คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก
(Environmental Management Guide for Plastic Containers)

พิมพ์ครั้งที่ ๑

บรรณาธิการ กลุ่มการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน
สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม

ออกแบบ - จัดรูปเล่ม กลุ่มการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน
สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม
บริษัท เอเอสเอ เมนเนจเมนท์ จำกัด

จัดพิมพ์โดย กลุ่มการจัดการสิ่งแวดล้อมโรงงาน
สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม
โทรศัพท์ : ๐ ๒๒๐๒ ๓๙๖๓, ๐ ๒๒๐๒ ๔๑๔๑
โทรสาร : ๐ ๒๒๐๒ ๔๑๗๐

สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ ๑ พฤศจิกายน ๒๕๕๖ (๕๐๐ เล่ม)

คำนำ

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกในประเทศไทยถือว่ามีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศและยังจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความจำเป็นต่อการบริโภคของประชาชนในประเทศ โดยแบ่งออกเป็น อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ในครัวเรือน อุตสาหกรรมเกมส์และของเด็กเล่น ซึ่งอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์เป็นอุตสาหกรรมที่จำเป็นต่อผู้บริโภค และมีความต้องการซึ่งสอดคล้องกับการบริโภคภายในประเทศ ในช่วงครึ่งแรกของปี ๒๕๕๖ การบริโภคในประเทศจากภาคเอกชนมีแนวโน้มชะลอตัวจากภาระหนี้สินของครัวเรือนที่สูงขึ้น ในขณะที่ความต้องการผลิตภัณฑ์พลาสติกในกลุ่มบรรจุภัณฑ์อาหารยังมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง จากรูปแบบการใช้ชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การใช้ชีวิตในเมืองที่ค่อนข้างเร่งรีบ ซึ่งจะส่งผลต่อความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกในกลุ่มบรรจุภัณฑ์อาหาร และการใช้บรรจุภัณฑ์จากพลาสติกทดแทนการใช้บรรจุภัณฑ์ในรูปแบบอื่นๆ เช่น ขวดแก้ว ด้วยต้นทุนที่น้อยกว่า

อุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ประเภทอุตสาหกรรมที่ ๕๓(๑) และ ๕๓ (๔) ซึ่งจากการสำรวจผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมพลาสติกของไทยภายใต้โครงการพัฒนาศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมพลาสติกของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ระบุว่าผู้ประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ในปี พ.ศ. ๒๕๕๕ มีจำนวนทั้งสิ้น ๑,๐๒๗ ราย ซึ่งโรงงานเหล่านี้นอกจากจะผลิตเพื่อการจำหน่ายภายในประเทศแล้ว ยังผลิตเพื่อการส่งออกอีกด้วย ทั้งนี้ อุตสาหกรรมดังกล่าวเป็นอุตสาหกรรมสนับสนุนให้กับหลากหลายอุตสาหกรรม และเพิ่มมูลค่าให้อุตสาหกรรมทุกประเภท บรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันนอกจากสามารถปกป้องรักษาสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังต้องออกแบบสะดุดตา ดึงดูดผู้บริโภคอำนวยความสะดวกในการนำสินค้าออกใช้พร้อมทั้งคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นการนำกลับมาใช้ใหม่หรือผลิตใหม่ (Reuse/Recycle) ได้ง่าย และช่วยกันลดทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ ที่นำมาใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์

อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากพลาสติกก็ยังมีข้อจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการกำจัดภายหลังการใช้งาน ทั้งนี้ เนื่องจากพลาสติกทั่วไปซึ่งเป็นวัสดุที่สังเคราะห์จากมอโนเมอร์ที่มีแหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เช่น พอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) พอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลท (Polyethylene terephthalate, PET) และพอลิสไตรีน (Polystyrene, PS) เป็นต้น ไม่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ ส่งผลให้ปริมาณการตกค้างของขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถึงแม้ว่าการกำจัดขยะพลาสติกดังกล่าวสามารถกระทำได้โดยการรีไซเคิลหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ การฝังกลบ หรือการเผา แต่กระบวนการดังกล่าวล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น การรีไซเคิลพลาสติกเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน ประกอบด้วยหลายขั้นตอน และจำเป็นต้องใช้พลังงาน อีกทั้งพลาสติกรีไซเคิลที่ได้มีคุณสมบัติด้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติเชิงกล และมีความบริสุทธิ์ต่ำ จึงไม่เหมาะสำหรับการใช้ประโยชน์ใน

อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหาร เครื่องดื่ม ยา และเวชภัณฑ์ การฝังกลบพลาสติกไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบเชิงลบต่อทัศนียภาพของพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง แต่ยังทำให้พื้นที่ใช้ประโยชน์ของประเทศลดลง และอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณใกล้เคียงอีกด้วย สำหรับการกำจัดพลาสติกโดยการเผาก่อให้เกิดภาวะมลพิษอากาศและภาวะโลกร้อนอีกด้วย

ปัจจุบันการดำเนินการจัดการปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกยังขาดประสิทธิภาพและมาตรการที่เหมาะสมในเชิงปฏิบัติ โดยเฉพาะการนำเครื่องมือการจัดการสิ่งแวดล้อมต่างๆ มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาอย่างจริงจัง ดังนั้น ผู้ประกอบการควรปรับปรุงเทคนิคการผลิตควบคู่ไปกับการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น รวมถึงการใช้ทรัพยากร พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้ผู้ประกอบการมีความพร้อมในการแข่งขันที่นับวันจะรุนแรงมากยิ่งขึ้น กรมโรงงานอุตสาหกรรมร่วมกับบริษัท เอเอสเอ เมนเนจเมนท์ จำกัด จึงได้จัดทำคู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ผู้ประกอบการใช้เป็นแนวทางในการควบคุมและป้องกันมลพิษที่แหล่งกำเนิด ส่งผลให้เพิ่มศักยภาพการแข่งขันของโรงงานและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของประเทศไปพร้อมกัน โดยการนำหลักการประสิทธิภาพเชิงเศรษฐนิเวศ (Eco-Efficiency) มาใช้ให้เกิดประสิทธิผล

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
พฤศจิกายน ๒๕๕๖

สารบัญ

หน้า

คำนำ

บทที่ ๑ ภาวะเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ๑-๑
๑.๑ โครงสร้างของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก ๑-๑
๑.๒ ความสำคัญทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ๑-๓
๑.๓ จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ๑-๘

บทที่ ๒ กระบวนการผลิต และสมดุลมวล ๒-๑
๒.๑ กระบวนการผลิต ๒-๑
๒.๑.๑ การเตรียมพลาสติก ๒-๒
๒.๑.๒ การขึ้นรูป ๒-๓
๒.๑.๒.๑ การรีดเป่าขึ้นรูป (Extrusion Blow Molding: EBM) ๒-๓
๒.๑.๒.๒ การฉีดเป่าขึ้นรูป (Injection Blow Molding: IBM) ๒-๕
๒.๑.๒.๓ การเป่าแล้วยืด (Injection Stretch Blow Molding: ISB) ๒-๖
๒.๑.๓ การขึ้นลวดลาย ๒-๘
๒.๑.๓.๑ การสกรีน (Screen Printing) ๒-๘
๒.๑.๓.๒ การพิมพ์เลทเทอร์เพรส (Letterpress Printing) ๒-๘
๒.๑.๓.๓ การปั๊มด้วยความร้อน (Hot Stamping) ๒-๙
๒.๑.๓.๔ การติดฉลากพร้อมกับขึ้นรูป (In-mold Labeling) ๒-๙
๒.๑.๓.๕ การใช้ฉลาก (Labeling) ๒-๑๐
๒.๑.๔ การบรรจุและจัดเก็บ ๒-๑๑
๒.๒ การทำสมดุลมวล ๒-๑๒
๒.๒.๑ การทำสมดุลมวลในกระบวนการผลิต ๒-๑๒
๒.๒.๒ การทำสมดุลมวลในพื้นที่สนับสนุนกระบวนการผลิต ๒-๑๔

บทที่ ๓ มาตรการจัดการมลพิษ ๓-๑
๓.๑ มาตรการจัดการมลพิษในพื้นที่กระบวนการผลิต ๓-๒
๓.๑.๑ การเตรียมพลาสติก ๓-๒
๓.๑.๒ การขึ้นรูปพลาสติก ๓-๓

หน้า

๓.๑.๓ การขึ้นลวดลาย ๓-๔
๓.๑.๔ การบรรจุ ๓-๕
๓.๒ มาตรการจัดการมลพิษในพื้นที่สนับสนุนกระบวนการผลิต ๓-๕
๓.๒.๑ การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า ๓-๕
๓.๒.๒ ระบบทำน้ำเย็น / หอผึ่งน้ำ (Chiller / Cooling Tower) ๓-๑๒
๓.๒.๓ คลังวัตถุดิบ / คลังสินค้า ๓-๑๓
๓.๒.๔ สถานที่จัดเก็บสารเคมี ๓-๑๓
๓.๓ มาตรการจัดการมลพิษอื่นๆ ๓-๑๕
๓.๓.๑ การจัดการของเสียอย่างถูกต้องและปลอดภัย ๓-๑๕
๓.๓.๒ การควบคุมสภาวะแวดล้อมในการทำงาน ๓-๑๗
๓.๓.๓ การเตรียมการและการตอบสนองในสถานการณ์ฉุกเฉิน ๓-๑๙
๓.๓.๔ การควบคุมและรักษาความสะอาดรางระบายน้ำเสีย / น้ำฝน ๓-๒๐

บทที่ ๔ ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม ๔-๑
๔.๑ ปริมาณและลักษณะน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ๔-๑
๔.๒ กระบวนการบำบัดน้ำเสีย ๔-๒
๔.๒.๑ น้ำเสียจากการล้างบล็อกพิมพ์และอุปกรณ์การพิมพ์ กรณีใช้หมึกพิมพ์ฐานน้ำ (Water-base) ๔-๒
๔.๒.๑.๑ การกวนเร็ว (Rapid Mxing) ๔-๓
๔.๒.๑.๒ การกวนช้า ๔-๕
๔.๒.๑.๓ การตกตะกอน ๔-๕
๔.๒.๑.๔ การกรอง ๔-๕
๔.๒.๒ น้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดของพนักงาน ๔-๖
๔.๓ การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย ๔-๙
๔.๔ การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย ๔-๙
๔.๔.๑ เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย ๔-๙
๔.๔.๒ การเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ๔-๑๒
๔.๔.๓ การควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย ๔-๑๓
๔.๔.๔ ปัญหาที่พบในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย และแนวทางการแก้ไข ๔-๑๔
๔.๔.๔.๑ ปัญหาเกี่ยวกับการตกตะกอน ๔-๑๔
๔.๔.๔.๒ ปัญหาฟองในถังเติมอากาศ ๔-๑๔
๔.๔.๔.๓ ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำ ๔-๑๕
๔.๔.๔.๔ ค่า pH ในถังเติมอากาศต่ำ ๔-๑๕
๔.๔.๔.๕ ระดับ MLSS ในถังเติมอากาศมีระดับต่ำ ๔-๑๕

หน้า

๔.๔.๔.๖ สาหร่ายเกิดขึ้นในถังเติมอากาศและถังตกตะกอน ๔-๑๕
๔.๔.๔.๗ สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ๔-๑๕

บทที่ ๕ ระบบบำบัดมลพิษอากาศที่เหมาะสม ๕-๑
๕.๑ แหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศจากอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ๕-๑
๕.๒ ระบบบำบัดมลพิษอากาศสำหรับอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ๕-๑
๕.๒.๑ ไซโคลน (Cyclones) ๕-๑
๕.๒.๒ ระบบถุงกรอง (Bag Filter) ๕-๓
๕.๒.๓ ระบบระบายอากาศ (Ventilation) ๕-๙
๕.๒.๔ ระบบดูดซับ (Adsorption) ๕-๑๐
๕.๒.๕ ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter) ๕-๑๑
๕.๓ การเปรียบเทียบระบบบำบัดมลพิษอากาศชนิดต่างๆ ๕-๑๒

บทที่ ๖ การบริหารจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรม
ผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ๖-๑
๖.๑ การลดการสูญเสียวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ ๖-๑
๖.๒ การลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า ๖-๒
๖.๓ การลดปริมาณการใช้น้ำ ๖-๓
๖.๔ การจัดการมลพิษน้ำ ๖-๓
๖.๕ การจัดการมลพิษอากาศ ๖-๔
๖.๖ การจัดการมลพิษเสียง ๖-๔
๖.๗ การจัดการของเสีย ๖-๔
๖.๘ การจัดการสารเคมี ๖-๕
๖.๙ การจัดการด้านอื่นๆ ๖-๕

ภาคผนวก ก. ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงาน
ภาคผนวก ข. รายการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสีย
ภาคผนวก ค. รายการคำนวณระบบบำบัดมลพิษอากาศ
ภาคผนวก ง. มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม
ภาคผนวก จ. กฎหมายและข้อกำหนดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

๑-๑ โครงสร้างของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก ๑-๑
๑-๒ มูลค่าการส่งออกสินค้าของภาคอุตสาหกรรม ระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๔๖ ถึง ๒๕๕๕ .... ๑-๕
๑-๓ ตลาดส่งออกผลิตภัณฑ์พลาสติก ๑๕ อันดับแรกของไทย ปี พ.ศ. ๒๕๕๕........ ๑-๖
๑-๔ ประเภทของบรรจุภัณฑ์จำแนกตามวัสดุหลักที่นำมาใช้ผลิต ๑-๗
๑-๕ ผู้ผลิตอุตสาหกรรมพลาสติกจำแนกตามกลุ่มอุตสาหกรรม ปี ๒๕๕๕ .... ๑-๘
๑-๖ สัดส่วนกระบวนการผลิตที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก สำหรับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ปี พ.ศ. ๒๕๕๕........ ๑-๙
๒-๑ แผนผังกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ปัจจัยป้อนเข้า (Input) และผลที่ได้ (Output)........ ๒-๒
๒-๒ เครื่องอบเม็ดพลาสติก ๒-๒
๒-๓ การขึ้นรูปแบบรีดเป่าขึ้นรูป (Extrusion Blow Molding)........ ๒-๓
๒-๔ Rotary Wheel Blow Molding System........ ๒-๔
๒-๕ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปแบบรีดเป่าขึ้นรูป........ ๒-๔
๒-๖ หลอด Preform สำหรับการขึ้นรูปแบบฉีดเป่าขึ้นรูป........ ๒-๕
๒-๗ การขึ้นรูปแบบฉีดเป่าขึ้นรูป (Injection Blow Molding) ๒-๕
๒-๘ การเป่าแล้วยืดแบบหนึ่งขั้นตอน (Single-stage) ๒-๖
๒-๙ การขึ้นรูปแบบเป่าแล้วยืด (Stretch Blow Molding)........ ๒-๗
๒-๑๐ ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการเป่าแล้วยืด ๒-๗
๒-๑๑ การขึ้นลวดลายโดยวิธีการสกรีน (Screen Printing) ๒-๘
๒-๑๒ การขึ้นลวดลายโดยวิธีการพิมพ์เลทเทอร์เพลส (Letterpress Printing) ๒-๘
๒-๑๓ การขึ้นลวดลายโดยวิธีการปั๊มด้วยความร้อน (Hot Stamping) ๒-๙
๒-๑๔ การขึ้นลวดลายโดยวิธีการติดฉลากพร้อมกับขึ้นรูป (In-mold Labeling)........ ๒-๙
๒-๑๕ การขึ้นลวดลายโดยวิธีการใช้ฉลากแบบหดรัด (Shrink Labeling) ๒-๑๐
๒-๑๖ การขึ้นลวดลายโดยวิธีการใช้ฉลากแบบยืด (Stretch Labeling)........ ๒-๑๐
๒-๑๗ การขึ้นลวดลายโดยวิธีการพันฉลาก (Wrapping Label)........ ๒-๑๑
๒-๑๘ สมดุลมวลของกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการฉีด ๒-๑๓
๒-๑๙ สมดุลมวลของกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการเป่า ๒-๑๓
๒-๒๐ สมดุลมวลของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ๒-๑๔
๒-๒๑ สมดุลมวลของระบบหล่อเย็น ๒-๑๔

รูปที่ **หน้า**

๓-๑ ติดตั้งเครื่องลดความชื้นในอากาศ (Mold Sweat Dehumidifier) ที่เครื่องเป่าพลาสติก........ ๓-๓
๓-๒ ติดตั้งฉนวนกันความร้อนหุ้มท่อเครื่องฉีดพลาสติก........ ๓-๓
๓-๓ ติดตั้งฉนวนหุ้มท่อน้ำหล่อเย็น........ ๓-๓
๓-๔ ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง (Reflector)........ ๓-๑๐
๓-๕ ติดตั้งบัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์........ ๓-๑๑
๓-๖ ติดตั้งหลังคาโปร่งแสง........ ๓-๑๑
๓-๗ จัดหา MSDS และติดไว้ในพื้นที่ปฏิบัติงาน........ ๓-๑๔
๓-๘ จัดทำเขื่อน / คันกั้น เพื่อป้องกันการปนเปื้อนกรณีสารเคมีหกรั่วไหล........ ๓-๑๔
๓-๙ จัดหาอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายเทสารเคมีที่เหมาะสม........ ๓-๑๔
๓-๑๐ จัดหาวัสดุดูดซับกรณีสารเคมีหกรั่วไหล........ ๓-๑๔
๓-๑๑ คัดแยกและจัดหาภาชนะรองรับของเสียแต่ละประเภท........ ๓-๑๕
๓-๑๒ สถานที่รวบรวมของเสียแต่ละประเภท........ ๓-๑๕
๓-๑๓ ฝึกอบรมพนักงานและบุคคลภายนอกที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจ
และความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม........ ๓-๑๗
๓-๑๔ จัดทำบอร์ดรณรงค์ประชาสัมพันธ์การคัดแยกของเสียอย่างถูกต้อง........ ๓-๑๗
๓-๑๕ ติดตั้งพัดลมและอุปกรณ์ระบายความร้อนในพื้นที่ปฏิบัติงาน........ ๓-๑๘
๓-๑๖ ติดป้ายเตือนให้พนักงานสวมใส่ PPE ตลอดระยะเวลาปฏิบัติงาน........ ๓-๑๘
๓-๑๗ ตรวจวัดสภาวะแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงาน........ ๓-๑๘
๓-๑๘ ติดตั้งอุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉิน พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพความพร้อมใช้งานอย่างสม่ำเสมอ.... ๓-๑๙
๓-๑๙ ติดตั้งสัญญาณเตือนภัยและทางหนีไฟ พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพความพร้อมใช้งาน
อย่างสม่ำเสมอ........ ๓-๑๙
๓-๒๐ จัดทำผังที่ตั้งอุปกรณ์ตอบสนองเหตุฉุกเฉิน........ ๓-๑๙
๓-๒๑ ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน / ก๊าซ รั่วไหล........ ๓-๒๐
๓-๒๒ ทดสอบแผนฉุกเฉินตามกำหนดเวลา........ ๓-๒๐
๔-๑ ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบำบัดทางเคมีแบบแยกถัง........ ๔-๒
๔-๒ ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบำบัดทางเคมีแบบรวมถัง........ ๔-๓
๔-๓ กลไกการทำงานของการกรอง........ ๔-๕
๔-๔ ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปชนิดบำบัดทางชีวภาพ........ ๔-๗
๔-๕ ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับน้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดที่มีน้ำมันและไขมันปนเปื้อน..... ๔-๘
๔-๖ ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบำบัดทางเคมีร่วมกับชีวภาพ........ ๔-๘
๔-๗ ทดสอบการตกตะกอนด้วยวิธี Jar Test........ ๔-๙
๔-๘ กราฟเปรียบเทียบความขุ่นกับ pH เพื่อหาค่า pH ที่เหมาะสม........ ๔-๑๐
๔-๙ กราฟเปรียบเทียบความขุ่นกับปริมาณสารส้ม เพื่อหาค่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสม........ ๔-๑๑

รูปที่ **หน้า**

๕-๑	ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวสัมผัสชนิดทางเข้าด้านบน	๕-๒
๕-๒	ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวสัมผัสชนิดทางเข้าด้านล่าง	๕-๒
๕-๓	ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวแกน	๕-๓
๕-๔	มัลติไซโคลน (Multicyclones)	๕-๓
๕-๕	ถุงกรองแบบเขย่า (Shaker Bag Filter)	๕-๔
๕-๖	ถุงกรองแบบอากาศไหลย้อนกลับ (Reverse-Air Bag Filter)	๕-๔
๕-๗	ถุงกรองแบบคลื่นลมอัด (Pulse-Jet Bag Filter)	๕-๕
๕-๘	พัดลมระบายอากาศชนิดติดตั้งที่กำแพง	๕-๙
๕-๙	พัดลมระบายอากาศชนิดติดตั้งบนหลังคาอาคาร	๕-๙
๕-๑๐	ระบบดูดซับ (Adsorption)	๕-๑๐
๕-๑๑	ขั้นตอนของกระบวนการดูดซับ	๕-๑๑
๕-๑๒	ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter)	๕-๑๑
๖-๑	ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม	๖-๙

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

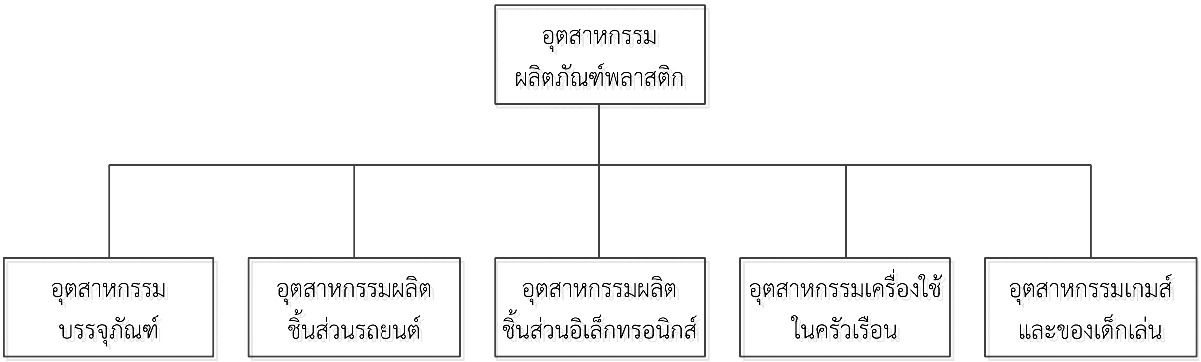
๑-๑ แสดงการจำแนกประเภทกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก ๑-๒
๑-๒ มูลค่าการส่งออกสินค้าในภาคการผลิต ระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๔๖ ถึง ๒๕๕๕ .... ๑-๔
๑-๓ ตลาดส่งออกผลิตภัณฑ์พลาสติก ๑๕ อันดับแรกของไทย ๑-๕
๑-๔ สมรรถนะของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกไทย ๑-๙
๓-๑ ค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรูรั่วตรง ๓-๙
๓-๒ ค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรูรั่วซึม ๓-๙
๔-๑ ปริมาณและลักษณะน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ๔-๑
๔-๒ สารเคมีที่ใช้เป็นสารสร้างตะกอนปฐมภูมิและสารช่วยสารสร้างตะกอน ๔-๔
๔-๓ ค่าการออกแบบที่เหมาะสมในการควบคุมระบบตะกอนเร่งแบบกวนสมบูรณ์ ๔-๗
๕-๑ คุณลักษณะของถุงกรองชนิดต่างๆ ๕-๖
๕-๒ ข้อดีและข้อด้อยของถุงกรองแต่ละชนิด ๕-๗
๕-๓ ข้อดีและข้อด้อยของระบบบำบัดมลพิษอากาศชนิดต่างๆ ๕-๑๒
๖-๑ ตัวอย่างการติดตามตรวจสอบและการกำหนดดัชนีชี้วัดประสิทธิผลการดำเนินงาน
ด้านสิ่งแวดล้อมจากผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ๖-๖
ง-๑ มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน
สำหรับอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ง-๑
ง-๒ ปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน ง-๓
ง-๓ มาตรฐานระดับความร้อนในพื้นที่ทำงาน ง-๕
ง-๔ มาตรฐานระดับเสียงเฉลี่ยที่ยอมรับได้กับเวลาการทำงาน ง-๕
ง-๕ มาตรฐานระดับฝุ่นละอองในพื้นที่ปฏิบัติงาน ง-๖
ง-๖ ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีในพื้นที่ปฏิบัติงานที่ยอมให้มีได้
ตลอดระยะเวลาทำงานปกติ ง-๖
ง-๗ ระดับความเข้มแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน ง-๙

บทที่ ๑
ภาวะเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

๑.๑ โครงสร้างของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มนุษย์รู้จักกันมานาน และนำมาใช้ประโยชน์ เช่น ทำเส้นใยสำหรับผลิตสิ่งทอ ชิ้นส่วนของยานยนต์ ภาชนะ วัสดุบรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์และเครื่องใช้อื่นๆ อีกมากมาย ทั้งนี้อุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทยเริ่มมีมาตั้งแต่ประมาณ พ.ศ. ๒๕๐๐ ในระยะแรกมีการนำเข้าเครื่องจักรและพลาสติกเรซินจากต่างประเทศมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติก ต่อมาใน พ.ศ. ๒๕๐๖ จึงได้มีการก่อตั้งโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกขนาดใหญ่ขึ้น แต่ยังคงต้องนำเข้าเรซินจากต่างประเทศ จนกระทั่งใน พ.ศ. ๒๕๑๔ ประเทศไทยจึงสามารถผลิตพลาสติกเรซิน คือ พีวีซี ได้เองเป็นชนิดแรก ในปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตพลาสติกได้อีกหลายชนิด เช่น โพลิเอทิลีน (Polyethylene) โพลิโพรไพลีน (Polypropylene) โพลิสไตรีน (Polystyrene) โพลิเอสเทอร์ (Polyester) เป็นต้น ทั้งนี้ ปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ต่อมาเมื่อมีการค้นพบก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยประมาณปี พ.ศ. ๒๕๒๔ รัฐบาลจึงได้จัดตั้งบริษัท ปิโตรเคมีแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) ในปี พ.ศ. ๒๕๓๒ บริษัท ไทยโอลิฟินส์ จำกัด และบริษัท ไทยอโรมาติกส์ จำกัด ขึ้นในปี พ.ศ. ๒๕๓๖ บริษัทเหล่านี้นำผลิตภัณฑ์จากก๊าซธรรมชาติมาผลิตเป็นโอลิฟินส์และอโรเมติกส์ป้อนให้กับผู้ผลิตเม็ดพลาสติกภายในประเทศ นับเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตพลาสติกภายในประเทศ

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี รายละเอียดดังรูปที่ ๑-๑ ทั้งนี้ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกในประเทศไทยถือว่ามีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศและยังจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความจำเป็นต่อการบริโภคของประชาชนในประเทศ ซึ่งมีทิศทางการขยายตัวไปในทิศทางเดียวกันกับการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยอุตสาหกรรมการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติก สามารถพิจารณาแบ่งประเภทตามกระบวนการผลิตและประเภทของผลิตภัณฑ์พลาสติกได้เป็น ๑๓ กลุ่ม รายละเอียดดังตารางที่ ๑-๑



<u>รูปที่ ๑-๑</u> โครงสร้างของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก

ตารางที่ ๑-๑ แสดงการจำแนกประเภทกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก

ลำดับ	กระบวนการผลิต	ประเภทผลิตภัณฑ์	วัตถุดิบ (ประเภทเม็ดพลาสติก)
๑	Blow Molding	ถังน้ำมันเครื่อง / ขวดแชมพู	PP, PE, PET, HDPE
๒	Stretch Blow Molding	ขวด PET	PET, PP, HDPE
๓	Injection Molding	ชิ้นส่วนรถยนต์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (IC) เครื่องใช้ในครัวเรือน เครื่องใช้ไฟฟ้า ชั้นวางของ	Thermoplastics (PP, PE, HDPE, ABS, PS, PC)
๔	Blown Film Extrusion	ถุงพลาสติก	HDPE, LDPE, LLDPE
๕	Film Extrusion	แผ่นฟิล์มบาง (ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ เทปกาว ฯลฯ)	PP, PE, LDPE, HDPE
๖	Sheet Extrusion	แผ่นพลาสติก แฟ้มพลาสติก ฯลฯ	PP, PE, PS, PMMA
๗	Pipe/Tube Extrusion	ท่อน้ำประปา ท่อระบายน้ำ ท่อ PVC/PE ฯลฯ	PVC, PE, PP
๘	Profile Extrusion	รางน้ำฝน ขอบหน้าต่าง รางสายไฟ วงกบ ฯลฯ	PVC Rigid, HDPE
๙	Rotational Molding	ถังเก็บน้ำขนาดใหญ่ ถังขยะ ลังใส่ของ ฯลฯ	PVC, PP, HDPE
๑๐	Thermoforming	ถาดใส่บรรจุภัณฑ์อาหาร ถ้วยน้ำดื่ม ฯลฯ	PS, PE, PP, PET
๑๑	Laminating	ถุงใส่ขนมอบกรอบ ถุงบรรจุภัณฑ์หลายชั้น ฯลฯ	PE, PP
๑๒	Tape Yarn/Filament	กระสอบพลาสติก ถุงปุ๋ย ถุงจัมโบ้ ฯลฯ	PP, HDPE, PA6, PA66, PET
๑๓	Compressed Molding	ถ้วย จาน ชาม ช้อน เครื่องใช้ในครัวเรือน (ที่ทำจาก Melamine)	Melamine
๑๔	Other (Calendering, etc.)	ผลิตภัณฑ์พลาสติกอื่นๆ	อื่นๆ

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

๑.๒ ความสำคัญทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุหนึ่งที่ใช้มากสำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์ทั้งในรูปบรรจุภัณฑ์ประเภทแข็ง (Rigid Packaging) เช่น กล่อง ถาด ถ้วย ถัง และขวด เป็นต้น บรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อนตัว (Flexible Packaging) เช่น ถุง รวมถึงบรรจุภัณฑ์ประเภทกึ่งแข็ง (Semi-Rigid Packaging) เช่น ขวด เนื่องจากพลาสติกมีข้อดีหลายประการ รวมทั้งคุณสมบัติด้านการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซ ความแข็งแรง ความใส น้ำหนักเบา และราคาถูก นอกจากนี้ พลาสติกยังสามารถเปลี่ยนแปลงหรือขึ้นรูปให้มีรูปร่างและขนาดตามต้องการได้ง่ายกว่าวัสดุประเภทกระดาษ แก้ว และโลหะอีกด้วย จึงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกได้ในหลายอุตสาหกรรม รวมทั้งอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์ ซึ่งอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์เป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่และเกี่ยวข้องกับหลายอุตสาหกรรม หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่เป็นหัวใจสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสินค้าอุปโภคบริโภค เช่น อาหาร เครื่องดื่ม ยา เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น สบู่ ผงซักฟอก ยาสีฟัน น้ำยาล้างจาน เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่เป็นสินค้าที่จำเป็นต้องใช้ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ อุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์ยังเป็นอุตสาหกรรมที่จำเป็นสำหรับการขนส่งสินค้าทุกประเภทอีกด้วย

อุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความจำเป็นต่อผู้บริโภค และมีความต้องการซึ่งสอดคล้องกับการบริโภคภายในประเทศ ในช่วงครึ่งแรกของปี ๒๕๕๖ การบริโภคในประเทศจากภาคเอกชนมีแนวโน้มชะลอตัวจากภาระหนี้สินของครัวเรือนที่สูงขึ้น ในขณะที่ความต้องการผลิตภัณฑ์พลาสติกในกลุ่มบรรจุภัณฑ์อาหารยังมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง จากรูปแบบการใช้ชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การใช้ชีวิตในเมืองที่ค่อนข้างเร่งรีบ ซึ่งจะส่งผลต่อความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกในกลุ่มบรรจุภัณฑ์อาหาร และการใช้บรรจุภัณฑ์จากพลาสติกทดแทนการใช้บรรจุภัณฑ์ในรูปแบบอื่นๆ เช่น ขวดแก้ว ด้วยต้นทุนที่น้อยกว่า และในช่วงปี พ.ศ. ๒๕๕๕ สถาบันพลาสติกแห่งประเทศไทยได้เปิดเผยปริมาณตัวเลขการผลิตเม็ดพลาสติกที่ประมาณ ๗ ล้านตันต่อปี โดยส่งออกประมาณ ๔ ล้านตันต่อปี และใช้ในประเทศโดยประมาณ ๓-๔ ล้านตัน ซึ่งจำนวนนี้แบ่งเป็นการนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกถึงร้อยละ ๕๐

จากรายงานสรุปสภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี พ.ศ. ๒๕๕๕ และแนวโน้มปี พ.ศ. ๒๕๕๖ เปิดเผยมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) ในปี พ.ศ. ๒๕๕๕ มีการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ ๖.๔ โดยมูลค่า GDP เท่ากับ ๑๑,๓๗๕,๓๔๙.๐๐ ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้า ๘๓๕,๙๐๓.๐๐ ล้านบาท เนื่องจากปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นร้อยละ ๑.๖๙ และปริมาณการนำเข้าขยายตัวร้อยละ ๑๘.๑๗ อันเนื่องมาจากความต้องการในประเทศที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างและที่พักอาศัย ที่ได้รับผลกระทบการขยายตัวของอุตสาหกรรมก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ ๑๕ จากความต้องการซ่อมแซมบ้านเรือน และการลงทุนในโครงการต่างๆ ของรัฐบาล

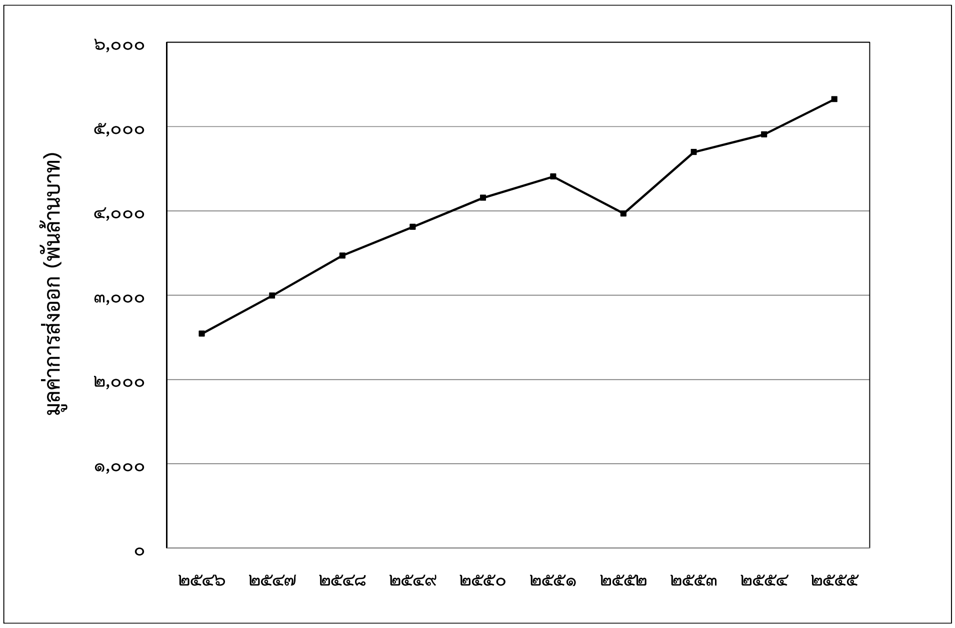
ดัชนีการส่งสินค้าผลิตภัณฑ์พลาสติกเพิ่มขึ้นร้อยละ ๑.๓๒ (เดือนมกราคมถึงตุลาคมปี ๒๕๕๕) และดัชนีการส่งสินค้าของผลิตภัณฑ์พลาสติกทุกชนิดมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการบริโภคภาคครัวเรือนที่เพิ่มสูงขึ้น อันเป็นผลมาจากนโยบายกระตุ้นเศรษฐกิจและการบริโภคภายในประเทศของรัฐบาล เช่น การประกาศขึ้นค่าแรง ๓๐๐ บาท มูลค่าการส่งออกสินค้าจากภาคอุตสาหกรรมคิดเป็นประมาณ ๕,๓๒๔.๓๑ พันล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ ๗๕ ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมด (ประมาณ ๗,๐๘๒.๕๐ พันล้านบาท)

รายละเอียดดังตารางที่ ๑-๒ และรูปที่ ๑-๒ ทั้งนี้ ในปี พ.ศ. ๒๕๕๕ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกมีมูลค่าการส่งออก ประมาณ ๑๐๒.๘๕ พันล้านบาท โดยมีอัตราการขยายตัวในปี พ.ศ. ๒๕๕๓, ๒๕๕๔ และ ๒๕๕๕ เท่ากับร้อยละ ๑๕.๔๖, ๘.๙๖ และ ๔.๕๔ ตามลำดับ ซึ่งตลาดส่งออกที่สำคัญ ๑๕ อันดับแรก ได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อินโดนีเซีย ออสเตรเลีย มาเลเซีย จีน เวียดนาม อินเดีย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา สหราชอาณาจักร พม่า ฮ่องกง สิงห์คโปร์ และเกาหลีใต้ เป็นต้น โดยประเทศที่เป็นตลาดส่งออกที่ใหญ่ที่สุด ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น มูลค่า ๒๐.๙๖ พันล้านบาท และรองลงมา ได้แก่ สหรัฐอเมริกาและอินโดนีเซีย มูลค่า ๑๐.๕๗ และ ๕.๕๒ พันล้านบาท ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ ๑-๓ และรูปที่ ๑-๓

<u>ตารางที่ ๑-๒</u> มูลค่าการส่งออกสินค้าในภาคการผลิต ระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๔๖ ถึง ๒๕๕๕

ปี	มูลค่าการส่งออก (พันล้านบาท)					
	สินค้าเกษตรกรรม	สินค้าอุตสาหกรรมการเกษตร	สินค้าอุตสาหกรรม	สินค้าแร่และเชื้อเพลิง	สินค้าอื่นๆ	รวม
๒๕๔๖	๓๖๕.๐๔	๒๔๗.๕๘	๒,๕๔๒.๘๐	๙๕.๖๔	๗๔.๕๗	๓,๓๒๕.๖๓
๒๕๔๗	๔๑๔.๕๒	๒๕๕.๖๕	๒,๙๙๔.๑๑	๑๔๘.๐๙	๖๑.๓๒	๓,๘๗๓.๖๙
๒๕๔๘	๔๑๘.๐๗	๒๘๐.๑๖	๓,๔๗๐.๑๖	๒๐๖.๘๙	๖๓.๔๑	๔,๔๓๘.๖๙
๒๕๔๙	๔๙๙.๖๘	๓๐๓.๐๗	๓,๘๐๘.๘๘	๒๖๒.๕๕	๖๓.๑๙	๔,๙๓๗.๓๗
๒๕๕๐	๕๒๒.๕๓	๓๒๗.๓๐	๔,๑๕๔.๕๘	๒๔๖.๙๗	๕๐.๗๔	๕,๓๐๒.๑๒
๒๕๕๑	๖๖๒.๒๓	๓๘๕.๗๗	๔,๔๐๖.๒๖	๓๘๕.๕๓	๑๑.๕๘	๕,๘๕๑.๓๗
๒๕๕๒	๕๕๙.๔๖	๓๘๔.๓๐	๓,๙๖๗.๗๒	๒๗๔.๐๕	๙.๐๗	๕,๑๙๔.๖๐
๒๕๕๓	๖๗๙.๗๒	๔๑๙.๓๒	๔,๖๙๗.๐๐	๓๑๗.๓๐	๐.๐๐	๖,๑๑๓.๓๔
๒๕๕๔	๘๗๕.๖๖	๕๒๖.๗๕	๔,๙๐๖.๕๐	๓๙๙.๐๘	๐.๐๐	๖,๗๐๗.๙๙
๒๕๕๕	๗๒๔.๒๗	๕๖๐.๖๖	๕,๓๒๔.๓๑	๔๗๓.๒๖	๐.๐๐	๗,๐๘๒.๕๐

<u>ที่มา</u>: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (http://www.2ops.3moc.go.th)



รูปที่ ๑-๒ มูลค่าการส่งออกสินค้าของภาคอุตสาหกรรม ระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๔๖ ถึง ๒๕๕๕

