเท้า หน้าบ้าน หรือจุดรับขยะ การคัดแยกวัสดุจะรวมถึงการคัดแยกกระดาษ และกระดาษแข็งจากกระดาษผสมรวมกันกับกระดาษแข็ง อะลูมิเนียมจากอะลูมิเนียมผสมปนกับกระป๋องดีบุก พลาสติกที่ผสมปนกันระหว่างพลาสติกรวมกับกระป๋องอะลูมิเนียม กระป๋องดีบุก พลาสติก และแก้ว จากการผสมกันกับวัสดุอื่น ๆ และแก้วสีต่าง ๆ (แบบใส สีชา เขียว)

การแยกขยะชุมชนรวม องค์ประกอบขยะทุกชนิดสามารถแยกออกจากขยะชุมชนรวม การแยกจะทำการแยกด้วยแรงงานหรือเครื่องจักร การนำกลับคืนวัสดุที่ยังมีประโยชน์นั้น ขึ้นกับ

- 1) จำนวนและชนิดขององค์ประกอบที่ต้องการแยก
- 2) เป้าหมายที่ต้องการคัดแยก
- 3) ลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ต้องการแยก

## 7.2 วัสดุที่ต้องการแยกจากกองขยะ

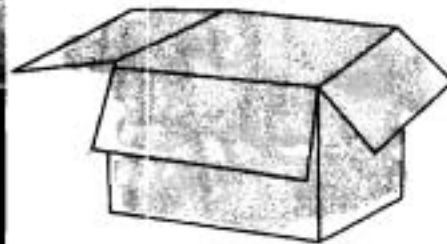
วัสดุที่ต้องการแยกจากกองขยะประกอบด้วย กระดาษและกระดาษแข็ง อะลูมิเนียม กระจกดีบุก พลาสติก และแก้ว

### กระดาษและการดาษแข็ง

ประเภทของกระดาษที่รีไซเคิลได้ ได้แก่ หนังสือพิมพ์เก่า (ภาพที่ 7-1) กระดาษลูกฟูกเก่า (Old corrugated cardboard, OCC ดังแสดงในภาพที่ 7-2) กระดาษคุณภาพสูง และกระดาษผสม (Mixed paper waste, MPW) กระดาษจำพวกเหล่านี้อาจถูกแบ่งประเภทให้เป็นกระดาษคุณภาพต่ำหรือสูงก็ได้ กระดาษที่คุณภาพสูงเป็นกระดาษขาวที่มีลักษณะเหมือนกระดาษคอมพิวเตอร์ กระดาษคุณภาพต่ำประกอบด้วย กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษลูกฟูก และกระดาษผสม กระดาษผสมประกอบด้วยกระดาษที่ไม่สามารถแยกได้ มาจากสำนักงาน แหล่งธุรกิจ หรือกระดาษจากสำนักพิมพ์ กระดาษคุณภาพสูงใช้แทนเยื่อกระดาษ กระดาษคุณภาพต่ำจะนำไปทำกระดาษกล่องแข็ง กระดาษก่อสร้าง และกระดาษรีไซเคิลอื่น ๆ หมึกสีดำที่ใช้ในการพิมพ์หนังสือพิมพ์ทำให้ราคาของกระดาษลดลง การลดลงของราคาของกระดาษมาจากสาเหตุอื่น เช่น กระดาษเบอร์โทร์ที่ปนเปื้อนกว่าที่ติดต้นเล่ม หรือสารเคมีที่เคลือบหน้าปกของแมกกาซีน



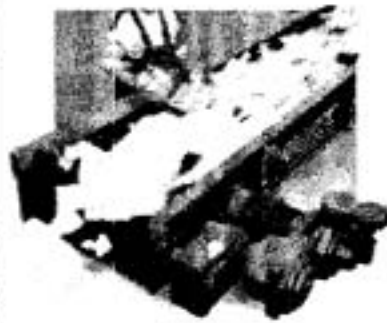
ภาพที่ 7-1 กระดาษหนังสือพิมพ์ และ เมกกาชิน



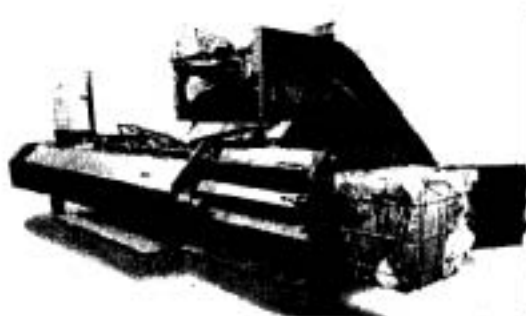
ภาพที่ 7-2 ลักษณะของกระดาษแข็งกล่องลูกฟูก

กระดาษหนังสือพิมพ์เก่าควรจะถูกแยกออกจากขยะอื่น ๆ เพื่อให้ระบบมีคุณภาพที่แน่นอน หรือแยกที่แหล่งกำเนิดเท่าที่จะเป็นไปได้ คนก็ยังสามารถทิ้งแยกออกจากขยะชุมชนทั่วไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อนในระหว่างการรวบรวม บรรจุ การขนถ่าย ชนลงจากพาหนะเข้ากระบวนการ และเก็บกักไว้

ในกระบวนการนำกลับคืนวัสดุ กระดาษผสม และกระดาษแข็งสามารถชนลงจากพาหนะเก็บรวบรวม กระดาษแข็งและกระดาษไม่สามารถรีไซเคิลได้จะถูกแยกออก กระดาษผสมถูกนำขึ้นไปยังสายพานด้วยเครื่องยก พื้นสายพานเอียงลาดขึ้นไปจนสายพานมีพื้นระนาบราบ สายพานราบขนกระดาษผสมผ่านเจ้าหน้าที่ซึ่งทำการแยกกระดาษแข็งออกจากกระดาษผสม (ดังแสดงในภาพที่ 7-3) กระดาษที่เหลือบนสายพานถูกลှ่ยไปยังพื้นที่สำหรับรีดด้วยเครื่องรีด