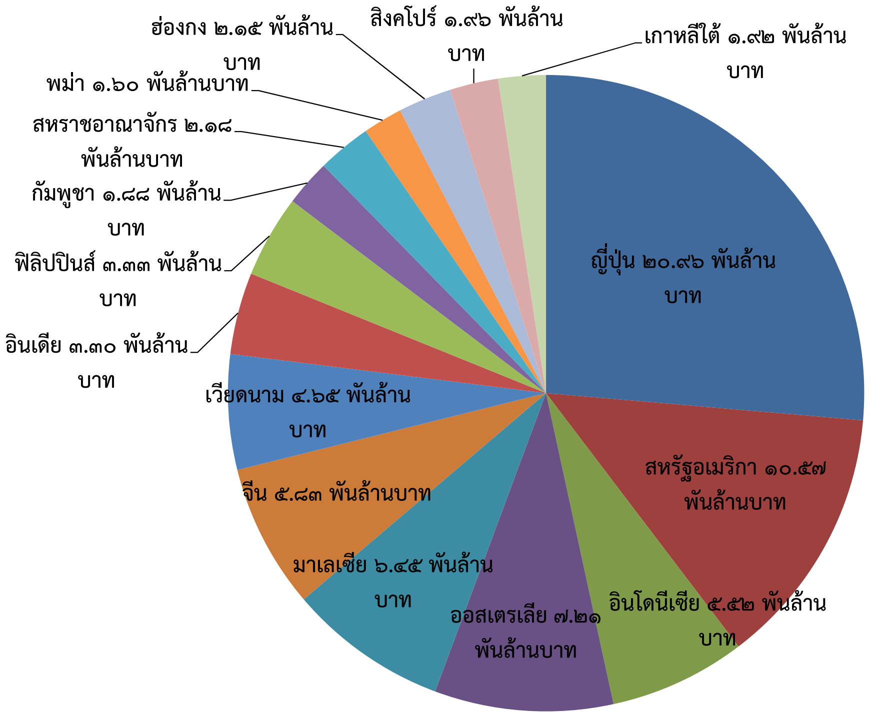
ตารางที่ ๑-๓ ตลาดส่งออกผลิตภัณฑ์พลาสติก ๑๕ อันดับแรกของไทย

ประเทศ	มูลค่า พันล้านบาท :			อัตราการขยายตัว : ร้อยละ		
	๒๕๕๓	๒๕๕๔	๒๕๕๕	๒๕๕๓	๒๕๕๔	๒๕๕๕
ญี่ปุ่น	๑๗.๙๕	๒๑.๓๗	๒๐.๙๖	๑๖.๗๙	๑๙.๐๙	- ๑.๙๔
สหรัฐอเมริกา	๙.๑๔	๙.๓๐	๑๐.๕๗	๑๔.๕๔	๑.๗๕	๑๓.๕๘
อินโดนีเซีย	๔.๙๖	๕.๕๕	๕.๕๒	๙.๒๐	๑๑.๘๖	- ๐.๖๕
ออสเตรเลีย	๖.๔๙	๖.๖๑	๗.๒๑	๒๘.๕๓	๑.๘๓	๙.๒๑
มาเลเซีย	๕.๑๔	๖.๐๕	๖.๔๕	๑๖.๓๕	๑๗.๘๐	๖.๕๒
จีน	๖.๑๓	๕.๙๕	๕.๘๓	๕๕.๔๖	- ๓.๐๓	- ๑.๙๐
เวียดนาม	๔.๔๓	๔.๖๑	๔.๖๕	๑๐.๗๑	๓.๙๐	๐.๙๗
อินเดีย	๒.๓๔	๒.๘๐	๓.๓๐	๑๘.๔๗	๑๙.๕๓	๑๘.๑๐
ฟิลิปปินส์	๓.๐๙	๒.๗๘	๓.๓๓	๑๙.๒๑	- ๑๐.๑๖	๑๙.๗๔
กัมพูชา	๑.๓๗	๑.๓๙	๑.๘๘	๓๙.๓๘	๑.๔๙	๓๔.๕๑
สหราชอาณาจักร	๒.๑๖	๒.๑๑	๒.๑๘	- ๑.๕๖	- ๒.๓๔	๒.๙๙
พม่า	๑.๑๒	๑.๔๘	๑.๖๐	๒๐.๔๑	๓๕.๕๑	๗.๔๔

<u>**ตารางที่ ๑-๓**</u> (ต่อ)

ประเทศ	มูลค่า พันล้านบาท :			อัตราการขยายตัว : ร้อยละ		
	๒๕๕๓	**๒๕๕๔**	**๒๕๕๕**	**๒๕๕๓**	**๒๕๕๔**	**๒๕๕๕**
ฮ่องกง	๒.๐๕	๒.๑๔	๒.๑๕	๕.๓๖	๔.๔๙	๐.๗๒
สิงคโปร์	๑.๘๐	๒.๐๔	๑.๙๖	- ๔.๕๐	๑๓.๒๔	- ๔.๑๙
เกาหลีใต้	๒.๐๘	๒.๐๖	๑.๙๒	๕๐.๐๙	- ๐.๙๗	- ๖.๘๘
รวม ๑๕ ประเทศ	**๗๐.๒๗**	**๗๖.๒๕**	**๗๙.๕๐**	**๑๘.๖๙**	**๘.๕๒**	**๔.๒๖**
อื่นๆ	๒๐.๐๒	๒๒.๑๓	๒๓.๓๕	๕.๓๖	๑๐.๕๔	๕.๕๓
รวมทุกประเทศ	**๙๐.๒๙**	**๙๘.๓๘**	**๑๐๒.๘๕**	**๑๕.๔๖**	**๘.๙๖**	**๔.๕๔**

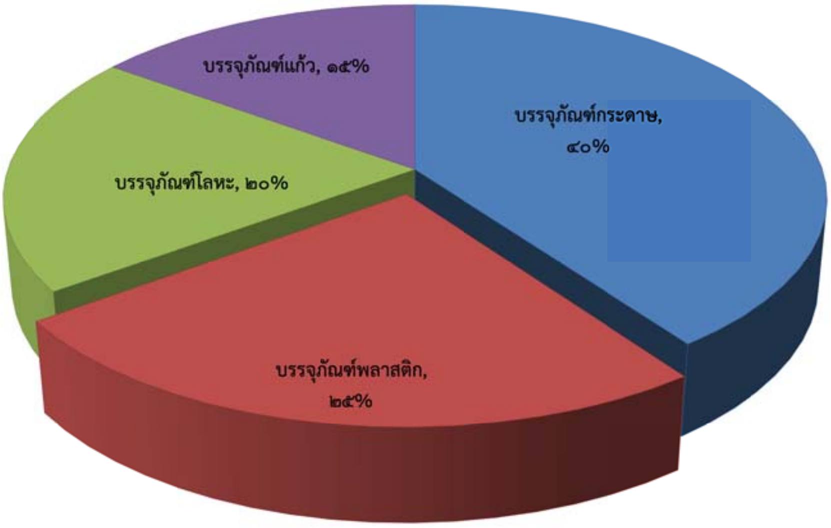
<u>**ที่มา**</u>: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (http://www.2ops.3moc.go.th)



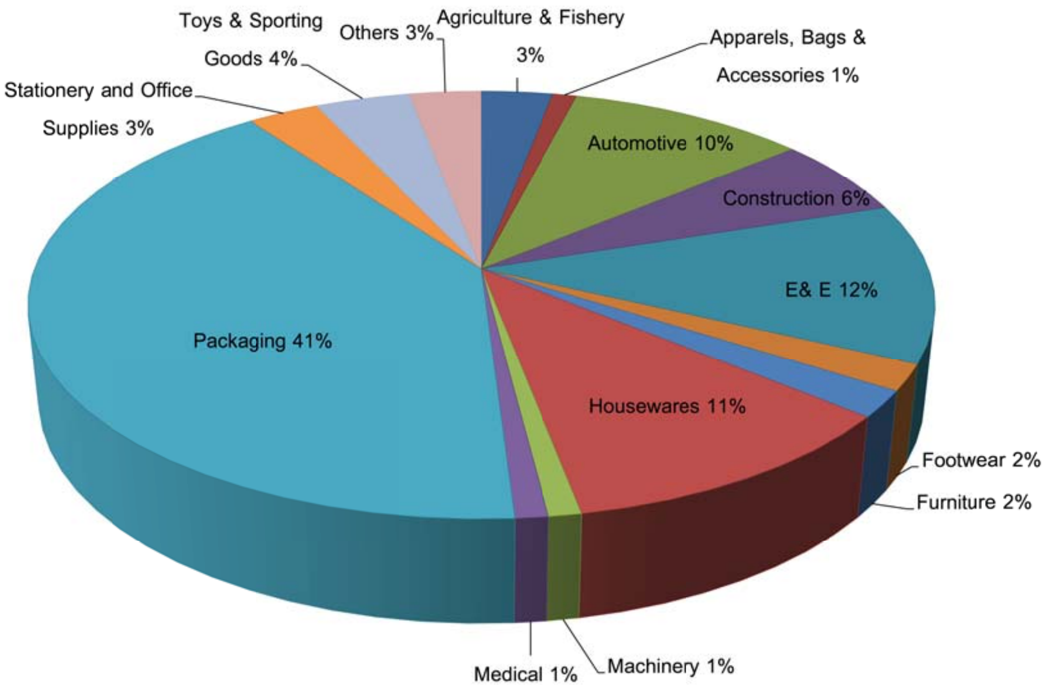
<u>**รูปที่ ๑-๓**</u> ตลาดส่งออกผลิตภัณฑ์พลาสติก ๑๕ อันดับแรกของไทย ปี พ.ศ. ๒๕๕๕

อุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์ เป็นอุตสาหกรรมสนับสนุนให้กับหลากหลายอุตสาหกรรม และเพิ่มมูลค่าให้อุตสาหกรรมทุกประเภท บรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันนอกจากสามารถปกป้องรักษาสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังต้องออกแบบสะดุดตา ดึงดูดผู้บริโภค อำนวยความสะดวกในการนำสินค้าออกใช้พร้อมทั้งคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นการนำกลับมาใช้ใหม่หรือผลิตใหม่ (Reuse/Recycle) ได้ง่าย และช่วยกันลดทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ ที่นำมาใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์

พลาสติกเป็นวัสดุที่มีการใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์มากเป็นอันดับสองรองจากกระดาษ โดยมีสัดส่วนการผลิตร้อยละ ๒๕ ของการผลิตบรรจุภัณฑ์รวม (รายละเอียดดังรูปที่ ๑-๔) ปริมาณยอดขายของบรรจุภัณฑ์พลาสติกประมาณ ๑/๓ ของยอดจำหน่ายบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด และในปี ๒๕๕๕ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นอุตสาหกรรมเชื่อมโยงเป็นอันดับที่ ๑ (ร้อยละ ๔๑) ของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก (รายละเอียดดังรูปที่ ๑-๕) ทั้งนี้ ยังพบว่าอุตสาหกรรมที่ใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกส่วนใหญ่ ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร รองลงมา ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตสารเคมี เช่น เครื่องสำอาง ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย และสารเคมีอื่นๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเป็นรายผลิตภัณฑ์แล้ว ตลาดบรรจุภัณฑ์พลาสติกแต่ละประเภทจะแตกต่างกัน กล่าวคือ ขวดพลาสติกส่วนมากจะจำหน่ายให้แก่โรงงานผลิตน้ำมันพืชและผลิตเครื่องสำอาง ส่วนหลอดพลาสติก โฟม กระป๋อง เข่ง และลัง ส่วนใหญ่จะจำหน่ายให้แก่โรงงานแปรรูปอาหาร และบรรจุภัณฑ์พลาสติกจำพวกถุง ซอง ถัง กล่อง ส่วนใหญ่จะจำหน่ายให้แก่ผู้ใช้บรรจุภัณฑ์ทั่วไป



<u>รูปที่ ๑-๔</u> ประเภทของบรรจุภัณฑ์จำแนกตามวัสดุหลักที่นำมาใช้ผลิต



รูปที่ ๑-๕ ผู้ผลิตอุตสาหกรรมพลาสติกจำแนกตามกลุ่มอุตสาหกรรม ปี ๒๕๕๕

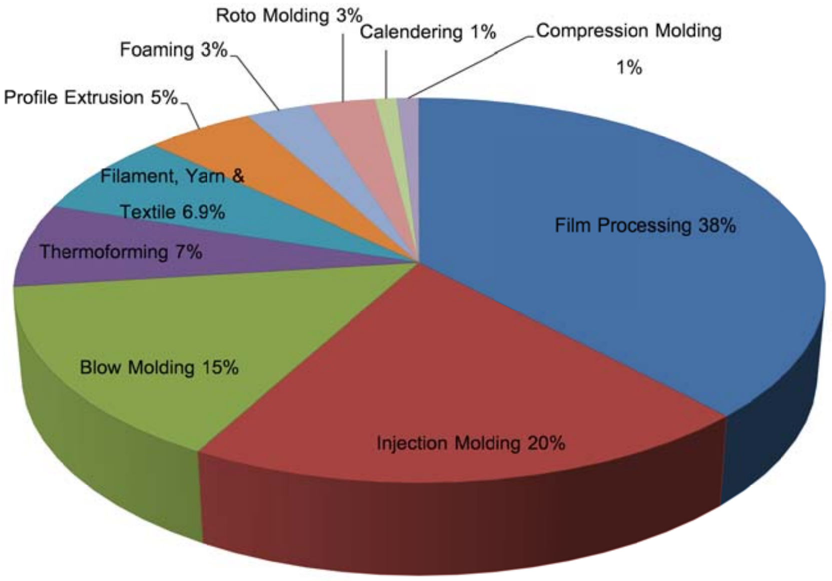
๑.๓ จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

จากการสำรวจผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมพลาสติกของไทยภายใต้โครงการพัฒนาศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมพลาสติกของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ระบุว่าผู้ประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ในปี พ.ศ. ๒๕๕๕ มีจำนวนทั้งสิ้น ๑,๐๒๗ ราย มีกำลังการผลิตบรรจุภัณฑ์เท่ากับ ๒,๒๖๖,๒๒๙ ตันต่อปี จำนวนแรงงานในสายการผลิตเท่ากับ ๙๐,๙๖๒ คน รวมถึงมีความต้องการใช้เม็ดพลาสติกเท่ากับ ๑๗๒,๙๙๘ ตันต่อเดือน และมียอดขายรวมเท่ากับ ๙๙,๗๓๒ ล้านบาท รายละเอียดดังตารางที่ ๑-๔ ทั้งนี้ กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมมีความหลากหลาย โดยกระบวนการผลิตที่ผู้ประกอบการใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มากที่สุด คือ กระบวนการผลิตฟิล์ม (Film Process) โดยมีสัดส่วนมากถึงร้อยละ ๓๘ รองลงมาคือ กระบวนการผลิตแบบฉีด (Injection Molding) และกระบวนการผลิตแบบเป่า (Blow Molding) ดังรูปที่ ๑-๖

<u>ตารางที่ ๑-๔</u> สมรรถนะของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกไทย

หัวข้อ	จำนวน
จำนวนแรงงานในสายการผลิต (คน)	๙๐,๙๖๒
จำนวนแรงงานส่วนอื่นๆ (คน)	๑๕,๙๙๑
กำลังการผลิต (ตัน / ปี)	๒,๒๖๖,๒๒๙
ปริมาณการผลิต (ตัน / ปี)	๒,๐๗๖,๗๕๐
ยอดขายรวม (ล้านบาท)	๙๙,๗๓๒
ยอดขายเฉลี่ยต่อ ๑ บริษัท (ล้านบาท)	๑๕๖
อัตราการใช้กำลังการผลิตเฉลี่ยนต่อ ๑ บริษัท (%)	๙๑.๖๔
เงินทุนจดทะเบียนเฉลี่ยต่อ ๑ บริษัท (ล้านบาท)	๔๔
ปริมาณเม็ดพลาสติกที่ใช้ทั้งหมด (ตัน / เดือน)	๑๗๒,๙๙๘

<u>ที่มา</u>: Plastic Intelligence Website (http://plastic.oie.go.th/ViewCompanyByMarketChart.aspx) ปี ๒๕๕๕



<u>รูปที่ ๑-๖</u> สัดส่วนกระบวนการผลิตที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ปี พ.ศ. ๒๕๕๕

บทที่ ๒
กระบวนการผลิต และสมดุลมวล

พลาสติกเป็นสารสังเคราะห์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงโดยจะมีโมโนเมอร์ (Monomer) ต่อกันเป็นสายยาวเรียกว่า “โพลิเมอร์ (Polymer)” ซึ่งสามารถแบ่งตามคุณสมบัติทางความร้อนเป็น ๒ ประเภท ได้แก่

๑) เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

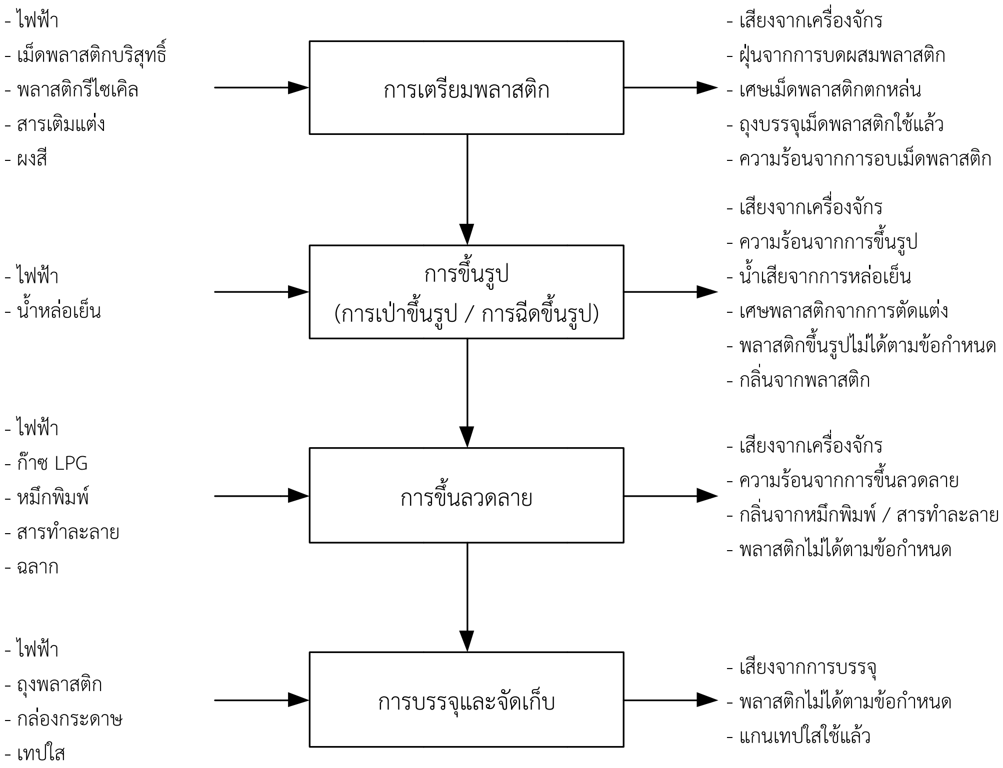
โพลิเมอร์ประเภทนี้จะมีโครงสร้างโมเลกุลของสายโซ่โพลิเมอร์เป็นแบบเส้นตรงหรือแบบกิ่งสั้นๆ สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายบางชนิด เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัว และหลอมเหลวเป็นของเหลวหนืด และเมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตัว ซึ่งการหลอมเหลวและเย็นตัวนี้ สามารถเกิดกลับไปกลับมาได้โดยไม่ทำให้สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ หรือโครงสร้างของโพลิเมอร์เปลี่ยนไปมากนัก พลาสติกประเภทนี้สามารถขึ้นรูปโดยการฉีดขณะที่พลาสติกถูกทำให้อ่อนตัวและไหลได้ด้วยความร้อนและความดัน เข้าไปในแม่แบบที่มีช่องว่างเป็นรูปร่างตามต้องการ ภายหลังจากที่พลาสติกไหลเข้าจนเต็มแม่พิมพ์จะถูกทำให้เย็นตัว และถอดออกจากแม่พิมพ์ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างตามต้องการ สามารถนำไปใช้งานได้ เมื่อใช้เสร็จแล้วสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้โดยการบด และหลอมด้วยความร้อนเพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้อีก อย่างไรก็ตาม พลาสติกประเภทนี้มีข้อเสียและขีดจำกัดของการใช้งาน คือ ไม่สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ เพราะอาจเกิดการบิดเบี้ยวหรือเสียรูปทรงไป ตัวอย่างของพลาสติกในกลุ่มนี้ เช่น Polyethylene (PE), Polypropylene (PP), Polystyrene (PS), Polyvinyl Chloride (PVC), Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Nylon, Polyethylene Terephthalate (PET), Polycarbonate (PC) เป็นต้น

๒) เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting)

โพลิเมอร์ประเภทนี้จะมีโครงสร้างเป็นแบบร่างแห ซึ่งจะหลอมเหลวได้ในขั้นตอนการขึ้นรูปครั้งแรกเท่านั้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น ทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ทำให้โพลิเมอร์มีรูปร่างที่ถาวร เมื่อใช้งานเสร็จแล้วไม่สามารถนำมาผ่านการหลอมและผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่หรือรีไซเคิล (Recycle) ได้อีก และถ้าให้ความร้อนมากเกินไป จะทำให้พลาสติกเกิดการสลายตัวหรือไหม้ โดยไม่เกิดการหลอมเหลว ตัวอย่างของพลาสติกในกลุ่มนี้ เช่น Melamine Formaldehyde, Phenol Formaldehyde, Epoxy, Polyester, Urethane, Polyurethane เป็นต้น

๒.๑ กระบวนการผลิต

แผนผังกระบวนการผลิต ปัจจัยป้อนเข้า (Input) และผลที่ได้ (Output) ของผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์พลาสติก แสดงดังรูปที่ ๒-๑ ซึ่งรายละเอียดของกระบวนการผลิตโดยสังเขป มีดังนี้



<u>รูปที่ ๒-๑</u> แผนผังกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ปัจจัยป้อนเข้า (Input) และผลที่ได้ (Output)

๒.๑.๑ การเตรียมพลาสติก

วัตถุดิบหลักของการผลิตภาชนะบรรจุจากพลาสติก คือ เม็ดพลาสติก โดยจะมีทั้งโพลีเอทธิลีน (Polyethylene: PE) โพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) โพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) โพลีเอทธิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate: PET) ขึ้นกับความต้องการของลูกค้า โดยบางโรงงานอาจมีการปรับปรุงวัตถุดิบโดยการเติมสีหรือสารเคมีเติมแต่งอื่นๆ เข้าไปผสมกับเม็ดพลาสติก หรือนำเศษพลาสติกที่ขึ้นรูปไม่ได้ตามข้อกำหนดมาบดให้เป็นชิ้นเล็กแล้วนำมาผสมกับเม็ดพลาสติก

ทั้งนี้ ไม่ว่าจะเป็นเม็ดพลาสติกใหม่หรือเม็ดพลาสติกรีไซเคิลจะมีความชื้นปะปนอยู่ไม่มากก็น้อย รวมถึงชนิดของเม็ดพลาสติกที่มีความสามารถในการดูดซับความชื้นอยู่ได้ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ซึ่งความชื้นจะส่งผลต่อคุณภาพการขึ้นรูปพลาสติกทั้งในด้านความสวยงามของผิวชิ้นงานและความแข็งแรง ดังนั้นก่อนทำการขึ้นรูปพลาสติกจะทำการอบเม็ดพลาสติกก่อนเข้าเครื่องขึ้นรูปด้วยเครื่องอบเม็ดพลาสติก (รูปที่ ๒-๒) ซึ่งจะมีการเป่าลมร้อนแห้งผ่านเม็ดพลาสติกเพื่อไล่ความชื้นออก โดยต้องสามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ตลอดระยะเวลาการอบที่กำหนด เนื่องจากต้องใช้เวลาพอสมควรเพื่อให้ความชื้นออกจากเม็ดพลาสติก

<u>รูปที่ ๒-๒</u> เครื่องอบเม็ดพลาสติก

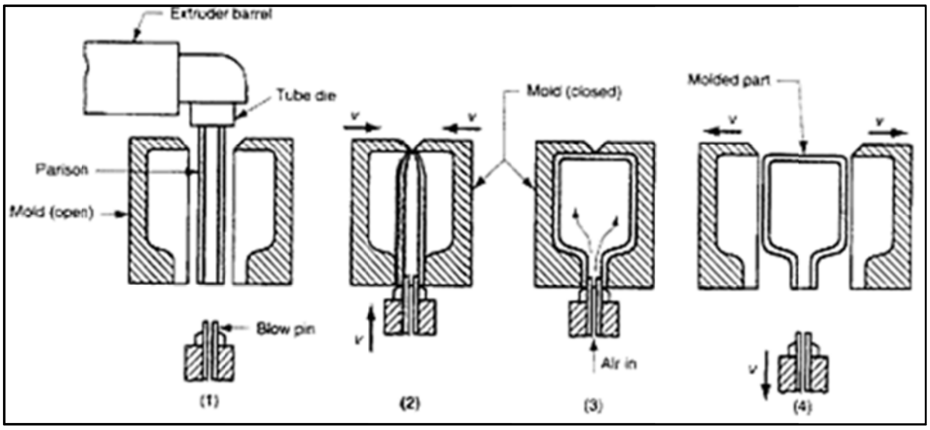
ในระหว่างการผลิตจะก่อให้เกิดลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เช่น การใช้ไฟฟ้า การใช้เม็ดพลาสติกใหม่ การใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิล การใช้สารเติมแต่ง การใช้ผงสี เสียงจากเครื่องจักร ฝุ่นจากการบดผสมพลาสติก เศษเม็ดพลาสติกตกหล่น ถุงบรรจุเม็ดพลาสติกใช้แล้ว ความร้อนจากการอบเม็ดพลาสติก เป็นต้น

๒.๑.๒ การขึ้นรูป

การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติกแบ่งเป็น ๓ ประเภทหลัก ได้แก่ การเป่าขึ้นรูป (Blow Molding) การฉีดเป่าขึ้นรูป (Injection Blow Molding) และการเป่าแล้วยืด (Injection Stretch Blow Molding) ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขป ดังนี้

๒.๑.๒.๑ การรีดเป่าขึ้นรูป (Extrusion Blow Molding: EBM)

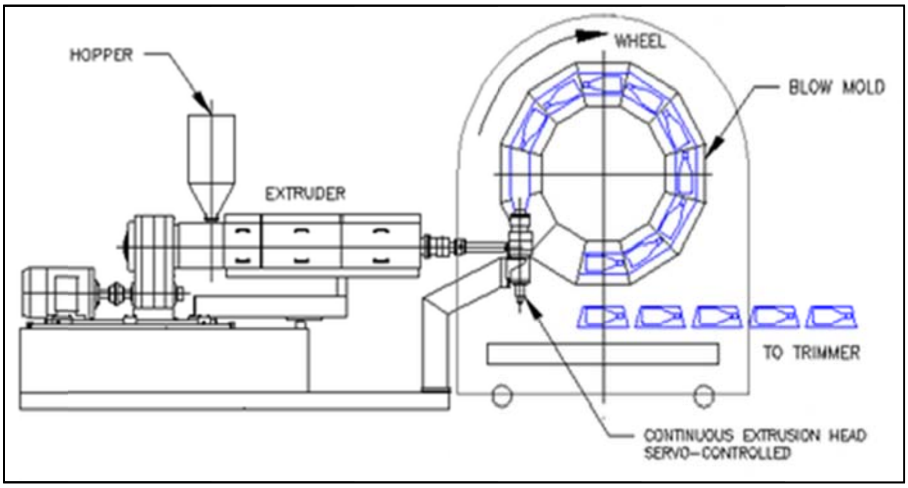
เม็ดพลาสติกจะไหลลงจากกรวยเติม (Hopper) และถูกให้ความร้อนด้วย Heater ไฟฟ้าภายในเครื่องรีด (Extruder) เพื่อให้พลาสติกหลอมเหลว จากนั้นสกรูใน Extruder จะขับพลาสติกเหลวผ่านหัว Die (Die Head) ออกมาเป็นทรงกระบอกกลวง เรียกว่า “Parison” จากนั้นแม่พิมพ์ (Mold) จะเคลื่อนตัวมาประกบ Parison ซึ่งข้างในแม่พิมพ์จะเว้าทั้งสองข้างและมีการขึ้นลวดลายที่แม่พิมพ์อยู่แล้ว จากนั้นลมจะถูกเป่าเข้าไปในแกนกลางของ Parison โดยใช้ความดันลมประมาณ ๘ บาร์ (Bar) Parison จะพองตัวติดกับขอบของแม่พิมพ์ ซึ่งจะมีน้ำเย็นจากชิลเลอร์ (Chiller) ที่มีช่วงอุณหภูมิระหว่าง ๕ ถึง ๑๕ องศาเซลเซียส ไหลหมุนเวียนในเบ้าตัวหล่อเย็นเพื่อให้พลาสติกแข็งตัว เมื่อพลาสติกแข็งตัวแม่พิมพ์จะเปิดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์หลุดออกจากแม่พิมพ์ (รูปที่ ๒-๓)



<u>รูปที่ ๒-๓</u> การขึ้นรูปแบบรีดเป่าขึ้นรูป (Extrusion Blow Molding)

การขึ้นรูปโดยวิธีรีดเป่าขึ้นรูปสามารถใช้เพื่อผลิตบรรจุภัณฑ์ได้หลากหลายรูปร่างหลายขนาด แบบคอเปิด (Neck Openings) และแบบมีหูจับ (Handle-ware) โดยมีทั้งแบบผลิตต่อเนื่อง (Continuous) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent) สำหรับเครื่องจักรที่เป็นแบบต่อเนื่อง เช่น Rotary Wheel Blow Molding System (รูปที่ ๒-๔), Shuttle Machinery เป็นต้น ส่วนเครื่องจักรที่เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น Reciprocating Screw Machinery, Accumulator Head Machinery เป็นต้น ซึ่งสามารถ

ใช้ได้กับวัตถุดิบเม็ดพลาสติกทั้ง HDPE, PVC, PC, PP และ PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol-modified)



รูปที่ ๒-๔ Rotary Wheel Blow Molding System

ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปโดยวิธีนี้จะมีรอยต่อที่คอและก้นของภาชนะ เช่น ขวดน้ำมันเครื่อง ขวดแชมพู ขวดนมเปรี้ยว ขวดน้ำดื่มขาวขุ่น เป็นต้น (รูปที่ ๒-๕)

รูปที่ ๒-๕ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปแบบรีดเป่าขึ้นรูป

๒.๑.๒.๒ การฉีดเป่าขึ้นรูป (Injection Blow Molding: IBM)

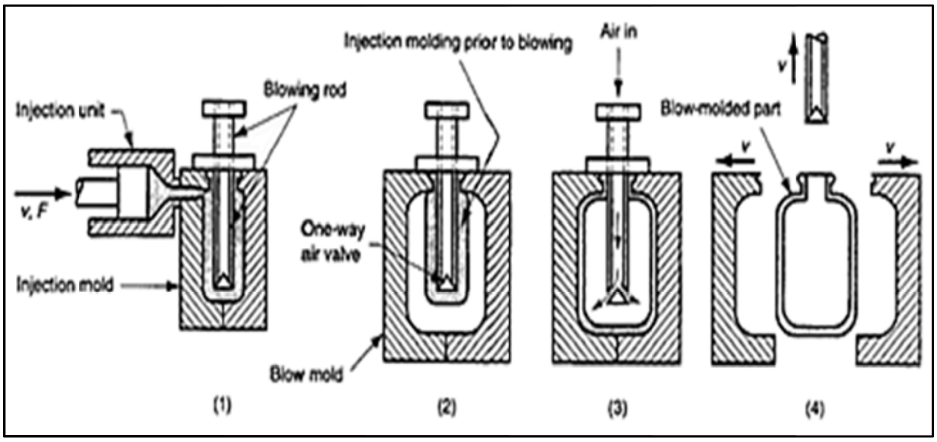
การขึ้นรูปโดยวิธีการฉีดเป่าโดยปกติเหมาะสำหรับบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็กที่ไม่มีหูจับ เป็นการขึ้นรูปที่ใช้เทคนิคการฉีดและการเป่าร่วมกัน แบ่งเป็น ๓ ขั้นตอน ดังนี้

๑) ขั้นตอนการฉีดหลอดเตรียมเป่า โดยใช้เครื่องฉีดพลาสติกขึ้นรูป Parison บนตัวรองรับหรือแกนที่เป็นโลหะได้เป็น "พรีฟอร์ม (Preform)" (รูปที่ ๒-๖)

๒) ขั้นตอนการนำ Preform ที่ได้ไปเป่าขึ้นรูป

๓) ขั้นตอนการนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยในการฉีดหลอด Preform ต้องใช้เวลาที่เหมาะสมกับเวลาเป่า และเวลาปลดชิ้นงาน เพราะการทำงานทั้ง ๓ ขั้นตอนต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่องกัน (รูปที่ ๒-๗) คุณภาพหลอด Preform ที่ดีนั้นขึ้นอยู่กับการปรับความเร็วในการฉีด ความดันในการฉีด และการใช้ความดันย้ำ (Holding Pressure) ที่เหมาะสม รวมทั้งการควบคุมอุณหภูมิทุกอย่างต้องสมดุลกัน

รูปที่ ๒-๖ หลอด Preform สำหรับการขึ้นรูปแบบฉีดเป่าขึ้นรูป



รูปที่ ๒-๗ การขึ้นรูปแบบฉีดเป่าขึ้นรูป (Injection Blow Molding)

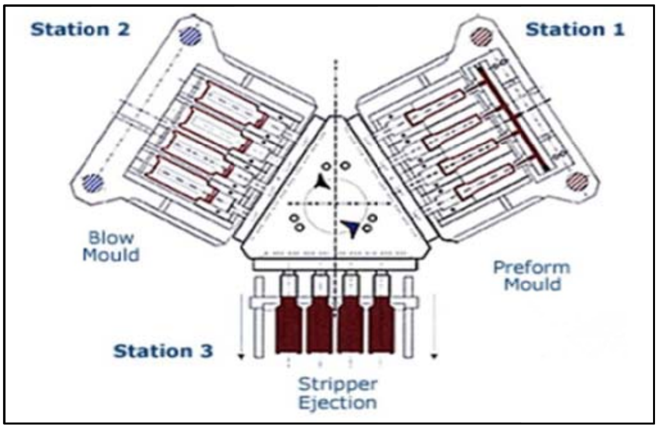
ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะไม่มีรอยต่อที่คอและก้นของบรรจุภัณฑ์ แต่จะมีปมเล็กๆ ใต้บรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ขวดที่ต้องการความเที่ยงตรงบริเวณปากขวดสูง และขนาดของเกลียวที่แน่นอน หรือภาชนะที่มีปากกว้าง มีหูหิ้ว งานที่สำเร็จออกมาจะไม่มีการตัดเศษเลย เพราะขึ้นรูปสำเร็จจากแม่พิมพ์แล้ว

๒.๑.๒.๓ การเป่าแล้วยืด (Injection Stretch Blow Molding: ISB)

กระบวนการเป่าขึ้นรูปวิธีนี้จะขึ้นรูป Preform ด้วยเครื่องฉีดและย้ายมายังเครื่องเป่า ทำการให้ความร้อน Preform เพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการเป่าขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ ข้อดีหลักของวิธีการเป่าแล้วยืด คือ ความสามารถในการยืดพรีฟอร์มทั้งแกนนอนและแกนตั้ง ซึ่งการยืดในแนวแกนนั้นเป็นการเพิ่มความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) การป้องกันการซึมผ่านของน้ำและอากาศ (Barrier Properties) การทบต่อการตกกระแทก (Drop Impact) และความใส (Clarity) ซึ่งทำให้สามารถลดน้ำหนักรวมของบรรจุภัณฑ์ลงได้ประมาณร้อยละ ๑๐ - ๑๕ เมื่อเทียบกับการขึ้นรูปด้วยวิธีอื่น การขึ้นรูปโดยวิธีการเป่าแล้วยืดแบ่งเป็นแบบหนึ่งขั้นตอน (Single-stage) และแบบสองขั้นตอน (Two-stage) ดังนี้

๑) การเป่าแล้วยืดแบบหนึ่งขั้นตอน (Single-stage)

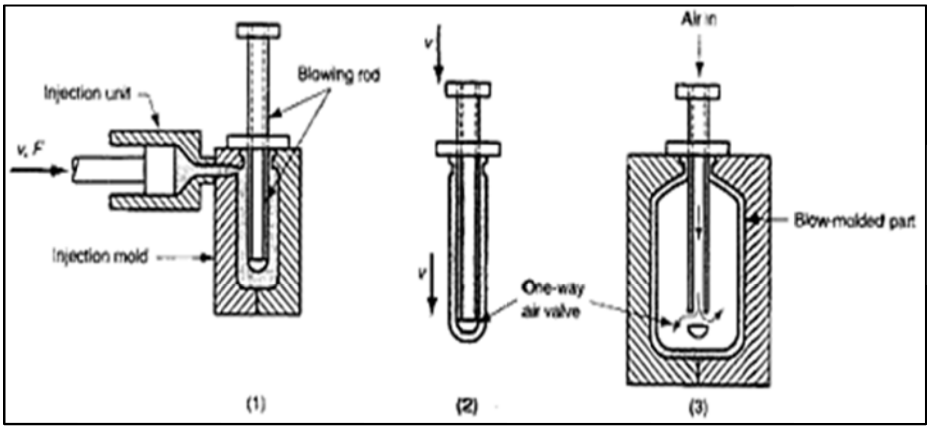
กระบวนการขึ้นรูปแบบนี้จะมีลักษณะของกระบวนการที่รวมส่วนของการฉีดและการเป่าในเครื่องเดียวกัน โดยเริ่มจากเครื่องรีด (Extruder) จะฉีดพลาสติกแท่ง Parison เข้าไปในแม่พิมพ์หลอดพรีฟอร์ม (Preform) ซึ่งจะถูกทำให้เย็นเพื่อให้แข็งตัว จากนั้นหลอดพรีฟอร์มจะถูกให้ความร้อนอีกครั้ง และนำไปวางในแม่พิมพ์เป่า โดยจะมีแท่งโลหะ (Stretch Rod) กระทุ้งให้หลอดพรีฟอร์มยาวขึ้นประมาณ ๒ เท่าของความยาวเดิม และใช้ลมแรงดันสูง (Compressed Air) เป่าให้พรีฟอร์มขยายออกไปชนกับผนังของแม่พิมพ์เพื่อให้ได้รูปร่างของบรรจุภัณฑ์ตามแม่พิมพ์ เมื่อบรรจุภัณฑ์แข็งตัว แม่พิมพ์จะเปิดออก และบรรจุภัณฑ์จะหลุดออกจากแม่พิมพ์ (รูปที่ ๒-๘) กระบวนการนี้สามารถทำการผลิตได้มาก เพราะสามารถมีจำนวนหลุมแม่พิมพ์ (Mold Cavity) ได้มากกว่า แต่มีข้อเสียของราคาต้นทุนที่สูงทั้งในส่วนของแม่พิมพ์และเครื่องจักร



<u>**รูปที่ ๒-๘**</u> การเป่าแล้วยืดแบบหนึ่งขั้นตอน (Single-stage)

๒) การเป่าแล้วยืดแบบสองขั้นตอน (Two-stage)

กระบวนการขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะมีลักษณะคล้ายกับแบบ Single-stage ยกเว้นแต่หลอดพรีฟอร์มจะถูกเตรียมไว้แล้วโดยเครื่องฉีดหรือซื้อมาจากภายนอก จากนั้นนำมายังเครื่องเป่าและทำการให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์มเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการเป่าเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ (รูปที่ ๒-๙) วิธีนี้ช่วยให้ผลิตบรรจุภัณฑ์ในปริมาณมากได้ ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นขวดบรรจุภัณฑ์ประเภทน้ำดื่ม น้ำผลไม้ ขวดโหลปากกว้าง ถังน้ำดื่ม ขวดซอสปรุงรส ขวดน้ำมันพืช ขวดน้ำอัดลม เป็นต้น (รูปที่ ๒-๑๐)



<u>รูปที่ ๒-๙</u> การขึ้นรูปแบบเป่าแล้วยืด (Stretch Blow Molding)

<u>รูปที่ ๒-๑๐</u> ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการเป่าแล้วยืด

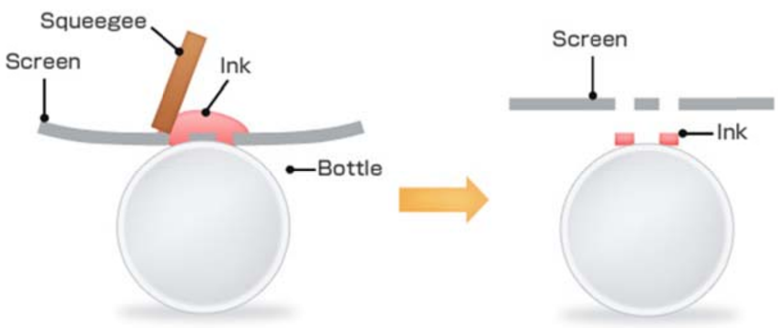
ทั้งนี้ ในระหว่างการผลิตจะก่อให้เกิดลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เช่น การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำหล่อเย็น เสียงจากเครื่องจักร ความร้อนจากการขึ้นรูป เศษพลาสติกจากการตัดแต่ง พลาสติกขึ้นรูปไม่ได้ตามข้อกำหนด เป็นต้น

๒.๑.๓ การขึ้นลวดลาย (Decoration)

บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ขึ้นรูปแล้วจะนำมาขึ้นลวดลายตามที่ลูกค้ากำหนด โดยในการขึ้นลวดลายบนภาชนะบรรจุพลาสติกนั้นมีหลายวิธี ได้แก่ การสกรีน (Screen Printing) การพิมพ์เลทเทอร์เพรส (Letterpress Printing) การปั๊มด้วยความร้อน (Hot Stamping) การติดฉลากพร้อมกับขึ้นรูป (In-mold Labeling) และการติดฉลาก (Labeling) รายละเอียดดังนี้

๒.๑.๓.๑ การสกรีน (Screen Printing)

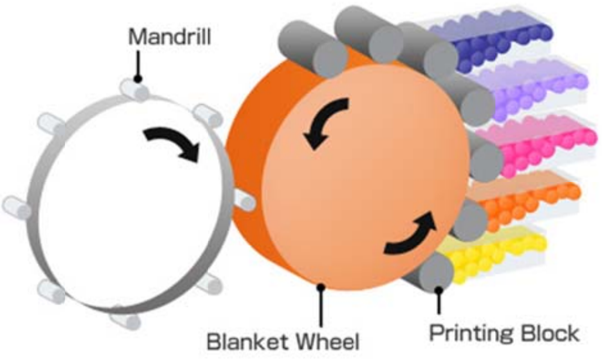
บรรจุภัณฑ์พลาสติกจะถูกทำให้ผิวขรุขระโดยการใช้เปลวไฟจากก๊าซ LPG ลนบนพื้นผิวของบรรจุภัณฑ์ในบริเวณที่ต้องการขึ้นลวดลายเพื่อให้สีติดแน่นบนผิวบรรจุภัณฑ์ จากนั้นบรรจุภัณฑ์จะถูกปาดสีผ่านบล็อกพิมพ์ลงสู่ผิวของบรรจุภัณฑ์ตามแบบที่กำหนด (รูปที่ ๒-๑๑) และผ่านรังสี UV เพื่อให้สีแข็งตัวติดแน่นกับพื้นผิว จากนั้นพนักงานจะทำการตรวจสอบคุณภาพคัดแยกบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นลวดลายไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้าออก



<u>รูปที่ ๒-๑๑</u> การขึ้นลวดลายโดยวิธีการสกรีน (Screen Printing)

๒.๑.๓.๒ การพิมพ์เลทเทอร์เพรส (Letterpress Printing)

เป็นการพิมพ์ที่ใช้หลักการให้ส่วนที่เป็นภาพบนแม่พิมพ์มีผิวนูนกว่าส่วนอื่น เพื่อรับหมึกแล้วถ่ายลงบนผิวบรรจุภัณฑ์โดยใช้แรงกด (รูปที่ ๒-๑๒)



<u>รูปที่ ๒-๑๒</u> การขึ้นลวดลายโดยวิธีการพิมพ์เลทเทอร์เพลส (Letterpress Printing)

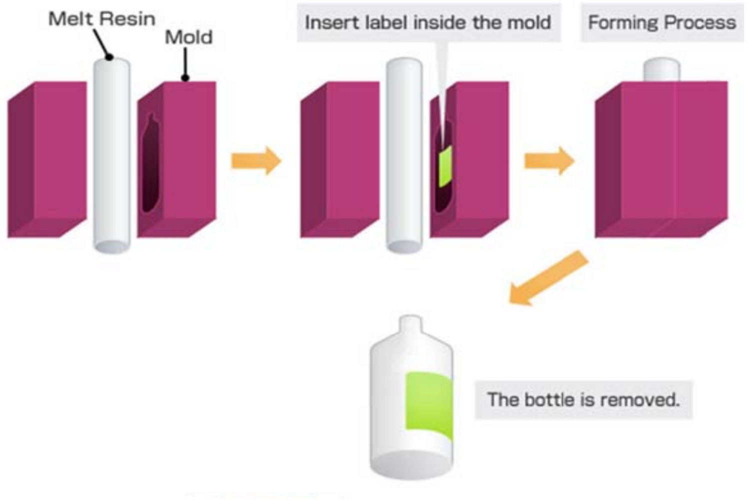
๒.๑.๓.๓ การปั๊มด้วยความร้อน (Hot Stamping)

เป็นการปั๊มแผ่นฟอยล์ (Foil) ด้วยความร้อน โดยแผ่นฟอยล์จะเคลื่อนที่มาบนผิวชิ้นงานและถูกหัว Die ซึ่งขึ้นลวดลายตามที่ต้องการไว้และมีความร้อนปั๊มติดแผ่นฟอยล์ลงบนผิวชิ้นงาน ได้เป็นลวดลายตามที่ต้องการ (รูปที่ ๒-๑๓)

<u>รูปที่ ๒-๑๓</u> การขึ้นลวดลายโดยวิธีการปั๊มด้วยความร้อน (Hot Stamping)

๒.๑.๓.๔ การติดฉลากพร้อมกับขึ้นรูป (In-mold Labeling)

ฉลากพลาสติกแบบหลายชั้น (Multi-layered Plastic Label) จะถูกนำไปใส่ไว้ในแม่พิมพ์ขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์และเมื่อฉลากถูกความร้อนจะทำให้ติดฝังอยู่ในผิวของชิ้นงานพลาสติกที่ขึ้นรูปอยู่ภายในแม่พิมพ์ (รูปที่ ๒-๑๔) ซึ่งภายหลังจากขึ้นรูปแล้วฉลากจะติดแน่นอยู่ในผิวชิ้นงานไม่สามารถดึงออกได้



<u>รูปที่ ๒-๑๔</u> การขึ้นลวดลายโดยวิธีการติดฉลากพร้อมกับขึ้นรูป (In-mold Labeling)

๒.๑.๓.๕ การใช้ฉลาก (Labeling)

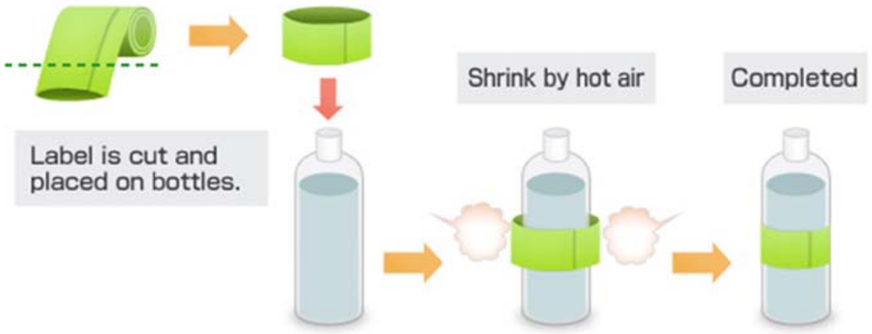
ฉลากซึ่งขึ้นลวดลายไว้แล้วนั้นจะถูกนำมาติดกับบรรจุภัณฑ์ได้หลายวิธี ดังนี้

๑) การติดฉลาก (Tack Labeling)

ฉลากจะถูกติดลงบนผิวของชิ้นงานโดยใช้สารยึดติด (Adhesives) เช่น กาว โดยฉลากอาจทำมาจากกระดาษ กระดาษเคลือบ หรือวัสดุอื่นๆ

๒) การหดรัดฉลาก (Shrink Labeling)

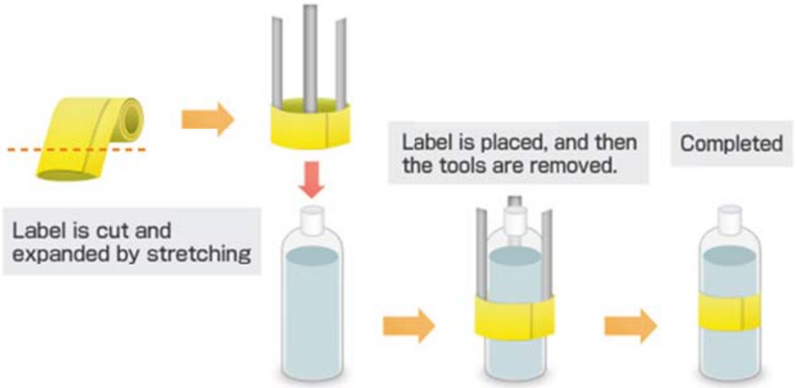
ฟิล์มฉลากซึ่งมักทำจากโพลีสไตรีน (Polystyrene) และ PET ที่ถูกลงลวดลายไว้แล้วและมีลักษณะเป็นทรงกระบอกจะถูกตัดให้ได้ตามความยาวที่ต้องการ และสวมเข้ากับบรรจุภัณฑ์พลาสติกซึ่งมักเป็นขวด จากนั้นจะถูกเป่าด้วยลมร้อนเพื่อให้ฟิล์มฉลากที่สวมนั้นหดรัดติดกับขวดผลิตภัณฑ์ (รูปที่ ๒-๑๕)



<u>รูปที่ ๒-๑๕</u> การขึ้นลวดลายโดยวิธีการใช้ฉลากแบบหดรัด (Shrink Labeling)

๓) การยืดฉลาก (Stretch Labeling)

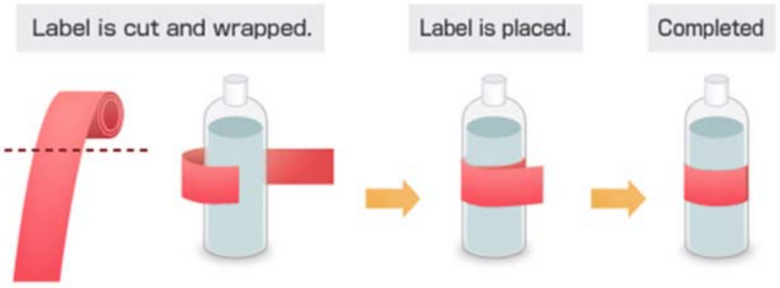
ฟิล์มฉลากที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นมีลักษณะเป็นทรงกระบอก (Cylindrical Resilience Film) จะถูกตัดให้ได้ขนาดตามความยาวที่ต้องการ จากนั้นใช้อุปกรณ์ช่วยยืดฟิล์มฉลากออกแล้วสวมเข้ากับบรรจุภัณฑ์พลาสติกซึ่งมักเป็นขวด เมื่อปล่อยอุปกรณ์ช่วยยืดออกฟิล์มจะรัดเข้ากับชิ้นงาน (รูปที่ ๒-๑๖)



<u>รูปที่ ๒-๑๖</u> การขึ้นลวดลายโดยวิธีการใช้ฉลากแบบยืด (Stretch Labeling)

๔) การพันฉลาก (Wrapping Label)

นำแถบฉลาก (Band-shaped labels) มาพันรอบขวดบรรจุภัณฑ์และติดกาวปลายแถบฉลากเพื่อให้ติดอยู่กับชิ้นงาน (รูปที่ ๒-๑๗)



รูปที่ ๒-๑๗ การขึ้นลวดลายโดยวิธีการพันฉลาก (Wrapping Label)

ทั้งนี้ ในระหว่างการผลิตจะก่อให้เกิดลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เช่น การใช้ไฟฟ้า การใช้ก๊าซ LPG การใช้หมึกพิมพ์ การใช้สารทำละลาย การใช้ฉลาก เสียงจากเครื่องจักร ความร้อนจากการขึ้นลวดลาย กลิ่นจากหมึกพิมพ์ / สารทำละลาย พลาสติกไม่ได้ตามข้อกำหนด เป็นต้น

๒.๑.๔ การบรรจุและจัดเก็บ

ผลิตภัณฑ์พลาสติกจะถูกตรวจสอบคุณภาพ และคัดแยกออกหากไม่เป็นไปตามข้อกำหนด โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วจะถูกบรรจุใส่ถุงพลาสติก ใส่กล่องกระดาษ และปิดเทปใส หรือภาชนะรองรับตามแต่ที่ตกลงกับลูกค้า จากนั้นจัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่ได้ในคลังสินค้ารอการจัดส่งต่อไป ทั้งนี้ ในระหว่างการผลิตจะก่อให้เกิดลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เช่น การใช้ไฟฟ้า การใช้ถุงพลาสติก การใช้กล่องกระดาษ การใช้เทปใส เสียงจากการบรรจุ พลาสติกไม่ได้ตามข้อกำหนด แกนเทปใสใช้แล้ว เป็นต้น

๒.๒ การทำสมดุลมวล

การทำสมดุลมวล (Mass Balance) สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาในการเพิ่มศักยภาพการผลิต ซึ่งจะก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ และส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนการผลิต ลดปริมาณของเสียและมลพิษภายในโรงงาน รวมถึงลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย อากาศ และของเสีย นอกจากนี้ ยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการกำหนดดัชนีชี้วัดประสิทธิผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลในปัจจุบันกับอดีต หรือเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างโรงงาน หรือเปรียบเทียบข้อมูลกับโรงงานอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันในต่างประเทศ ถึงประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากร และโอกาสในการปรับปรุงให้ดีขึ้นกว่าเดิม รวมถึงกำหนดแนวทางและมาตรการในการจัดการมลพิษที่เกิดขึ้นให้ลดน้อยลง ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้มีการรับเทคโนโลยีที่ดีและเหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในองค์กร ทั้งนี้ ในการจัดทำสมดุลมวลนั้น จะพิจารณาทั้งจากกระบวนการผลิตและพื้นที่สนับสนุนกระบวนการผลิต ดังนี้

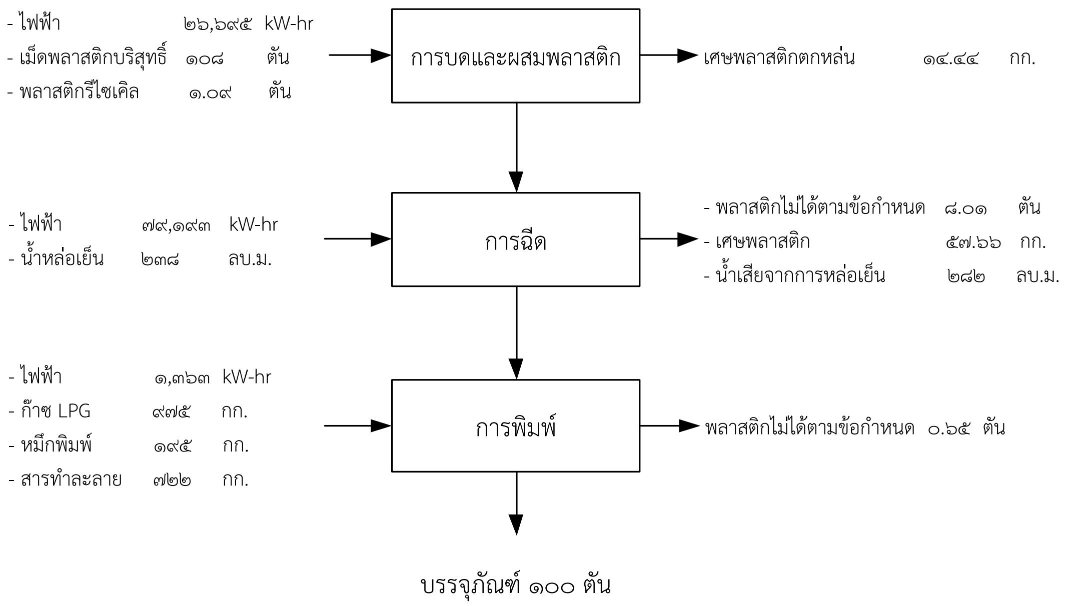
๒.๒.๑ การทำสมดุลมวลในกระบวนการผลิต

ผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์พลาสติก ประกอบด้วย ปัจจัยป้อนเข้า (Input) ได้แก่ การใช้ทรัพยากร เช่น วัตถุดิบ น้ำใช้ บรรจุภัณฑ์ และการใช้ไฟฟ้า เป็นต้น รวมถึงผลที่ได้ (Output) เช่น ผลิตภัณฑ์ต่างๆ การสูญเสียวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ จากการผลิต วัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ ตกพื้น ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด เป็นต้น ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของสมดุลมวลในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการฉีดและการเป่า (รูปที่ ๒-๑๘ และ ๒-๑๙) ดังนี้

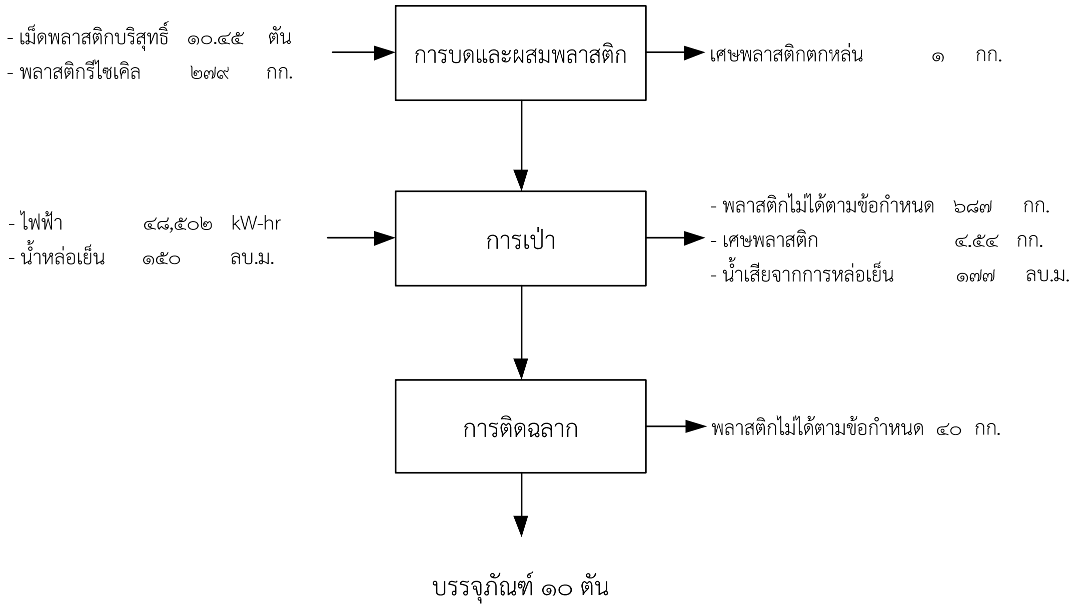
การผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ประกอบด้วย การเตรียมพลาสติก การขึ้นรูป การขึ้นลวดลาย การบรรจุและจัดเก็บ โดยมีรายละเอียดของสมดุลมวล ดังนี้

ปัจจัยป้อนเข้า (Input) ได้แก่ เม็ดพลาสติกบริสุทธิ์ พลาสติกรีไซเคิล ผงสี หมึกพิมพ์ สารทำละลาย และไฟฟ้า

ผลที่ได้ (Output) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์พลาสติก การสูญเสียวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ เช่น เศษพลาสติกตกหล่น เศษพลาสติกจากการตัดแต่ง พลาสติกไม่ได้ตามข้อกำหนด เป็นต้น



รูปที่ ๒-๑๘ สมดุลมวลของกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการฉีด



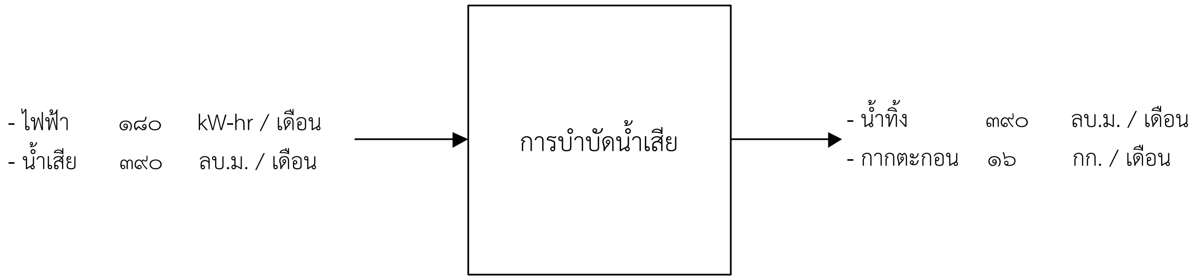
รูปที่ ๒-๑๙ สมดุลมวลของกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการเป่า

๒.๒.๒ การทำสมดุลมวลในพื้นที่สนับสนุนกระบวนการผลิต

พื้นที่สนับสนุนกระบวนการผลิต ได้แก่ การปรับปรุงคุณภาพน้ำ และการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ ๒-๒๐ และ ๒-๒๑

๑) การบำบัดน้ำเสีย

ปัจจัยป้อนเข้า (Input) ได้แก่ ไฟฟ้าและน้ำเสีย
ผลที่ได้ (Output) ได้แก่ น้ำทิ้งและกากตะกอน



รูปที่ ๒-๒๐ สมดุลมวลของกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

๒) ระบบหล่อเย็น

ปัจจัยป้อนเข้า (Input) ได้แก่ ไฟฟ้า และน้ำประปา
ผลที่ได้ (Output) ได้แก่ น้ำเสียจากการหล่อเย็น

รูปที่ ๒-๒๑ สมดุลมวลของระบบหล่อเย็น

บทที่ ๓
มาตรการจัดการมลพิษ

ถึงแม้ว่าพลาสติกจะมีข้อดีมากมายหลายประการ แต่การใช้ประโยชน์จากพลาสติกก็ยังมีข้อจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการกำจัดภายหลังการใช้งาน เนื่องจากพลาสติกทั่วไปซึ่งเป็นวัสดุที่สังเคราะห์จากโมโนเมอร์ที่มีแหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เช่น โพลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) โพลิพรอพิลีน (Polypropylene: PP) โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลท (Polyethylene Terephthalate: PET) โพลิสไตรีน (Polystyrene: PS) เป็นต้น ไม่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ ส่งผลให้ปริมาณการตกค้างของเสียจากพลาสติกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถึงแม้ว่าการกำจัดของเสียจากพลาสติกดังกล่าวสามารถกระทำได้โดยการรีไซเคิลหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ การฝังกลบ หรือการเผา แต่กระบวนการดังกล่าวล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น การรีไซเคิลพลาสติกเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน ประกอบด้วยหลายขั้นตอน และจำเป็นต้องใช้พลังงาน อีกทั้งพลาสติกรีไซเคิลที่ได้มีคุณสมบัติด้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติเชิงกล และมีความบริสุทธิ์ต่ำ จึงไม่เหมาะสำหรับการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหาร เครื่องดื่ม ยา และเวชภัณฑ์ การฝังกลบพลาสติกไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบเชิงลบต่อทัศนียภาพของพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง แต่ยังทำให้พื้นที่ใช้ประโยชน์ของประเทศลดลง และอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณใกล้เคียงอีกด้วย สำหรับการกำจัดพลาสติกโดยการเผาก่อให้เกิดมลพิษอากาศและภาวะโลกร้อน ดังนั้น จึงต้องมีมาตรการในการจัดการมลพิษที่เหมาะสม เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นให้เหลือน้อยที่สุด

หลักการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมอย่างถูกต้องและเหมาะสม มี ๓ ประการ ได้แก่

๑. การจัดการสิ่งแวดล้อมที่แหล่งกำเนิด เช่น การใช้วัตถุดิบ น้ำ ไฟฟ้า เชื้อเพลิง อย่างมีประสิทธิภาพและการจัดการมลพิษที่แหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น การปรับปรุงการทำงานหรือปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตเพื่อลดการสูญเสียวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

๒. การจัดการสิ่งแวดล้อมที่เส้นทางการแพร่กระจายของมลพิษ เช่น รวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย สร้างคันกั้นสารเคมี / น้ำมัน การติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงเพื่อลดเสียงดังของ Blower การจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล หรือ PPE (Personal Protective Equipment) เป็นต้น

๓. การจัดการสิ่งแวดล้อมที่ปลายทาง เช่น ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดมลพิษอากาศ การกำจัดของเสียอย่างถูกต้อง เป็นต้น

โดยหลักการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สามารถพิจารณาประยุกต์ใช้ได้มากกว่า ๑ หลักการ ตามความเหมาะสม โดยในการดำเนินงานประกอบด้วย

ก. การสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูลและจัดทำสมดุลมวลสำหรับแต่ละกระบวนการผลิตและกระบวนการสนับสนุนการผลิต เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุง

ข. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และหามาตรการในการแก้ไข / ป้องกัน ปัญหา

ค. ดำเนินการตามมาตรการแก้ไข / ป้องกัน ปัญหาเหล่านั้น รวมทั้งติดตามผลอย่างใกล้ชิด

ทั้งนี้ มาตรการการจัดการมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปและขนมอบกรอบครอบคลุมทั้งพื้นที่กระบวนการผลิต และพื้นที่สนับสนุนกระบวนการผลิต รายละเอียดดังนี้

๓.๑ มาตรการจัดการมลพิษในพื้นที่กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปและขนมอบกรอบ ประกอบด้วย ขั้นตอนย่อยหลายขั้นตอน การที่จะทำให้เกิดระบบการผลิตที่ดี มีคุณภาพ และประหยัดค่าใช้จ่าย จะต้องประกอบด้วยความรู้ ความเข้าใจพื้นฐานขององค์ประกอบต่างๆ ในกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง และมีการวางแผนจัดการควบคุมภาวะต่างๆ ในกระบวนการผลิตที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลให้เกิดการผลิตที่มีประสิทธิผล ประหยัดทั้งพลังงาน เวลา แรงงาน ซึ่งล้วนแต่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการผลิตทั้งสิ้น ทั้งนี้แนวทางในการจัดการมลพิษที่เกิดขึ้นจากแต่ละขั้นตอนการผลิต ซึ่งครอบคลุมมลพิษน้ำ เช่น เศษวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย เป็นต้น มลพิษอากาศ เช่น ฝุ่นละออง ไอระเหยของสารเคมี ความร้อน เป็นต้น กากของเสีย เช่น ของเสียทั่วไป ของเสียอันตราย ของเสียที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นต้น รวมถึงการใช้ทรัพยากรต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ และความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงานในโรงงาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

๓.๑.๑ การเตรียมพลาสติก

มาตรการจัดการมลพิษจากกระบวนการเตรียมพลาสติก มีดังนี้

- ปิดฝาถังบรรจุเม็ดพลาสติกที่ป้อนเข้าสู่ Hopper และทำความสะอาดเครื่องบดผสมเม็ดพลาสติกก่อนเริ่มเดินเครื่องทุกครั้ง เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกปนเปื้อน ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบ
- เช็ดทำความสะอาดถุงบรรจุเม็ดพลาสติกก่อนเคลื่อนย้ายและเทเม็ดพลาสติกที่จะบดผสมด้วยความระมัดระวัง เพื่อป้องกันเม็ดพลาสติกตกลงพื้น
- กำหนดอัตราส่วนของเม็ดพลาสติกบริสุทธิ์ (เม็ดพลาสติกใหม่) และเม็ดพลาสติกรีไซเคิลให้เหมาะสม
- จัดหาภาชนะรองรับพลาสติกหลังบดให้เหมาะสม เพื่อป้องกันเม็ดพลาสติกตกลงพื้น
- บันทึกปริมาณวัตถุดิบเม็ดพลาสติก และน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยอาจพิจารณาเป็นรายวัน เพื่อประเมินอัตราผลผลิตที่ได้ (Yeild) การนำไปผลิตใหม่ (Reprocess)
- ปรับระยะเวลาในการเดินเครื่องตามชนิดของเม็ดพลาสติก หรือตามที่ผู้ผลิตกำหนด

- หลีกเลี่ยงการเดินเครื่องจักรขณะไม่มีโหลด โดยก่อนเดินเครื่องจะต้องเตรียมวัตถุดิบให้พร้อม เนื่องจากเครื่องจักรในการผสมใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูง
- อบให้ความร้อนพลาสติกเฉพาะชนิดที่จำเป็นต้องอบไล่ความชื้นเท่านั้น และอบในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน เมื่ออบเสร็จก็ส่งเข้ากระบวนการขึ้นรูปทันที เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมความชื้นระหว่างการขนถ่าย
- ปรับตั้งค่าอุณหภูมิและช่วงเวลาการอบพลาสติกตามที่ผู้ผลิตกำหนด และอบพลาสติกที่เครื่องฉีดทันทีในกรณีเม็ดพลาสติกที่ใช้อุณหภูมิอบต่ำและใช้เวลาน้อย เช่น PVC, PP, PE เป็นต้น
- หุ้มฉนวนกันความร้อนสำหรับถังอบและท่อลมร้อนที่มีอุณหภูมิ ๘๐ °C
- บำรุงรักษาเครื่องจักร / อุปกรณ์ ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา

๓.๑.๒ การขึ้นรูปพลาสติก

มาตรการจัดการมลพิษจากกระบวนการขึ้นรูปพลาสติก มีดังนี้

- ปิดฝาถังใส่เม็ดพลาสติกที่ป้อนเข้าสู่ Hopper เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกปนเปื้อนและลดการสูญเสียวัตถุดิบ
- ตรวจสอบประสิทธิภาพของน้ำหล่อเย็นว่ามีอุณหภูมิสูงเกินไปหรือไม่ เนื่องจากอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่สูงเกินไปจะทำให้เวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการผลิตลดน้อยลง
- เพิ่มจำนวนและปริมาณในการสุ่มตรวจสอบ Preform ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต (Incoming Inspection) กรณีไม่เป็นไปตามข้อกำหนดให้ส่งคืน Supplier
- ติดตั้งเครื่องลดความชื้นในอากาศ (Mold Sweat Dehumidifier) ที่เครื่องเป่าพลาสติก เพื่อป้องกันการเกิดหยดน้ำในแม่พิมพ์ ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานที่เป่าออกมาไม่ได้ตามข้อกำหนด (รูปที่ ๓-๑)
- ปรับตั้งค่าเครื่องจักรและควบคุมอุณหภูมิในการขึ้นรูปพลาสติกให้เหมาะสมตามมาตรฐานที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ

<u>**รูปที่ ๓-๑**</u> ติดตั้งเครื่องลดความชื้นในอากาศ (Mold Sweat Dehumidifier) ที่เครื่องเป่าพลาสติก

- ปรับตั้งความเร็วของเครื่องฉีดและเครื่องอัดรีดพลาสติกให้เหมาะสม เนื่องจากพลังงานที่ใช้จะมีค่าขึ้นอยู่กับอัตราการหมุนของเครื่องฉีดและเครื่องอัดรีดพลาสติกเป็นส่วนใหญ่
- ปรับตั้งอุณหภูมิของ Heater ให้เหมาะสมกับชนิดของพลาสติก ไม่ควรปรับตั้งอุณหภูมิให้สูงเกินไป

- ดำเนินการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ฮีตเตอร์บาเรลของเครื่องฉีด เครื่องอัดรีดพลาสติก และเครื่องเป่าพลาสติก และฉนวนหุ้มท่อน้ำหล่อเย็น (รูปที่ ๓-๒ และ ๓-๓)
- ในกรณีที่เครื่องจักรไม่ได้ทำการผลิตในช่วงสั้นๆ ไม่ควรปิดเครื่องจักร หากแต่ควรทำการปิดระบบไฮโดรลิกแทน
- ปรับแต่งการฉีดฟิล์มพลาสติกให้มีความเหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้พลาสติกล้นจากพิมพ์และกลายเป็นเศษพลาสติก
- ปรับแรงอัดของเครื่องฉีด / เครื่องเป่า ตามแม่พิมพ์และชนิดของพลาสติกที่ใช้ ไม่ควรใช้แรงอัดสูงสุดคงที่ทุกกรณี เนื่องจากแรงอัดน้อยเกินไปจะมีผลต่อคุณภาพชิ้นงานและแรงอัดมากเกินไปจะต้องใช้พลังงานมากขึ้นและแม่พิมพ์อาจแตกร้าว

รูปที่ ๓-๒ ติดตั้งฉนวนกันความร้อนหุ้มท่อเครื่องฉีดพลาสติก

รูปที่ ๓-๓ ติดตั้งฉนวนหุ้มท่อน้ำหล่อเย็น

- จัดทำแผนและดำเนินการล้างทำความสะอาดแม่พิมพ์ตามแผนที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ
- ฝึกอบรมพนักงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความชำนาญในการควบคุมเครื่องจักร
- ติดตามตรวจสอบการสูญเสียพลาสติกในกระบวนการผลิตอย่างสม่ำเสมอ เพื่อหามาตรการปรับปรุงแก้ไขเมื่อพบการสูญเสียสูงกว่าปกติ
- บำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร / อุปกรณ์ ให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา

๓.๑.๓ การขึ้นลวดลาย

มาตรการจัดการมลพิษจากกระบวนการขึ้นลวดลาย มีดังนี้

- ตรวจสอบชนิดของแสง UV เทียบกับประเภทของสีที่ใช้ในการสกรีนและจัดหาให้เหมาะสม
- เคลื่อนย้ายถังก๊าซที่ใช้ในการเตรียมผิวก่อนสกรีนไปอยู่ด้านนอกอาคาร เพื่อป้องกันการเกิดเหตุฉุกเฉิน และลดระดับความร้อนในพื้นที่ปฏิบัติงาน
- พิจารณากระบวนการสกรีนพลาสติกให้เป็นระบบปิด เพื่อป้องกันกลิ่นจากหมึกพิมพ์และความร้อนจากก๊าซ LPG
- เปลี่ยนการใช้เครื่อง Shrink Film จากแบบ Manual เป็นแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถหุ้มฟิล์มได้อย่างต่อเนื่องและได้ปริมาณผลิตภัณฑ์มากขึ้น
- บำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร / อุปกรณ์ ให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา
- ติดตามตรวจสอบการสูญเสียพลาสติกในกระบวนการผลิตอย่างสม่ำเสมอ เพื่อหามาตรการปรับปรุงแก้ไขเมื่อพบการสูญเสียสูงกว่าปกติ

๓.๑.๔ การบรรจุ

มาตรการจัดการมลพิษจากกระบวนการบรรจุ มีดังนี้

- จัดวางผลิตภัณฑ์พลาสติกให้เป็นระเบียบ มั่นคง และไม่ซ้อนทับสูงเกินไป เพื่อป้องกันการล้ม
- บันทึกปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

๓.๒ มาตรการจัดการมลพิษในพื้นที่สนับสนุนกระบวนการผลิต

สำหรับมาตรการควบคุมการปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันและควบคุมมลพิษในพื้นที่สนับสนุนกระบวนการผลิต เช่น ระบบทำน้ำเย็น (Chiller) หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) สถานที่จัดเก็บสารเคมี คลังสินค้า เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

๓.๒.๑ การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า

มาตรการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า มีดังนี้

๑) ระบบหม้อแปลงไฟฟ้า

- ตรวจวัดโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า และจัดโหลดให้สมดุลทุกเฟส
- ปลดแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงในขณะไม่มีโหลด โดยใช้ไม้ชัก (Drop fuse) ขณะหยุดปฏิบัติงาน หรือติดตั้ง High Voltage Circuit Breaker
- ย้ายโหลดของหม้อแปลงที่มีโหลดน้อยมารวมกันเพื่อเพิ่มโหลดแฟคเตอร์ เพราะหากการใช้งานมีการใช้กำลังไฟฟ้าต่ำกว่าขนาดพิกัดของหม้อแปลงมาก จะทำให้ประสิทธิภาพต่ำเกิดการสูญเสียไฟฟ้า (Core loss) จำนวนมาก
- ปรับแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าให้อยู่ในระดับเหมาะสม หม้อแปลงที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าสูง Core loss ในตัวหม้อแปลงจะสูงตาม ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำ อายุการใช้งานสั้น ดังนั้น การกำหนดแรงดันไฟฟ้าของสายจ่ายไฟต้องคำนึงถึงค่าแรงดันที่เปลี่ยนไปขณะที่ต่อโหลด
- ปรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสม โดยแรงดันไฟฟ้าวัดที่แผงประธานไฟฟ้าขณะจ่ายโหลดสูงสุดควรมีค่าประมาณ ๓๘๐ โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่สูง หรือต่ำเกินไปจะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่ประสิทธิภาพลดลง ทั้งนี้ อุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่อยู่ที่ปลายทางควรมีแรงดันไฟฟ้าตกไม่เกิน ๓%
- ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ณ แผงประธานไฟฟ้าของโรงงานให้มีค่าสูงอยู่เสมอโดยติดตั้งคาปาซิเตอร์ และอุปกรณ์ควบคุมตัวประกอบกำลังอัตโนมัติ ให้มีค่า Power Factor ณ แผงประธานไฟฟ้าประมาณ ๐.๙๕
- เลือกซื้อหม้อแปลงชนิดประสิทธิภาพสูง และขนาดที่เหมาะสมกับโหลด เพราะจะมีการสูญเสียใน Core loss ต่ำกว่า

- ทำความสะอาด และขันย้ำจุดต่อทางไฟฟ้าทุกจุดให้แน่นหนาอย่างน้อยปีละครั้ง จะช่วยลดการสูญเสีย ณ จุดต่อทางไฟฟ้า และป้องกันปัญหาทางไฟฟ้าที่เกิดจากจุดต่อทางไฟฟ้าหลวมได้อีกด้วย

๒) มอเตอร์ไฟฟ้า

- ตรวจวัดโหลดของมอเตอร์ที่มีขนาดมากกว่า ๒.๒ กิโลวัตต์ การใช้งานของมอเตอร์ขนาดนี้อยู่ที่โหลด ๘๐ - ๑๐๐ % จึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุด

- หลีกเลี่ยงการปล่อยให้มอเตอร์อยู่ในสภาวะไม่มีโหลดเป็นเวลานาน เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่สูญเปล่าขณะไม่มีโหลดอาจสูงถึงร้อยละ ๓๐ ของกำลังพิกัด อาจพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับผลิตภัณฑ์เพื่อควบคุมให้เครื่องทำงานโดยอัตโนมัติ และวางผังกระบวนการผลิตใหม่เพื่อลดเวลาสูญเสียให้มากที่สุด

- หลีกเลี่ยงการเริ่มเดินเครื่องและกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขนาดใหญ่ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand)

- เลือกใช้มอเตอร์ให้มีขนาดพิกัดที่เหมาะสมกับโหลด โดยเลือกใช้มอเตอร์ที่มีโหลดการใช้งานประมาณ ๗๕% ของขนาดพิกัดมอเตอร์นั้น

- ติดตั้งระบบ Soft Start สำหรับมอเตอร์ขนาดค่อนข้างใหญ่ (ขนาดใหญ่กว่า ๕.๕ กิโลวัตต์) ที่มีลักษณะโหลดไม่สม่ำเสมอ จะช่วยให้สามารถเปิด - ปิด มอเตอร์ได้บ่อยขึ้น โดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหายง่าย

- ติดตั้งระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์สำหรับมอเตอร์ที่ทำงานภายใต้โหลดต่ำเป็นเวลานานกับทำงานภายใต้โหลดสูงเป็นครั้งคราว โดยระบบควบคุมความเร็วอาจเป็นได้ทั้งแบบ Voltage Regulator หรือ Electronic Inverter ที่เรียกว่า VSD (Variable Speed Drives) แทนการลดรอบด้วยชุดเกียร์ปรับรอบ

- เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motor) ซึ่งส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดาประมาณ ๒ - ๔% และมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงขนาดเล็กกว่า ๕.๕ กิโลวัตต์ จะมีประสิทธิภาพมากกว่ามอเตอร์แบบธรรมดา ประมาณ ๔ - ๗% หรือสามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ประมาณ ๒๕ - ๓๐% รวมทั้งเกิดความร้อนจากการทำงานน้อยกว่า อายุการใช้งานของฉนวนและลูกปืนยาวนานขึ้น การสั่นสะเทือนน้อยกว่า มีเสียงรบกวนน้อย และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ดีขึ้น

- ปรับปรุงและบำรุงรักษาระบบทางกลของมอเตอร์อยู่เสมอ เช่น ตรวจสอบแรงตึงของสายพาน อัดจาระบีและหยอดน้ำมันเครื่องตามกำหนดเวลา เพื่อลดกำลังงานสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานหรือความฝืด

- ติดตั้งมอเตอร์ในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี เพราะการใช้งานมอเตอร์ที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้กำลังงานสูญเสียของมอเตอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้านทานของขดลวดมีค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งตรวจสอบการระบายความร้อนของมอเตอร์เป็นประจำ บำรุงรักษาและทำความสะอาดมอเตอร์ไฟฟ้าและระบบส่งกำลังอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากหากมีฝุ่นละอองเกาะติด จะทำให้การระบายความร้อนไม่ดี

- ใช้ Servo Motor แทนมอเตอร์ตัวเดิมและใช้อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ (Motor Load Control) โดยเครื่องสูบน้ำมันไฮดรอลิค เครื่องฉีด และเครื่องเป่าที่มีภาระโหลดสูงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ และนำระบบควบคุมที่ทันสมัยและมีความเที่ยงตรงมาช่วยในการควบคุม เช่น การใช้ระบบคอมพิวเตอร์มาควบคุมเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าหรือใช้ Accumulators มาควบคุมเครื่องจักรที่ใช้ระบบไฮดรอลิค

- หลีกเลี่ยงการใช้เครื่องจักร / อุปกรณ์ ที่ใช้งานหนักหรือใช้พลังงานสูงหลายๆ ตัวพร้อมกันในเวลาเดียวกันในช่วง On peak