ภาพที่ 7-3 แยกกระดาษด้วยแรงงาน



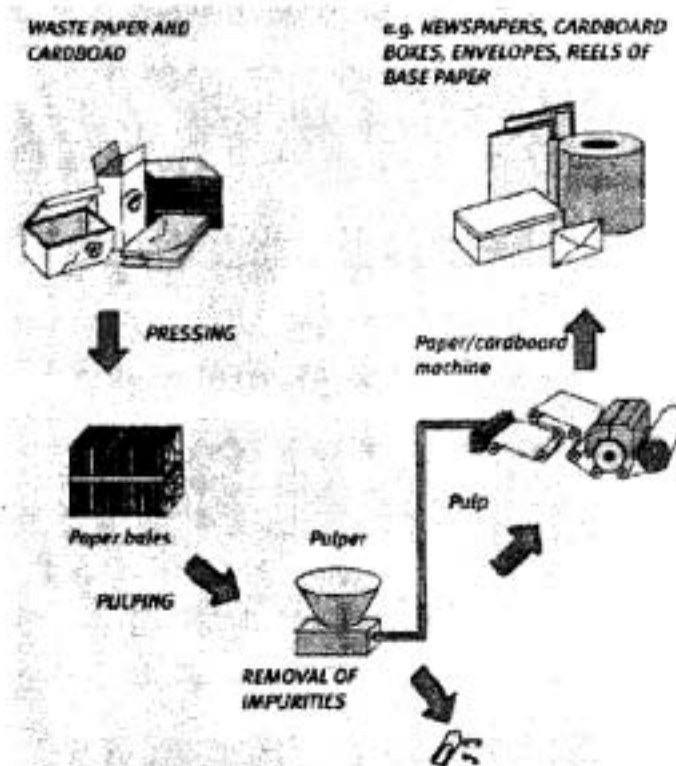
ภาพที่ 7-4 เครื่องรีดกระดาษแข็ง



ภาพที่ 7-5 เครื่องรีดกระดาษผสม

สายพานในแนวราบทำการลำเลียงกระดาษผสมผ่านเจ้าหน้าที่คัดแยก ทำการตัดแยกกระดาษแข็งออกจากกระดาษผสม กระดาษผสมที่เหลือบนสายพานถูกลำเลียงโดยสายพานไปยังเครื่องป้อนเข้าเครื่องรีด (ดังแสดงในภาพที่ 7-4 และ 7-5) ตอนที่กระดาษถูกรีดเป็นก้อนและกระดาษแข็งก็ถูกรีด กระดาษถูกแบ่งออกเป็นเกรด ในต่างประเทศจะแบ่งได้ถึง 33 เกรด โดยเป็นข้อตกลงกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย ตัวอย่างเช่น คุณลักษณะของกระดาษที่เป็น

กระดาษที่มาจากกระดาษชุมชน จะถูกแบ่งเป็น 4 เกรด จากเกรดคุณภาพต่ำสุดไปคุณภาพสูงสุด คือ กระดาษผสมไม่จำกัดชนิดของกระดาษที่ผสมเป็นเกรด 1 กระดาษหนังสือพิมพ์จะให้ เป็นเกรด 6 กระดาษหนังสือพิมพ์ชนิดพิเศษเป็นเกรด 7 กระดาษหนังสือพิมพ์พิเศษคุณภาพลดหมึกเกรดที่ 8 สามารถนำกลับไปผลิตหนังสือพิมพ์ได้อีกครั้ง หนังสือพิมพ์เหลือ เป็นเกรด 9 และกระดาษแข็งสามารถทำให้คุณภาพสูงได้โดยไม่มีสิ่งปนเปื้อน กระดาษถูกส่งไปย่อยเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น อาจพบกับวัสดุต้องห้าม เป็นวัสดุที่ผู้ใช้ทิ้งปนลงมากับกระดาษ เป็นวัสดุที่สามารถทำลายเครื่องมือได้ ตัวอย่างของวัสดุที่ต้องห้ามปนกับกระดาษ กล่องอาหารกระดาษ พลาสติก ฟอยล์ กระดาษทึบกระดาษหนังสือโทรศัพท์ โลหะ แก้ว เศษอาหาร คลิ้มกระดาษ การรีไซเคิลกระดาษทั้งกระบวนการตั้งแสดงในภาพที่ 7-6



ภาพที่ 7-6 กระบวนการรีไซเคิลกระดาษ<sup>[5]</sup>

### อะลูมิเนียม และกระป๋องดีบุก (ALUMINUM AND TIN CANS)

กระป๋องอะลูมิเนียมเป็นวัสดุที่นิยมเก็บคินจากขยะชุมชน และเป็นการรีไซเคิลเชิง การค้าได้ เพราะว่าง่ายต่อการแยกจากชุมชน ผู้แยกขยะจะนำอะลูมิเนียมสามารถขายได้ราคา ที่ทำให้ก่อเกิดรายได้สูงกว่าวัสดุอื่น ๆ ที่สามารถรีไซเคิลได้ การรีไซเคิลกระป๋องเครื่องดื่มที่ใช้

งานแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 7-7 เป็นการประหยัดพื้นที่หลุมฝังกลบ ประหยัดพลังงานที่จะต้องใช้ในกระบวนการผลิตอะลูมิเนียม กระบวนการผลิตกระป๋องอะลูมิเนียมจากกระป๋องอะลูมิเนียมใช้แล้วใช้พลังงานน้อย 95% เมื่อเทียบกับการใช้วัสดุใหม่ กระบวนการรีไซเคิลอะลูมิเนียมจะประสบความสำเร็จได้จะต้องมีการจัดการระบบการรวบรวม การคัดแยก และกระบวนการ นำกลับคืน และนำกลับไปใช้ที่มีความสัมพันธ์กันสอดคล้องกัน ส่วนของแหล่งกำเนิด 3 แหล่งที่สามารถรวบรวมกระป๋องอะลูมิเนียมบรรจุเครื่องดื่ม สามารถนำกลับคืนจากบ้านเรือน แหล่งร้านค้าธุรกิจ และจากกระบวนการผลิตอะลูมิเนียม

ภาพที่ 7-8 อะลูมิเนียมที่ถูกบดสำหรับพร้อมนำไปเข้ากระบวนการผลิตต่อ ภาพที่ 7-9 กระบวนการรีไซเคิลอะลูมิเนียม