- ติดตั้งตัวเก็บประจุ เพื่อแก้ไขค่าประกอบกำลังไฟฟ้า (PF) สำหรับมอเตอร์ที่มีค่าประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ

๓) ระบบอัดอากาศ

- หลีกเลี่ยงการกระทำที่ทำให้สูญเสียลมอัด เช่น การเปิดวาล์วเพื่อระบายน้ำออกจากระบบหรือเพื่อเหตุผลอื่นใดก็ตาม หรือการตั้งเวลาระบายลมทิ้งนานเกินไปโดยเปล่าประโยชน์ จะเกิดการสูญเสียพลังงานสูง

- ตรวจสอบ Compressed Air ว่ามีลมรั่วออกจากข้อต่อหรือวาล์วลดความดันหรือที่เครื่องโดยตรงหรือไม่

- ใช้เรกกูเลเตอร์ปรับแรงดันในจุดที่ใช้งานให้เหมาะสม หรือปรับแรงดันในจุดใช้งานแต่ละจุดให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เพราะแรงดันที่ต่ำจะทำให้การสูญเสียลมอัดออกจากระบบต่ำตามลงไปด้วย ซึ่งเป็นผลให้ค่าใช้จ่ายค่าพลังงานที่ใช้ต่ำลงด้วย เช่น ระบบลมในโรงงานปกติจะใช้งานอยู่ที่ ๗ บาร์ โดยทั่วไปถ้าความดันที่ใช้งานสูงกว่าความดันที่ต้องการมากกว่า ๑๐ Psi ขึ้นไป ควรพิจารณาความเป็นไปได้ในการลดความดันลง (ยกเว้นกรณีที่มีความดันตกในท่อมาก) และทุกๆ ๑๐ Psi ที่ลดความดันลง การสูญเสียจากการรั่วจะลดลง ๕%

- ลดแรงดันเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับความต้องการ โดยหลีกเลี่ยงการใช้งานลมอัดที่ไม่เหมาะสม เช่น การใช้ลมอัดเพื่อการเป่าระบายความร้อน ในบางจุดที่ใช้งานลมอัดเพื่อเป่าระบายความร้อนเป็นจำนวนมากให้พิจารณาใช้ลมจากแหล่งอื่น เช่น โบลเวอร์ที่แยกออกมาแทน และต้องปิดระบบเมื่อเลิกใช้งาน

- ในบางจุดที่ต้องการใช้แรงดันที่สูงกว่าปกติ ให้หาปั๊มแรงดันสูงมาติดตั้งเพิ่ม หรือใช้ปั๊มเพิ่มแรงดันลมอัด (Booster Pump) เพื่อเพิ่มแรงดันให้กับจุดใช้งานนั้น ๆ

- ปิดลมอัดที่ส่งไปยังเครื่องจักรที่ไม่ได้ใช้งานหรือหยุดใช้งานเพื่อป้องกันลมรั่วที่เกิดขึ้น

- ควรตั้งค่าความดันของเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับความต้องการของอุปกรณ์ปลายทาง เลือกขนาดท่อที่ใช้งานให้เกิดการสูญเสียแรงดัน (Pressure Loss) ระหว่างต้นทางกับปลายทางให้น้อยที่สุด เช่น ในกรณีที่ต้องการเดินท่อไกล ๆ กับเครื่องจักรที่ใช้ลมเป็นปริมาณมากก็ควรจะใช้ท่อที่มีขนาดใหญ่ ส่วนท่อเล็กใช้กับอุปกรณ์ที่มีความต้องการปริมาณลมน้อยและมีระยะทางจากแหล่งจ่ายลมไม่ไกลมากนัก

- เปลี่ยนเครื่องอัดอากาศให้มีขนาดเหมาะสมกับโหลด โดยเครื่องอัดอากาศรุ่นเก่าๆ ขณะที่ไม่มีโหลดจะกินกำลัง ๘๐-๙๐% ของกำลังพิกัด ขณะที่เครื่องอัดอากาศรุ่นใหม่ๆ จะกินกำลัง ๔๐-๖๐% ของกำลังพิกัด การเลือกเครื่องอัดอากาศใหญ่กว่าโหลดที่ต้องการ คอมเพรสเซอร์จะทำงานเพื่อผลิตอากาศในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ที่เหลือจะสูญเสียไปในภาวะไม่มีโหลด การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศให้มีขนาดเหมาะสมกับโหลด จะทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานอัดอากาศเกือบตลอด ดังนั้น การสูญเสียในขณะไร้โหลดก็จะลดลง

- ลดการเดินเครื่องอัดอากาศแบบไร้โหลด ซึ่งการเดินเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กที่ภาระเต็มพิกัดโหลด ประสิทธิภาพจะดีกว่าการเดินเครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่ที่ภาระการทำงานต่ำๆ (Part Load) ดังนั้น ในระบบรวมที่ใช้เครื่องอัดอากาศหลายชุด จึงควรเลือกเดินเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและให้ทุกเครื่องทำงานใกล้เคียงกับพิกัดให้มากที่สุด หยุดเครื่องที่ทำงานภาระน้อยลง

- เลือกขนาดท่อที่ใช้งานให้เกิดการสูญเสียแรงดัน (Pressure Loss) ระหว่างต้นทางกับปลายทางให้น้อยที่สุด เช่น ในกรณีที่ต้องการเดินท่อไกลจากเครื่องจักรที่ใช้ลมเป็นปริมาณมาก ควรใช้ท่อที่มีขนาดใหญ่ ส่วนท่อเล็กใช้กับอุปกรณ์ที่มีความต้องการปริมาณลมน้อยและมีระยะทางจากแหล่งจ่ายลมไม่ไกลมากนัก

- ไม่ใช้ท่อส่งที่มีขนาดเล็กเกินไป เพราะจะทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียความดันไปในที่สุด

- หลีกเลี่ยงการเดินท่อหักมุมเพราะจะทำให้ความดันลดลงอย่างรวดเร็ว

- ช่องทางดูดอากาศของเครื่องผลิตลมอัดควรจัดอยู่ในที่ที่อากาศมีอุณหภูมิต่ำ หลีกเลี่ยงจากแหล่งความร้อน เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศที่ดูดเข้าเครื่องอัดอากาศที่สูงจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องอัดกาภาศลดลง เพราะต้องใช้พลังงานที่มากกว่า

- ดำเนินการตรวจวัดและบันทึกอุณหภูมิและความดันของอากาศเข้าเครื่องอัดและอากาศในถัง และอุณหภูมิสารระบายความร้อน เข้าและออก อย่างสม่ำเสมอ

- ตรวจสอบและซ่อมแซมรูรั่วในระบบอัดอากาศเป็นระยะๆ อย่างน้อยปีละครั้ง สำหรับระบบอัดอากาศที่มีการตรวจสอบและมีแผนการบำรุงรักษาเป็นระยะอย่างสม่ำเสมอ ปริมาณลมรั่วในระบบอัดอากาศไม่ควรมีค่าเกินร้อยละ ๑๐ ของการผลิตลมทั้งหมดในระบบอัดอากาศ โดยลักษณะการรั่วของลมแบ่งเป็น ๒ ประเภท ได้แก่ การรั่วที่เกิดจากรูรั่วตรง เช่น ท่อลมเกิดสนิมกัดร่อนทำให้เกิดรูรั่วที่ท่อ หรือแตกร้าวที่ท่อ และการรั่วที่เกิดจากรูรั่วซึม เช่น ลมรั่วที่เกิดขึ้นบริเวณข้อต่อต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นข้องอและจุดเชื่อมต่อต่างๆ ทั้งนี้ สามารถแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณลมรั่วที่เกิดขึ้นในระบบอากาศอัดได้จากสูตรดังนี้

Air Leak	=	๐.๑๕๘ x D๒ x Pn	l/s (รูรั่วตรง)
Air Leak	=	๐.๐๙๔๔๕ x D๒ x Pn	l/s (รูรั่วซึม)
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของรูรั่ว (มม.)	
Pn	=	ความดันสัมบูรณ์ หน่วยบาร์ (Pg + ๑.๐๑๓)	

ทั้งนี้ ค่าพลังงานการสูญเสียที่เกิดจากรูรั่วตรงและรูรั่วซึมที่สภาวะแรงดันต่างๆ แสดงดังตารางที่ ๓-๑ และ ๓-๒

<u>ตารางที่ ๓-๑</u> ค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรูรั่วตรง

ความดันอากาศอัด Pressure (bar)	**เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยรั่วที่เกิดขึ้นกับท่อลม (มม.) และปริมาณลมที่รั่ว** (Diameter Pipe (mm) and Air Leakge)															
	๐.๓		๐.๕		๐.๗		๑		๓		๕		๗		๑๐	
	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW
๐.๓	๐.๐๖	๐.๐๑	๐.๑๖	๐.๐๓	๐.๓๑	๐.๐๕	๐.๖๓	๐.๑๑	๕.๗๑	๐.๙๗	๑๕.๘๕	๒.๗๑	๓๑.๐๗	๕.๓๑	๖๓.๔๒	๑๐.๘๓
๔.๐	๐.๐๗	๐.๐๑	๐.๒๐	๐.๐๔	๐.๓๙	๐.๐๘	๐.๗๙	๐.๑๖	๗.๑๓	๑.๔๖	๑๙.๘๐	๔.๐๖	๓๘.๘๑	๗.๙๗	๗๙.๒๑	๑๖.๒๖
๔.๕	๐.๐๘	๐.๐๒	๐.๒๒	๐.๐๕	๐.๔๓	๐.๐๙	๐.๘๗	๐.๑๙	๗.๘๔	๑.๗๓	๒๑.๗๘	๔.๘๑	๔๒.๖๘	๙.๔๒	๘๗.๑๑	๑๙.๒๒
๕.๐	๐.๐๙	๐.๐๒	๐.๒๔	๐.๐๖	๐.๔๗	๐.๑๑	๐.๙๕	๐.๒๒	๘.๕๕	๒.๐๑	๒๓.๗๕	๕.๕๘	๔๖.๕๕	๑๐.๙๕	๙๕.๐๑	๒๒.๓๔
๖.๐	๐.๑๐	๐.๐๓	๐.๒๘	๐.๐๗	๐.๕๔	๐.๑๔	๑.๑๑	๐.๒๙	๙.๙๗	๒.๖๑	๒๗.๗๐	๗.๒๕	๕๔.๒๙	๑๔.๒๑	๑๑๐.๘๑	๒๘.๙๙
๗.๐	๐.๑๑	๐.๐๓	๐.๓๒	๐.๐๙	๐.๖๒	๐.๑๘	๑.๒๗	๐.๓๖	๑๑.๓๙	๓.๒๕	๓๑.๖๕	๙.๐๔	๖๓.๐๔	๑๗.๗๑	๑๒๖.๖๑	๓๖.๑๕
๗.๕	๐.๑๒	๐.๐๔	๐.๓๔	๐.๑๐	๐.๖๖	๐.๒๐	๑.๓๕	๐.๔๐	๑๒.๑๑	๓.๕๙	๓๓.๖๓	๙.๙๘	๖๕.๙๑	๑๙.๕๖	๑๓๔.๕๑	๓๙.๙๑
๘.๐	๐.๑๓	๐.๐๔	๐.๓๖	๐.๑๑	๐.๗๐	๐.๒๑	๑.๔๒	๐.๔๔	๑๒.๘๒	๓.๙๔	๓๕.๖๐	๑๐.๙๔	๖๙.๗๘	๒๑.๔๕	๑๔๒.๔๑	๔๓.๗๘
๙.๐	๐.๑๔	๐.๐๕	๐.๔๐	๐.๑๓	๐.๗๘	๐.๒๕	๑.๕๘	๐.๕๒	๑๔.๒๔	๔.๖๖	๓๙.๕๕	๑๒.๙๖	๗๗.๕๒	๒๕.๔๐	๑๕๘.๒๑	๕๑.๘๓
๑๐.๐	๐.๑๖	๐.๐๕	๐.๔๔	๐.๑๕	๐.๘๕	๐.๓๐	๑.๗๔	๐.๖๐	๑๕.๖๖	๕.๔๓	๔๓.๕๐	๑๕.๐๗	๘๕.๒๖	๒๙.๕๔	๑๗๔.๐๑	๖๐.๒๘

<u>ตารางที่ ๓-๒</u> ค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรูรั่วซึม

ความดันอากาศอัด Pressure (bar)	**เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยรั่วที่เกิดขึ้นกับท่อลม (มม.) และปริมาณลมที่รั่ว** (Diameter Pipe (mm) and Air Leakge)															
	๐.๓		๐.๕		๐.๗		๑		๒		๒.๕		๓		๕	
	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW	l/sec	kW
๐.๓	๐.๐๓	๐.๐๑	๐.๐๙	๐.๐๒	๐.๑๙	๐.๐๓	๐.๓๘	๐.๐๖	๑.๕๒	๐.๒๖	๒.๓๗	๐.๔๐	๓.๔๑	๐.๕๘	๙.๔๘	๑.๖๒
๔.๐	๐.๐๔	๐.๐๑	๐.๑๒	๐.๐๒	๐.๒๓	๐.๐๕	๐.๔๗	๐.๑๐	๑.๘๙	๐.๓๙	๒.๙๖	๐.๖๑	๔.๒๖	๐.๘๗	๑๑.๘๔	๒.๔๓
๔.๕	๐.๐๕	๐.๐๑	๐.๑๓	๐.๐๓	๐.๒๖	๐.๐๖	๐.๕๒	๐.๑๑	๒.๐๘	๐.๔๖	๓.๒๕	๐.๗๒	๔.๖๙	๑.๐๓	๑๓.๐๒	๒.๘๗
๕.๐	๐.๐๕	๐.๐๑	๐.๑๔	๐.๐๓	๐.๒๘	๐.๐๗	๐.๕๗	๐.๑๓	๒.๒๗	๐.๕๓	๓.๕๕	๐.๘๓	๕.๑๑	๑.๒๐	๑๔.๒๐	๓.๓๔
๖.๐	๐.๐๖	๐.๐๒	๐.๑๗	๐.๐๔	๐.๓๒	๐.๐๘	๐.๖๖	๐.๑๗	๒.๖๕	๐.๖๙	๔.๑๔	๑.๐๘	๕.๙๖	๑.๕๖	๑๖.๕๖	๔.๓๓
๗.๐	๐.๐๗	๐.๐๒	๐.๑๙	๐.๐๕	๐.๓๗	๐.๑๑	๐.๗๖	๐.๒๒	๓.๐๓	๐.๘๖	๔.๗๓	๑.๓๕	๖.๘๑	๑.๙๔	๑๘.๙๒	๕.๔๐
๗.๕	๐.๐๗	๐.๐๒	๐.๒๐	๐.๐๖	๐.๓๙	๐.๑๒	๐.๘๐	๐.๒๔	๓.๒๒	๐.๙๕	๕.๐๓	๑.๔๙	๗.๒๔	๒.๑๕	๒๐.๑๐	๕.๙๖
๘.๐	๐.๐๘	๐.๐๒	๐.๒๑	๐.๐๗	๐.๔๒	๐.๑๓	๐.๘๕	๐.๒๖	๓.๔๑	๑.๐๕	๕.๓๒	๑.๖๔	๗.๖๖	๒.๓๖	๒๑.๒๘	๖.๕๔
๙.๐	๐.๐๙	๐.๐๓	๐.๒๔	๐.๐๘	๐.๔๖	๐.๑๕	๐.๙๕	๐.๓๑	๓.๗๘	๑.๒๔	๕.๙๑	๑.๙๔	๘.๕๑	๒.๗๙	๒๓.๖๔	๗.๗๕
๑๐.๐	๐.๐๙	๐.๐๓	๐.๒๖	๐.๐๙	๐.๕๑	๐.๑๘	๑.๐๔	๐.๓๖	๔.๑๖	๑.๔๔	๖.๐๕	๒.๒๕	๙.๓๖	๓.๒๔	๒๖.๐๐	๙.๐๑

ตัวอย่างการคำนวณหาพลังงานและค่าการสูญเสียที่เกิดจากรูรั่ว

โรงงาน ก. ใช้ระบบอัดอากาศที่แรงดัน ๗ bar โดยมีลมรั่วที่เกิดขึ้นทั้งสิ้น ๔ จุด โดยเป็นลมรั่วจากท่อลมที่เกิดจากรูรั่วตรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑ มิลลิเมตร จำนวน ๒ จุด และเป็นลมรั่วที่เกิดจากรูรั่วซึม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๒ มิลลิเมตร จำนวน ๒ จุด

ปริมาณลมรั่วจากการรั่วตรง	=	๑.๒๗ l/s x ๒ จุด	= ๒.๕๔ l/s
ปริมาณไฟฟ้าที่สูญเสีย	=	๐.๓๖ kW x ๒ จุด	= ๐.๗๒ kW
ปริมาณไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี	=	๐.๗๒ kW x ๘,๔๐๐ ชม.	= ๖,๐๔๘ kW
ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี	=	๖,๐๔๘ kW x ๓.๕ บาท	= ๒๑,๑๖๘ บาท / ปี
ปริมาณลมรั่วจากการรั่วซึม	=	๓.๐๓ l/s x ๒ จุด	= ๖.๐๖ l/s
ปริมาณไฟฟ้าที่สูญเสีย	=	๐.๘๖ kW x ๒ จุด	= ๑.๗๒ kW
ปริมาณไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี	=	๑.๗๒ kW x ๘,๔๐๐ ชม.	= ๑๔,๔๔๘ kW
ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี	=	๑๔,๔๔๘ kW x ๓.๕ บาท	= ๕๐,๕๖๘ บาท / ปี

เพราะฉะนั้น ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียเนื่องจากลมรั่ว ๔ จุด เท่ากับ ๗๑,๗๓๖ บาท / ปี

๔) ระบบแสงสว่าง

- สำรวจและทำความสะอาดอุปกรณ์ให้แสงสว่างอย่างสม่ำเสมอ
- ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมกับการใช้งาน ดังนี้
  - o เลือกใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น หลอดผอม หลอด LED หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ T5
  - o ใช้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ใช้หลอด Fluorescent แทนหลอดไส้ หรือใช้หลอดเมตัลฮาไลด์ หรือ หลอดโซเดียมความดันสูง แทนหลอดแสงจันทร์ เมื่อจำเป็นต้องติดตั้งในที่สูงมากๆ เป็นต้น

รูปที่ ๓-๔ ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง (Reflector)

  - o ใช้โคมไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงมีผิวสะท้อนแสงที่ดี หรือติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) ที่โคมไฟส่องสว่าง (รูปที่ ๓-๔) จะช่วยให้สามารถลดจำนวนหลอดต่อโคมลงได้ เช่น ในสำนักงานสามารถใช้โคมประสิทธิภาพสูงแบบ ๒ หลอดต่อดวงโคม ทดแทนโคมธรรมดาแบบ ๓ หลอดต่อโคมที่ใช้กันทั่วไป

๐ ใช้บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ เช่น การใช้บัลลาสต์ แกนเหล็กกำลังสูญเสียต่ำ จะช่วยลดการสูญเสียจากการใช้บัลลาสต์ธรรมดาจากประมาณ ๑๐ วัตต์ เหลือประมาณ ๕-๖ วัตต์ต่อหลอด หรือการใช้บัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์ (รูปที่ ๓-๕) สามารถลดความสูญเสียในบัลลาสต์ลงเหลือประมาณ ๒-๓ วัตต์

รูปที่ ๓-๕ ติดตั้งบัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์

- ติดตั้งหลังคาโปร่งแสง เพื่อเพิ่มความสว่างจากแสงอาทิตย์และลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าระบบแสงสว่าง (รูปที่ ๓-๖)

รูปที่ ๓-๖ ติดตั้งหลังคาโปร่งแสง

- ควรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้กับโคมไฟฟ้า โดยการติดตั้ง Capacitor ให้มีค่าไม่ต่ำกว่า ๐.๘๕ ในกรณีที่ใช้บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก
- จัดตำแหน่งโคมไฟใหม่ โดยลดระยะโคมไฟให้ตรงกับตำแหน่งที่ปฏิบัติงาน ไม่สูงเกินไป บริเวณที่มีความสว่างมากเกินไปควรถอดหลอดและบัลลาสต์ที่ไม่จำเป็นออก เช่น บริเวณทางเดิน ห้องน้ำ เป็นต้น
- ออกแบบสวิทช์ไฟให้สามารถเปิด - ปิด ไฟ ได้เป็นส่วนๆ และติดสวิทช์ที่สามารถเปิด - ปิด ได้จากทั้ง ๒ ทาง หรือติดตั้งสวิทช์กระตุก
- การใช้แสงธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ เนื่องจากการเปิดหน้าต่างในตอนกลางวัน ขนาด ๑ ตารางเมตร สามารถรับแสงสว่างได้ ๖๐,๐๐๐ ลูเมน เทียบเท่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด ๔๐ วัตต์ จำนวน ๑๘ ดวง

๕) ระบบปรับอากาศ

- ตำแหน่งติดตั้งคอยล์ร้อนต้องสามารถระบายอากาศร้อนได้ดี โดยวางให้อยู่ห่างจากผนังอย่างน้อย ๑๕ เซนติเมตร และทำความสะอาดอย่างน้อยทุก ๓ เดือน หากอยู่ในสถานที่ที่มีฝุ่นมาก เช่น ใกล้ถนน ควรพิจารณาทำความสะอาดเดือนละ ๑ ครั้ง เพราะฝุ่นที่สะสมอยู่จนสกปรกจะกลายเป็นฉนวนกั้นทำให้ความร้อนระบายไม่สะดวก และตรวจสอบไม่ให้มีวัสดุปิดขวางทางลมที่ใช้ระบายความร้อน
- ตั้งอุณหภูมิการใช้งานที่ ๒๕ - ๒๖ $^{\circ}$C เนื่องจากหากตั้งอุณหภูมิให้สูงขึ้นทุก ๑ องศา จะประหยัดไฟเพิ่มขึ้นร้อยละ ๑๐
- ใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแทน เมื่อเครื่องเก่าที่ชำรุด
- ติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาตามความเหมาะสมของอาคาร
- ใช้เครื่องปรับอากาศที่มีขนาดเหมาะสม

- กำหนดระยะเวลาในการปิดเครื่องปรับอากาศ เพื่อลดเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศ เช่น ปิดตอนพักเที่ยง ก่อนเลิกงาน เป็นต้น
- ตรวจวัดประสิทธิภาพการไหลเวียนหรือการถ่ายเทของอากาศในห้องปรับอากาศ หากมีการไหลเวียนของอากาศไม่เพียงพอ ให้ติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่เหมาะสมกับขนาดของห้อง
- แยกสวิทช์ปิด-เปิดเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศออกจากกัน เนื่องจากไม่จำเป็นต้องเปิดพัดลมระบายอากาศไว้ตลอดเวลาที่ใช้เครื่องปรับอากาศ
- ไม่วางเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ปล่อยความร้อน เช่น กาต้มน้ำร้อนไฟฟ้า เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น ไว้ในห้องปรับอากาศโดยเฉพาะเครื่องถ่ายเอกสาร ซึ่งนอกจากจะปล่อยความร้อนออกสู่ห้องปรับอากาศ ทำให้สิ้นเปลืองไฟฟ้าแล้ว ผงหมึกจากเครื่องจะฟุ้งกระจายอยู่ในห้อง เป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงานบริเวณนั้น
- เปิดหน้าต่างให้ลมพัดเข้ามาในห้องช่วงที่อากาศไม่ร้อน แทนการเปิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและเป็นการถ่ายเทอากาศอีกด้วย
- ตรวจสอบและอุดรอยรั่วที่ผนัง ฝ้าเพดาน ประตู ช่องแสง เพื่อป้องกันความเย็นรั่วออกจากห้องปรับอากาศ
- จัดทำแผนการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ และทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศอยู่เสมอ อย่างน้อยเดือนละ ๑ ครั้ง จะช่วยประหยัดไฟฟ้าได้ร้อยละ ๕-๗

๓.๒.๒ ระบบทำน้ำเย็น / หอผึ่งน้ำ (Chiller / Cooling Tower)

มาตรการป้องกันและจัดการมลพิษสำหรับระบบทำน้ำเย็น / หอผึ่งน้ำ (Chiller / Cooling Tower) มีดังนี้

๑) ปรับปรุงประสิทธิภาพการระบายความร้อนของหอผึ่งน้ำ โดยจัดให้มีการระบายอากาศอย่างเหมาะสม หอผึ่งน้ำต้องอยู่ในตำแหน่งที่มีการถ่ายเทอากาศได้สะดวก ไม่มีสิ่งกีดขวางทางลม ไม่มีการหมุนเวียนของอากาศร้อนเข้าไประบายความร้อนซ้ำ เพื่อให้อากาศร้อนและชื้นถ่ายเทออกจากหอผึ่งน้ำได้ดี หัวฉีดบนสปริงเกอร์ต้องสะอาด เพื่อให้น้ำกระจายทั่วพื้นที่รวมทั้งสปริงเกอร์ต้องมีรอบการหมุนที่เหมาะสม จัดทำแผนและทำความสะอาดหอผึ่งน้ำ PVC Filling ถาดรับน้ำและชุดจ่ายน้ำอย่างสม่ำเสมอตามระยะเวลาที่เหมาะสมอย่างน้อยทุกๆ ๓ เดือน เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและอากาศได้ดีอยู่ตลอดเวลา โดยอุณหภูมิแตกต่างระหว่างอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในถาดรับน้ำกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศควรมีค่าประมาณ ๓-๔ $^{\circ}$C

๒) ตรวจสอบสภาพของฉนวนต่างๆ ที่หุ้มท่อของเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็น ท่อลมและท่อน้ำ หากมีการชำรุด หรือเสื่อมสภาพ ให้รีบดำเนินการแก้ไข หรือทำการหุ้มฉนวนให้มีความหนาที่เหมาะสมเพื่อป้องกันความร้อนจากบรรยากาศที่จะถ่ายเทเข้าสู่น้ำเย็นและอากาศเย็นซึ่งจะทำให้ภาระสูงขึ้น

๓) ปรับแต่งคุณภาพน้ำที่เติมเข้าสู่หอผึ่งน้ำ และปรับแต่งน้ำที่ไหลเวียนอยู่ในระบบระบายความร้อน อย่างน้อยทุก ๓-๖ เดือน โดยในส่วนคุณภาพน้ำที่เติมสามารถปรับแต่งได้โดยการควบคุมการ

Bleed Off สารเคมี เพื่อทำให้น้ำอ่อนและสะอาด จะทำให้หอผึ่งน้ำและคอนเดนเซอร์มีประสิทธิภาพการระบายความร้อนที่ดีขึ้น

๔) ติดตั้ง Inverter ควบคุมการทำงานของมอเตอร์

๕) ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำหล่อเย็นอัตโนมัติ

๓.๒.๓ คลังวัตถุดิบ / คลังสินค้า

มาตรการป้องกันและจัดการมลพิษสำหรับคลังวัตถุดิบ / คลังสินค้า มีดังนี้

๑) จัดทำผังการจัดวางวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ และจัดเก็บให้เป็นหมวดหมู่ตามผังที่กำหนดและมีป้ายบ่งชี้อย่างชัดเจน รวมทั้งจัดทำบัญชีรายการวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ ทั้งหมดในโรงงาน

๒) จัดวางวัตถุดิบด้วยความระมัดระวัง เพื่อป้องกันมิให้ถุงบรรจุภัณฑ์ชำรุดจากการฉีกขาด

๓) จัดหาภาชนะรองรับกรณีใช้วัตถุดิบไม่หมด และปิดฝาให้มิดชิด หรือพับปากถุงให้เรียบร้อยเพื่อป้องกันวัตถุดิบตกหล่น

๔) กำหนดความสูงของการจัดวางวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ ไม่วางซ้อนทับกันมากเกินไป และจัดเก็บให้เป็นระเบียบ เพื่อป้องกันการสูญเสียผลิตภัณฑ์

๓.๒.๔ สถานที่จัดเก็บสารเคมี

มาตรการป้องกันและจัดการมลพิษสำหรับสถานที่จัดเก็บสารเคมี มีดังนี้

๑) จัดทำผังการจัดวางสารเคมี และจัดเก็บให้เป็นหมวดหมู่ตามผังที่กำหนดและมีป้ายบ่งชี้อย่างชัดเจน รวมทั้งจัดทำบัญชีรายการสารเคมี ที่ใช้ทั้งหมดในโรงงาน

๒) กำหนดความสูงของการจัดวางสารเคมี เพื่อป้องกันการสูญเสียจากการหกรั่วไหล

๓) จัดหาเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเกี่ยวกับสารเคมี (Material Safety Data Sheet: MSDS) สำหรับสารเคมีแต่ละชนิด และติดไว้ในพื้นที่ปฏิบัติงาน (รูปที่ ๓-๗)

๔) ติดป้ายบ่งชี้ชนิดของสารเคมีที่หน้าภาชนะทุกใบ และจัดเก็บภาชนะบรรจุสารเคมีในบริเวณที่ระบุชื่อหรือมีป้ายระบุชื่อให้จัดเก็บสารเคมีชนิดนั้นๆ

๕) จัดเก็บภาชนะ / ถัง สารเคมี ให้ปลอดภัย โดยไม่ล้มหรือวางซ้อนทับกันจนเกินกว่าจะรับน้ำหนักได้

๖) จัดให้มีการระบายอากาศที่เพียงพอ รวมทั้งมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการจัดเก็บสารเคมีตามที่ระบุใน MSDS

๗) จัดทำเขื่อน / คันกั้น / ถาดรองรับ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนกรณีสารเคมีหกรั่วไหล จัดหาวัสดุดูดซับสารเคมีกรณีหกรั่วไหล และภาชนะรองรับของเสียอันตราย (รูปที่ ๓-๘)

๘) จัดเก็บสารเคมีอย่างถูกต้อง ปลอดภัย ตามคำแนะนำใน MSDS โดยแยกจัดเก็บสารเคมีที่สามารถทำปฏิกิริยาต่อกันได้ เช่น สารเคมีที่ให้ออกซิเจน ต้องเก็บแยกออกจากสารเคมีไวไฟ หรือสารกัดกร่อน เช่น กรด (Acid) หรือด่าง (Base) อย่างเด็ดขาด สารเคมีที่เป็นกรดต้องเก็บแยกจากสารเคมีที่เป็นด่าง เป็นต้น

๙) จัดหาอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายเทสารเคมี เพื่อป้องกันการหกรั่วไหล (รูปที่ ๓-๙)

๑๐) ปิดฝาภาชนะ / ถัง สารเคมี ให้สนิทหลังการใช้และขนถ่ายสารเคมีทุกครั้ง

๑๑) การขนย้ายสารเคมีต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการขนย้ายสารเคมีที่มีถาดรองรับภาชนะ / ถังสารเคมี เพื่อป้องกันสารเคมีหกรั่วไหลขณะขนย้าย

๑๒) จัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ให้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ถุงมือ หน้ากาก แว่นตานิรภัย รองเท้าบู๊ท เป็นต้น เมื่อมีการขนถ่ายสารเคมี และฝึกอบรมให้พนักงานสวมใส่ PPE ตลอดระยะเวลาปฏิบัติงาน

๑๓) จัดหาอุปกรณ์และวัสดุดูดซับสารเคมีกรณีรั่วไหล เช่น ทราย เศษผ้า เป็นต้น (รูปที่ ๓-๑๐) รวมทั้งจัดเตรียมภาชนะรองรับของเสียอันตรายในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน

๑๔) ติดตั้งอุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉิน เช่น ถังดับเพลิง สัญญาณเตือนภัย และตรวจสอบให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอย่างสม่ำเสมอ

๑๕) ภาชนะ / ถัง สารเคมีใช้แล้ว ต้องรวบรวมและแยกเก็บไว้ในสถานที่รวบรวมของเสียอันตราย เพื่อรอการนำไปกำจัดอย่างถูกต้องโดยหน่วยงานที่ได้รับอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

รูปที่ ๓-๗ จัดหา MSDS และติดไว้ในพื้นที่ปฏิบัติงาน

รูปที่ ๓-๘ จัดทำเขื่อน / คันกั้น เพื่อป้องกันการปนเปื้อนกรณีสารเคมีหกรั่วไหล

รูปที่ ๓-๙ จัดหาอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายเทสารเคมีที่เหมาะสม

รูปที่ ๓-๑๐ จัดหาวัสดุดูดซับกรณีสารเคมีหารั่วไหล

๓.๓ มาตรการจัดการมลพิษอื่นๆ

สำหรับมาตรการป้องกันและจัดการมลพิษนอกเหนือจากในกระบวนการผลิตและพื้นที่สนับสนุนกระบวนการผลิต ดังกล่าวไว้ใน ๓.๑ และ ๓.๒ แล้ว เพื่อสนับสนุนให้การจัดการสิ่งแวดล้อมสามารถดำเนินงานไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรดำเนินการดังนี้

๓.๓.๑ การจัดการของเสียอย่างถูกต้องและปลอดภัย

สำหรับมาตรการในการจัดการของเสียอย่างถูกต้องและปลอดภัย จะต้องพิจารณากฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสีย ได้แก่ ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ.๒๕๔๘ รวมถึงข้อมูลความปลอดภัยเกี่ยวกับสารเคมี (Material Safety Data Sheet: MSDS) ของสารเคมีแต่ละประเภทที่ใช้ในโรงงาน ซึ่งมาตรการจัดการของเสีย แบ่งออกเป็น การคัดแยกของเสีย การรวบรวมของเสีย และการกำจัดของเสีย โดยมีรายละเอียดดังนี้

๑) การคัดแยกของเสีย

- สำรวจชนิดและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในโรงงาน
- คัดแยกของเสียออกเป็น ๓ ประเภท ได้แก่ ของเสียทั่วไป ของเสียรีไซเคิล และของเสียอันตราย โดยระบุป้ายบ่งชี้ที่ภาชนะรองรับอย่างชัดเจน เช่น การระบุชื่อพร้อมยกตัวอย่างชนิดของเสีย การใช้รหัสสี เป็นต้น (รูปที่ ๓-๑๑)
- จัดหาภาชนะรองรับโดยให้สอดคล้องกับปริมาณและชนิดของเสีย ไม่รั่วไหล มีฝาปิดมิดชิด และจัดวางในบริเวณที่เหมาะสม

รูปที่ ๓-๑๑ คัดแยกและจัดหาภาชนะรองรับของเสียแต่ละประเภท

๒) การเก็บรวบรวมของเสีย

- ผูกปากถุงบรรจุของเสียแต่ละประเภทที่รวบรวมได้จากภาชนะรองรับ โดยอาจพิจารณาใช้เชือกตามรหัสสีของเสียแต่ละประเภท
- รวบรวมของเสียแต่ละประเภทจากภาชนะรองรับอย่างสม่ำเสมอ ไปเก็บไว้ในอาคารหรือสถานที่รวบรวมที่มีผนังกั้นแยกของเสียแต่ละประเภท มีการป้องกันการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม โดยมีหลังคาคลุม และมีรางรวบรวมน้ำชะไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย รวมถึงมีป้ายระบุชื่อประเภทของเสียแต่ละประเภทด้านหน้าสถานที่รวบรวมของเสีย (รูปที่ ๓-๑๒)
- บันทึกประเภทและปริมาณของเสียที่นำมาเก็บไว้ในสถานที่รวบรวมของเสียทุกวัน

รูปที่ ๓-๑๒ สถานที่รวบรวมของเสียแต่ละประเภท

- ควบคุมดูแลความสะอาดของภาชนะรองรับและบริเวณอาคารหรือสถานที่รวบรวมของเสียให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย รวมทั้งตรวจสอบป้ายบ่งชี้ที่ภาชนะรองรับและด้านหน้าสถานที่รวบรวมของเสียให้ตรงกัน

- ติดตั้งถังดับเพลิงไว้ที่บริเวณสถานที่รวบรวมของเสีย และตรวจสอบถังดับเพลิงให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานสม่ำเสมอ

- ป้องกันบุคคลภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องหรือบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต โดยมีพนักงานดูแลและควบคุม

๓) การกำจัดของเสีย

- ติดต่อผู้รับกำจัดของเสียที่ได้รับอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม

- ขออนุญาตนำสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกโรงงาน โดยหน่วยงานที่ได้รับอนุญาตกำจัดสิ่งปฏิกูลและวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (แบบ สก. ๒) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. ๒๕๔๘

- กรณีเก็บไว้นานเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด และยังไม่สามารถนำออกไปกำจัดนอกโรงงานได้ ให้ขออนุญาตขยายระยะเวลาการกักเก็บสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วไว้ในบริเวณโรงงาน (แบบ สก.๑) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. ๒๕๔๘

- จัดทำใบแจ้งเกี่ยวกับรายละเอียดสิ่งปฏิกูลและวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว สำหรับผู้ก่อกำเนิดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (สก.๓) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. ๒๕๔๘ และส่งกรมโรงงานอุตสาหกรรม ภายในวันที่ ๑ มีนาคม ของปีถัดไป

๔) มาตรการอื่นๆ

- จัดทำเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (WI) การจัดการของเสียอย่างถูกต้องและปลอดภัย

- ฝึกอบรมเพื่อสร้างความเข้าใจและความตระหนักให้กับพนักงานทุกคน (รูปที่ ๓-๑๓) รวมถึงบุคคลภายนอกที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้รับเหมา ผู้จำหน่ายสารเคมี ผู้รับจ้างช่วง เป็นต้น ให้คัดแยกของเสียลงในภาชนะรองรับอย่างถูกต้อง

- รณรงค์ประชาสัมพันธ์การคัดแยกของเสียอย่างถูกต้อง ประชาสัมพันธ์โดยการติดบอร์ดเสียงตามสาย เป็นต้น (รูปที่ ๓-๑๔)

- ตรวจติดตามและประเมินผลพนักงาน เพื่อพิจารณาถึงความเข้าใจและสำรวจวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานให้สอดคล้องตามเอกสารวิธีการปฏิบัติงานที่จัดทำขึ้นอย่างเคร่งครัด

- จัดทำผังที่ตั้งภาชนะรองรับของเสีย และสำรวจจุดวางภาชนะให้ตรงกับผังที่กำหนด รวมถึงตรวจสอบสภาพของภาชนะรองรับให้อยู่ในสภาพดี ไม่ชำรุด

▪ กรณีพบสิ่งที่ไม่สอดคล้องตามเอกสารวิธีการปฏิบัติงานการจัดการของเสีย หรือไม่สอดคล้องตามความต้องการในกฎหมาย ให้ผู้พบเห็นแจ้งให้หัวหน้าแผนกรับทราบ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุ และกำหนดมาตรการในการแก้ไขและป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

<u>รูปที่ ๓-๑๓</u> ฝึกอบรมพนักงานและบุคคลภายนอกที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจและความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม

<u>รูปที่ ๓-๑๔</u> จัดทำบอร์ดรณรงค์ประชาสัมพันธ์การคัดแยกของเสียอย่างถูกต้อง

๓.๓.๒ การควบคุมสภาวะแวดล้อมในการทำงาน

ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปและขนมอบกรอบ จะก่อให้เกิดมลพิษและความไม่ปลอดภัยในพื้นที่ปฏิบัติงาน ได้แก่ ฝุ่นละอองจากวัตถุดิบ ไอระเหยของสารเคมี ความร้อน ระดับความดังของเสียง เป็นต้น ดังนั้น จึงควรมีมาตรการในการควบคุมสภาวะแวดล้อมในการทำงาน ดังนี้

๑) จัดให้มีระบบระบายอากาศที่ดีเพียงพอ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศอย่างเหมาะสม และบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา (รูปที่ ๓-๑๕)

๒) ตรวจสอบสภาพของเครื่องจักร / อุปกรณ์ และซ่อมแซมเครื่องจักร / อุปกรณ์ ต่างๆ ที่ชำรุด รวมถึงจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร / อุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพดีต่อสภาวะการใช้งานตลอดเวลา และดำเนินการบำรุงรักษาตามแผนที่กำหนดอย่างเคร่งครัด ซึ่งนอกจากจะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังส่งผลให้สามารถเพิ่มผลผลิต และลดปริมาณการใช้ทรัพยากร / พลังงาน ได้อีกด้วย

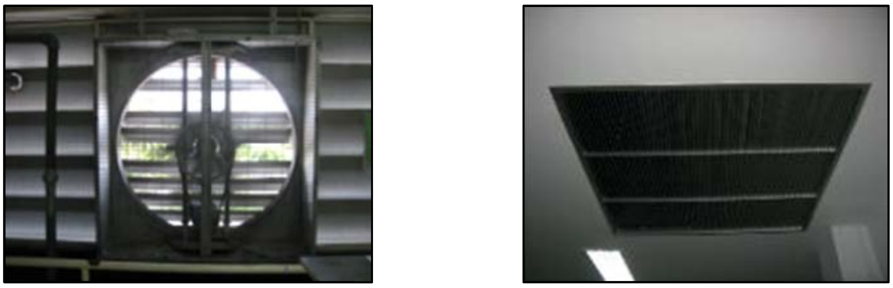
๓) จัดให้มีการหมุนเวียน สับเปลี่ยน พนักงาน ไม่ให้ทำงานติดต่อกันเป็นเวลานาน

๔) จัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment: PPE) ให้แก่พนักงานอย่างเหมาะสม เช่น

- หน้ากากป้องกันฝุ่นและไอระเหยของสารเคมี
- ปลั๊กลดเสียง / ที่ครอบหูลดเสียง สำหรับพนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีเสียงดังเป็นเวลานาน
- ชุดกันเปื้อน (Apron) ถุงมือยาง รองเท้าบู๊ท กรณีต้องขนย้าย และถ่ายเทสารเคมี

๕) จัดทำและติดตั้งป้ายเตือนให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตลอดระยะเวลาปฏิบัติงาน และติดตามตรวจสอบการดำเนินงานของพนักงานอย่างสม่ำเสมอ (รูปที่ ๓-๑๖)

๖) ตรวจวัดสภาวะแวดล้อมในการทำงาน ได้แก่ ฝุ่นละออง ไอระเหยของสารเคมี ระดับความดังของเสียง ความร้อน อย่างสม่ำเสมอ ตามที่กฎหมายกำหนด (รูปที่ ๓-๑๗)



<u>รูปที่ ๓-๑๕</u> ติดตั้งพัดลมและอุปกรณ์ระบายความร้อนในพื้นที่ปฏิบัติงาน

<u>รูปที่ ๓-๑๖</u> ติดป้ายเตือนให้พนักงานสวมใส่ PPE ตลอดระยะเวลาปฏิบัติงาน

<u>รูปที่ ๓-๑๗</u> ตรวจวัดสภาวะแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงาน

๓.๓.๓ การเตรียมการและการตอบสนองในสถานการณ์ฉุกเฉิน

สำหรับมาตรการในการเตรียมการและตอบสนองในสถานการณ์ฉุกเฉิน มีดังนี้ (รูปที่ ๓-๑๘ ถึง ๓-๒๒)

๑) ติดตั้งอุปกรณ์ตอบสนองเหตุฉุกเฉิน เช่น ถังดับเพลิง สายยางฉีดดับเพลิง สัญญาณเตือนภัย ไฟฉุกเฉิน วัสดุดูดซับกรณีสารเคมีหกรั่วไหล เป็นต้น และตรวจสอบสภาพความพร้อมใช้งานอย่างสม่ำเสมอ

๒) จัดทำผังที่ตั้งอุปกรณ์ตอบสนองเหตุฉุกเฉิน ทางหนีไฟ จุดรวมพล

๓) จัดหาโซ่คล้องถังแก๊สอัดแรงดัน เพื่อป้องกันการล้มและเกิดเหตุฉุกเฉิน

๔) จัดทำแผนตอบสนองเหตุฉุกเฉิน และทดสอบแผนฉุกเฉินตามกำหนดเวลา

<u>รูปที่ ๓-๑๘</u> ติดตั้งอุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉิน พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพความพร้อมใช้งานอย่างสม่ำเสมอ

<u>รูปที่ ๓-๑๙</u> ติดตั้งสัญญาณเตือนภัยและทางหนีไฟ พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพความพร้อมใช้งานอย่างสม่ำเสมอ

<u>รูปที่ ๓-๒๐</u> จัดทำผังที่ตั้งอุปกรณ์ตอบสนองเหตุฉุกเฉิน

รูปที่ ๓-๒๑ ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน / ก๊าซ รั่วไหล

รูปที่ ๓-๒๒ ทดสอบแผนฉุกเฉินตามกำหนดเวลา

๓.๓.๔ การควบคุมดูแลและรักษาความสะอาดรางระบายน้ำเสีย / น้ำฝน

๑) แยกรางระบายน้ำเสียและน้ำฝนออกจากกันให้ชัดเจน เพื่อมิให้น้ำเสียปนเปื้อนลงในรางระบายน้ำฝน

๒) ตรวจสอบรางระบายน้ำเสีย / น้ำฝน มิให้มีสิ่งสกปรก / ของเสีย อุดตันรางระบายน้ำ และอยู่ในสภาพดีตลอดเวลา ไม่ชำรุด

๓) สำรวจและจัดทำแผนผัง การวางท่อน้ำดีและน้ำเสียทั้งโรงงาน เพื่อหาโอกาสในการปรับปรุง รวมทั้งสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงระบบท่อน้ำดีและน้ำเสียในอนาคต

บทที่ ๔
ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม

โดยทั่วไปน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตจะเกิดขึ้นน้อยมาก มีเพียงน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์เท่านั้น เนื่องจากการขึ้นรูปพลาสติกไม่ต้องการให้มีความชื้น โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดจากการล้างทำความสะอาดของพนักงาน และการล้างทำความสะอาดในกระบวนการขึ้นลวดลายแบบที่ใช้การพิมพ์ (Screen Printing) โดยเป็นการล้างบล็อกพิมพ์ และอุปกรณ์การพิมพ์กรณีใช้หมึกพิมพ์ฐานน้ำ (Water-base) ซึ่งหากเป็นการใช้หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย (Solvent-base) ผู้ประกอบการควรรวบรวมตัวทำละลายที่ใช้เช็ดทำความสะอาดแล้ว และนำไปกำจัดโดยผู้รับกำจัดที่ได้รับอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากหากใช้วิธีบำบัดเองจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง

๔.๑ ปริมาณและลักษณะน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

น้ำเสียของอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดบล็อกพิมพ์ และอุปกรณ์การพิมพ์ กรณีใช้หมึกพิมพ์ฐานน้ำ (Water-base) และการล้างทำความสะอาดของพนักงานนั้น น้ำเสียจะปนเปื้อนหมึกพิมพ์และน้ำยาล้างทำความสะอาด ซึ่งปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนพนักงานที่ต้องล้างทำความสะอาดและจำนวนครั้งในการล้างบล็อกพิมพ์ โดยตัวอย่างปริมาณและผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย แสดงดังตารางที่ ๔-๑

<u>ตารางที่ ๔-๑</u> ปริมาณและลักษณะน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

โรงงานอุตสาหกรรม	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม. / วัน)	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย				
		pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	O&G (mg/L)
โรงงานที่ ๑	๒	๗	๑๒	๗๙	๔.๖	< ๒
โรงงานที่ ๒	๑.๕	๘	๒๘	๑๙๕	๑๘.๖	๗
โรงงานที่ ๓	๑๔	๗	๑๓๑	๓๘๓	๔๗	๓
โรงงานที่ ๔	๑๕	๗	๓๐	๘๖	๓๓	๒
โรงงานที่ ๕	๒	๘	๒๘.๕	๘๙.๕	๓๕.๕	๓
โรงงานที่ ๖	๒	๗	๕.๕	๕๑.๕	๕.๒๕	< ๒

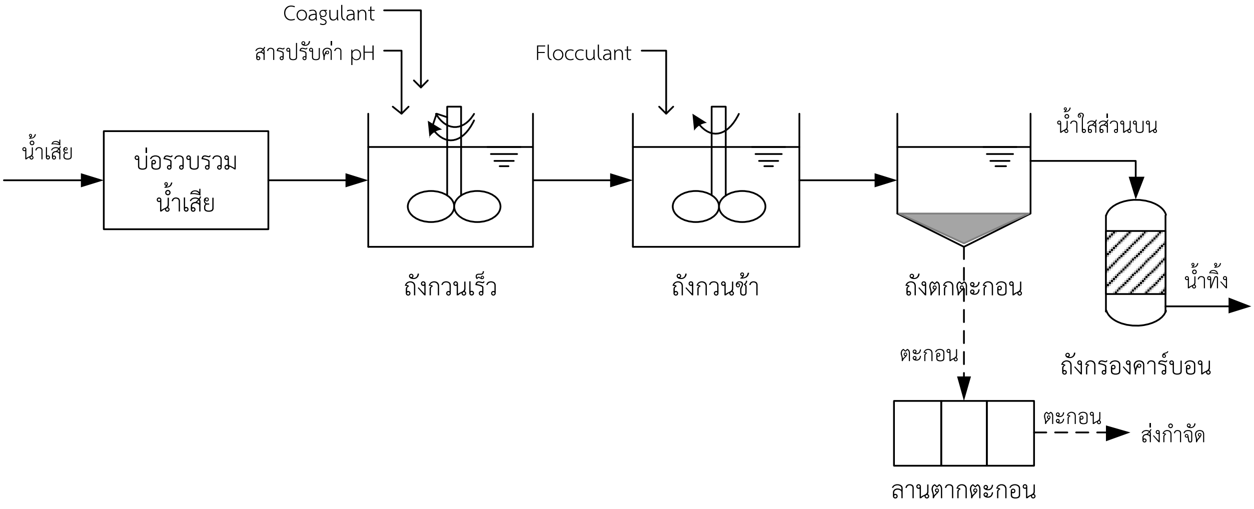
<u>ที่มา</u>: ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมในโครงการพัฒนาระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำหลัก (EMS for SMEs), สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม

๔.๒ กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

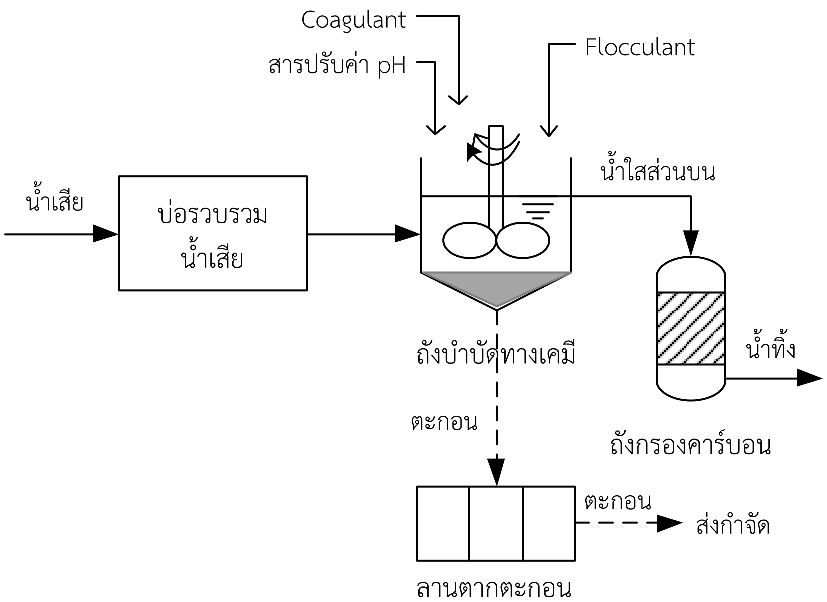
ในการบำบัดน้ำเสียนั้นควรแยกน้ำเสียออกเป็น ๒ แหล่งกำเนิด ได้แก่

๔.๒.๑ น้ำเสียจากการล้างบล็อกพิมพ์และอุปกรณ์การพิมพ์ กรณีใช้หมึกพิมพ์ฐานน้ำ (Water-base)

ระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้สำหรับน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ (Water-base) ได้แก่ การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) โดยใช้วิการสร้างและรวมตะกอน (Coagulation and Flocculation) ซึ่งประกอบด้วย ๓ ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การกวนเร็ว (Rapid Mixing) การกวนช้า และการตกตะกอน แล้วจึงระบายน้ำใสส่วนบน (Supernatant) ออกไป ซึ่งน้ำใสส่วนบนนี้อาจยังมีสีของหมึกพิมพ์หรือฟล็อคขนาดเล็กที่ไม่ตกตะกอนปะปนอยู่ จึงอาจใช้วิธีการดูดซับ (Adsorption) โดยให้น้ำใสส่วนบนไหลผ่านถังกรองซึ่งภายในบรรจุสารดูดซับ เช่น ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นต้น เพื่อช่วยดูดซับฟล็อคขนาดเล็กหรือสีที่หลงเหลืออยู่ออกจากน้ำเสีย ดังแผนผังรูปที่ ๔-๑ ทั้งนี้ กรณีที่โรงงานมีปริมาณน้ำเสียไม่มากนัก อาจใช้ถังบำบัดน้ำเสียใบเดียวที่ปรับความเร็วรอบของใบพัดกวนได้ และสามารถทำหน้าที่ได้ครบทั้ง ๓ ประการ คือ กวนเร็ว กวนช้า และตกตะกอน (รูปที่ ๔-๒)



รูปที่ ๔-๑ ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบำบัดทางเคมีแบบแยกถัง



<u>**รูปที่ ๔-๒**</u> ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบำบัดทางเคมีแบบรวมถัง

การบำบัดในแต่ละขั้นตอน รายละเอียดดังนี้

๔.๒.๑.๑ การกวนเร็ว (Rapid Mxing)

เป็นขั้นตอนการเติมสารสร้างตะกอน (Coagulants) เข้าไปผสมกับน้ำเสียเพื่อทำลายความเสถียรของอนุภาคสารคอลลอยด์ (Colloids) ที่อยู่ในน้ำเสียภายใต้สภาวะการกวนแบบปั่นป่วน (Turbulence) ซึ่งสารสร้างตะกอนสามารถแบ่งออกเป็น ๒ ประเภท ได้แก่

๑) สารสร้างตะกอนปฐมภูมิ (Primary Coagulants) ได้แก่ เกลือของโลหะ เช่น สารส้ม (Aluminium Sulfate: Alum) เฟอริคซัลเฟต (Ferric Sulfate: $Fe_2(SO_4)_3$ เฟอริคคลอไรด์ (Ferric Chloride: $FeCl_3$) เฟอรัสซัลเฟต (Ferrous Sulfate: $FeSO_4$) เป็นต้น

๒) สร้างช่วยสร้างตะกอน (Coagulant Aids หรือ Flocculants) ซึ่งจะช่วยให้ฟล้อคที่จมตัวช้าสามารถรวมตัวกันจมตัวได้เร็วขึ้น ซึ่งสารที่นิยมใช้ได้แก่ สารอินทรีย์โพลีเมอร์ มี ๓ ชนิด ได้แก่

- โพลีเมอร์ประจุบวก (Cationic Polymer) มีประจุบวกบนส่วนของสารอินทรีย์ ระดับของประจุบนโพลีเมอร์ขึ้นอยู่กับจำนวนอิออนของกลุ่มไนโตรเจน (Nitrogen groups) นิยมใช้ในงานปรับสภาพตะกอน เนื่องจากของแข็งในน้ำตะกอนสดนั้นมีประจุลบ ตัวอย่างของโพลีเมอร์ประจุบวก เช่น Polydialyldimethyl Ammonium เป็นต้น
- โพลีเมอร์ประจุลบ (Anionic Polymer) มีประจุลบบนส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ จำนวนประจุลบขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มของอะคริเอไมด์ (Acrylamide) ตัวอย่างโพลีเมอร์ประจุลบ เช่น Polyacrylamide acid (PAA), Hydrolyzed Polyacrylamide (HPAM) และ Polystyrene Sulfonate เป็นต้น

o โพลีเมอร์ไม่มีประจุ (Nonionic Polymer) ไม่ละลายน้ำแต่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมอนุภาคของตะกอนให้เกิดการรวมกลุ่มกันได้ดี ในทางปฏิบัติ Nonionic Polymer อาจจะเกิดจากการรวมกันของสารอนินทรีย์โพลีเมอร์ (Inorganic Polymer) และสารอินทรีย์โพลีเมอร์ (Organic Polymer) ซึ่งจะเพิ่มความแข็งแรงของฟล้อค

ทั้งนี้ การทำงานเริ่มจากการปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ให้เหมาะสมกับชนิดของสารสร้างตะกอน (Coagulants) ที่ใช้ เช่น ระดับ pH ที่เหมาะสมสำหรับสารส้ม คือ ๖ - ๗ ระดับ pH ที่เหมาะสมสำหรับสารประกอบเหล็ก คือ ๕ - ๗ เป็นต้น โดยจะทำเติมสารสร้างตะกอน (Coagulant) ผสมกับน้ำเสียภายในถังกวนเร็ว (Rapid Mixing) ที่สามารถสร้างความปั่นป่วน (Velocity Gradient: G) ได้ประมาณ ๓๐๐ - ๑,๐๐๐ วินาที$^{-๑}$ โดยใบพัดที่ใช้มักเป็นแบบใบพัดและแบบเทอร์ไบน์ (Turbine) เพื่อทำลายเสถียรภาพหรือแรงผลักกันของอนุภาคคอลลอยด์ของหมึกพิมพ์ ทำให้เกิดการจับกลุ่มของอนุภาคคอลลอยด์จนเป็นก้อนเรียกว่า ฟล้อค (Floc) ซึ่งใช้เวลาไม่นาน ประมาณ ๑ - ๓ นาที จากนั้น ระบายน้ำเสียต่อไปยังขั้นตอนการกวนช้า ทั้งนี้ สารเคมีหลายชนิดสามารถใช้เป็นทั้งสารสร้างตะกอน (Coagulants) และสารช่วยสารสร้างตะกอน (Coagulant Aids) ดังตารางที่ ๔-๒

ตารางที่ ๔-๒ สารเคมีที่ใช้เป็นสารสร้างตะกอนปฐมภูมิและสารช่วยสารสร้างตะกอน

สารเคมี	สูตรโมเลกุล	Primary Coagulant	Coagulant Aid
สารส้ม	$Al_2(SO_4)_3.14H_2O$	✓	
เฟอรัส ซัลเฟต	$FeSO_4.7H_2O$	✓	
เฟอริค ซัลเฟต	$Fe_2(SO_4)_3.9H_2O$	✓	
เฟอริค คลอไรด์	$FeCl_3.6H_2O$	✓	
Cationic Polymer	Various	✓	✓
แคลเซียม ไฮดรอกไซด์	$Ca(OH)_2$	✓*	✓
แคลเซียม ออกไซด์	CaO	✓*	✓
โซเดียม อลูมิเนต	$Na_2Al_2O_4$	✓*	✓
เบนโทไนท์ (Bentonite)	Clay		✓
แคลเซียม คาร์บอเนต	$CaCO_3$		✓
โซเดียม ซิลิเกต	Na_2SiO_3		✓
Anionic Polymer	Various		✓
Nonionic Polymer	Various		✓

หมายเหตุ: * ใช้เป็น Primary Coagulant เฉพาะในกระบวนการผลิตน้ำอ่อน
ที่มา: http://water.me.vccs.edu/courses/env๑๑๐/lesson๔.htm

๔.๒.๑.๒ การกวนช้า

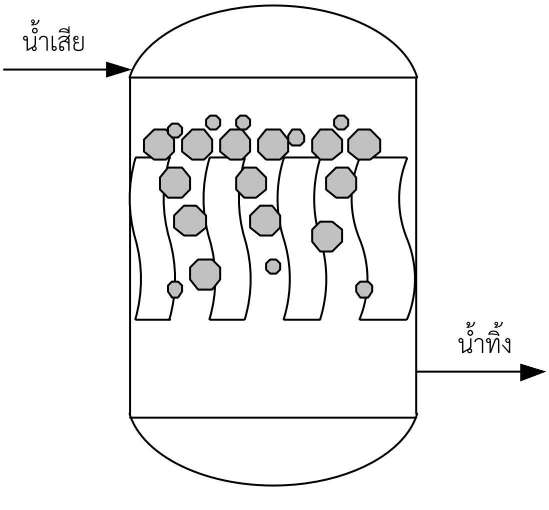
เป็นการกวนผสมที่มีความปั่นป่วน (G) ได้ประมาณ ๒๐ – ๘๐ วินาที$^{-๑}$ เพื่อให้ฟล้อคที่เกิดขึ้นเคลื่อนที่มากระทบหรือสัมผัสกันให้มากที่สุด จนรวมตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น ทำให้จมตัวตกตะกอนได้ง่าย ทั้งนี้ การเคลื่อนที่ของน้ำต้องไม่รวดเร็วจนเกินไป มิฉะนั้นฟล้อคที่เกิดขึ้นอาจแตกและหลุดออกจากกันได้ โดยใช้เวลาประมาณ ๓๐ - ๖๐ นาที จากนั้นจึงระบายน้ำเสียต่อไปยังถังตกตะกอน

๔.๒.๑.๓ การตกตะกอน

เป็นการปล่อยทิ้งไว้ให้ฟล้อคที่รวมตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่ได้มีเวลาจมตัวแยกออกจากน้ำเสีย โดยถังตกตะกอนควรมีเวลากักน้ำประมาณ ๒ - ๔ ชั่วโมง และพื้นที่ผิวน้ำควรมีขนาดเพียงพอให้อัตราน้ำล้นผิวไม่สูงกว่า ๑.๕ - ๓.๐ เมตร / ชั่วโมง โดยถังตกตะกอนสามารถเป็นได้ทั้งแบบทรงสี่เหลี่ยมหรือแบบกลม

๔.๒.๑.๔ การกรอง

การกรองเป็นกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีเพื่อกำจัดสารแขวนลอยที่อาจยังคงหลงเหลืออยู่ในน้ำเสียหลังผ่านกระบวนการบำบัดทางเคมีหรือทางชีวภาพ โดยกลไกการทำงานของการกรอง คือ ตะกอนขนาดเล็กจะแทรกผ่านช่อว่างของชั้นสารกรอง และเมื่อตะกอนอุดอยู่ในสารกรองมากขึ้นแต่จะเข้าไปลึกได้ไม่เกิน ๒ - ๔ นิ้ว อัตราการไหลผ่านชั้นสารกรองจะลดลง ทำให้ตะกอนเกาะบนพื้นผิวส่วนบนของชั้นกรองซึ่งจะมีความหนา ๑ - ๒ นิ้ว (รูปที่ ๔-๓) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องคัดเลือกขนาดของสารกรองให้เหมาะสมกับขนาดของตะกอนที่จะกรองออก เนื่องจากถ้าตะกอนไม่สามารถแทรกตัวผ่านชั้นสารกรองได้ จะทำให้ตกค้างอยู่บนผิวหน้าของชั้นสารกรอง ทำให้แรงดันในการกรอง (Head loss) เพิ่มขึ้น ช่วงเวลาการทำงานของการกรองจะลดลง โดยทั่วไปสารกรองที่นิยมใช้ มีดังนี้



<u>รูปที่ ๔-๓</u> กลไกการทำงานของการกรอง

๑) ทราย (Sand)

ทรายที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นทรายซิลิกา (Silica) โดยกรวดและทรายที่ใช้ในการกรองไม่ควรมีหินปูน (Limestone) ปะปนอยู่ เนื่องจากเมื่อมีการล้างและกวนชั้นสารกรองบ่อยครั้งจะทำให้เกิดการสึกกร่อนและขนาดของสารกรองเล็กลง

๒) ถ่านแอนทราไซต์ (Anthracite)

ทรายซิลิกาไม่เหมาะสมกับน้ำเสียที่มีความร้อนและความเป็นด่างสูงเพราะจะให้ซิลิกาออกมา ในกรณีนี้จะเลือกใช้ถ่านแอนทราไซต์แทน เนื่องจากมีขนาดเท่ากับทรายละเอียดและมีประสิทธิภาพเท่ากัน ทั้งนี้ ถ่านแอนทราไซต์ไม่เหมาะที่จะใช้เพื่อลดความขุ่นของน้ำ ๐ - ๒ ส่วนในล้านส่วน (ppm) หากต้องการความขุ่นให้เหลือ ๔ - ๕ ppm ควรใช้ทรายละเอียดแทนหรือใช้สารกรองสองชั้น คือแอนทราไซต์อยู่ด้านบนและทรายละเอียดอยู่ด้านล่าง อย่างไรก็ตาม ถ่านแอนทราไซต์มีข้อดี คือ สามารถดักจับตะกอนต่างๆ ได้มากกว่าทราย เนื่องจากมีรูปร่างที่กลมเกลี้ยงกว่าและใช้น้ำล้างย้อน (Backwash) น้อยกว่า

๓) ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

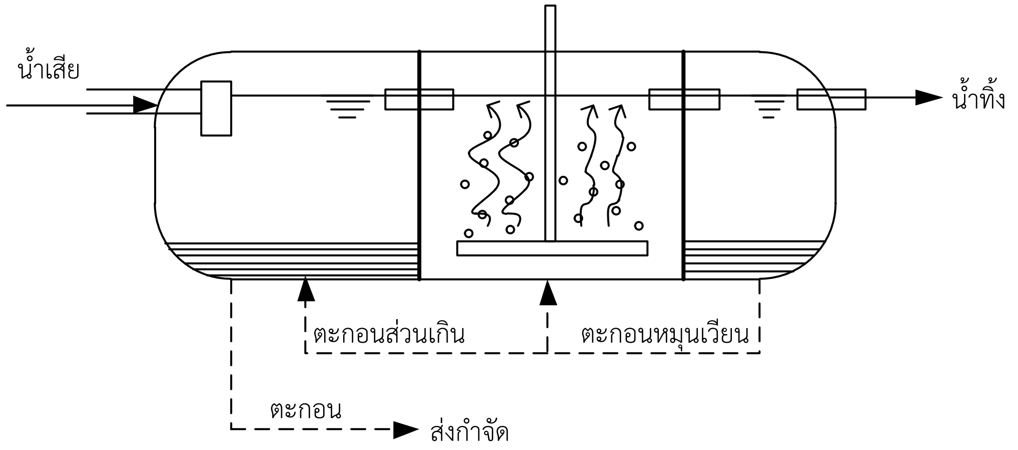
การดูดซับบนถ่านกัมมันต์ เป็นกระบวนการดูดซับที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย สามารถใช้กำจัดสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีข้อจำกัดที่น้ำหนักโมเลกุลของของเสียที่จะถูกดูดซับ ต้องมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ ๔๐๐ ซึ่งโดยทั่วไปน้ำหนักโมเลกุลของของเสียในอุตสาหกรรม สีจะมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า ๔๐๐ และสูงกว่า ๑,๒๐๐ ดังนั้น ก่อนการกำจัดสีด้วยกระบวนการดูดซับบนถ่านกัมมันต์ จะต้องมีการปรับขนาดโมเลกุลของของเสียให้เหมาะสมก่อน โดยการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ด้วยปูนขาว ซึ่งต้องใช้ปูนขาวปริมาณมากในการปรับ pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วง ๑๐ - ๑๑ ซึ่งส่งผลให้ pH ของน้ำทิ้งสูง ดังนั้นต้องมีการปรับ pH ให้เป็นกลางก่อนระบายทิ้งออกสู่ภายนอก

การกำจัดสีด้วยกระบวนการดูดซับบนถ่านกัมมันต์เป็นกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลของสีดูดติดบนผิวของถ่านกัมมันต์ ดังนั้น ประสิทธิภาพการดูดซับสีจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณรูพรุนของถ่านกัมมันต์เพราะพื้นที่ผิวจำเพาะมากขึ้นนั่นเอง

๔.๒.๒ น้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดของพนักงาน

ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการล้างทำความสะอาดของพนักงานจะไม่มากนัก ขึ้นอยู่กับจำนวนของพนักงาน จึงอาจพิจารณาใช้ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพในลักษณะของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ซึ่งหลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป จะมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ส่วนแยกกากตะกอน ส่วนเติมอากาศ และส่วนตกตะกอน (ดังรูปที่ ๔-๔) หรือเรียกว่าเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge: AS) โดยส่วนแยกกากตะกอน (จะทำหน้าที่รับน้ำเสียและตกตะกอนขนาดที่มีน้ำหนักออกจากน้ำเสียและเก็บตะกอนส่วนเกินที่ส่งมาจากส่วนตกตะกอน ส่วนเติมอากาศทำหน้าที่เติมอากาศให้กับเชื้อจุลินทรีย์และผสมน้ำเสีย เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์สัมผัสกับสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย โดยใช้เครื่องเติมอากาศแบบติดตั้งใต้น้ำ (Submersible Aerator) หรือวิธีการพ่นอากาศ (Air Diffuser) ที่ก้นถังโดยตรง เพื่อให้สามารถเติมอากาศได้ทั่วถึงทั้งถัง และส่วนสุดท้ายคือส่วนตกตะกอนทำหน้าที่ให้ตะกอนจุลินทรีย์ได้ตกตะกอนแยกตัวออกจากน้ำเสียที่บำบัดแล้ว จากนั้นใช้ปั๊มสูบเพื่อหมุนเวียนตะกอนจุลินทรีย์

กลับไปยังส่วนเติมอากาศใหม่ และเมื่อทำงานไปได้สักระยะเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มปริมาณขึ้นจากค่าที่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องมีการสูบตะกอนจุลินทรีย์ที่เรียกว่า "ตะกอนส่วนเกิน (Excess Sludge)" ส่งไปเก็บไว้ยังส่วนแยกกากตะกอนเพื่อให้ตะกอนได้มีเวลาย่อยสลายตัวเอง แต่หากมีการสะสมของตะกอนภายในส่วนแยกกากตะกอนมากเกินไปก็สามารถสูบตะกอนส่งกำจัดให้กับผู้รับกำจัดที่ได้รับอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมต่อไปได้ สำหรับค่าที่ใช้ในการออกแบบระบบตะกอนเร่งแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mix Activated Sludge) แสดงดังตารางที่ ๔-๓



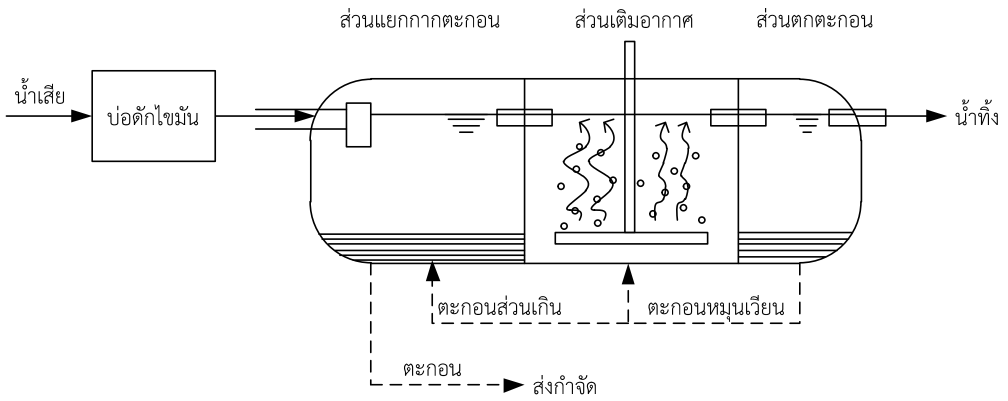
<u>รูปที่ ๔-๔</u> ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปชนิดบำบัดทางชีวภาพ

<u>ตารางที่ ๔-๓</u> ค่าการออกแบบที่เหมาะสมในการควบคุมระบบตะกอนเร่งแบบกวนสมบูรณ์

พารามิเตอร์	ค่าการออกแบบ	หน่วย
เวลากักตะกอน (SRT)	๕ - ๑๐	วัน
F / M Ratio	๐.๒ - ๐.๕	กก. $BOD_๕$ / กก. VSS - วัน
MLSS	น้อยกว่า ๓,๐๐๐	มิลลิกรัม / ลิตร
เวลาเก็บกักน้ำ (HRT)	๔ - ๑๐	ชั่วโมง

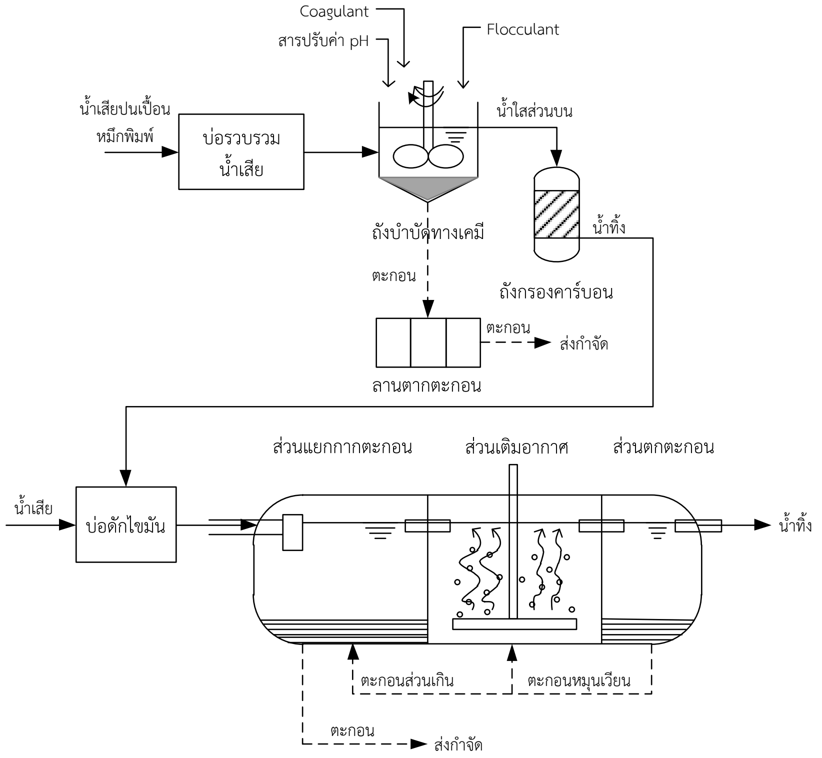
<u>ที่มา</u>: ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ๒๕๔๕

กรณีน้ำเสียมีการปนเปื้อนของน้ำมันและไขมัน เช่น น้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดของแผนกซ่อมบำรุง เป็นต้น การบำบัดน้ำเสียต้องมีการติดตั้งบ่อดักไขมันก่อนส่งน้ำเสียไปบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ (แสดงดังรูปที่ ๔-๕) โดยอาจติดตั้งบ่อดักไขมันสำเร็จรูป ซึ่งขนาดที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปบ่อดักไขมันควรมีระยะเวลากักเก็บไม่น้อยกว่า ๖ ชั่วโมง เพื่อให้น้ำมันและไขมันได้มีเวลาแยกตัวและลอยขึ้นมาสะสมกันอยู่บนผิวน้ำ และตักออกไปกำจัดอย่างสม่ำเสมอ



<u>รูปที่ ๔-๕</u> ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับน้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดที่มีน้ำมันและไขมันปนเปื้อน

ทั้งนี้ ยังสามารถใช้ระบบบำบัดน้ำเสียทางเคมีร่วมกับการบำบัดทางชีวภาพได้ โดยแยกน้ำเสียที่ปนเปื้อนหมึกพิมพ์ไปบำบัดเบื้องต้นด้วยระบบทางเคมี แล้วจึงส่งต่อมายังระบบบำบัดทางชีวภาพร่วมกับน้ำเสียจากกิจกรรมอื่นๆ ได้ แสดงดังรูปที่ ๔-๖



<u>รูปที่ ๔-๖</u> ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบำบัดทางเคมีร่วมกับชีวภาพ

๔.๓ การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

ในการศึกษานี้ได้ทำการประเมินระบบบำบัดน้ำเสีย โดยแบ่งเป็น ๒ แบบ ได้แก่ (รายการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสียแสดงดังภาคผนวก ข.)

- แบบที่ ๑: ระบบบำบัดทางเคมี
- แบบที่ ๒: ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป

๔.๔ การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย

๔.๔.๑ เทคนิคการบำบัดน้ำเสีย

การพิจารณาเลือกใช้ชนิดและปริมาณของสารเคมีสร้างตะกอน (Coagulant) และสารช่วยรวมตะกอน (Flocculants) ที่เหมาะสมนั้นมีความสำคัญ ซึ่งจะช่วยไม่ให้เติมสารเคมีในปริมาณที่มากเกินไป และทำให้เกิดตะกอนน้อยที่สุด เพื่อมิให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีและค่าบริการในการนำกากตะกอนไปกำจัด โดยปริมาณสารเคมีที่เติมและสภาวะที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของหมึกพิมพ์หรือสารแขวนลอยในน้ำเสีย จึงต้องทำการทดสอบการตกตะกอนด้วยวิธีจาร์เทสต์ (Jar Test) เพื่อหาอัตราส่วนการเติมปริมาณสารเคมีบำบัดน้ำที่เหมาะสมกับความสกปรกของน้ำเสียที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการก่อน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสามารถปรับความเร็วรอบได้ ส่วนมากมักมีใบพัดกวนน้ำ ๖ ใบ (รูปที่ ๔-๗) ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้งจะเลือกชนิดของสารสร้างตะกอนและกำหนดสภาวะต่างๆ ได้แก่ ปริมาตรน้ำตัวอย่าง ความเร็วรอบ ระยะเวลาการกวนน้ำและระยะเวลาในการตกตะกอนไว้ค่าหนึ่ง จึงทำการทดลองโดยแปรเปลี่ยนเป็นปริมาณสารสร้างตะกอน ส่วนค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) อาจแปรเปลี่ยนหรือคงที่ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ จากนั้นจะได้ค่าปริมาณและชนิดของสารสร้างตะกอนและค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเกิดการสร้างตะกอน โดยในการทดลองควรทำหลายๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

<u>รูปที่ ๔-๗</u> ทดสอบการตกตะกอนด้วยวิธี Jar Test

<u>ตัวอย่างวิธีการทดลอง Chemical Coagulation and Flocculation</u>

ขั้นตอนที่ ๑: การหาปริมาณ Coagulant (สารส้ม)

๑. เก็บตัวอย่างน้ำมาประมาณ ๑๕ ลิตร สังเกตลักษณะของน้ำ พร้อมทั้งวัด pH และความขุ่น

๒. เติมน้ำตัวอย่างลงไปในบีกเกอร์ประมาณ ๑,๐๐๐ มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายสารส้ม (Coagulant) ๑๐ กรัมต่อลิตร ลงในบีกเกอร์ ๕ มิลลิลิตร ทำการกวนด้วยความเร็วเต็มที่ประมาณ ๑ นาที แล้วกวนด้วยความเร็ว ๓๐ - ๔๐ รอบต่อนาที ประมาณ ๓ นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ สังเกตดูว่ามีตะกอนเกิดขึ้นหรือไม่

๓. ถ้าไม่มีตะกอนเกิดขึ้นให้เติมสารละลายสารส้มลงไปอีก ๒ มิลลิลิตร แล้วทำการทดลองเช่นข้อ ๒. สังเกตดูว่ามีตะกอนเกิดขึ้นหรือไม่ แล้วทำซ้ำจนกระทั่งเห็นตะกอนเกิดขึ้น

๔. นำปริมาณสารละลายสารส้มที่เหมาะสมไปทำการหา pH ที่เหมาะสมต่อไป

ขั้นตอนที่ ๒: การหา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอน

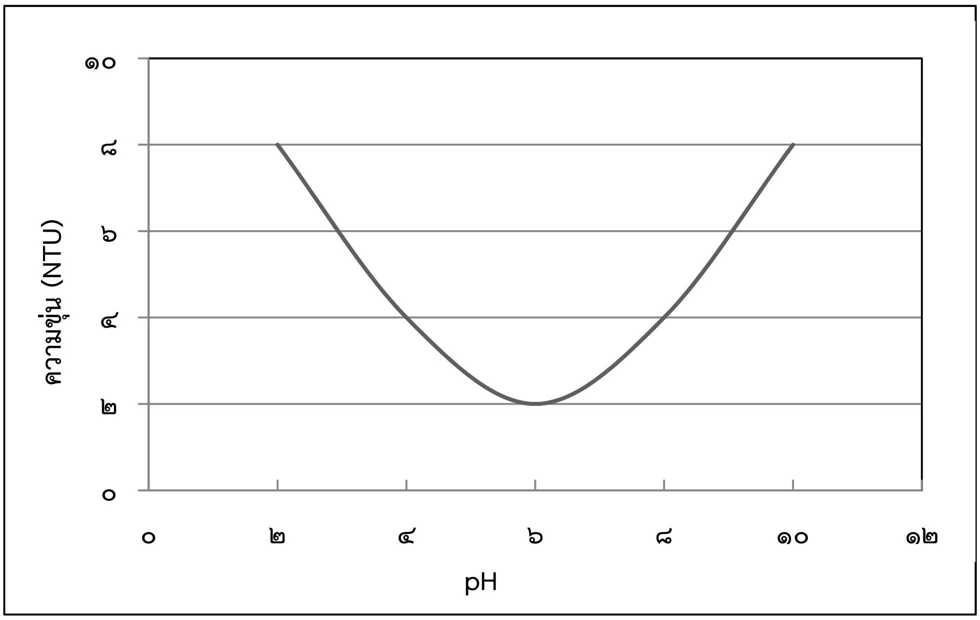
๑. เติมน้ำตัวอย่างลงไปในบีกเกอร์ ๕ ใบ ใบละประมาณ ๑,๐๐๐ มิลลิลิตร

๒. ปรับ pH ของน้ำตัวอย่างในแต่ละบีกเกอร์ให้ได้ ๔, ๕, ๖, ๗ และ ๘ ตามลำดับ

๓. เติมสารละลายสารส้มที่ได้จากการทดลองตอนที่ ๑ ลงไปในแต่ละบีกเกอร์ในปริมาณเท่ากัน

๔. ทำการกวนด้วยความเร็วเต็มที่เป็นเวลา ๑ นาที จากนั้นทำการกวนที่ความเร็ว ๓๐-๔๐ รอบต่อนาทีประมาณ ๑๕ นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ ๑๕ นาที