ภาพที่ 7-7 กระป๋องเครื่องดื่มอะลูมิเนียม<sup>[5]</sup>

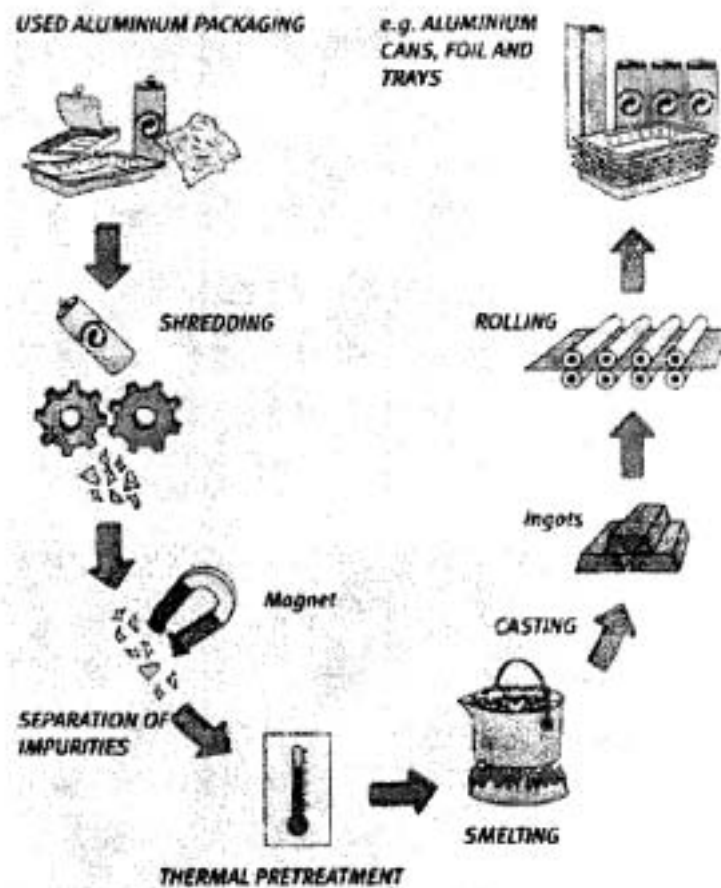


ภาพที่ 7-8 กระป๋องอะลูมิเนียมที่ถูกบด<sup>[5]</sup>

การเก็บรวบรวมบนท้องถนนทำให้ได้ปริมาณของวัสดุสามารถรีไซเคิลจำนวนมาก กระป๋องเครื่องดื่มอะลูมิเนียมสามารถถูกแยกไว้เดี่ยว ๆ เพื่อเอาไว้นขาย หรืออาจผสมปนกัน วัสดุที่สามารถรีไซเคิลได้ประเภทอื่น กระป๋องอาหารเหล็ก ซึ่งถูกผลิตขึ้นมากกว่า 90% ของกระป๋องอาหารทั้งหมด ถูกเรียกว่า "กระป๋องเคลือบดีบุก" (tin cans) เพราะว่ามี การเคลือบ ดีบุกไว้เพื่อป้องกันการเกิดสนิม กระป๋องเหล็กบางประเภท เช่น กระป๋องทูน้า ทำจากดีบุก

อย่างเดี่ยว และมีภาชนะที่ใช้อลูมิเนียมทำปาด แต่ตัวกระป๋องเป็นเหล็ก โดยถูกเรียกว่า "กระป๋อง 2 โลหะ" กระป๋องเหล่านี้สามารถรีไซเคิลได้อย่างแน่นอนในอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก และควรมีการส่งเสริมให้มีอยู่ในโปรแกรมการรีไซเคิล

ในกระบวนการนำกลับคืนวัสดุ ยานพาหนะรวบรวม ขนลำเลียงกระป๋องอะลูมิเนียม และกระป๋องตีบุกปนกัน ลงในภาชนะเก็บ (Hopper bin) ซึ่งลำเลียงไปยังสายพานลำเลียงเพื่อทำการรัด การขนถ่ายบนสายพานลำเลียงโดยผ่านเครื่องแยกแม่เหล็กไฟฟ้า กระป๋องตีบุกไม่สามารถถูกแยกออกไปจากกระบวนการได้ด้วยเครื่องแยกแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ทำการติดตั้งด้านบนของสายพาน อะลูมิเนียมและกระป๋องตีบุก รวบรวม คัดแยก ทำการบดอัดรีดขนส่งสู่ตลาด



ภาพที่ 7-9 กระบวนการรีไซเคิลอะลูมิเนียม [5]



โรงงานนำกลับคืน มีระบบเงื่อนไขการป้องกันตะลุมิเนียมก่อนที่จะทำการให้ความร้อน เพื่อทำการลดวัสดุเคลือบและระเหยความชื้น แล้วก็ส่งเข้าเตาเผาเพื่อหลอม โลหะหลอมรวม เป็นก้อนก้อนละประมาณ 30,000 lb หรือมากกว่า เพื่อนำไปจัดการเข้าสู่ระบบรีดด้วยลูกกลิ้ง ให้เป็นแผ่น แผ่นโลหะถูกส่งไปยังอุตสาหกรรมผลิตกระป๋อง เพื่อทำการจัดและผลิตเป็น กระป๋อง ตลาคที่ใช้อะลูมิเนียมเป็นตลาดวัสดุเฉพาะด้าน มีข้อกำหนดเฉพาะอย่างเพื่อจำกัด การปนเปื้อนซึ่งเกิดขึ้นอยู่ทุกวัน เช่น บางตลาดที่ใช้อะลูมิเนียมมีข้อห้ามการปนเปื้อน อะลูมิเนียมพอยล์ ฟิล์มอะลูมิเนียม เพื่อมีการปนเปื้อนบ่อยครั้ง อะลูมิเนียมถูกคัดแยกสิ่ง ปนเปื้อนออกหลังจากพ่อค้าซื้อมาเพื่อจัดการกับสิ่งปนเปื้อนออก

### **พลาสติก และแก้ว (PLASTIC AND GLASS)<sup>(2)</sup>**

การจัดการรีไซเคิลและใช้ซ้ำพลาสติก เป็นการยากที่จะประสบความสำเร็จ เพราะว่า พลาสติกแต่ละชนิดต้องผ่านกระบวนการที่แตกต่างเพื่อการนำกลับมาใช้ซ้ำ พลาสติกมี แตกต่างกันอยู่เป็นร้อย ๆ ชนิด มี 80% ของพลาสติกที่ใช้ในตลาดบริโภค สินค้าที่ใช้พลาสติก ประเภท HDPE (High density polyethylene เช่น ขวดบรรจุนม) หรือ PET (Polyethylene Terephthalate เช่น ขวดบรรจุน้ำอัดลม น้ำดื่ม) ภาชนะบรรจุสารทำความสะอาด และ น้ำมันเครื่อง ส่วนมากทำจาก HDPE ภาชนะบรรจุสารทำความสะอาดผลิตเป็น 3 ชั้น ประกอบด้วย วัสดุรีไซเคิลที่ชั้นกลาง ผลิตภัณฑ์พลาสติกมีสัญลักษณ์ปรากฏเพื่อบอกชนิด โดยสัญลักษณ์ เป็นสามเหลี่ยม และมีตัวเลขอยู่ตรงกลาง และตัวอักษรย่อ อยู่ด้านล่าง ตัวเลข และ ตัวอักษร แสดงเป็นตัวหนังสือ มีความหมายดังตารางที่ 7-1 ดังต่อไปนี้

การคัดแยกพลาสติกออกเป็นประเภทนั้นมีความยากอยู่ โดยส่วนมากแล้วพลาสติกมีความคล้ายคลึงกับพลาสติก PET ซึ่งมีความใส แสงส่องผ่าน ใช้ผลิตเป็นขวดบรรจุน้ำอัดลม และ พลาสติก PVC เป็นพลาสติกไมใส ใช้ผลิตภาชนะบรรจุน้ำมันปรุงอาหาร เพราะว่า PVC จะสลายตัวที่อุณหภูมิซึ่ง PET เริ่มต้นหลอมตัว ดังนั้น PVC ไม่สามารถปนลงใน PET เพราะ ทำให้เกิดความเสียหายกับขวด PET ในกระบวนการผลิตได้








ภาชนะบรรจุที่ผลิตจากแก้ว สามารถรีไซเคิลได้ บานกระจกหน้าต่าง หลอดไฟ กระจกเงา จานเซรามิก และ ภาชนะ เครื่องแก้ว คริสตัล ภาชนะทนความร้อนสูง และไฟเบอร์กลาส ไม่สามารถรีไซเคิลร่วมกับภาชนะบรรจุแก้วได้ และถือว่าเป็นสิ่งปนเปื้อนสำหรับกระบวนการรีไซเคิลถึงภาชนะบรรจุแก้ว

ภาชนะบรรจุที่ผลิตขึ้นมีการพิจารณาคัดแยกเป็นสี สีแตกต่างกันและมีความคงทนของ ภาชนะแก้ว สีของขวดแก้วทั่ว ๆ ไปเป็น สีเขียว สีชา และไม่มีสี ในอุตสาหกรรม ขวดแก้วสี



เขียว เรียกว่า "มรกต" (Emerald) ขวดแก้วสีชา เรียกว่า "อำพัน" (Amber) และส่วนขวดแก้วใส คือ "ผลึกหิน" (Flint) กระบวนการผลิตขวดและเหยือก คุณสมบัติของขวดและเหยือกจะมีความเข้มงวดเป็นพิเศษ ขวดสีเขียว และเศษแก้วจากขวดสีชา (เป็นแก้วบด) สามารถใช้ผลิตขวดสีเขียว และขวดสีชา ตามลำดับ

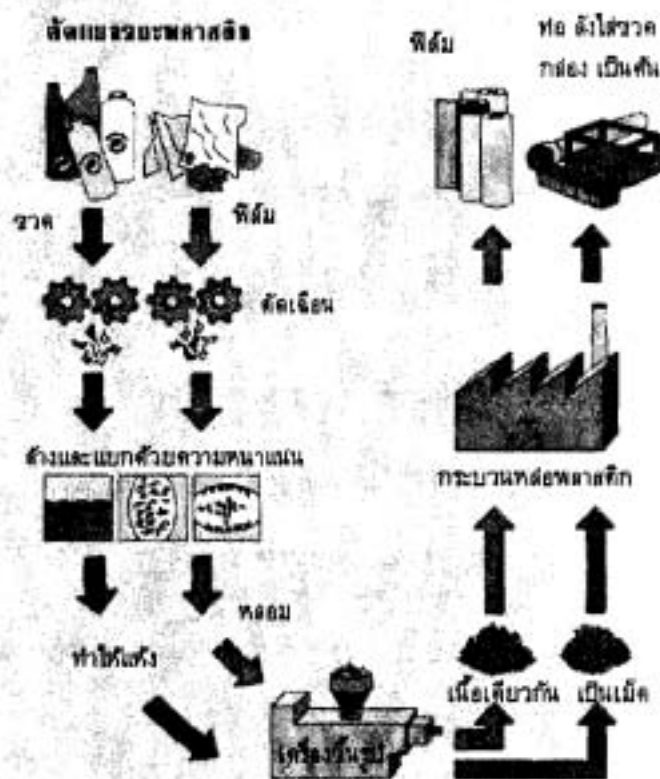
ตารางที่ 7-1 ลักษณะการใช้งานของพลาสติก สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิด <sup>[3]</sup>

สัญลักษณ์	ชื่อของพลาสติก	ลักษณะทั่วไป	จุดหลอมเหลว	ความถ่วงจำเพาะ	การใช้งาน
	โพลีเอทิลีนเทอรัฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PETE)	เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความใส มองทะลุได้ มีความแข็งแรงทนทานและเหนียว ยืดหยุ่นการงอของก้ำกัยได้ดี	250-260 °C	1.38-1.39	นิยมนำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ขวดน้ำดื่ม น้ำอัดลม ขวดน้ำปลา ขวดน้ำมันพืช ไม้สังเคราะห์ที่ใสในถุงนอนหรือพรมนอน เส้นใยผ้า เป็นต้น
	โพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High-density Polyethylene, HDPE)	เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นสูง ทนรังสีรังมี ความเหนียวไม่แตกง่าย มีสีขาว หรือเป็นสีอื่น ๆ	130 °C	0.95-0.92	นิยมนำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ที่มีความสะอาด เช่น ขนหมู ขุนร้อนชนิดอุ่น ขวดนม เพ็ชชีน้ำดื่ม ขวดน้ำยาล้างจาน เป็นต้น
	โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride, PVC)	เป็นพลาสติกที่มีลักษณะแข็ง และนิ่ม สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ มีสีอื่นสวยงาม	75-90 °C	1.16-1.35	นิยมใช้มาก เช่น ท่อพีวีซี สายยาง แผ่นฟิล์มห่ออาหาร เป็นต้น
	โพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low-density Polyethylene, LDPE)	เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ มีความนิ่มกว่า HDPE มีความเหนียว ยืดตัวได้ในระดับหนึ่ง ส่วนใหญ่ใสจนแทบไม่เห็น	110 °C	0.92-0.94	นิยมนำมาใช้ทำแผ่นฟิล์ม ห่ออาหารและท่อของ
	โพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP)	เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ มีความแข็งแรงเหนียว คงรูปดี ทนต่อความร้อน และสารเคมี	160-170 °C	0.90-0.91	นิยมนำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารในครัวเรือน เช่น ขุนร้อนชนิดใส จาน ซาม อุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิด สายเคเบิลที่อว กระป๋องเยนเทียม กระป๋องฉนวนฟร่งทอด
	โพลีสไตรีน (Polystyrene, PS)	เป็นพลาสติกที่มีความใส แข็งแต่เปราะแตกง่าย สามารถทำเป็นโฟมได้	70-115 °C	1.04-1.06	นิยมนำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์ เช่น กล่องไอศกรีม กล่องโฟม ฯลฯ
	พลาสติกอื่น ๆ (multilayered plastic materials, Other)	เป็นพลาสติกที่แยกออกจากพลาสติกทั้ง 6 กลุ่ม เว้น และอื่น ๆ	-	-	นิยมนำไปใช้ทำวัสดุที่พัฒนาจากพลาสติกหลายรูปแบบ เช่น อะคริลิก (acrylic) ไนลอน (nylon) เป็นต้น