๕. วัดค่าความขุ่นของสารละลายใสที่ส่วนบนของแต่ละบีกเกอร์ แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความขุ่นกับ pH แล้วทำการหา pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอน (รูปที่ ๔-๘)



<u>รูปที่ ๔-๘</u> กราฟเปรียบเทียบความขุ่นกับ pH เพื่อหาค่า pH ที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ ๓: การหาปริมาณ Coagulant ที่เหมาะสม

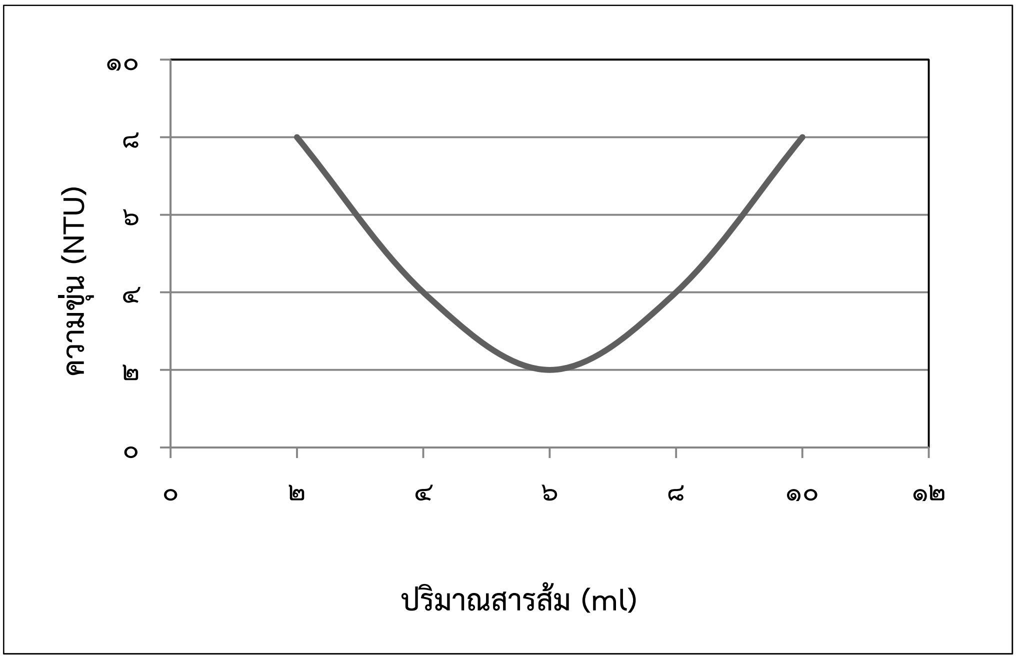
๑. เติมน้ำตัวอย่างลงไปในบีกเกอร์ ๕ ใบ ใบละประมาณ ๑,๐๐๐ มิลลิลิตร

๒. ปรับ pH ของน้ำตัวอย่างให้มีค่าเท่ากับ pH ที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองตอนที่ ๒

๓. เติมสารละลายสารส้มความเข้มข้น ๑๐ กรัมต่อลิตร ลงในแต่ละบีกเกอร์ที่ปริมาณแตกต่างกัน ๔, ๖, ๘, ๑๐ และ ๑๒ มิลลิลิตร

๔. ทำการกวนด้วยความเร็วเต็มที่เป็นเวลา ๑ นาที จากนั้นทำการกวนที่ความเร็ว ๓๐ - ๔๐ รอบต่อนาที ประมาณ ๑๕ นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ ๑๕ นาที

๕. วัดค่าความขุ่นของสารละลายใสที่ส่วนบนของแต่ละบีกเกอร์ แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างความขุ่นกับปริมาตรของสารละลายสารส้ม แล้วทำการหาปริมาณของสารละลายสารส้มที่เหมาะสมในการตกตะกอน (รูปที่ ๔-๙)



รูปที่ ๔-๙ กราฟเปรียบเทียบความขุ่นกับปริมาณสารส้ม เพื่อหาค่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ ๔: การวิเคราะห์ข้อมูล

๑. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ และค่าความขุ่นที่วัดได้

๒. วิเคราะห์ปริมาณสารโคแอกกูแลนท์ที่เหมาะสมในการก่อตะกอนจากกราฟ

สำหรับการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุด คือ เชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียที่จะช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย โดยในระบบตะกอนเร่ง (AS) นั้น ใช้เชื้อแบคทีเรียชนิดที่ต้องการอากาศ ดังนั้น การดูแลให้ระบบการเติมอากาศทำงานได้อย่างสมบูรณ์เป็นสิ่งสำคัญ เพื่อทำให้ออกซิเจนละลายที่ละลายอยู่ในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) มีปริมาณเพียงพอต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์และทั่วถึงทั้งบ่อเติมอากาศ โดยถ้า DO ในน้ำสูงกว่า ๐.๕ มิลลิกรัม / ลิตร ถือว่าระบบเติมอากาศเพียงพอ แต่หาก DO สูงเกิน ๑ - ๒ มิลลิกรัม / ลิตร แสดงว่าระบบเติมอากาศใหญ่เกินไป ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน นอกจากนี้ การบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพนั้นต้องมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่น้ำเสียอยู่ในบ่อบำบัด การหมุนเวียนตะกอนจากก้นถังตกตะกอนมายังถังเติมอากาศ โดยอาศัยระบบระบายและหมุนเวียนตะกอนจุลินทรีย์จึงมีความสำคัญเช่นกัน เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ภายในบ่อเติมอากาศตามที่ได้ออกแบบไว้ให้คงที่ ผู้รับผิดชอบควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียจึงควรตรวจสอบสภาพความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์เครื่องจักรที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา

๔.๔.๒ การเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสีย

การเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสียทางเคมีโดยวิธีการสร้างและรวมตะกอน (Coagulation and Flocculation) ใช้เวลาไม่มากนัก ขึ้นอยู่กับรูปแบบและลักษณะของการออกแบบแต่ละหน่วยย่อย อุปกรณ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้ตลอดจนระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา โดยก่อนเริ่มเดินระบบควรทดสอบในภาคสนาม โดยใช้น้ำสะอาดเพื่อตรวจสอบเส้นทางการไหลของน้ำ ระดับน้ำ รวมทั้งทดสอบการทำงานของเครื่องจักร เครื่องสูบน้ำ เครื่องกวนเร็ว กวนช้าและเครื่องป้อนสารเคมี

การเริ่มเดินระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ ก่อนเริ่มเดินระบบควรทดสอบระบบท่อ และการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในภาคสนามเช่นกัน และการบำบัดทางชีวภาพนั้นต้องเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเดินระบบ โดยสามารถทำได้ ๓ วิธี ดังนี้

๑) นำเชื้อจากถังตกตะกอนของระบบ AS จากแห่งอื่นที่อยู่ในอุตสาหกรรมเดียวกันหรือมีลักษณะน้ำเสียใกล้เคียงกัน มาเป็นหัวเชื้อใส่ในถังเติมอากาศให้มีปริมาณเพียงพอกับที่ได้ออกแบบไว้

๒) นำเชื้อจากถังตกตะกอนของระบบ AS จากแห่งอื่นที่อยู่ในอุตสาหกรรมเดียวกันหรือมีลักษณะน้ำเสียใกล้เคียงกัน มาเป็นหัวเชื้อใส่ในถังเติมอากาศจำนวนหนึ่งแล้วเติมมูลสัตว์ และใช้เวลาในการเลี้ยง เพื่อเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ให้เพียงพอกับที่ได้ออกแบบไว้

๓) ใช้มูลสัตว์เป็นหัวเชื้ออย่างเดียวใส่ในถังเติมอากาศ ซึ่งต้องใช้เวลามากกว่าทั้งสองวิธีด้านบน

ทั้งนี้ เมื่อเดินเครื่องเติมอากาศได้ ๓ วัน จึงเริ่มปล่อยน้ำเสียวันละประมาณร้อยละ ๕ ของน้ำเสียที่จะบำบัด ทั้งนี้ต้องคำนวณปริมาณค่าบีโอดีในน้ำเสียด้วยเพื่อการปรับปรุงการบำบัดให้มีประสิทธิภาพต่อไป และในระหว่างเริ่มเดินระบบและยังไม่สามารถรับน้ำเสียได้เต็มที่จึงไม่ต้องระบายสลัดจ์ทิ้ง แต่เพื่อการควบคุมการทำงานแบบต่อเนื่อง ต้องเดินเครื่องสูบสลัดจ์กลับเข้าสู่ถังเติมอากาศ

๔.๔.๓ การควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

๑) การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางเคมีโดยวิธีการสร้างและรวมตะกอน ควรควบคุมให้อยู่ในสภาวะที่ได้ออกแบบไว้ทั้งค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ความเร็วรอบ และระยะเวลากวนน้ำ (ทั้งกวนเร็วและกวนช้า) ตามที่ได้ออกแบบไว้

๒) ในการควบคุมการทำงานของระบบตะกอนเร่ง (AS) ด้วยพารามิเตอร์ "เวลากักตะกอน (Solid Retention Time: SRT)" นั้นเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ต่างๆ ของระบบ AS ทุกตัว เช่น MLSS ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย อัตราการระบายตะกอนทิ้ง อัตราการหมุนเวียนตะกอน อัตราความต้องการออกซิเจน เป็นต้น โดยปกติระบบ AS ไม่ควรมี SRT น้อยกว่า ๕ วัน และระบบ AS ที่สามารถควบคุม SRT ได้พอเพียงและคงที่จะเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูง

เวลากักตะกอน (SRT) หมายถึง เวลาที่เชื้อจุลินทรีย์ถูกเก็บอยู่ในระบบ AS สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ ดังนี้

$$\text{SRT} = \frac{\text{ปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเติมอากาศ (ปริมาตร)}}{\text{อัตราการระบายตะกอนจุลินทรีย์ทิ้งออกจากระบบ (ปริมาตร / วัน)}}$$

นอกจากนี้ ควรหาค่าดัชนีปริมาตรสลัดจ์ (Sludge Volume Index: SVI) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดการตกตะกอนในระบบเอเอส โดยคำนวณได้จากอัตราส่วนของปริมาตรสลัดจ์ ที่ตกตะกอนจากตัวอย่าง ๑,๐๐๐ มิลลิลิตร ในเวลา ๓๐ นาที หารด้วยความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยหรือตะกอน

$$\text{ดัชนีปริมาตรสลัดจ์ (SVI)} = \frac{\text{ปริมาตรสลัดจ์ที่ตกตะกอนใน ๓๐ นาที (มิลลิลิตร)}}{\text{ความเข้มข้นของตะกอน (กรัม/ลิตร)}}$$

SVI < ๒๐๐ ให้ค่าการตกตะกอนที่ดี

SVI > ๒๐๐ ให้ค่าการตกตะกอนที่ไม่ดี เกิดการลอยตัวของตะกอน bulking

๓) การควบคุมดูแลถังตกตะกอน โดยสลัดจ์จากถังเติมอากาศจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอน เพื่อแยกสลัดจ์ซึ่งเป็นของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้ว จุลชีพสามารถตกตะกอนได้เองตามแรงดึงดูดของโลกหรืออาจรวมตัวกันเป็นชั้นสลัดจ์ และมีการแบ่งชั้นของสลัดจ์และน้ำใส เมื่อสลัดจ์สะสมมากจะทำให้ชั้นของตะกอนจุลินทรีย์สูงขึ้นและอาจหลุดไปกับน้ำทิ้ง ดังนั้น จึงต้องสูบสลัดจ์กลับเข้าถังเติมอากาศ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบ ทั้งนี้ การกำหนดความลึกของชั้นสลัดจ์ขึ้นอยู่กับการกำหนดปริมาณสัดส่วนของสลัดจ์ที่ปล่อยให้เกิดการสะสมในถังตกตะกอน เช่น กำหนดให้เกิดสะสมได้ไม่เกิน ๑ ใน ๓ ของขนาดความจุของถังตกตะกอน เป็นต้น จากค่าปริมาณสะสมสลัดจ์สามารถคำนวณเป็นระดับความสูงจากก้นถังตกตะกอนได้ ขึ้นอยู่กับรูปแบบลักษณะโครงสร้างของถังตกตะกอน ดังนั้น ในการควบคุมดูแลอาจจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดระดับความลึกของชั้นสลัดจ์ และกำหนดเวลาในการเดินเครื่องสูบสลัดจ์ที่เหมาะสม

๔.๔.๔ ปัญหาที่พบในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย และแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้กับระบบบำบัดทางเคมี คือ การเปลี่ยนแปลงของสภาวะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด ทำให้การบำบัดไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ควรออกแบบบ่อรวบรวมน้ำเสียเพื่อสามารถรองรับน้ำเสียได้ทั้งหมดและทำหน้าที่เป็นบ่อปรับสมดุล (Equalization) เพื่อลดการแปรปรวนของลักษณะน้ำเสีย หรืออาจใช้การทำการทดลอง Jar Test เพื่อหาสภาวะการบำบัดที่เหมาะสมกับน้ำเสียแต่ละรอบที่จะบำบัด

ปัญหาที่มักเกิดในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AS และแนวทางการแก้ไข ดังนี้

๔.๔.๔.๑ ปัญหาเกี่ยวกับการตกตะกอน

๑) โรคจมตัวไม่ลงของสลัดจ์ (Sludge Bulking)

ปัญหานี้คือ ตะกอนจะจมตัวช้ามาก เนื่องจากเกิดแบคทีเรียแบบเส้นใยในถังเติมอากาศ การป้องกันทำได้โดยควบคุม pH ไม่ให้น้อยกว่า ๖ และควบคุมไม่ให้ปริมาณน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียมากเกินความสามารถในการรองรับของระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้ออกแบบไว้ สำหรับวิธีการแก้ไขปัญหา คือ ปิดเครื่องเติมอากาศเพื่อให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่อาจทำลายแบคทีเรียแบบเส้นใยได้ แต่หากไม่ได้ผลให้เติมคลอรีนเข้าที่ท่อหมุนเวียนตะกอนประมาณ ๑๐ – ๒๐ มิลลิกรัม / ลิตร เป็นเวลาหลายวัน แต่ไม่ควรเติมคลอรีนมากเกินไปเพราะจะเกิดอันตรายต่อแบคทีเรียชนิดอื่นด้วย แต่ถ้ายังไม่ได้ผลอีก ควรสูบตะกอนทิ้งทั้งหมดและเริ่มเลี้ยงใหม่

๒) การลอยตัวของตะกอนปิดผิวน้ำในถังตกตะกอน

ปัญหาการลอยตัวของตะกอนปิดผิวน้ำในถังตกตะกอนมักเกิดกับน้ำเสียที่มีไนโตรเจนสูง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) ขึ้นที่ก้นถังตกตะกอนทำให้เกิดฟองแก๊สไนโตรเจนดันให้ตะกอนยกตัวขึ้น การแก้ไขทำได้โดยลดเวลากักตะกอน (SRT) ลงโดยทิ้งตะกอนเพิ่มขึ้น

๓) น้ำขุ่นในถังตกตะกอน

ปัญหาน้ำขุ่นในถังตกตะกอนเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ยังเจริญเติบโตไม่เพียงพอ ไม่จับตัวกันเป็นฟล้อคจึงแขวนลอยอยู่ในน้ำ สาเหตุของปัญหานี้มีหลากหลาย เช่น เวลากักตะกอน (SRT) น้อย เริ่มเลี้ยงเชื้อใหม่ๆ ค่า pH ต่ำเกินไป ขาดแร่ธาตุบางอย่าง การกวนน้ำในถังเติมอากาศแรงเกินไป เป็นต้น การแก้ไขทำได้โดยเพิ่ม SRT ให้สูงกว่า ๕ วัน และพยายามควบคุมสภาวะการบำบัดให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

๔.๔.๔.๒ ปัญหาฟองในถังเติมอากาศ

การเกิดฟองในถังเติมอากาศมีได้ ๒ ลักษณะ ดังนี้

๑) ฟองสีขาว

การเกิดฟองสีขาวในถังเติมอากาศมักเกิดขึ้นกับระบบ AS ที่เพิ่งเริ่มเดินเครื่อง เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งหลังจากเดินเครื่องไปนานพอสมควร ฟองจะมีน้อยลงจนไม่เป็นปัญหาอีกต่อไป แต่ถ้าหากฟองเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากและเกิดตลอดเวลา แสดงว่าระบบบำบัดน้ำเสียมี

ประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งอาจแก้ไขโดยการเพิ่ม SRT ซึ่งได้ผลกว่าการแก้ไขโดยวิธีทางกายภาพหรือเคมี เช่น ฉีดน้ำ เติมสารห้ามฟอง เป็นต้น

๒) ฟองสีน้ำตาลที่เหนียว ข้นและสกปรก

การเกิดฟองสีน้ำตาลที่เหนียว ข้นและสกปรก มักเกิดกับน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อน โดยเมื่อควบคุมให้ระบบ AS มี SRT ที่สูงจะทำให้ฟังไจ (Fungi) เจริญเติบโตได้ดี ซึ่งฟังไจจะปล่อยสารอินทรีย์บางอย่างที่ทำให้เกิดฟอง การแก้ไขทำได้โดยระบายตะกอนทิ้งเพิ่มขึ้น เพื่อลด SRT ลงให้ไม่เกิน ๕ วัน

๔.๔.๔.๓ ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำ

ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AS ต่ำ อาจมีได้หลายสาเหตุ เช่น ออกแบบระบบเล็กเกินไป การควบคุมระบบไม่ดี เป็นต้น การแก้ไขทำได้โดยตรวจดูว่าระบบบำบัดน้ำเสียมีความสามารถในการรองรับเพียงพอหรือไม่ การควบคุมระบบเป็นไปอย่างเหมาะสมหรือไม่

๔.๔.๔.๔ ค่า pH ในถังเติมอากาศต่ำ

โดยปกติ ถังเติมอากาศมี pH ลดลง เมื่อเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น โดยหากปล่อยให้ pH ต่ำกว่า ๖ เป็นเวลานาน จะทำให้แบคทีเรียเติบโตไม่เต็มที่และเกิดฟังไจ การแก้ไขทำได้โดยลด SRT หรือเติมสารละลายด่าง เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นต้น เพื่อเพิ่ม pH

๔.๔.๔.๕ ระดับ MLSS ในถังเติมอากาศมีระดับต่ำ

หากการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียไม่เหมาะสมหรือมีน้ำเสียเข้าสู่ระบบน้อยกว่าที่ออกแบบไว้ อาจมีโอกาสให้ MLSS มีระดับต่ำ (ต่ำกว่า ๕๐๐ มิลลิกรัม / ลิตร) การแก้ไขทำได้โดยลดขนาดถังเติมอากาศ และลดการระบายตะกอนทิ้งจนเหลืออัตราต่ำที่สุดหรือไม่ระบายเลย

๔.๔.๔.๖ สาหร่ายเกิดขึ้นในถังเติมอากาศและถังตกตะกอน

หาก MLSS มีระดับต่ำมาก สาหร่ายอาจเกิดขึ้นได้ การแก้ไขทำได้โดยเพิ่มระดับ MLSS ดังหัวข้อที่ ๔.๔.๔.๕

๔.๔.๔.๗ สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

การประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ AS สามารถทำได้โดยรักษาระดับ DO ให้มีค่า ๑ - ๒ มิลลิกรัม / ลิตร ถ้า DO สูงกว่า ๒ มิลลิกรัม / ลิตร แสดงว่าระบบเติมอากาศใหญ่เกินไป

บทที่ ๕
ระบบบำบัดมลพิษอากาศที่เหมาะสม

๕.๑ แหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศจากอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

มลพิษอากาศที่เกิดจากอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก สามารถแบ่งได้ตามกิจกรรม ดังนี้

๑) มลพิษอากาศจากการเตรียมพลาสติก

การเตรียมพลาสติกประกอบด้วยกระบวนการบดและผสมพลาสติก ซึ่งมลพิษอากาศหลักที่เกิดขึ้น ได้แก่ ฝุ่นละอองจากผงสีและพลาสติก โดยระบบบำบัดมลพิษอากาศที่สามารถใช้ดักจับฝุ่น เช่น ไซโคลน ระบบถุงกรอง (Bag Filter) เป็นต้น

๒) มลพิษอากาศจากการขึ้นรูปพลาสติก

กระบวนการขึ้นรูปนั้นเป็นการใช้ความร้อนเพื่อหลอมเหลวเม็ดพลาสติกเพื่อให้ง่ายต่อการฉีด และ/หรือ เป่าขึ้นรูป หากการหุ้มฉนวนกันความร้อนไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอหรือไม่ครอบคลุมแหล่งกำเนิดความร้อนทั้งหมด ย่อมมีอากาศร้อนสะสมภายในพื้นที่ทำงาน สำหรับการลดระดับความร้อนสะสมในพื้นที่ทำงาน สามารถใช้ระบบระบายอากาศ (Ventilation) หรือติดตั้งระบบปรับอากาศในพื้นที่ทำงานได้

๓) มลพิษอากาศจากการทำลวดลายโดยการพิมพ์ (Screen Printing)

ในการพิมพ์ขึ้นลวดลายนั้นหากหมึกพิมพ์ที่ใช้เป็นฐานตัวทำละลาย (Solvent Base) ย่อมเกิดไอระเหยของตัวทำละลายสะสมในพื้นที่ทำงานซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพของพนักงานได้ ดังนั้นอาจใช้ระบบบำบัดมลพิษอากาศที่เป็นระบบดูดอากาศและส่งต่อไปยังระบบดูดซับ (Adsorption) เพื่อลดความเข้มข้นของไอระเหยจากตัวทำละลายก่อนระบายออกสู่ภายนอก

๕.๒ ระบบบำบัดมลพิษอากาศสำหรับอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

รายละเอียดของระบบบำบัดมลพิษอากาศแต่ละชนิด มีดังนี้

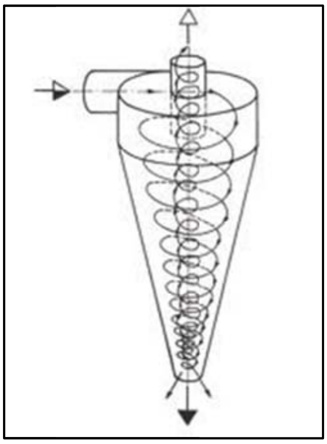
๕.๒.๑ ไซโคลน (Cyclones)

เป็นเครื่องแยกอนุภาคออกจากกระแสก๊าซโดยใช้แรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งเกิดจากการทำให้ก๊าซหมุนวน (Vortex) อนุภาคที่เคลื่อนที่แนวเส้นตรงจะมีแรงเฉื่อย (Inertia) เมื่อก๊าซเปลี่ยนทิศทาง แรงหนีศูนย์กลางจะเหวี่ยงอนุภาคไปยังผนังของไซโคลนและเคลื่อนที่ลงถังพัก โดยอากาศจะเข้าสู่ไซโคลนในแนวสัมผัสด้วยความเร็ว ๒๐ - ๓๐ เมตร / วินาที ใช้ในการดักฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า ๑๐ ไมครอน (μm) จึงมักใช้

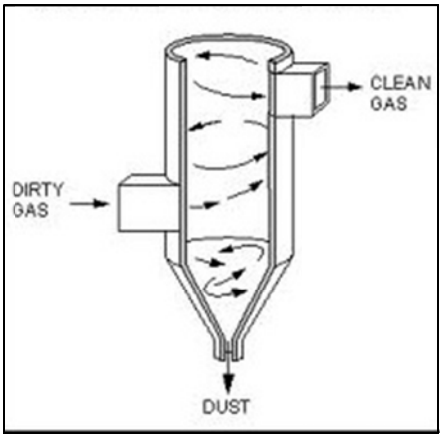
เป็นอุปกรณ์ดักฝุ่นขนาดใหญ่ (Precleaner) ก่อนส่งไปยังอุปกรณ์ดักฝุ่นที่มีประสิทธิภาพสูง ไซโคลนแบ่งได้เป็น ๒ ชนิดใหญ่ๆ ตามวิธีการให้ก๊าซเข้าสู่เครื่อง ดังนี้

๕.๒.๑.๑ ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวสัมผัส (Tangential Entry Cyclone)

ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวสัมผัสมักเป็นไซโคลนขนาดใหญ่ มีทั้งทางเข้าด้านบน (รูปที่ ๕-๑) และทางเข้าด้านล่าง (รูปที่ ๕-๒) โดยไซโคลนที่ใช้ในการดักฝุ่นโดยทั่วไปเป็นชนิดเข้าทางด้านบน สำหรับไซโคลนชนิดเข้าทางด้านล่างมักใช้เก็บฝุ่นละอองที่ปนมากับหยดน้ำหลังจากผ่านสครับเบอร์ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะไซโคลนที่ทางเข้าด้านบน ส่วนประกอบที่สำคัญของไซโคลน ได้แก่ ท่อทางเข้า (Inlet) ตัวไซโคลน (Cyclone Body) ส่วนระบายฝุ่น (Dust Discharge) และท่อทางออก (Outlet)



<u>รูปที่ ๕-๑</u> ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวสัมผัสชนิดทางเข้าด้านบน



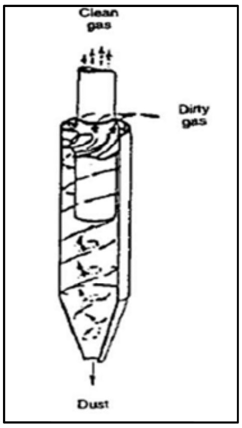
<u>รูปที่ ๕-๒</u> ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวสัมผัสชนิดทางเข้าด้านล่าง

ลักษณะท่อทางเข้าที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ท่อเข้าตามแนวเส้นสัมผัส (Tangential Inlet) สำหรับระบบการถ่ายฝุ่น (Dust Discharge System) ของไซโคลนขนาดใหญ่ ประกอบด้วยด้านล่างของไซโคลนที่เป็นรูปโคน และมีวาล์วสำหรับถ่ายฝุ่นที่เก็บได้ (Solids Discharge Valve) สำหรับอุปกรณ์ที่เดินเครื่องภายใต้ Negative Pressure ต้องใช้วาล์วสำหรับระบายฝุ่นที่มีการ Seal อย่างดี เพื่อป้องกันอากาศรั่วเข้าที่ก้นไซโคลน ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดกระแสวน และสำหรับท่อทางออก (Outlet) เป็นส่วนประกอบสำคัญในการออกแบบไซโคลน โดยการใส่อุปกรณ์ Scroll หรือ Outlet Drum บนท่อทางออก จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานของก๊าซที่หมุนวนทำให้ค่าความดัน (Pressure Drop) ลดลง โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพลดลง

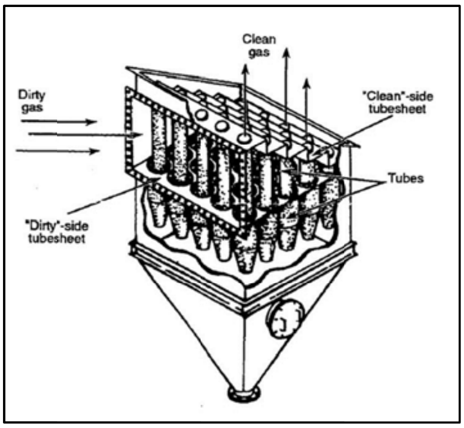
๕.๒.๑.๒ ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวแกน (Axial Entry Cyclone)

ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวแกน (รูปที่ ๕-๓) มักเป็นไซโคลนขนาดเล็ก ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าไซโคลนขนาดใหญ่ เนื่องจากกระแสก๊าซถูกหมุนในกระแสวนขนาดเล็กกว่า ดังนั้น กระแสก๊าซมีค่าความเร็ว (Radical Velocity) สูงในไซโคลนขนาดเล็ก ไซโคลนชนิดนี้มีทางก๊าซเข้าและออกในแนวแกนของไซโคลน กระแสก๊าซไหลเข้าสู่ไซโคลนโดยผ่านแผ่น Vane ทำให้เกิดการหมุนวนของกระแสวนด้านนอก (Outer Vortex) ซึ่งเคลื่อนลงไปยังส่วนปลายโคน แล้วก๊าซหมุนกลับเป็นกระแสวนด้านใน (Inner

Vortex) และเคลื่อนที่ผ่านท่อออกด้านบน โดยทั่วไปใช้ไซโคลนขนาดเล็กชนิดนี้หลายตัวมาต่อขนานกันเป็นมัลติไซโคลน (Multicyclones) เพื่อรองรับกระแสก๊าซที่มีอัตราการไหลสูง (รูปที่ ๕-๔)



<u>รูปที่ ๕-๓</u> ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวแกน



<u>รูปที่ ๕-๔</u> มัลติไซโคลน (Multicyclones)

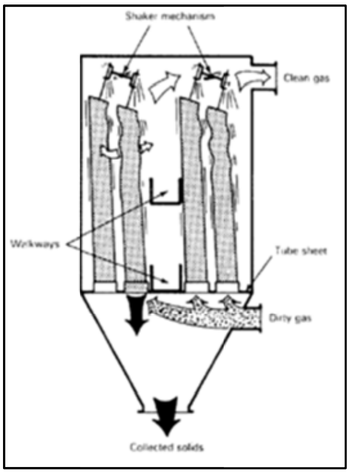
๕.๒.๒ ระบบถุงกรอง (Bag Filter)

ระบบถุงกรอง (Bag Filter) ใช้แยกอนุภาคออกจากกระแสก๊าซโดยใช้กลไกการสกัดกั้น การกระทบ การแพร่ การลอดผ่าน (Sieving) ซึ่งจะกั้นอนุภาคไว้บนช่องว่างของโครงสร้างที่เป็นรูพรุนของถุงกรอง ขณะที่การกรองดำเนินไป ฝุ่นจะเกาะผ้ากรองเพิ่มขึ้นทำให้เกิดแรงดันลด (Pressure Drop) สูงขึ้นจนถึงเวลาที่ตั้งไว้ แล้วทำความสะอาดถุงกรองเพื่อให้ฝุ่นที่เกาะตามผิวผ้ากรองตกลงสู่เบื้องล่าง (Hopper) ประสิทธิภาพของระบบถุงกรองขึ้นกับชนิดของผ้ากรอง การบำรุงรักษา และการใช้งานที่ถูกต้อง หากการบำรุงหรือดูแลรักษาเป็นไปอย่างสม่ำเสมอจะทำให้ระบบถุงกรองมีประสิทธิภาพอย่างน้อยร้อยละ ๙๙ ขึ้นไป ฝุ่นยิ่งมีขนาดเล็ก ต้องให้อากาศผ่านผ้ากรองด้วยความเร็วลมต่ำ ดังนั้น หากกรองฝุ่นละเอียด ความสามารถในการรับอากาศเสียจะมีอัตราปริมาตรต่อหน่วยเวลา (เช่น ลูกบาศก์เมตรต่อนาที) จะลดลง กระแสก๊าซที่จะใช้กรองด้วยระบบนี้ได้ต้องเป็นก๊าซแห้งถ้ามีความชื้นปนความชื้นนั้นต้องมีสภาพเป็นไอ

การแบ่งแยกประเภทของระบบถุงกรอง มักจะแบ่งตามวิธีหรือความถี่ในการทำให้ฝุ่นละอองตกจากผ้ากรอง สามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

๕.๒.๒.๑ ถุงกรองแบบเขย่า (Shaker Bag Filter)

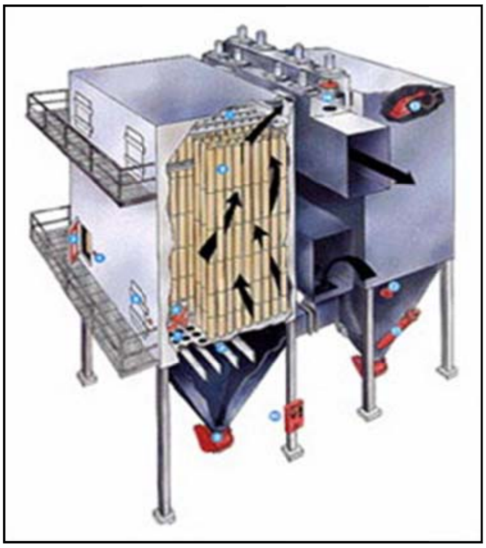
ถุงกรองแบบเขย่า (Shaker Bag Filter) แสดงดังรูปที่ ๕-๕ ใช้มอเตอร์พร้อมลูกเบี้ยวเป็นอุปกรณ์ทำให้ชุดถุงผ้าที่แขวนไว้สั่นเขย่าตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ ระบบกรองจะอยู่ในห้องหลายชุด (Compartments) แต่ละห้องสามารถปิดวาล์วผีเสื้อให้กระแสก๊าซหยุดไหลผ่านเพื่อทำการสั่นเขย่าให้ฝุ่นตกจากถุงผ้า ระบบสั่นเขย่าทำให้เกิดแรงดันที่ถุง จึงต้องใช้ถุงที่หนาและแข็งแรงเพื่อป้องกันการฉีกขาด



<u>รูปที่ ๕-๕</u> ถุงกรองแบบเขย่า (Shaker Bag Filter)

๕.๒.๒.๒ ถุงกรองแบบอากาศไหลย้อนกลับ (Reverse-Air Bag Filter)

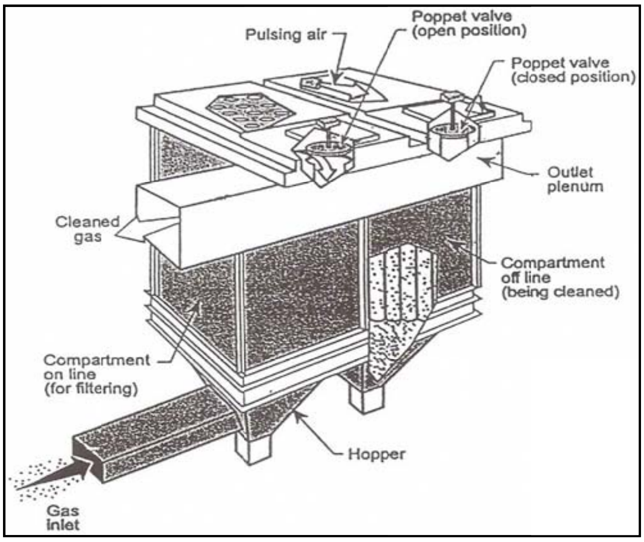
ถุงกรองแบบอากาศไหลย้อนกลับ (Reverse-Air Bag Filter) แสดงดังรูปที่ ๕-๖ ต้องปิดวาล์วไม่ให้กระแสก๊าซผ่านห้องแล้วอัดลมด้วยพัดลมขนาดเล็กในทิศทางสวนกัน เพื่อให้ฝุ่นตกลงจากถุง ในบางครั้งอาจใช้แรงดันของห้องกรองที่แตกต่างกันในการไล่ฝุ่นให้ตกจากถุง วิธีนี้สามารถใช้กับถุงที่ฉีกขาดง่าย เช่น ผ้าทอจากใยแก้ว เป็นต้น



<u>รูปที่ ๕-๖</u> ถุงกรองแบบอากาศไหลย้อนกลับ (Reverse-Air Bag Filter)

๕.๒.๒.๓ ถุงกรองแบบคลื่นลมอัด (Pulse-Jet Bag Filter)

ถุงกรองแบบคลื่นลมอัด (Pulse-Jet Bag Filter) แสดงดังรูปที่ ๕-๗ เรียกชื่อตามวิธีการทำความสะอาดถุงกรอง ก๊าซจะไหลเข้าถังและฝุ่นจะสะสมที่ผิวด้านนอกถุง และก๊าซจะไหลขึ้นด้านบนและระบายออก ฝุ่นที่เกาะจะต้องเอาออกเป็นระยะ เพื่อไม่ให้เกิดความต้านทานการไหลของก๊าซ การทำความสะอาดจะอัดอากาศแรงดันสูง (๔๑๔ - ๖๒๐ kPa หรือ ๖๐ - ๙๐ psi) เป่าถุงกรองเพื่อให้เกิดคลื่นบนถุงกรองดันฝุ่นให้หลุดออกจากผ้าลงสู่ถังพัก (Hopper) โดยทั่วไประบบกรองฝุ่นที่ใช้คลื่นลมอัดถุงจะไม่สร้างห้องกรองโดยแบ่งออกเป็นห้องเล็กๆ หลายห้องเหมือนระบบกรองแบบสั่นเขย่าแต่จะใช้วิธีอัดลมเข้าถุงทีละแถวสลับกันไป โดยวิธีนี้ถุงกรองสามารถรับปริมาณอากาศเสียได้สูง และสัดส่วนระบบทั้งหมดจะเล็กลง



<u>รูปที่ ๕-๗</u> ถุงกรองแบบคลื่นลมอัด (Pulse-Jet Bag Filter)

การเลือกชนิดผ้ากรองที่จะใช้ในระบบ ต้องคำนึงถึงส่วนประกอบทางเคมีของกระแสก๊าซ ปริมาณฝุ่นละอองในกระแสก๊าซ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมลสารในกระแสก๊าซ และอุณหภูมิใช้งาน โดยคุณลักษณะของถุงกรองชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ ๕-๑ และการเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของถุงกรองแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ ๕-๒

ตารางที่ ๕-๑ คุณลักษณะของถุงกรองชนิดต่างๆ

ชื่อ	ชื่อทางการค้า	อุณหภูมิสูงสุด (^{o}C)		ความต้านทานกรด	ความต้านทานการกัดกร่อนและการโค้งงอ (Flex)
		อย่างต่อเนื่อง	สูงสุด		
ใยธรรมชาติ / เซลลูโลส	Cotton	๘๒	๑๐๗	แย่	ดี
โพลีโอเลฟิน (Polyolefin)	Polyolefin	๘๘	๙๓	ดี - ดีมาก	ดีมาก
โพลีโพรพิลีน (Polypropylene)	Polypropylene	๙๓	๑๐๗	ดีมาก	ดีมาก
โพลีเอไมด์ (Polyamide)	Nylon	๙๓	๑๐๗	ดีมาก	ดีมาก
อะคริลิค (Acrylic)	Orlon	๑๑๕	๑๒๗	ดี	ดี
โพลีเอสเตอร์ (Polyester)	Dacron	๑๓๕	๑๖๓	ดี	ดีมาก
อะโรมาติก โพลีเอไมด์ (Aromatic Polyamide)	Nomex	๒๐๔	๒๑๘	พอใช้	ดีมาก
โพลีฟีนิลลีน ซัลไฟด์ (Polyphenylene Sulfide)	Ryton	๒๐๔	๒๑๘	ดี	ดีมาก
โพลีไอไมด์ (Polyimide)	P-๘๔	๒๐๔	๒๑๘	ดี	ดีมาก
ใยแก้ว (Fiberglass)	Fiberglass	๒๖๐	๒๘๘	พอใช้	พอใช้
ฟลูออโรคาร์บอน (Fluorocarbon)	Teflon	๒๐๔	๒๖๐	ดีมาก	พอใช้
สแตนเลส สตีล (Stainless Steel)	Stainless Steel	๔๐๐	๔๘๒	ดี	ดีมาก
เซรามิค (Ceramic)	Nextel	๗๐๔	๗๖๐	ดี	พอใช้

ที่มา: ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ๒๕๔๗.

ตารางที่ ๕-๒ ข้อดีและข้อด้อยของถุงกรองแต่ละชนิด

ชนิดของถุงกรอง	ข้อดี	ข้อด้อย
ถุงกรองแบบเขย่า (Shaker Bag Filter)	▪ ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นที่มีอนุภาคขนาดเล็กที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (Respirable Dust) สูง ▪ สามารถใช้ผ้ากรองที่ทอแบบแข็งแรง (Strong Woven Fabric) ได้ ▪ ควบคุมการทำงานง่าย ▪ เกิดความดันลด (Pressure Drop) ต่ำ	▪ อัตราส่วนของปริมาณอากาศต่อพื้นที่ผ้ากรอง หรือเรียกว่าความเร็วในการกรอง (A/C) ต่ำ (ประมาณ ๑.๕ - ๒ ฟุต / นาที) ▪ ไม่สามารถใช้ที่อุณหภูมิสูงได้ ▪ ต้องการพื้นที่มาก ▪ ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ได้มาก (Moving Parts) และต้องการการบำรุงรักษามาก ▪ ต้องให้บุคลากรเข้าไปเปลี่ยนถุงกรองภายในซึ่งเสี่ยงต่อการได้รับฝุ่นละอองที่เป็นพิษ ▪ ประสิทธิภาพการทำความสะอาดถุงกรองจะลดลง หากมีความดันบวก (Positive Pressure) เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยภายในถุงกรอง
ถุงกรองแบบอากาศไหลย้อนกลับ (Reverse-Air Bag Filter)	▪ ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นที่มีอนุภาคขนาดเล็กที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (Respirable Dust) สูง ▪ สามารถใช้ได้ที่อุณหภูมิสูง ▪ เกิดความดันลด (Pressure Drop) ต่ำ	▪ อัตราส่วนของปริมาณอากาศต่อพื้นที่ผ้ากรอง หรือเรียกว่าความเร็วในการกรอง (A/C) ต่ำ (ประมาณ ๑.๕ - ๒ ฟุต / นาที) ▪ ต้องการการทำความสะอาดบ่อย ▪ ไม่มีวิธีการทำความสะอาดถุงกรองที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากลักษณะการทำงานของวิธีการทำสะอาดของวิธีนี้เป็นไปแบบนุ่มนวล ▪ ลมที่ใช้ทำความสะอาดถุงกรองต้องผ่านการกรองก่อน ▪ ต้องให้บุคลากรเข้าไปเปลี่ยนถุงกรองภายใน ซึ่งเสี่ยงต่อการได้รับฝุ่นละอองที่เป็นพิษ

ตารางที่ ๕-๒ (ต่อ)

ชนิดของถุงกรอง	ข้อดี	ข้อด้อย
ถุงกรองแบบคลื่นลมอัด (Pulse-Jet Bag Filter)	▪ ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นที่มีอนุภาคขนาดเล็กที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (Respirable Dust) สูง ▪ มีอัตราส่วนของปริมาณอากาศต่อพื้นที่ผ้ากรอง หรือเรียกว่าความเร็วในการกรอง (A/C) สูง (ประมาณ ๖ - ๑๐ ฟุต / นาที) ▪ ประสิทธิภาพการทำความสะอาดถุงกรองสูง เนื่องจากลักษณะการทำงานของวิธีการทำสะอาดของวิธีนี้ใช้อากาศอัดด้วยความดันสูง ▪ สามารถทำความสะอาดถุงกรองได้อย่างต่อเนื่อง ▪ สามารถใช้ผ้ากรองที่ทอแบบแข็งแรง (Strong Woven Fabric) ได้ ▪ มีขนาดเล็กและใช้จำนวนหน่วยถุงกรองไม่มากนัก เนื่องจากมีความเร็วในการกรอง (A/C) สูง ▪ บางเครื่องได้ออกแบบไว้ให้สามารถเปลี่ยนถุงกรองได้โดยไม่จำเป็นต้องให้บุคลากรเข้าไปภายใน ▪ เกิดความดันลด (Pressure Drop) ต่ำ	▪ ต้องใช้ลมอัด (Compressed Air) ที่แห้ง ▪ อาจไม่สามารถใช้ที่อุณหภูมิสูงได้ ยกเว้นจะใช้ผ้ากรองชนิดสามารถใช้ที่อุณหภูมิสูงได้ ▪ ไม่สามารถใช้ในกรณีที่อากาศมีสัดส่วนความชื้นสูง

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Baghouse

ถุงกรองจะต้องมีการบำรุงรักษา โดยดำเนินการดังนี้

๑. ควรมีการบำรุงรักษาถุงกรองเป็นระยะเวลาตามที่ผู้ผลิตกำหนด

๒. ถุงกรองทั่วไปมีอายุเฉลี่ย ๒ - ๕ ปี แต่ในการทำงานจริงอาจขึ้นกับหลายปัจจัยด้วยกัน ซึ่งจะรู้ได้หลังจากใช้งานไประยะหนึ่ง

๓. หากถุงกรองแตกก่อนกำหนด ให้มองปัญหาที่เกิดจากการติดตั้งไม่ถูกต้องหรือมีความดันลด (Pressure Drop) สูงผิดปกติ เช่น ฝุ่นอุดตันถุงมากเพราะระบบทำความสะอาดถุงผิดปกติ ถุงเสียดสีกันเพราะยึดไว้ไม่แน่น หรือไปเสียดสีกับสิ่งอื่น

ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับถุงกรอง มีดังนี้

๑. ความดันลดสูงขึ้น เนื่องจากถุงกรองอุดตันหรือเปียก สามารถแก้ปัญหาได้โดยการทำความสะอาดของถุง เช่น การเขย่าหรือการเป่าตามแต่ประเภทของถุงกรอง และลดความชื้นในระบบลง เช่น การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศที่เข้าถุงกรองให้สูงกว่าจุดน้ำค้าง (Dew Point)

๒. ความดันลดต่ำลง เนื่องจากถุงรั่ว หรือตั้งให้ทำความสะอาดถี่เกินไป ซึ่งไม่ใช่เรื่องดี เนื่องจากถุงกรองจะทำงานได้ตามที่กำหนด ต้องมีฝุ่นติดค้างอยู่บ้างเพื่อเป็นตัวช่วยกรอง

๓. ความดันลดต่ำลง เนื่องจากเครื่องวัดความดันชำรุด

๕.๒.๓ ระบบระบายอากาศ (Ventilation)

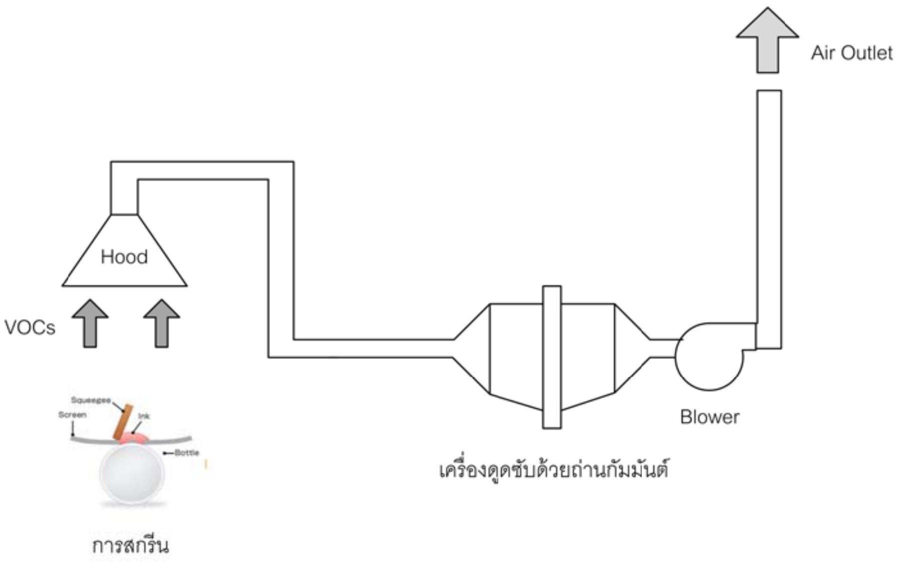
ระบบระบายอากาศเป็นการดึงอากาศร้อนในพื้นที่ออกไปแล้วแทนที่ด้วยอากาศเย็นภายนอก โดยการติดตั้งพัดลมขนาดใหญ่ที่กำแพงหรือบนหลังคาของอาคาร (รูปที่ ๕-๘ และ ๕-๙) เพื่อทำการดึงอากาศร้อนออกไปภายนอก และในฝั่งตรงข้ามจะมีช่องเปิดให้อากาศเย็นภายนอกได้ไหลเข้ามาแทนที่ ทั้งนี้ หากจะติดตั้งพัดลมอีกชุดเพื่อดูดอากาศเย็นภายนอกเข้ามา จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น หรือหากผู้ประกอบการมีการติดตั้งระบบปรับอากาศในพื้นที่ทำงานต้องคำนึงถึงด้วยว่าการนำอากาศใหม่เข้ามาในพื้นที่จะทำให้ต้องใช้พลังงานในการทำให้อุณหภูมิในพื้นที่เย็นลงด้วย

รูปที่ ๕-๘ พัดลมระบายอากาศชนิดติดตั้งที่กำแพง

รูปที่ ๕-๙ พัดลมระบายอากาศชนิดติดตั้งบนหลังคาอาคาร

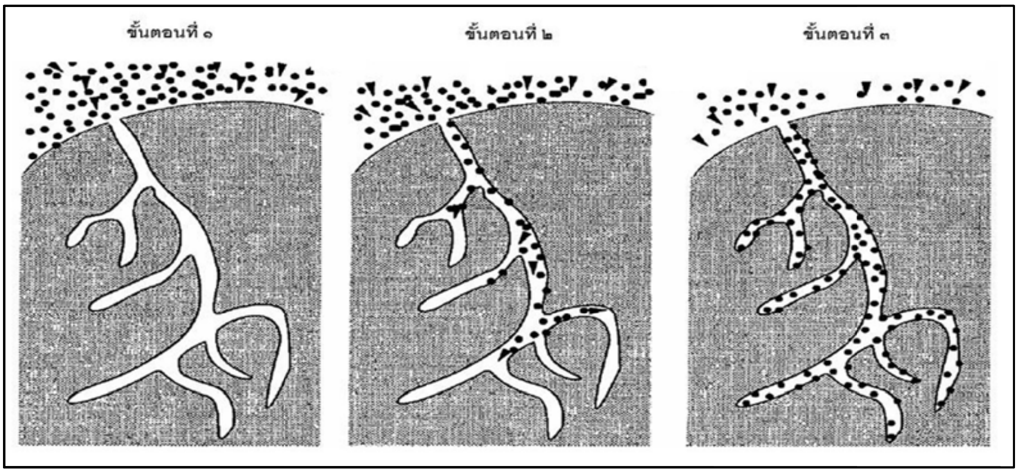
๕.๒.๔ ระบบดูดซับ (Adsorption)

ระบบดูดซับ (Adsorption) แสดงดังรูปที่ ๕-๑๐ ส่วนใหญ่จะใช้ดูดซับสารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Carbons: VOCs) อนุภาคสิ่งปนเปื้อนจะถูกดูดซับโดยทางกายภาพและทางเคมีไว้ด้วยสารดูดซับ (Adsorbent) ซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งที่มีรูพรุน โดยสารดูดซับที่นิยมใช้ ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) รองลงมาได้แก่ เจลซิลิกา (Silica gel) บ๊อกไซท์ (Bauxite) และอลูมิน่า (Alumina) โดยถ่านกัมมันต์นี้ทำขึ้นมาจากวัตถุดิบที่มีคาร์บอน เช่น ไม้ ถ่านหิน และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ซึ่งผ่านกระบวนการเทคนิคพิเศษ คือ การให้ความร้อน ในที่ไม่มีออกซิเจนและอัดด้วยความดันสูง ทำให้ส่วนที่สามารถระเหยได้ระเหยออกจากผิววัตถุ เพิ่มพื้นที่ผิวให้กับถ่านกัมมันต์ โดยปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยประการหนึ่งคือ การกัดกร่อนที่ตัวระบบซึ่งมักเกิดขึ้นเพราะขบวนการ Regeneration นี้เอง



รูปที่ ๕-๑๐ ระบบดูดซับ (Adsorption)

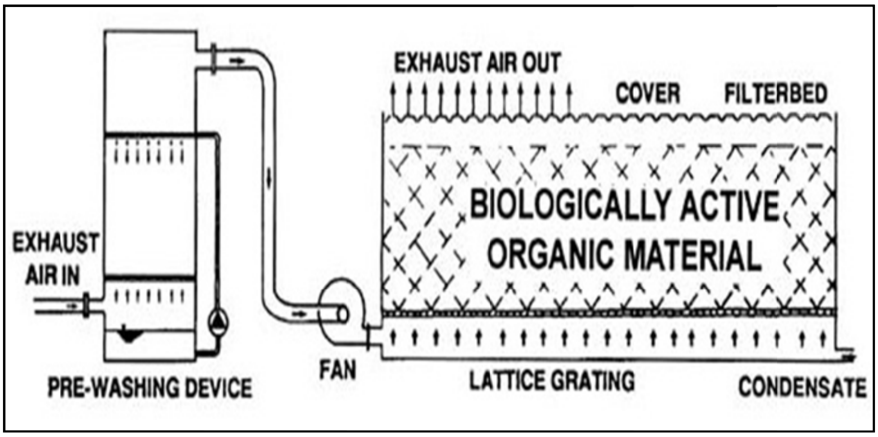
กระบวนการดูดซับนั้นจะเกิดขึ้นเป็นขั้นตอน โดยขั้นแรกโมเลกุลของก๊าซที่ถูกดูดซับ (Adsorbate) จะแพร่กระจายเข้าสู่ผิวนอกของสารดูดซับ ขั้นที่สอง โมเลกุลของก๊าซที่ถูกดูดซับจะเคลื่อนที่จากผิวนอกเข้าสู่โพรงช่องว่างของสารดูดซับ และขั้นที่สาม โมเลกุลของก๊าซที่ถูกดูดซับจะเกาะติดที่ผิวในโพรงช่องว่าง (รูปที่ ๕-๑๑) ทั้งนี้ กระบวนการดูดซับเป็นกระบวนการคายความร้อนจึงต้องพิจารณาถึงความร้อนของสารดูดซับที่จะเกิดขึ้น ซึ่งหากประสิทธิภาพการระบายความร้อนไม่เพียงพอนอกจากจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับแล้ว คาร์บอนยังสามารถเกิดประกายไฟขึ้นได้เองอีกด้วย เนื่องจากคาร์บอนนั้นเป็นฉนวนด้วยตัวมันเองทำให้เก็บกักความร้อนไว้ได้



รูปที่ ๕-๑๑ ขั้นตอนของกระบวนการดูดซับ

๕.๒.๕ ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter)

ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter) เป็นเทคโนโลยีการบำบัดทางชีวภาพสามารถใช้บำบัดได้ทั้งสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) และกลิ่น โดยเลี้ยงจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมักหรืออื่นๆ และผ่านกระแสก๊าซที่ต้องการบำบัดผ่านเข้าไป เมื่ออนุภาคสิ่งปนเปื้อนที่เป็นสารอินทรีย์ในกระแสก๊าซผ่านชั้นจุลินทรีย์จะถูกจุลินทรีย์ออกซิไดซ์ (Oxidize) แล้วเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_๒$) และน้ำ ในการที่จะทำให้ระบบกรองชีวภาพทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรต้องมีการบำบัดเบื้องต้นก่อนเพื่อป้องกันฝุ่นละออง มีความชื้นที่เพียงพอและรักษาอุณหภูมิให้คงที่ โดยให้กระแสก๊าซผ่านชั้นน้ำก่อน เพื่อดักเอาฝุ่นละอองและทำให้ความชื้นที่เพียงพอก่อนส่งกระแสก๊าซต่อไปยังระบบกรองชีวภาพ แสดงดังรูปที่ ๕-๑๒



รูปที่ ๕-๑๒ ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter)

๕.๓ การเปรียบเทียบระบบบำบัดมลพิษอากาศชนิดต่างๆ

ระบบบำบัดมลพิษอากาศแต่ละชนิด มีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป รายละเอียดแสดงดังตารางที่ ๕-๓

ตารางที่ ๕-๓ ข้อดีและข้อด้อยของระบบบำบัดมลพิษอากาศชนิดต่างๆ

ระบบบำบัดมลพิษอากาศ	ข้อดี	ข้อด้อย
๑. ระบบระบายอากาศ	▪ ค่าใช้จ่ายลงทุนเครื่องจักรต่ำ ▪ การดูแลรักษาทำได้ง่าย	▪ ต้องนำอากาศเข้ามาเป็นจำนวนมาก อาจสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการทำความเย็น (กรณีที่มีระบบปรับอากาศภายในพื้นที่)
๒. ไซโคลน	▪ โครงสร้างง่าย ไม่มีส่วนเคลื่อนที่ บำรุงรักษาง่ายและใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย ▪ สร้างด้วยวัสดุที่ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ ▪ ความดันลด (Pressure Drop) ไม่สูงนัก	▪ มีประสิทธิภาพต่ำในการจับฝุ่นขนาดเล็ก (เล็กกว่า ๑๐ ไมครอน) ▪ ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝุ่นและอัตราการไหลของกระแสอากาศไหลเข้า
๓. ระบบถุงกรอง (Bag Filter)	▪ มีประสิทธิภาพสูงในการจับฝุ่นขนาดเล็ก (มากกว่าร้อยละ ๙๙) ▪ ใช้ดักจับฝุ่นที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง ▪ ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นไม่ขึ้นกับปริมาณฝุ่นที่เข้าสู่เครื่อง (Inlet Loading) ▪ ต้นทุนต่ำ ▪ แรงดันลด (Pressure Drop) ไม่มาก ▪ สามารถเก็บฝุ่นแห้งนำกลับไปใช้ในกระบวนการใหม่ได้	▪ มีขนาดใหญ่ทำให้ใช้พื้นที่มาก ▪ ต้องบำรุงรักษามาก ▪ จำกัดเรื่องอุณหภูมิของก๊าซ ▪ อายุถุงอาจสั้น เนื่องจากสภาพกรด-ด่างของก๊าซ ▪ ใช้กับสารเปียกเหนียวหรือชื้นไม่ได้ ทำให้ทำความสะอาดยาก ▪ ฝุ่นบางชนิดเมื่อสะสมอาจติดไฟได้

ตารางที่ ๕-๓ (ต่อ)

ระบบบำบัดมลพิษอากาศ	ข้อดี	ข้อด้อย
๔. ระบบดูดซับ (Adsorption)	▪ ควบคุมการทำงานได้ง่าย ▪ ออกแบบง่าย ▪ การลดลงของอัตราการไหลของอากาศไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ	▪ มีค่าใช้จ่ายในการเดินระบบสูง ▪ ถ่านกัมมันต์ใช้ไม่ได้กับ VOCs ที่มีประจุ ▪ อัตราการไหลของอากาศจะต้องมีค่าไม่สูงมาก ▪ ต้องมีระบบกำจัดกากของเสียที่เกิดขึ้นให้สอดคล้องตามกฎหมาย ▪ ต้องมีระบบป้องกันอัคคีภัย
๕. ระบบกรองชีวภาพ (Biofilter)	▪ มีประสิทธิภาพการบำบัด VOCs สูง ▪ ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบต่ำ ▪ ไม่มีกากของเสียเกิดขึ้น	▪ ระบบชีวภาพอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพการทำงานของระบบ ▪ เดินระบบยาก ▪ ต้องมีอากาศเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง ▪ ขนาดและน้ำหนักระบบค่อนข้างสูง ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก

ที่มา: ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ๒๕๔๗.

บทที่ ๖
การบริหารจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรม ผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

การจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิผล นอกจากจะสามารถป้องกันและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้แล้ว ยังสามารถเพิ่มศักยภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย ทั้งนี้ ผู้ประกอบการควรให้ความร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับเจ้าหน้าที่ภาครัฐที่กำกับดูแลและควบคุมมลพิษที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรม ทั้งจากกระบวนการผลิตและพื้นที่สนับสนุนกระบวนการผลิต เช่น ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดมลพิษอากาศ เป็นต้น

สำหรับแนวทางการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างถูกต้องและเหมาะสม สามารถดำเนินการได้โดยการจัดการมลพิษที่แหล่งกำเนิด การจัดการสิ่งแวดล้อมที่เส้นทางการแพร่กระจายของมลพิษ และการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ปลายทาง ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ ๓ ซึ่งในการบริหารจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ มีรายละเอียดดังนี้

๖.๑ การลดการสูญเสียวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์

การลดการสูญเสียวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ นอกจากจะสามารถลดการปนเปื้อนในน้ำเสียแล้ว ยังสามารถเพิ่มมูลค่าจากการเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย ซึ่งแนวทางการลดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ต่างๆ มีดังนี้

- บันทึกและวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ เพื่อหาโอกาสในการปรับปรุง
- จัดวางวัตถุดิบด้วยความระมัดระวังไม่ให้ซ้อนสูงเกินไป และป้องกันไม่ให้ชำรุดจากการฉีกขาด
- เคลื่อนย้ายและถ่ายเทวัตถุดิบที่จะบดผสมด้วยความระมัดระวังเพื่อลดปริมาณวัตถุดิบตกลงพื้น
- ปิดฝาถังบรรจุเม็ดพลาสติกที่ป้อนเข้าสู่ Hopper และทำความสะอาดเครื่องบดผสมเม็ดพลาสติกก่อนเริ่มเดินเครื่องทุกครั้ง เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกปนเปื้อน ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบ
- จัดเตรียมวัตถุดิบไว้ในพื้นที่การผลิตตามปริมาณที่กำหนดในสูตร
- เช็ดทำความสะอาดถุงบรรจุเม็ดพลาสติกก่อนเคลื่อนย้ายและเทเม็ดพลาสติกที่จะบดผสมด้วยความระมัดระวัง เพื่อป้องกันเม็ดพลาสติกตกลงพื้น
- ตรวจสอบการทำงานของแม่เหล็กที่ใช้ดึงโลหะที่ปนเปื้อนในวัตุดิบออกอย่างสม่ำเสมอ
- จัดหาภาชนะรองรับพลาสติกหลังบดให้เหมาะสม เพื่อป้องกันเม็ดพลาสติกตกลงพื้น
- เติมวัตถุดิบลงเครื่องจักรด้วยความระมัดระวัง มิให้ตกหล่นลงพื้น และจำกัดพื้นที่ในการเติมวัตถุดิบให้สูญเสียน้อยที่สุด

- ติดตั้งเครื่องลดความชื้นในอากาศ (Mold Sweat Dehumidifier) ที่เครื่องเป่าพลาสติก เพื่อป้องกันการเกิดหยดน้ำในแม่พิมพ์ ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานที่เป่าออกมาไม่ได้ตามข้อกำหนด
- บำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร / อุปกรณ์ ให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา
- จัดทำเอกสารการควบคุมการปฏิบัติงาน และฝึกอบรมให้พนักงานปฏิบัติตามมาตรการปรับปรุงที่กำหนดขึ้น

๖.๒ การลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า

- บันทึกและวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า เพื่อหาโอกาสในการปรับปรุง
- ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการตรวจเช็คปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ว่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงเพราะเหตุใด
- ควบคุมค่า Power Factor โดยจัดหาอุปกรณ์ควบคุมค่า Power Factor ที่เหมาะสม บันทึกและวิเคราะห์ค่า Power Factor อย่างสม่ำเสมอ
- ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับกระบวนการที่มีการใช้กระแสไฟฟ้าปริมาณสูง แทนการลดรอบด้วยชุดเกียร์ปรับรอบ
- ติดตั้งหลังคาโปร่งแสง เพื่อเพิ่มความสว่างจากแสงอาทิตย์และลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าระบบแสงสว่าง
- เปลี่ยนหลอดไฟ / อุปกรณ์ไฟฟ้า ให้เป็นแบบประหยัดพลังงาน เช่น บัลลาสต์อิเล็กทรอนิคส์ หลอดประหยัดพลังงาน เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงเป็นระบบอินเวอร์เตอร์ เป็นต้น
- ออกแบบสวิทช์ไฟ ให้สามารถเปิด - ปิด ไฟเป็นส่วนๆ หรือสวิทช์กระตุก
- ติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) และลดจำนวนหลอดไฟ โดยติดตั้งโคมไฟให้ตรงกับพื้นที่การปฏิบัติงาน และอยู่ในระดับที่เหมาะสม
- ควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ ๒๕ องศาเซลเซียส ปิดไฟและเครื่องปรับอากาศก่อนพักกลางวันและเลิกงาน ๓๐ นาที รวมทั้งพักหน้าจอคอมพิวเตอร์หากไม่ใช้งานภายใน ๑๕ นาที
- หุ้มฉนวนกันความร้อนสำหรับถังอบและท่อลมร้อนที่มีอุณหภูมิ ๘๐ $^{\circ}$C
- สำรวจและทำความสะอาดอุปกรณ์ให้แสงสว่างอย่างสม่ำเสมอ
- ลดแรงดันเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับความต้องการ
- บำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร / อุปกรณ์ / หม้อไอน้ำ ให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา

ทั้งนี้ จากการศึกษา พบว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงเฉลี่ย ๓๒๕ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ตันผลิตภัณฑ์ หรือลดค่าใช้จ่ายลงได้ประมาณ ๘,๒๘๐,๐๐๐ บาท / ปี

๖.๓ การลดปริมาณการใช้น้ำ

- ติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณการใช้น้ำ บันทึกและวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำ เพื่อหาโอกาสในการปรับปรุง
- ติดตั้งสวิทช์ลูกลอยอัตโนมัติในบ่อเก็บน้ำบาดาลเพื่อป้องกันน้ำล้นบ่อ และบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา ซ่อมแซมและบำรุงรักษาท่อน้ำบาดาลที่ชำรุดมีน้ำรั่วไหล
- รณรงค์ประชาสัมพันธ์ให้พนักงานใช้น้ำอย่างรู้คุณค่า เช่น ปิดน้ำทุกครั้งหลังใช้งาน เป็นต้น

ทั้งนี้ จากการศึกษา พบว่า ปริมาณการใช้น้ำลดลงเฉลี่ย ๓๒๔ ลูกบาศก์เมตร / ตันผลิตภัณฑ์ หรือลดค่าใช้จ่ายลงได้ประมาณ ๒๒๐,๐๐๐ บาท / ปี

๖.๔ การจัดการมลพิษน้ำ

- จัดทำผังแนวท่อระบายน้ำเสีย / น้ำฝน
- กำหนดผู้รับผิดชอบในการตรวจสอบสภาพท่อ / ทางระบายน้ำ ให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา รวมถึงทำความสะอาดรางระบายน้ำฝนอย่างสม่ำเสมอ ไม่ให้มีการอุดตันและเกิดปัญหาน้ำท่วมขัง
- รณรงค์สร้างจิตสำนึกให้แก่พนักงานไม่ให้ระบายน้ำเสียลงรางระบายน้ำฝน
- ติดตั้งถังบำบัดน้ำเสียที่สามารถบำบัดน้ำเสียให้ได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง โดยจัดให้มีที่ปรึกษา/ผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษาแนะนำในการเดินระบบและควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงแยกรางระบายน้ำฝนและรางระบายน้ำเสียออกจากกันให้ชัดเจน
- จัดทำผังแสดงจุดกำเนิดน้ำเสีย และผังแสดงเส้นทางการไหลของน้ำเสีย เพื่อรวบรวมน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียหลังจากมีระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว
- เดินระบบบำบัดน้ำเสียอย่างถูกต้อง ตามคำแนะนำของผู้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียอย่างสม่ำเสมอ ให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ดังนี้
    - ตรวจวัดและควบคุมค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ให้มากกว่าหรือเท่ากับ ๒ มิลลิกรัม / ลิตร
    - ตรวจสอบปริมาตรสลัดจ์ที่ตกตะกอนภายใน ๓๐ นาที ($SV_{๓๐}$) อย่างสม่ำเสมอ
    - ตรวจเช็คตำแหน่งของเครื่องเติมอากาศ และระยะของการกระจายน้ำของเครื่องเติมอากาศ ให้สามารถเติมอากาศได้ทั่วถึงทั้งบ่อ
    - บันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ
- พิจารณาติดตั้งอุปกรณ์ PLC (Programmable Logic Control) เพื่อควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียอัตโนมัติ

- ขุดลอกตะกอนในบ่อบำบัดน้ำเสียอย่างสม่ำเสมอ

๖.๕ การจัดการมลพิษอากาศ

- ปิดฝาถังหลังจากเติมวัตถุดิบแล้วเสร็จทุกครั้ง เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นจากวัตถุดิบ
- บำรุงรักษาเครื่องจักร / อุปกรณ์ ให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา
- ตรวจวัดสภาวะแวดล้อมในการทำงาน เช่น ฝุ่นละออง ความร้อน เป็นต้น อย่างสม่ำเสมอ
- จัดให้มีระบบระบายอากาศ / ท่อดูดอากาศ (Hood) และบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้อยู่ในสภาพดี เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากความร้อนในพื้นที่ทำงานให้เหลือน้อยที่สุด
- จัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ให้พนักงานที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม
- ติดป้ายเตือนและฝึกอบรมให้พนักงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตลอดระยะเวลาปฏิบัติงาน

๖.๖ การจัดการมลพิษเสียง

- บำรุงรักษาเครื่องจักร / อุปกรณ์ ให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา
- ตรวจวัดสภาวะแวดล้อมในการทำงานระดับความดังของเสียงอย่างสม่ำเสมอ
- จัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ให้พนักงานที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม
- ติดป้ายเตือนและฝึกอบรมให้พนักงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตลอดระยะเวลาปฏิบัติงาน

๖.๗ การจัดการของเสีย

- สำรวจชนิด ประเภทและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในโรงงาน
- คัดแยกของเสียออกเป็น ๓ ประเภท ได้แก่ ของเสียทั่วไป ของเสียรีไซเคิล และของเสียอันตราย โดยระบุป้ายบ่งชี้ที่ภาชนะรองรับของเสียอย่างชัดเจน
- จัดหาภาชนะรองรับของเสียอย่างเหมาะสม ไม่รั่วไหล มีฝาปิดมิดชิด
- รวบรวมของเสียไปยังสถานที่จัดเก็บโดยแยกตามประเภทของเสียอย่างชัดเจน
- ติดต่อหน่วยงานกำจัดของเสียที่ได้รับอนุญาต และขออนุญาตกรมโรงงานอุตสาหกรรมนำสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน (สก.๒) ไปกำจัดอย่างถูกต้อง หรือขอขยายระยะเวลาการกักเก็บภายในบริเวณโรงงาน (สก.๑) จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม และแจ้งเกี่ยวกับรายละเอียดสิ่งปฏิกูลและวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว สำหรับผู้ก่อกำเนิดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (สก.๓) ภายในวันที่ ๑ มีนาคม ของปีถัดไป ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. ๒๕๔๘

๖.๘ การจัดการสารเคมี

- สำรวจประเภทและปริมาณสารเคมีที่ใช้ทั้งหมดภายในโรงงาน
- จัดทำป้ายระบุชนิดของสารเคมีแต่ละประเภทที่ภาชนะบรรจุและสถานที่จัดเก็บสารเคมี
- จัดหาเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเกี่ยวกับสารเคมี (Material Safety Data Sheet: MSDS) สำหรับสารเคมีแต่ละประเภท และติดไว้ในพื้นที่ปฏิบัติงานและสถานที่จัดเก็บสารเคมีที่สามารถเห็นได้ชัดเจน
- จัดหาอุปกรณ์ช่วยในการถ่ายเทสารเคมีที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการหกรั่วไหล
- จัดทำเขื่อน / คันกั้น / ภาชนะรองรับ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนกรณีสารเคมีหกรั่วไหล
- จัดหาวัสดุดูดซับสารเคมีกรณีหกรั่วไหล และภาชนะรองรับของเสียอันตราย ไว้ในพื้นที่ปฏิบัติงาน
- จัดหา PPE ให้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้อง ติดป้ายเตือน และฝึกอบรมพนักงานให้สวมใส่ PPE ตลอดระยะเวลาปฏิบัติงานกับสารเคมี รวมถึงติดตั้งอุปกรณ์ระงับเหตุฉุกเฉิน เช่น ถังดับเพลิง สายฉีดดับเพลิง สัญญาณเตือนภัย ไฟฉุกเฉิน เป็นต้น และตรวจสอบให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอย่างสม่ำเสมอ

๖.๙ การจัดการด้านอื่นๆ

นอกจากแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมดังกล่าวข้างต้นแล้ว ผู้ประกอบการควรดำเนินการเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

- จัดให้มีผู้รับผิดชอบในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างต่อเนื่อง กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมาย และแผนงานการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการปรับปรุงผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- จัดทำระบบฐานข้อมูล และรายงานที่สามารถสนับสนุนการดำเนินการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- จัดทำดัชนีชี้วัดประสิทธิผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Performance Indicators: EPIs) ซึ่งจะเป็นเครื่องชี้วัดระดับความสามารถขององค์กร ในการดำเนินงานเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเพิ่มศักยภาพการผลิตโดยการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบข้อมูลกับเกณฑ์สิ่งแวดล้อมที่กำหนดขึ้น รวมถึงจัดทำรายงานและสื่อสารข้อมูลไปยังผู้เกี่ยวข้อง ตลอดจนพิจารณาทบทวนเพื่อปรับปรุงผลงานด้านสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับผลงานด้านสิ่งแวดล้อมขององค์กร (ดังตัวอย่างในตารางที่ ๖-๑) เช่น
    - ปริมาณการใช้ไฟฟ้า / ปริมาณผลิตภัณฑ์ (กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ตันผลิตภัณฑ์)
    - ปริมาณการใช้น้ำ / ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ลูกบาศก์เมตร / ตันผลิตภัณฑ์)
    - ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (เม็ดพลาสติกบริสุทธิ์) / ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ตันวัตถุดิบ / ตันผลิตภัณฑ์)
    - ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (เม็ดพลาสติกรีไซเคิล) / ปริมาณผลิตภัณฑ์ (ตันวัตถุดิบ / ตันผลิตภัณฑ์)

- o ปริมาณการใช้ผงสี (กิโลกรัม / ตันผลิตภัณฑ์)
- o ปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ (กิโลกรัม / ตันผลิตภัณฑ์)
- o ปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบ / ปริมาณผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัม / ตันผลิตภัณฑ์)
- o ปริมาณผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามข้อกำหนด (กิโลกรัม / ตันผลิตภัณฑ์)
- o ประสิทธิภาพการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการเป่า (ร้อยละ)
- o ประสิทธิภาพการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการฉีด (ร้อยละ)
- o ประสิทธิภาพการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการสกรีน (ร้อยละ)
- o ปริมาณความสกปรกในรูปของบีโอดี (BOD Load) ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย (กิโลกรัม BOD / ตันผลิตภัณฑ์)
- o ปริมาณความสกปรกในรูปของบีโอดี (BOD Load) ในน้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (กิโลกรัม BOD / ตันผลิตภัณฑ์)
- o อื่นๆ

ตารางที่ ๖-๑ ตัวอย่างการติดตามตรวจสอบและการกำหนดดัชนีชี้วัดประสิทธิผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	ความถี่ในการตรวจสอบ	ดัชนีชี้วัดประสิทธิผล
บรรจุภัณฑ์พลาสติก	สัปดาห์ละครั้ง หรือ เดือนละครั้ง	▪ ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม. / ตันผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / ตันผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (เม็ดพลาสติกบริสุทธิ์) (ตันวัตถุดิบ / ตันผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (เม็ดพลาสติกรีไซเคิล) (ตันวัตถุดิบ / ตันผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณการใช้ผงสี (กก. / ตันผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG (กก. / ตันผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณการใช้หมึกพิมพ์ (กก. / ตันผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบตกพื้น (กก. / ตันผลิตภัณฑ์) ▪ ประสิทธิภาพการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการเป่า (ร้อยละ) ▪ ประสิทธิภาพการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการฉีด (ร้อยละ) ▪ ประสิทธิภาพการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากกระบวนการสกรีน (ร้อยละ) ▪ ปริมาณผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามข้อกำหนด (กก. / ตันผลิตภัณฑ์)

ตารางที่ ๖-๑ (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์	ความถี่ในการตรวจสอบ	ดัชนีชี้วัดประสิทธิผล
บรรจุภัณฑ์พลาสติก	สัปดาห์ละครั้ง หรือ เดือนละครั้ง	▪ ปริมาณความสกปรกในรูปของบีโอดี (BOD Load) ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย (กก. BOD / ปริมาณผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณความสกปรกในรูปของบีโอดี (BOD Load) ในน้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (กก. BOD / ปริมาณผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณความสกปรกในรูปของซีโอดี (COD Load) ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย (กก. COD / ปริมาณผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณความสกปรกในรูปของซีโอดี (COD Load) ในน้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (กก. COD / ปริมาณผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณความสกปรกในรูปของของแข็งแขวนลอย (SS Load) ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย (กก. SS / ปริมาณผลิตภัณฑ์) ▪ ปริมาณความสกปรกในรูปของของแข็งแขวนลอย (SS Load) ในน้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย (กก. SS / ปริมาณผลิตภัณฑ์)

- ฝึกอบรมเพื่อสร้างความตระหนักให้แก่พนักงานทุกคน ในการใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างคุ้มค่า ลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต รวมถึงลดต้นทุนในการกำจัด / บำบัด ของเสีย ตลอดจนลดต้นทุนในการผลิต
- บำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักร / อุปกรณ์ ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา เพื่อให้เครื่องจักร / อุปกรณ์ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ติดตามผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง และรณรงค์ประชาสัมพันธ์ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอ

ทั้งนี้ ผู้ประกอบการสามารถประยุกต์ใช้หลักการต่างๆ เข้ามาช่วยให้การดำเนินงานสามารถบรรลุผลสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิผล ดังนี้

- **การจัดทำ ๕ ส** ได้แก่
  - สะสาง คือ การแยกของที่จำเป็นเก็บไว้และกำจัดของที่ไม่จำเป็นออก
  - สะดวก คือ การจัดวางสิ่งของให้เป็นระเบียบเรียบร้อย จัดเก็บให้สามารถหยิบใช้ได้สะดวกปลอดภัยในการใช้งาน
  - สะอาด คือ การทำความสะอาดเครื่องจักรอุปกรณ์ก่อนและหลังการใช้
  - สุขลักษณะ คือ การจัดทำเกณฑ์ปฏิบัติเพื่อลดปัญหามลพิษในพื้นที่ปฏิบัติงานและทำให้ถูกสุขลักษณะ
  - สร้างนิสัย คือ การอบรมสร้างนิสัยในการปฏิบัติตามระเบียบวินัย และสร้างทัศนคติในการทำงานที่ดี

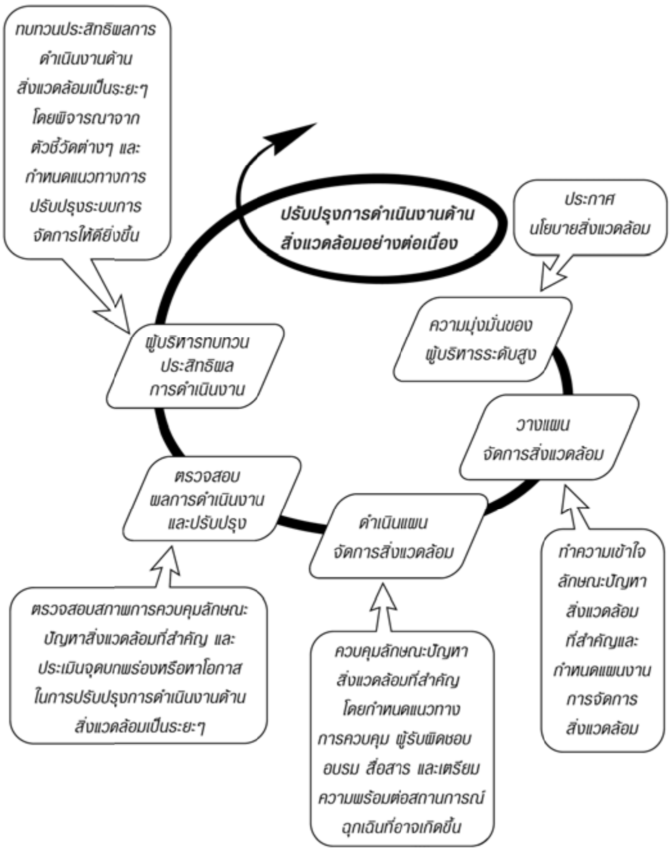
- **การจัดการที่ดีภายในโรงงาน** (Good Housekeeping) หมายถึง การดูแลเอาใจใส่ตรวจตรารักษาความเป็นระเบียบเรียบร้อยภายในโรงงาน รวมถึงการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและรักษาสุขภาพอนามัยของพนักงาน ใช้หลักการทำนองเดียวกับ ๕ ส แต่มุ่งเน้นกิจกรรมในการบำรุงรักษาและป้องกัน เช่น

    - การตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร วัสดุ อุปกรณ์ ต่างๆ อย่างสม่ำเสมอและอยู่ในสภาพดีตลอดเวลา
    - การจัดเก็บวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ให้เป็นระเบียบเรียบร้อย มิให้กีดขวางทางเดินในโรงงาน
    - ป้องกันอุบัติเหตุที่มีโอกาสเกิดจากอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งระบบไฟฟ้า โดยจัดให้มีแสงสว่างอย่างเพียงพอ
    - ทำความสะอาด กำจัดฝุ่นและสิ่งสกปรกบนพื้น และพื้นที่ปฏิบัติงานต่างๆ รวมทั้งจัดให้ระบบระบายอากาศที่ดีเพียงพอ
    - จัดสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่พนักงาน เช่น พื้นที่สันทนาการให้ถูกสุขลักษณะ ตู้เก็บของ เป็นต้น
    - การจัดเก็บของเสีย และการคัดแยกส่วนที่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้อย่างชัดเจน

- **การป้องกันมลพิษ** (Pollution Prevention) **หรือการผลิตที่สะอาด** (Cleaner Production) คือ การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์และบริการ ด้วยการลดมลพิษและของเสียที่แหล่งกำเนิด

- **การจัดทำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม** (Environmental Management System) ตามข้อกำหนดและหลักเกณฑ์การให้สัญลักษณ์การรับรองระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วย ๕ ขั้นตอนหลัก (รูปที่ ๖-๑) ได้แก่