ที่มา: ดัดแปลงจาก [3, 4]

ในระบบการนำกลับคืน (MRF) พลาสติกและแก้ว จะใช้ยานพาหนะการรวบรวมทั้ง พลาสติกและแก้วให้ผสมกันในถังเก็บ เมื่อถึงโรงงานคัดแยกจะปล่อยพลาสติกและขวดแก้วสู่ สายพานลำเลียง ขยะจะถูกลำเลียงไปยังพื้นที่คัดแยก ที่ซึ่งพลาสติกและขวดแก้วจะถูกคัดแยก ออกจากกัน การแยกจะแยกโดยใช้แรงงานด้วยมือ ขวดแก้วจะถูกแยกออกเป็นสี ๆ และจะถูก ส่งไปบด ของเสียจะถูกลำเลียงไปยังตะแกรงสั่น (Vibrating screens) แก้วที่แตกจะร่วงหล่น ผ่านตะแกรงลงด้านล่าง ส่วนวัสดุที่เหลือจะไหลไปยังขอบของตะแกรงสั่น แก้วบดถูกลำเลียงรีไซเคิลต่อไป วัสดุที่เหลืออื่น ๆ นำไปฝังกลบ ส่วนพลาสติกผสมจะดำเนินการแยกด้วยการ ตรวจสอบด้วยสายตาก่อน หรือแยกตามชนิดของพลาสติกตามสัญลักษณ์ที่พิมพ์ไว้จากโรงงาน ดังแสดงในตารางที่ 7-1

ในโรงงานผลิตขวดแก้ว มีขั้นตอนในการทำความสะอาดขั้นสุดท้ายสำหรับการกำจัด โลหะ พลาสติก และฉลากกระดาษ เศษแก้วจะถูกผสมกับวัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตแก้ว ภายหลังจากการผสมคลุกเคล้ากันแล้วทำการหลอมด้วยเตาเผาด้วยอุณหภูมิในช่วง 1,426 – 1,537 °C วัสดุที่ผสมกับเศษแก้วมากจะสามารถที่ถูกหลอมในอุณหภูมิที่ต่ำได้ แก้วหลอมจะถูกหยดเข้าไปในเครื่องแบบพิมพ์ที่พิมพ์สร้างรูปแบบขวด ขวดที่ผลิตขึ้นใหม่จะใส่ไว้ในเตาอบเพื่อให้เย็นตัวอย่างช้า ๆ ทำการตรวจสอบคุณภาพ จัดหีบห่อ และทำการขนส่ง ดังแสดงในภาพที่ 7-10

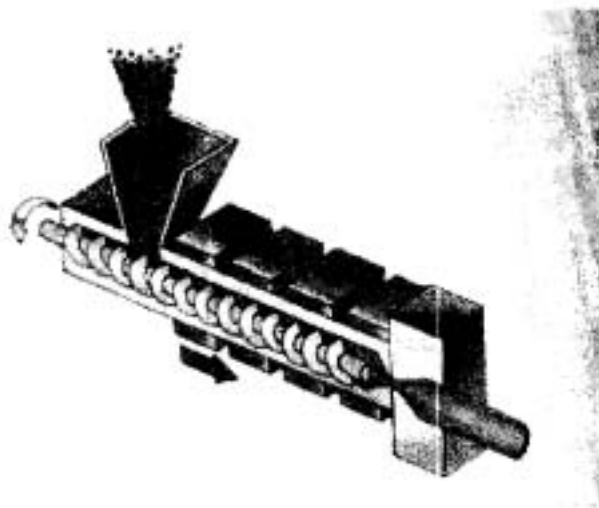


ภาพที่ 7-10 กระบวนการคัดแยกและนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่<sup>[5]</sup>

ระบบนำกลับคืนพลาสติก จะบดขวด PET และเหยือก HDPE เป็นเกล็ดและทำการล้างทำความสะอาด กำจัดฉลาก กาว และสิ่งสกปรก ออกจากพลาสติก เพื่อกระบวนการผลิตโพลีเมอร์ที่สะอาดบริสุทธิ์ PET สะอาดจะขายเป็นเกล็ด ส่วน HDPE จะผลิตเป็นเม็ด (Pellets) ด้วยกรรมวิธีการคือ บดเกล็ด HDPE เข้ายังเครื่องอัดรีด (Extruder) เป็นการนำเม็ดพลาสติกใส่ในเครื่องอัดรีด แล้วถูกหลอมเหลวด้วยความร้อน และดันให้ไหลผ่านหัว Die ลักษณะต่างๆ โดยพลาสติกที่ได้มีรูปร่างขึ้นกับชนิดของหัวแม่พิมพ์ดังภาพที่ 7-11 ด้วยการทำให้กระบอกสุบร้อน พลาสติกจะอ่อนตัวลงจะถูกอัดด้วยลูกสูบให้เข้าไปในแบบที่เย็น ทำให้พลาสติกเย็นลงสามารถคงรูปอยู่ได้เมื่อแกะออกจากแบบ และผ่านเป็นเส้นลงน้ำ ใช้น้ำตัดเป็นเม็ด ๆ ขนาดชิ้นเล็ก ๆ เม็ดพลาสติกถูกเป่าให้แห้งจนความชื้นอยู่ที่ประมาณ 0.5 % ทำการบรรจุใส่ถุงขนส่งไปยังผู้ใช้ต่อไป

ขวดแก้วที่รวบรวมจากชุมชนมีการปนเปื้อนจากฝุ่นผง หิน เครื่องกระเบื้อง และเครื่องแก้วที่ผลิตด้วยอุณหภูมิสูง เป็นวัสดุหลอมยาก จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงมากในการหลอม

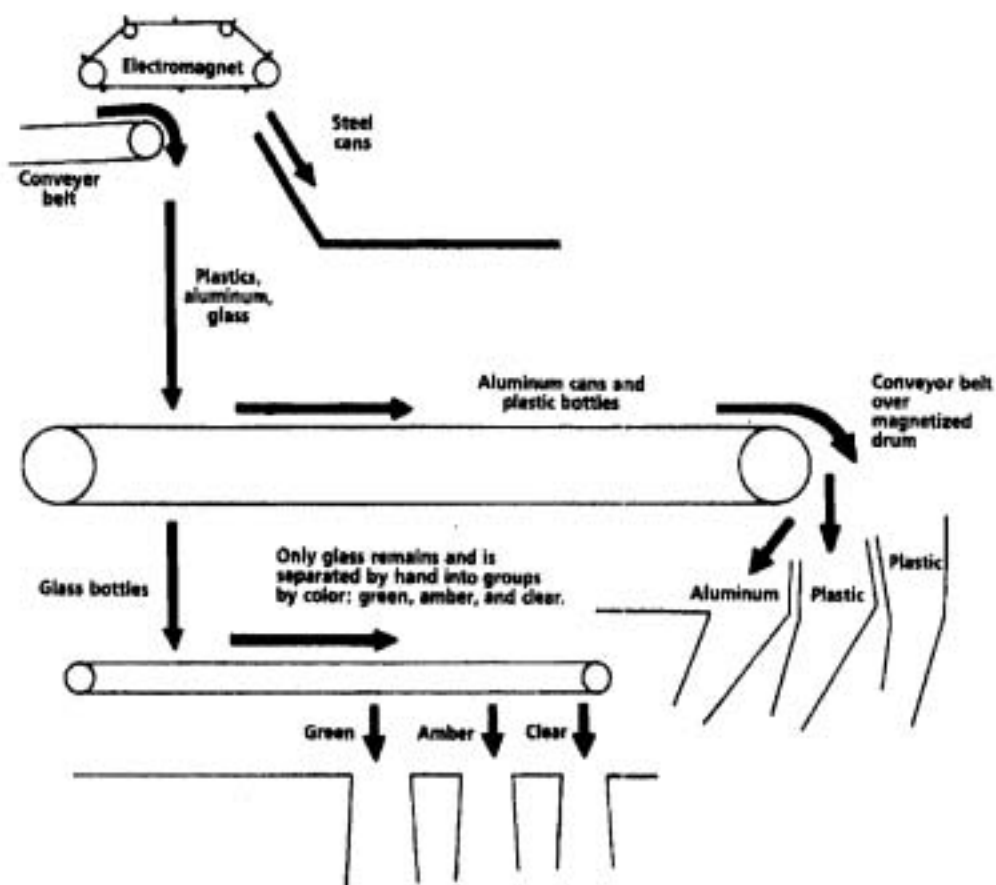
ดังนั้นโรงงานจึงกำหนดค่าปริมาณของเซรามิคไม่เกิน 100 กรัมต่อตันวัตถุดิบ



ภาพที่ 7-11 เครื่องอัตรัด<sup>[2]</sup>

### 7.3 โรงงานแยกขยะ<sup>[1]</sup>

ภาพที่ 7-12 เป็นขั้นตอนของการแยกขยะในโรงงานแยกขยะที่ทำการนำกลั้ววัสดุรีไซเคิล จำพวก พลาสติก แก้ว และกระป๋องโลหะ ขวด ภาชนะบรรจุที่ไม่ใช้กระดาษและสารอินทรีย์ ระบบที่แยกขยะนี้จะลำเลียงโดยสายพาน ในขั้นตอนแรก ขยะจะผ่านเครื่องแยกโลหะด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า โดยจะดึงดูดกระป๋องเหล็กเคลือบดีบุก ส่งลงไปยังเครื่องตัดย่อยต่อไป ขยะส่วนที่เหลือจะตกลงยังสายพานลำเลียงที่ปลายสุดมีเครื่องแยกอีกครั้ง โดยทำการแยกส่วนที่เป็นขยะเบาๆ เช่น อลูมิเนียม และพลาสติก โดยลูกกลิ้งที่เป็นแม่เหล็ก วัตถุที่หนักมาก จะเป็นขวดแก้วตกลงแยกในสายพานที่ทำการคัดแยกด้วยแรงงานคน โดยทำการแยกขวดแก้วเป็นสี ๆ

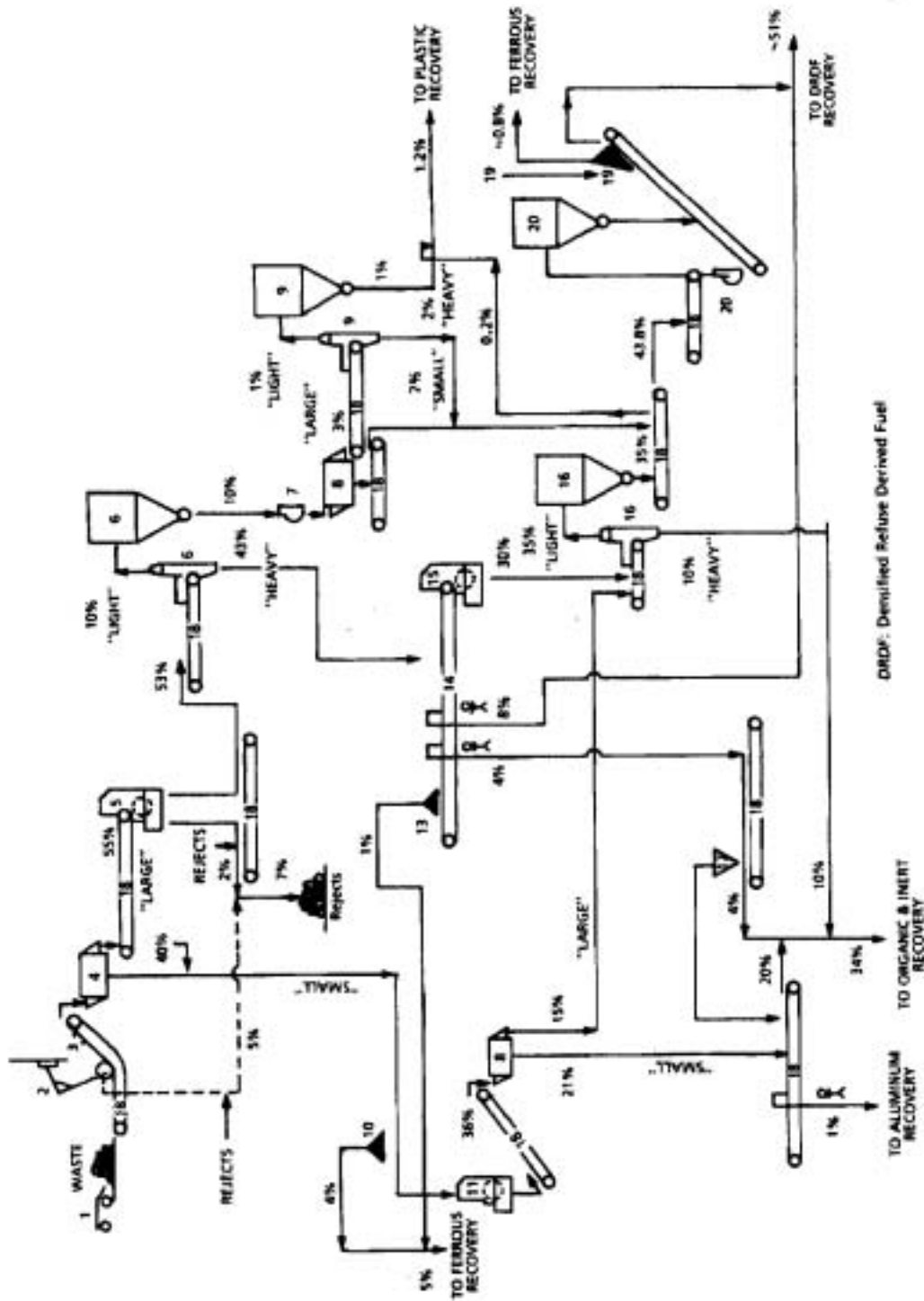


ภาพที่ 7-12 การเดินระบบของกระบวนการแยกขยะ<sup>[1]</sup>

พลาสติกและอลูมิเนียมจะไหลไปยังปลายสายพานที่มีลูกกลิ้งแม่เหล็กที่แยกอลูมิเนียมออกจากพลาสติกได้ ก็จะตกลงในถังเก็บ พลาสติกจะถูกลำเลียงต่อไปด้วยสายพาน ทำการแยกโดยน้ำหนักตามความเหมาะสม

### โรงงานนำกลับวัสดุ

ขั้นตอนในการแยกวัสดุจะเริ่มจากการแยกโลหะด้วยแม่เหล็ก และแยกอลูมิเนียมด้วยระบบแยกกระแสเอ็ดดี้ (Eddy-current) ตะแกรงแยกขนาดแบบหมุน แยกความหนาแน่นด้วยอากาศ ระบบทั้งหมดจะประกอบด้วยเครื่องจักรส่วนต่าง ๆ ที่มีความสลับซับซ้อน<sup>[4]</sup>



ภาพที่ 7-13 โรงงานนำกลับมาใช้ซ้ำ [1]



ภาพที่ 7-13 แสดงโรงงานนำกลับวัสดุที่ประกอบด้วย ส่วนประกอบหมายเลข 1 เป็นสายพานที่ลำเลียงขยะเข้าไปในระบบ ส่วนประกอบหมายเลข 2 เป็นระบบกำจัดขยะขนาดใหญ่ ส่วนประกอบที่ 3 เป็นอุปกรณ์ระดับของขยะ ส่วนประกอบหมายเลข 4 เป็นตะแกรงแยบขนาดขยะตามส่วนที่กำหนดไว้ ซึ่งพบว่าประมาณ 55 % เป็นสัดส่วนของ กระดาษ ไม้ และ พลาสติกที่ป้อนเข้ามาในอัตราการป้อน 10-20 rpm ชิ้นส่วนขยะที่ใหญ่จะถูกแยกที่ส่วนประกอบที่ 5 ทำให้ขยะมีขนาดเล็กลง และฉีกถุงพลาสติก เครื่องฉีกถุงอัตโนมัติมีการกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการ 2% ขยะที่ออกมา 53% จะแยกด้วยอากาศ (Air classifier) ที่ส่วนประกอบหมายเลข 6 ส่วนขยะเบา 10% จะเป็น กระดาษ พลาสติก มีกระดาษกล่องแข็ง หนัก ไม้ และ ผ้าชีวีว ประมาณ 43% สัดส่วนที่เบา 10 % ผ่านไปยังเครื่องตัดเฉือน หมายเลข 7 ทำการตัดกระดาษออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย ผ่านไปยังตะแกรงหมุนหมายเลข 8 ทำการแยกส่วนที่ขยะเบา 3 % ที่ประกอบด้วยพลาสติกฟิล์ม ถูกส่งไปยังเครื่องแยกหมายเลข 9 แยกสัดส่วนที่เบาเป็นพลาสติก 1 % พลาสติกฟิล์มจะเป็นพวก โพลีเอทิลีน ทำการตัดเฉือนเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม ทำความสะอาดด้วยน้ำ เป่าแห้งด้วยอากาศ เกล็ดพลาสติกถูกหลอมด้วยการป้อนเข้าเครื่องขึ้นรูป และตัดให้เป็นเม็ด

โลหะที่ถูกแยกออกมา 40% เป็นสัดส่วนที่หนักที่เข้าตะแกรงหมายเลข 4 และผ่านเครื่องแยกแม่เหล็กไฟฟ้า หมายเลข 10 ทำการแยก 4% ส่งเข้าโรงงานหลอมโลหะ ส่วนที่เหลือจะถูกแยกเป็นชิ้นเล็ก ๆ เข้าเครื่องแยกหมายเลข 8 จะได้ 15% ขนาด 4 นิ้ว ประกอบด้วย กระดาษ ไม้ และพลาสติก และส่งไปดำเนินการในระบบนำกลับคืนวัสดุต่อไป ส่วนที่เหลือ 21% เป็นสัดส่วนของชิ้นส่วนขนาดเล็กกว่า 4 นิ้ว ประกอบด้วย สารอินทรีย์ แก้ว และอลูมิเนียม จะส่งไปยังสายพานหมายเลขที่ 17 อลูมิเนียม 1% ถูกแยกด้วยแรงงานคน และที่เหลือ 20% ส่งไปทำการนำกลับคือสารอินทรีย์ สัดส่วนของหนัก 43% แยกด้วยเครื่องแยกด้วยอากาศ หมายเลขที่ 6 ผ่านไปยังเครื่องแยกด้วยแม่เหล็ก หมายเลขที่ 12 มีการกำจัดทรายและ 1%ส่งไปยังระบบนำกลับโลหะ ส่วนที่เหลือส่งไปแยกตามสายพานหมายเลขที่ 13 ที่มีการคัดแยกกิ่งอัตโนมัติ และทำการคัดแยกกระดาษกล่องแข็งด้วยแรงงานคน (8%) มีการแยกอลูมิเนียมด้วยระบบแยกแอดดี หมายเลขที่ 16 และนำกลับสารอินทรีย์ อลูมิเนียมถูกอัดให้มีความหนาแน่นที่ความถ่วงจำเพาะ 1.0 (62.4 lb/cu ft) ก่อนมีการจัดเก็บ สัดส่วนที่เหลือ 30% คัดแยกด้วยสายพานหมายเลขที่ 13 ซึ่งเป็นกระดาษเป็นส่วนใหญ่ ส่วนเป็นฟอยล์ถูกส่งไปยังหมายเลขที่ 14 ส่งไปทำการย่อยให้ขนาดเล็กลง ทำการคัดแยกด้วยลม หมายเลขที่ 15 ครั้งที่ 2 เครื่องแยกแม่เหล็กสามเครื่องคือ 10 12 และ 18 ส่ง 5.8 %

โลหะไปยังโรงงานนำกลับโลหะ ทำการย่อยด้วยเครื่องบดเฉพาะ เมื่อผ่านขั้นตอนการย่อยแล้ว ต่อเนื่องสู่ขั้นตอนการทำความสะอาด และล้าง มีการขจัดกากจัดสิ่งสกปรกออก สัดส่วนขยะที่เป็นสารอินทรีย์ ทำการกำจัดโลหะ พลาสติก และกระดาษ รวมทั้งชิ้นส่วนขนาดเล็กที่หนัก เช่น แก้ว เซรามิก ทราชาย เต้า พลาสติกแข็ง และไม้ชิ้นเล็ก ๆ โดยสารอินทรีย์นำไปย่อยต่อในถังย่อยไร้อากาศ และย่อยขนาดให้เล็กลงร่วมกับวัตถุดิบการหมัก วัสดุที่ไม่สามารถย่อยจะถูกแยกนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบถูกหลักสุขาภิบาล


สัดส่วนขนาดใหญ่ 15 % จากตะแกรงหมายเลข 8 และ 30 % จากส่วนประกอบ หมายเลข 14 และส่งไปยังเครื่องแยกด้วยอากาศหมายเลขที่ 15 และทำการกำจัดกระดาษ 35% และส่งไปยัง DRDF ส่วนประกอบหมายเลขที่ 19 แยกด้วยอากาศ สัดส่วนขนาดเล็ก 7% ทำการแยกด้วยตะแกรงหมุนหมายเลข 8 และสัดส่วนหนัก 2% จากการแยกด้วยอากาศ หมายเลข 9 ทำการแยกโลหะด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าหมายเลข 18 ส่วนที่เหลือสัดส่วนหนัก 10% จากการแยกด้วยอากาศครั้งที่สองอุปกรณ์หมายเลขที่ 15 ส่งไปยังระบบกลับคืนอินทรีย์ ระบบทำความสะอาดจะทำความสะอาดทั้งโลหะ พลาสติกหนัก (PVC, PET)


## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- [1] Susan Fox, 1999, Environmental Engineers' Handbook, CRCnetBASE, CRC Press. (CD-ROM)
- [2] กรมควบคุมมลพิษ, 2548, โครงการศึกษาแนวทางการจัดการผลิตภัณฑ์พลาสติกและโฟม, 417 หน้า.
- [3] BIOTEC. 2545. พลาสติก...กับชีวิตประจำวัน. ค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2548, จาก <http://www.biotec.or.th/?sw=knowledgeview&id=736>
- [4] C.R. Rhyner, L.J. Schwartz, Robert B.W. and M.G. Kohrell, 1995, Waste Management and Resource Recovery, Lewis Publishers, U.S.A.
- [5] Duales System Deutschland AG. n.d. **Plastic**. Retrieved April 11, 2003, from <http://www.gruener-punkt.de/en/home.php3>

## แบบฝึกหัดท้ายบท

### ตอนที่ 1 จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด

1.  เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงพลาสติกชนิดใด?

ก. โพลีเอทิลีนเทอร์พทาเลต	ข. โพลีโพรพิลีน
ค. โพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง	ง. โพลีสไตรีน
จ. โพลีไวนิลคลอไรด์	
2.  เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงพลาสติกชนิดใด?

ก. โพลีเอทิลีนเทอร์พทาเลต	ข. โพลีโพรพิลีน
ค. โพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง	ง. โพลีสไตรีน
จ. โพลีไวนิลคลอไรด์	
3. การจะนำกลับคืนวัสดุได้ในปริมาณที่มากนั้นต้องขึ้นกับปัจจัยใดบ้าง?

ก. จำนวนและชนิดขององค์ประกอบที่ต้องการแยก
ข. เป้าหมายที่ต้องการคัดแยก
ค. ลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ต้องแยก
ง. ถูกข้อ ก และข
จ. ถูกทั้งข้อ ก ข และค
4. ประเภทของกระดาษที่รีไซเคิลได้แก่?

ก. หนังสือพิมพ์เก่า กระดาษลูกฟูกเก่า กระดาษขาว กระดาษคอมพิวเตอร์
ข. กระดาษจากสำนักพิมพ์ กระดาษเบอร์โทรศัพท์ กระดาษแมกกาซีน
ค. กระดาษคุณภาพสูง กระดาษคุณภาพต่ำ กระดาษ ผสม
ง. ถูกข้อ ก และข
จ. ถูกทั้งข้อ ก ข และค
5. อะลูมิเนียมที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้แก่อะลูมิเนียมอะไรบ้าง?

ก. อะลูมิเนียมฟอยล์ ฟิ์มอะลูมิเนียม	ข. ถูกข้อ ก และข
ค. กระป๋องอะลูมิเนียม กระป๋องเคลือบตีบุก	ง. ถูกทั้งข้อ ก ข และ ค
จ. กระดาษอะลูมิเนียม ท่ออะลูมิเนียมเก่า	

6. อุปกรณ์ใดเป็นอุปกรณ์ในการแยกขยะจำนวนโลหะ?

- ก. เครื่องแม่เหล็กไฟฟ้า
- ข. ระบบแยกด้วยอากาศ
- ค. เครื่องระบบกระแสเอ็ดดี
- ง. ถูกทุกข้อ
- จ. ตะแกรงแยกขนาดแบบหมุน

**ตอนที่ 2** จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. การจัดตั้งสถานีคัดแยกและแปรรูปมูลฝอยมีผลดีต่อระบบการจัดการมูลฝอยอย่างไร?
2. จงอธิบายขั้นตอนเป็นลักษณะแผนผัง (Flow chart) Recycling System Design ของการออกแบบงานจัดการขยะ?