    - ผู้บริหารแสดงเจตนารมณ์ที่ชัดเจน โดยการประกาศนโยบายสิ่งแวดล้อม
    - วางแผนโดยทำความเข้าใจลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อม และผลกระทบที่สำคัญจากกิจกรรมต่างๆ และกำหนดแผนงานที่ชัดเจนในการปรับปรุง โดยมุ่งเน้นการลดมลพิษและการดำเนินงานที่สอดคล้องตามความต้องการในกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ ด้านสิ่งแวดล้อม
    - ดำเนินการตามแผนงานที่กำหนดไว้
    - ติดตามและตรวจสอบการดำเนินงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง และมั่นใจว่ามีการดำเนินการอย่างเหมาะสมและต่อเนื่อง
    - ทบทวนความเหมาะสมและผลการดำเนินงานของระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม และหาโอกาสปรับปรุงการดำเนินงานให้ดียิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง



<u>รูปที่ ๖-๑</u> ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

ทั้งนี้ หากผู้ประกอบการจัดทำและดำเนินระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ตามข้อกำหนดและหลักเกณฑ์การให้สัญลักษณ์การรับรองระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้จัดทำคู่มือการจัดทำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (EMS for SMEs Implementation Guide) จะส่งผลให้เกิดการพัฒนาประสิทธิผลการผลิตและศักยภาพในการแข่งขันของโรงงานอุตสาหกรรมเคียงคู่ไปกับสิ่งแวดล้อม นำไปสู่การปรับปรุงการดำเนินงานอย่างบูรณาการและยั่งยืนต่อไป โดยนำหลักการประสิทธิภาพเชิงเศรษฐนิเวศ (Eco-Efficiency) มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเป้าหมายเพื่อปรับปรุงผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะสามารถบรรลุผลสำเร็จทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

- **การจัดทำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ตามมาตรฐานสากล ISO ๑๔๐๐๑** ซึ่งเป็นระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ประกาศใช้โดยองค์กรมาตรฐานสากล เป็นมาตรฐานที่โรงงานสามารถขอการรับรอง เพื่อแสดงว่ามีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมสอดคล้องตามข้อกำหนดของมาตรฐานและเป็นที่ยอมรับของคู่ค้าในต่างประเทศ

ภาคผนวก ก.
ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงาน

๑. การหาปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ใช้วิธีคำนวณหาปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักร โดยใช้สมการ

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) x เวลาทำงานของเครื่องจักร (ชั่วโมง)

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการบดผสมพลาสติก

กำลังไฟฟ้าของเครื่องบด	=	๗.๕ กิโลวัตต์
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ (ใช้งาน ๔ ชั่วโมง / วัน)	=	๗.๕ กิโลวัตต์ x ๔ ชั่วโมง
	=	๓๐ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / วัน
กำลังไฟฟ้าของเครื่องผสม	=	๐.๕๕ กิโลวัตต์
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ (ใช้งาน ๑ ชั่วโมง / วัน)	=	๐.๕๕ กิโลวัตต์ x ๑ ชั่วโมง
	=	๐.๕๕ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / วัน

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการเป่าพลาสติกแบบดึงยืด (Stretch Blow)

กำลังไฟฟ้าของเครื่องเป่า	=	๑๑๐ กิโลวัตต์
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ (ใช้งาน ๑๘ ชั่วโมง / วัน)	=	๑๑๐ กิโลวัตต์ x ๑๘ ชั่วโมง
	=	๑,๙๘๐ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / วัน

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการฉีดพลาสติก

กำลังไฟฟ้าของเครื่องฉีด	=	๔๖.๔ กิโลวัตต์
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ (ใช้งาน ๒๔ ชั่วโมง / วัน)	=	๔๖.๔ กิโลวัตต์ x ๒๔ ชั่วโมง
	=	๑,๑๑๓.๖ กิโลวัตต์ - ชั่วโมง / วัน

๒. ตัวอย่างการคำนวณที่ประหยัดได้

๓.๑ กรณีการถอดหลอดไฟที่ไม่จำเป็น

ชนิดของหลอดไฟ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวนทั้งหมด (หลอด)	จำนวนหลอดไฟที่ยกเลิกใช้งาน (หลอด)
หลอดตะเกียบ	๑๔	๑๖๕	๒๗
หลอดฟลูออเรสเซนต์	๓๖	๒๙๘	๒๐
หลอดฟลูออเรสเซนต์	๔๐	๗๔	๑๕

คำนวณกำลังไฟฟ้าที่ลดลง ดังนี้

หลอดตะเกียบ	= ๑๔ (วัตต์) x ๒๗ (หลอด)	= ๓๗๘ วัตต์
หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด ๓๖ วัตต์	= ๓๖ (วัตต์) x ๒๐ (หลอด)	= ๗๒๐ วัตต์
หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด ๔๐ วัตต์	= ๔๐ (วัตต์) x ๑๕ (หลอด)	= ๖๐๐ วัตต์
กำลังไฟฟ้าที่ลดลงทั้งหมด	= ๑,๖๙๘ วัตต์	
ชั่วโมงการทำงาน (๘ ชั่วโมง / วัน)	= ๑,๖๙๘ (วัตต์) x ๘ (ชั่วโมง / วัน)	
	= ๑๓,๕๘๔ วัตต์ - ชั่วโมง / วัน	
จำนวนวันทำงาน ๒๖ วัน / เดือน	= ๑๓.๕๘๔ (kW-hr / วัน) x ๒๖ (วัน / เดือน)	
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลง	= ๓๕๓.๑๘๔ kW-hr / เดือน	
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง	= ๓๕๓.๑๘๔ (kW-hr / เดือน) x ๓ (บาท / kW-hr)	
	= ๑,๐๕๙.๕๕ บาท / เดือน หรือ ๑๒,๗๑๕ บาท / ปี	

๓.๒ การแยกสวิทช์ไฟเป็นส่วนๆ

หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด ๓๖ วัตต์ จำนวน ๒ หลอด / โคม จำนวนทั้งสิ้น ๕๐ โคม
จำนวนชั่วโมงการใช้งาน ๑๒ ชั่วโมง / วัน

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	= ๓๖ x ๒ x ๕๐ x ๑๒
	= ๔๓,๒๐๐ W-hr / วัน หรือ ๔๓.๒ KW-hr / วัน
	= ๔๓.๒ x ๒๖
	= ๑,๑๒๓.๒ kW-hr / เดือน

หลังการติดตั้งสวิทช์ไฟแยก ชั่วโมงการทำงานลดลงเหลือ ๑๑ ชั่วโมง / วัน

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	= ๓๖ x ๒ x ๕๐ x ๑๑
	= ๓๙,๖๐๐ W-hr / วัน หรือ ๓๙.๖ KW-hr / วัน
	= ๓๙.๖ x ๒๖
	= ๑,๐๒๙.๖ kW-hr / เดือน

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลง	= ๑,๑๒๓.๒ - ๑,๐๒๙.๖ = ๙๓.๖ kW-hr / เดือน
	= ๑,๑๒๓.๒ kW-hr / ปี
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง	= ๑,๑๒๓.๒ (kW-hr / ปี) x ๓ (บาท / kW-hr)
	= ๓,๓๗๐ บาท / ปี

๓.๓ ค่าการสูญเสียที่เกิดจากรูรั่วของระบบอัดอากาศ

ใช้ระบบอัดอากาศที่แรงดัน ๗ bar โดยมีลมรั่วที่เกิดขึ้นทั้งสิ้น ๘ จุด โดยเป็นลมรั่วจากท่อลมที่เกิดจากรูรั่วตรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑ มิลลิเมตร จำนวน ๓ จุด และเป็นลมรั่วที่เกิดจากรูรั่วซึม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๒ มิลลิเมตร จำนวน ๕ จุด

ค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรูรั่วตรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑ มิลลิเมตร ที่แรงดัน ๗ บาร์ เท่ากับ ๑.๒๗ ลิตร / วินาที

ค่าพลังงานสูญเสียที่เกิดจากรูรั่วซึม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๒ มิลลิเมตร ที่แรงดัน ๗ บาร์ เท่ากับ ๓.๐๓ ลิตร / วินาที

ปริมาณลมรั่วจากการรั่วตรง	=	๑.๒๗ l/s x ๓ จุด	= ๓.๘๑ l/s
ปริมาณไฟฟ้าที่สูญเสีย	=	๐.๓๖ kW x ๓ จุด	= ๑.๐๘ kW
ปริมาณไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี	=	๑.๐๘ kW x ๘,๔๐๐ ชม.	= ๙,๐๗๒ kW
ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี	=	๙,๐๗๒ kW x ๓.๐ บาท	= ๒๗,๒๑๖ บาท / ปี

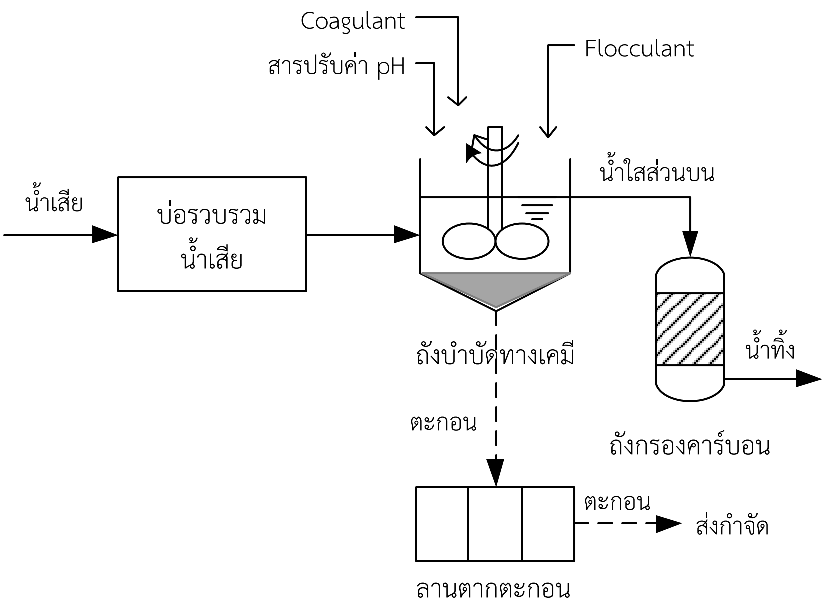
ปริมาณลมรั่วจากการรั่วซึม	=	๓.๐๓ l/s x ๕ จุด	= ๑๕.๑๕ l/s
ปริมาณไฟฟ้าที่สูญเสีย	=	๐.๘๖ kW x ๕ จุด	= ๔.๓ kW
ปริมาณไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี	=	๔.๓ kW x ๘,๔๐๐ ชม.	= ๓๖,๑๒๐ kW
ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี	=	๓๖,๑๒๐ kW x ๓ บาท	= ๑๐๘,๓๖๐ บาท / ปี

เพราะฉะนั้น ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียเนื่องจากลมรั่ว ๘ จุด เท่ากับ ๑๓๕,๕๗๖ บาท / ปี

ภาคผนวก ข.
รายการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสีย

สมมติฐาน โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกแห่งหนึ่ง มีปริมาณและลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมฯ แปรเปลี่ยนตามความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และกำลังการผลิต โดยมีปริมาณน้ำเสียเฉลี่ย ๒๐ ลูกบาศก์เมตร / วัน และค่า BOD ของน้ำเสีย ๑๕๐ มิลลิกรัม / ลิตร

แบบที่ ๑: ระบบบำบัดทางเคมี



ค่าที่ใช้ออกแบบ

ปริมาณน้ำเสีย	๒๐	ลูกบาศก์เมตร / วัน
การทำงานของระบบบำบัดทางเคมี	๔	ครั้ง / วัน

รายการคำนวณ

๑) บ่อรวบรวมน้ำเสีย

ปริมาณน้ำเสีย	=	๒๐	ลูกบาศก์เมตร / วัน
ระยะเวลากักเก็บ	=	๒๔	ชั่วโมง

กำหนด ตัวคูณปลอดภัย (Safety Factor) ๑.๕ เท่า

ดังนั้น ปริมาตรถังที่ต้องการ = ๒๐ x ๑.๕

	=	๓๐	ลูกบาศก์เมตร
ขนาดบ่อ	=	๓W x ๔L x ๒.๕D	เมตร

๒) ถังบำบัดทางเคมี

ปริมาณน้ำเสีย	=	๕	ลูกบาศก์เมตร / ครั้ง

ขนาดถัง เส้นผ่านศูนย์กลาง ๒.๕ เมตร สูง ๑.๕ เมตร

แบ่งเป็น การกวนเร็ว: เติมสารส้ม ใช้เวลา ๑ - ๓ นาที

การกวนช้า: เติมโพลีเมอร์ ใช้เวลา ๓๐ - ๖๐ นาที

การตกตะกอน: ใช้เวลา ๒ - ๔ ชั่วโมง

ระบบป้อนสารส้ม

- ปริมาณสารส้มที่ต้องการ	=	๒๐๐	มิลลิกรัม / ลิตร
	=	๕,๐๐๐ x ๐.๒	
	=	๑,๐๐๐	กรัม / ครั้ง

- สมมติ เตรียมสารส้มเข้มข้น ๓๐% หรือ ๓๐๐ กรัม / ลิตร

ดังนั้น อัตราการป้อนสารส้ม	=	๑,๐๐๐ / ๓๐๐	
	=	๓.๓๓	ลิตร / ครั้ง หรือ
	=	๑๓.๓๒	ลิตร / วัน

ระบบป้อนโพลีเมอร์

- ปริมาณโพลีเมอร์ที่ต้องการ	=	๐.๕	มิลลิกรัม / ลิตร
	=	๕,๐๐๐ x ๐.๐๐๐๕	
	=	๒.๕	กรัม / ครั้ง

- สมมติ เตรียมโพลีเมอร์เข้มข้น ๐.๕ กรัม / ลิตร

ดังนั้น อัตราการป้อนโพลีเมอร์	=	๒.๕ x ๐.๕	
	=	๕	ลิตร / ครั้ง
	=	๒๐	ลิตร / วัน

๓) ถังกรองคาร์บอน

อัตรากรอง	=	๒	ลูกบาศก์เมตร / ชั่วโมง
Linear Velocity (LV)	=	๑๐	เมตร / ชั่วโมง

ดังนั้น เส้นผ่านศูนย์กลางของถังกรองที่ต้องการ

$$= \sqrt{\text{อัตราการกรอง} \div LV \div (\pi / ๔)}$$

$$= \sqrt{๒ \div ๑๐ \div (\pi / ๔)}$$

= ๐.๕ เมตร

ดังนั้น ออกแบบถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๐.๕ เมตร สูง ๑.๕ เมตร

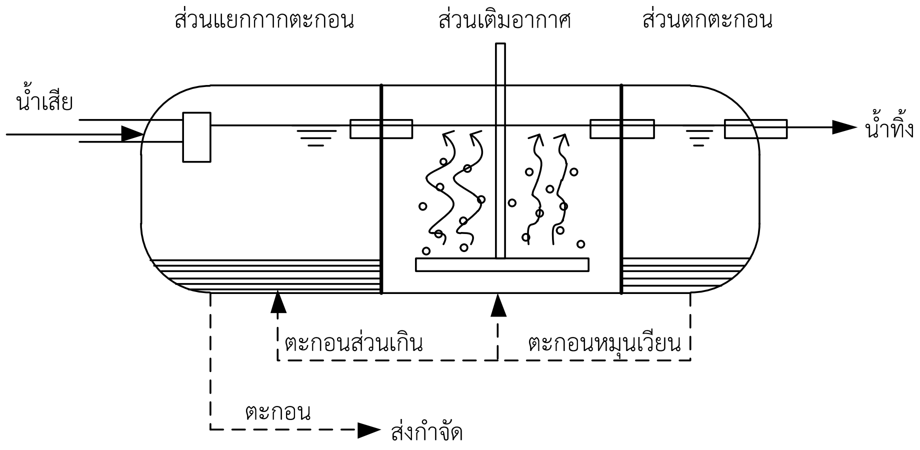
ความหนาของชั้นกรอง

- ชั้นคาร์บอน (ชั้นบน)	=	๐.๖๐	เมตร
- ชั้นทราย (ชั้นล่าง)	=	๐.๓๐	เมตร

๔) ลานตากตะกอน

ขนาดของลานตากตะกอนขึ้นกับปริมาณตะกอนที่จะเกิดขึ้น โดยลานตากตะกอนควรมีระยะเวลาในการตาก ๑ - ๒ สัปดาห์ และความหนาของชั้นตะกอนที่ตากในลานประมาณ ๒๐ - ๒๕ เซนติเมตร โดยก่อด้วยปูนซีเมนต์แล้วใช้ชั้นกรองด้วยทรายหนาประมาณ ๑๕ - ๓๐ เซนติเมตร ด้านล่างเป็นบนชั้นหินและกรวดหนาประมาณ ๒๐ - ๔๖ เซนติเมตร และมีท่อพลาสติกที่เจาะช่องไว้สำหรับให้น้ำไหลออก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๐๐ มิลลิเมตร วางอยู่ใต้ชั้นหินและกรวดบนพื้นที่มีความลาดเอียงประมาณร้อยละ ๑ เพื่อให้น้ำไหลออกด้านล่างได้สะดวก โดยน้ำชะที่ไหลออกมานี้สามารถรวบรวมส่งไปยังบ่อรวบรวมน้ำเสียได้

<u>แบบที่ ๒</u>: ระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป



<u>ค่าที่ใช้ออกแบบ</u>

ปริมาณน้ำเสีย	๒๐	ลูกบาศก์เมตร / วัน
BOD	๑๕๐	มิลลิกรัม / ลิตร

เลือกใช้ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปไฟเบอร์กลาส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑.๘ เมตร แบ่งเป็น

- ส่วนแยกกากตะกอน	๖.๖๘	ลูกบาศก์เมตร
- ส่วนเติมอากาศ	๖.๓๔	ลูกบาศก์เมตร
- ส่วนตกตะกอน	๒.๓๐	ลูกบาศก์เมตร

<u>รายการคำนวณ</u>

๑) ส่วนแยกกากตะกอน

ปริมาณน้ำเสีย	=	๒๐	ลูกบาศก์เมตร / วัน
ระยะเวลากักเก็บ	=	๖	ชั่วโมง
ดังนั้น ปริมาตรถังที่ต้องการ	=	(๒๐ / ๒๔) x ๖	
	=	๕	ลูกบาศก์เมตร

๒) ส่วนเติมอากาศ

น้ำหนักบรรทุกบีโอดี (BOD Loading)	=	(๑๕๐ x ๒๐) / ๑,๐๐๐	
	=	๓	กิโลกรัม BOD / วัน

ค่าความเข้มข้นตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ (MLSS)

	=	๔,๐๐๐	มิลลิกรัม / ลิตร
	=	๔	กิโลกรัม / ลิตร

ค่าสัดส่วนอาหารต่อปริมาณจุลินทรีย์ (F/M ratio)

	=	๐.๓๐	กิโลกรัม BOD / กิโลกรัม MLSS
ปริมาตรถังเติมอากาศ	=	$\frac{\text{BOD Loading}}{\text{MLSS x (F/M Ratio)}}$	
	=	๓ / (๔ x ๐.๓)	
	=	๒.๕	ลูกบาศก์เมตร

ระยะเวลาเก็บกักของถังเติมอากาศ (Retention Time)

	=	๕	ชั่วโมง
น้ำหนักตะกอนแบคทีเรียในถังเติมอากาศ	=	๔ x ๒.๕	
	=	๑๐	กิโลกรัม MLSS

กำหนดการถ่ายตะกอนออกในแต่ละวันเทียบกับน้ำหนักบรรทุก BOD ร้อยละ ๑๐

	=	๑	กิโลกรัม MLSS
เวลากักตะกอน หรือ อายุสลัดจ์	=	$\frac{\text{น้ำหนักตะกอนแบคทีเรียในถังเติมอากาศ}}{\text{น้ำหนักตะกอนแบคทีเรียที่ออกจากระบบต่อวัน}}$	
	=	๑๐ / ๑ =	๑๐ วัน
ปริมาตรบรรทุก BOD	=	๓ / ๒.๕	
	=	๑.๒	กิโลกรัม BOD / ลูกบาศก์เมตร
ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้	=	(๐.๕ x BOD Loading) + (๐.๒ x MLSS)	
	=	(๐.๕ x ๔) + (๐.๒ x ๑๐)	
	=	๔	กิโลกรัม $O_๒$ / วัน
	=	๐.๑๗	กิโลกรัม $O_๒$ / ชั่วโมง

กำหนดตัวคูณปลอดภัย (Safety Factor) เท่ากับ ๑.๕ เท่า

ดังนั้น ความต้องการ $O_๒$ ที่ต้องใช้ = ๑.๕ x ๐.๑๗
= ๐.๒๕๕ กิโลกรัม $O_๒$ / ชั่วโมง

๓) ส่วนตกตะกอน

ปริมาณน้ำเสีย = ๒๐ ลูกบาศก์เมตร / วัน
อัตราการไหลล้นต่อพื้นที่ = ๒๔ ลูกบาศก์เมตร / ตารางเมตร - วัน
พื้นที่ผิวไหลล้นที่ต้องการ = ๒๐ / ๒๔
= ๐.๘๓ ตารางเมตร

เลือกใช้ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง = ๑.๘ เมตร
- พื้นที่ผิวไหลล้นจริง = ๑.๕๕ ตารางเมตร
- ปริมาตรบรรจุน้ำในส่วนตกตะกอน = ๒.๓ ลูกบาศก์เมตร

ระยะเวลาเก็บกัก (Retention Time) = ๒ ลูกบาศก์เมตร / ๐.๘๓๓ ลูกบาศก์เมตร / ชั่วโมง
= ๒.๗๖ ชั่วโมง

คำนวณตะกอนหมุนเวียน
- ความเข้มข้นของ SS ในถังเติมอากาศ = ๔,๐๐๐ มิลลิกรัม / ลิตร
- ความเข้มข้นของ SS ที่ก้นถังตกตะกอน = ๑๐,๐๐๐ มิลลิกรัม / ลิตร
- สัดส่วนอัตราการหมุนเวียนตะกอน = ๔,๐๐๐ / (๑๐,๐๐๐ - ๔,๐๐๐) x ๑๐๐

= ๖๖.๖๗ % ของอัตราการไหลของน้ำเสีย

คำนวณปริมาณตะกอนส่วนเกิน (Excess Sludge)

$$Y_{obs} = Y / (๑ + k_d\theta_c)$$

โดย Y_{obs} คือ Observed Yield
Y คือ Maximum Yield Coefficient = ๐.๔๐ กิโลกรัม VSS / กิโลกรัม BOD-วัน
k_d คือ Endogenous Decay Coefficient = ๐.๐๕ วัน$^{-๑}$
θ_c คือ Mean Cell-residence Time = ๑๐ วัน

ดังนั้น Y_{obs} = ๐.๔ / (๑ + (๐.๐๕ x ๑๐))
= ๐.๒๗ กิโลกรัม VSS / กิโลกรัม BOD-วัน

มวลของปริมาณตะกอนที่เผาระเหยได้ (P_X) = Y_{obs} x BOD Load กิโลกรัม VSS / วัน
= ๐.๒๗ x ๓
= ๐.๘๑ กิโลกรัม VSS / วัน

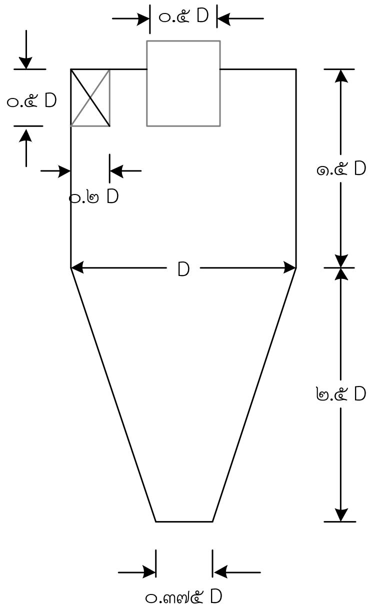
มวลรวมของตะกอนของแข็งแขวนลอย = ๘๐% ของ P_X

ดังนั้น ตะกอนส่วนเกินที่ต้องกำจัด	=	๐.๖๕	กิโลกรัม VSS / วัน
กำหนดให้ความเข้มข้นของตะกอนก้นถังเก็บกากตะกอน			
	=	๘๐,๐๐๐	มิลลิกรัม / ลิตร
	=	๘๐	กิโลกรัม / ลูกบาศก์เมตร
คิดเป็นปริมาตรตะกอนที่ต้องสูบทิ้ง	=	๐.๖๕ / ๘๐	
	=	๐.๐๐๘	ลูกบาศก์เมตร / วัน
เวลากักเก็บตะกอน ๖๐ วัน			
ดังนั้น ปริมาตรถังเก็บตะกอนที่ต้องการ	=	๐.๔๘	ลูกบาศก์เมตร

โดยสามารถเก็บตะกอนส่วนเกินไว้ในส่วนแยกกากตะกอนและสูบตะกอนออกไปกำจัดปีละ ๖ ครั้งๆ ละ ๐.๔๘ ลูกบาศก์เมตร

ภาคผนวก ค.
รายการคำนวณระบบบำบัดมลพิษอากาศ

ก. การออกแบบไซโคลน (Cyclone)



ในการคำนวณเพื่อหาขนาดของ cyclone ให้เหมาะสมกับอัตราการไหลของลม (ที่มีฝุ่นปะปนมาด้วย) จำเป็นต้องทราบอัตราการไหลของลม (Q หน่วย ลูกบาศก์เมตร / วินาที) เมื่อทราบแล้วนำมาแทนที่ในสูตร

$$D = ๓.๑๖๒ \times (Q / v)^{๑/๒}$$

เมื่อ

D = diameter of cyclone หน่วย เมตร

Q = Air flow rate หน่วย ลูกบาศก์เมตร / วินาที

v = Air velocity at entrance of cyclone หน่วย เมตร / วินาที

(ค่าแนะนำ ๑๕ เมตร / วินาที < v < ๒๗ เมตร / วินาที)

ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดของไซโคลน

<u>สมมุติฐาน</u>: Q = ๐.๗๕ ลูกบาศก์เมตร / วินาที และกำหนดให้ใช้ v = ๒๗ เมตร / วินาที

ดังนั้น D = ๓.๑๖๒ x (๐.๗๕ / ๒๗)$^{๑/๒}$

D = ๐.๕๓ เมตร หรือ ๕๓ เซนติเมตร

โดยขนาดในส่วนต่างๆ สามารถหาได้โดยการใช้ค่าจาก D ไปแทนค่าตามรูปด้านบน ในส่วนของท่อที่ยื่นลงมาในตัวไซโคลน เพื่อใช้สำหรับดูดลมที่สะอาดขึ้นนั้น ควรจะให้ยาวลงมามากกว่าที่แนะนำไว้ในรูปคือจาก ๐.๕ D อาจจะเป็น ๐.๖ D เพื่อว่าฝุ่นที่ตกลงมาด้วยแรงโน้มถ่วงจะไม่ถูกดูดติดไปกับลมสะอาดอีก

ข. การออกแบบถุงกรองฝุ่น (Bag Filter)

<u>สมมุติฐาน</u>: ใช้ถุงกรองแบบคลื่นลมอัด (Pulse-Jet Bag Filter) จำนวน ๘ เซ็ท (Set) กำหนดให้

Qi อัตราการไหลของอากาศ	=	๑๐๐,๐๐	ลูกบาศก์ฟุต / นาที
A / C gross air-to-cloth ratio	=	๔	ฟุต / นาที
เส้นผ่าศูนย์กลางถุงกรอง	=	๖	นิ้ว
ความยาวของถุงกรอง	=	๑๒	ฟุต

๑. คำนวณหาพื้นที่ของถุงกรอง

จากสูตร $v_f = Q / A_C$

เมื่อ A_C = พื้นที่ผิวกรองของผ้า

Q = อัตราการไหลของอากาศ หน่วย ลูกบาศก์ฟุต / นาที

v_f = ความเร็วของอากาศผ่านถุงกรอง หน่วย ฟุต / นาที

ดังนั้น A_C = ๑๐๐,๐๐๐ / ๔

= ๒๕,๐๐๐ ตารางฟุต

๒. คำนวณหาพื้นที่ต่อถุงกรอง

จากสูตร $A_b = \pi dh$

เมื่อ A_b = พื้นที่ของถุง หน่วย ตารางฟุต

d = เส้นผ่าศูนย์กลาง กำหนดให้ = ๐.๕ ฟุต

h = ความสูงของถุง กำหนดให้ = ๑๒ ฟุต

ดังนั้น A_b = ๓.๑๔ x ๐.๕ x ๑๒

= ๑๘.๘๔ ตารางฟุต

๓. คำนวณหาจำนวนถุงกรองที่ต้องการในเครื่อง

จากสูตร จำนวนถุงกรอง = A_c / A_b
= ๒๕,๐๐๐ / ๑๘.๘๔
= ๑,๓๒๖.๙๖ ถุง
= ๑,๓๒๘ ถุง (คิดจาก Pulse Valve ๘ ตัว)

๔. คำนวณหา net air-to-cloth ratio (A/C)

จากสูตร

$$(A/C)_{net} = \frac{Q}{A_c\left(\frac{\text{total \# of compartments} - 1}{\text{total \# of compartments}}\right)}$$

กำหนดให้ The total number of compartments = ๘

$(A / C)_{net}$ = ๑๐๐,๐๐๐ / (๒๕,๐๐๐ x (๗ / ๘)
= ๔.๕๗ ฟุต / นาที

ค. การออกแบบระบบดูดซับ (Adsorption)

สมมุติฐาน: อัตราก๊าซไหลเข้าระบบ ๑๐,๐๐๐ ลูกบาศก์ฟุต / นาที

๑. ระบบดูดอากาศ (Hood)

๑.๑) การคำนวณพื้นที่หน้าตัดของ Hood

ปริมาณกระแสก๊าซไหลเข้า	=	๑๐,๐๐๐	ลูกบาศก์ฟุต / นาที
ความเร็วของอากาศที่ผ่านท่อ Hood	=	๑๕๐	ฟุต / นาที
พื้นที่หน้าตัดของ Hood ที่ต้องการ	=	๑๐,๐๐๐ / ๑๕๐	
	=	๖๖.๖	ตารางฟุต
ขนาด Hood			
- กว้าง	=	๙	ฟุต
- ยาว	=	๙	ฟุต
พื้นที่หน้าตัดของ Hood	=	๙ x ๙ = ๘๑	ตารางฟุต

๑.๒) การคำนวณขนาดท่อรวบรวมกระแสก๊าซจาก Hood

ปริมาณกระแสก๊าซไหลเข้า	=	๑๐,๐๐๐	ลูกบาศก์ฟุต / นาที
ความเร็วของอากาศที่ผ่านท่อ	=	๕๐๐	ฟุต / นาที
พื้นที่หน้าตัดของท่อที่ต้องการ	=	๑๐,๐๐๐ / ๕๐๐	
	=	๒๐	ตารางฟุต หรือ
	=	๑.๘๖	ตารางเมตร

เลือกใช้ท่อจำนวน ๔ ชุด

เส้นผ่านศูนย์กลางท่อแต่ละชุดที่ต้องการ	=	๐.๘๐	เมตร
พื้นที่หน้าตัดท่อทั้งหมด	=	[π (๐.๘)^{๒} / ๔] x ๔	
	=	๒.๐๑	ตารางเมตร หรือ
	=	๒๑.๖๔	ตารางฟุต
ตรวจสอบความเร็วลมที่เกิดจริง	=	๑๐,๐๐๐ / ๒๑.๖๔	
	=	๔๖๒	ฟุต / นาที

๒. เครื่องดูดซับถ่านกัมมันต์

ปริมาณกระแสก๊าซไหลเข้า	=	๑๐,๐๐๐	ลูกบาศก์ฟุต / นาที

ระยะเวลาในการกักเก็บ (Retention Time) ๓ วินาที (ตามคำแนะนำจากผู้ผลิตถ่านกัมมันต์)

ปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ต้องใช้ = (๑๐,๐๐๐ ลูกบาศก์ฟุต / นาที x ๓ วินาที) / (๓๕.๓ ลูกบาศก์ฟุต / นาที x ๖๐ วินาที)

	=	๑๔.๑๖	ลูกบาศก์เมตร
ความหนาแน่นจำเพาะของถ่านกัมมันต์	=	๐.๕๐	ตัน / ลูกบาศก์เมตร
ดังนั้น ต้องใช้ถ่านกัมมันต์	=	๑๔.๑๖ x ๐.๕๐	
	=	๗.๐๘	ตัน / ยูนิต (Unit)
ใช้ถ่านกัมมันต์จริง	=	๗.๕	ตัน / ยูนิต (Unit)

ภาคผนวก ง.
มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ ง-๑ มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน สำหรับอุตสาหกรรมผลิตภาชนะบรรจุจากพลาสติก

ลำดับ	พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง
๑	ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	๕.๕ - ๙.๐
๒	อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส ($^{\circ}$C)	ไม่มากกว่า ๔๐
๓	สี	-	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
๔	กลิ่น	-	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
๕	ทีดีเอส (TDS)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๓,๐๐๐ หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ แต่ต้องไม่มากกว่า ๕,๐๐๐
			กรณีแหล่งน้ำนั้นมีค่าความเค็มมากกว่า ๒,๐๐๐ ค่า TDS ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่า TDS ในแหล่งน้ำได้ไม่เกิน ๕,๐๐๐
๖	สารแขวนลอย (SS)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๕๐
๗	น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๕ หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ แต่ต้องไม่มากกว่า ๑๕
๘	บีโอดี (BOD)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๒๐
๙	ซีโอดี (COD)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๑๒๐

ตารางที่ ง-๑ (ต่อ)

ลำดับ	พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง
๑๑	โลหะหนัก		
	๑๐.๑ ปรอท (Mercury)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๐.๐๐๕
	๑๐.๒ เซเลเนียม (Selenium)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๐.๐๒
	๑๐.๓ แคดเมียม (Cadmium)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๐.๐๓
	๑๐.๔ ตะกั่ว (Lead)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๐.๒
	๑๐.๕ อาร์เซนิค (Arsenic)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๐.๒๕
	๑๐.๖ โครเมียม		
	๑๐.๖.๑ Hexavalent Chromium	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๐.๒๕
	๑๐.๖.๒ Trivalent Chromium	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๐.๗๕
	๑๐.๗ บาเรียม (Barium)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๑.๐
	๑๐.๘ นิเกิล (Nickel)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๑.๐
	๑๐.๙ ทองแดง (Copper)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๒.๐
	๑๐.๑๐ สังกะสี (Zinc)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๕.๐
	๑๐.๑๑ แมงกานีส (Manganese)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๕.๐
๑๒	ซัลไฟด์ในรูป H_2S (Hydrogen Sulfide)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๑.๐
๑๓	ไซยาไนด์ในรูป HCN (Hydrogen Cyanide)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๐.๒
๑๔	ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๑.๐
๑๕	สารประกอบฟีนอล (Phenols Compound)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๑.๐
๑๖	คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	มิลลิกรัม / ลิตร	ไม่มากกว่า ๑.๐
๑๗	เพสติไซด์ (Pesticide)	-	ต้องตรวจไม่พบ

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๙) เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

ตารางที่ ง-๒ ปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน

ชนิดของสารเจือปน (หน่วยวัด)	แหล่งที่มาของสารเจือปน	ค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศ	
		ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง	มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง
๑. ฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	ก. แหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้		
	- น้ำมันหรือน้ำมันเตา	-	๒๔๐
	- ถ่านหิน	-	๓๒๐
	- เชื้อเพลิงชีวมวล	-	๓๒๐
	- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	-	๓๒๐
	ข. การถลุง หล่อหลอม รีดดึง และ/ หรือผลิตอลูมิเนียม	๓๐๐	๒๔๐
	ค. การผลิตทั่วไป	๔๐๐	๓๒๐
๒. พลวง (Antimony) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	๒๐	๑๖
๓. สารหนู (Arsenic) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	๒๐	๑๖
๔. ทองแดง (Copper) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	๓๐	๒๔
๕. ตะกั่ว (Lead) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	๓๐	๒๔
๖. ปรอท (Mercury) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	๓	๒.๔
๗. คลอรีน (Chlorine) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	๓๐	๒๔
๘. ไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen chloride) (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การผลิตทั่วไป	๒๐๐	๑๖๐
๙. กรดกำมะถัน (Sulfuric acid) (ส่วนในล้านส่วน)	การผลิตทั่วไป	๒๕	-

ตารางที่ ง-๒ (ต่อ)

ชนิดของสารเจือปน (หน่วยวัด)	แหล่งที่มาของสารเจือปน	ค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศ	
		ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง	มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง
๑๐. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) (ส่วนในล้านส่วน)	การผลิตทั่วไป	๑๐๐	๘๐
๑๑. คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) (ส่วนในล้านส่วน)	การผลิตทั่วไป	๘๗๐	๖๙๐
๑๒. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) (ส่วนในล้านส่วน)	ก. แหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้		
	- น้ำมันหรือน้ำมันเตา	-	๙๕๐
	- ถ่านหิน	-	๗๐๐
	- เชื้อเพลิงชีวมวล	-	๖๐
	- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	-	๖๐
	ข. การผลิตทั่วไป	๕๐๐	-
๑๓. ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of nitrogen) (ส่วนในล้านส่วน)	แหล่งกำเนิดความร้อนที่ใช้		
	- น้ำมันหรือน้ำมันเตา	-	๒๐๐
	- ถ่านหิน	-	๔๐๐
	- เชื้อเพลิงชีวมวล	-	๒๐๐
	- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	-	๒๐๐
๑๔. ไซลีน (Xylene) (ส่วนในล้านส่วน)	การผลิตทั่วไป	๒๐๐	-
๑๕. ครีซอล (Cresol) (ส่วนในล้านส่วน)	การผลิตทั่วไป	๕	-

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๙

ตารางที่ ง-๓ มาตรฐานระดับความร้อนในพื้นที่ทำงาน

ความหนักเบาของงาน	**มาตรฐานระดับความร้อน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิเวทบัลบ์โกลบ (WBGT) กำหนดเป็นองศาเซลเซียส**
เบา	๓๔.๐
ปานกลาง	๓๒.๐
หนัก	๓๐.๐

หมายเหตุ:
- งานเบา หมายถึง ลักษณะงานที่ใช้แรงน้อยหรือใช้พลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญในร่างกายไม่เกิน ๒๐๐ กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง เช่น งานเขียนหนังสือ งานพิมพ์ดีด งานบันทึกข้อมูล เป็นต้น
- งานปานกลาง หมายถึง ลักษณะงานที่ใช้แรงปานกลางหรือใช้พลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญในร่างกายเกินกว่า ๒๐๐ กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง ถึง ๓๕๐ กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง เช่น งานยก งานลาก เคลื่อนย้ายสิ่งของ ด้วยแรงปานกลาง งานตอกตะปู เป็นต้น
- งานหนัก หมายถึง ลักษณะงานที่ใช้แรงมากหรือใช้พลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญในร่างกายเกินกว่า ๓๕๐ กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง ถึง ๕๐๐ กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง เช่น งานที่ใช้พลั่ว เสียม งานขุดตัก งานเลื่อยไม้ การเคลื่อนย้ายของหนัก เป็นต้น

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรฐานคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.๒๕๔๖

ตารางที่ ง-๔ มาตรฐานระดับเสียงเฉลี่ยที่ยอมรับได้กับเวลาการทำงาน

เวลาการทำงานที่รับเสียงได้ในเวลา ๑ วัน (ชั่วโมง)	**ระดับเสียงเฉลี่ยตลอดเวลาการทำงาน (เดซิเบลเอ)**
๑๒	๘๗
๘	๙๐
๖	๙๒
๔	๙๕
๓	๙๗
๒	๑๐๐
๑ ๑/๒	๑๐๒
๑	๑๐๕
๑/๒	๑๑๐
๑/๔ หรือน้อยกว่า	๑๑๕

หมายเหตุ: บริเวณปฏิบัติงานที่มีระดับเสียงเกินกว่ามาตรฐานตามตารางข้างต้น ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องปิดประกาศเตือนให้ทราบถึงบริเวณที่มีเสียงดังเกินมาตรฐานที่กำหนด

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรฐานคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.๒๕๔๖

ตารางที่ ง-๕ มาตรฐานระดับฝุ่นละอองในพื้นที่ปฏิบัติงาน

ชนิดของฝุ่นละออง	มาตรฐานระดับฝุ่นละอองในพื้นที่ปฏิบัติงาน (mg/m^3)
Total Dust	๑๕
Respirable Dust	๕

ที่มา: ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม (สารเคมี) กำหนดให้ฝุ่นทุกขนาด (Total Dust) เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติไม่เกิน ๑๕ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ Respirable Dust เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติไม่เกิน ๕ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ ง-๖ ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีในพื้นที่ปฏิบัติงานที่ยอมให้มีได้ตลอดระยะเวลาทำงานปกติ

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (ppm)	มิลลิกรัมต่ออากาศ ๑ ลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)
๑	อัลดริน (Aldrin)	-	๐.๒๕
๒	อะซินฟอส – เมทธิล (Azinphos-methyl)	-	๐.๒
๓	คลอเดน (Chlordane)	-	๐.๕
๔	ดี ดี ที (DDT)	-	๑
๕	ดี ดี วี พี (DDVP)	-	๑
๖	ไดคลอวอส (Dichlorvos)	-	๑
๗	ดิลดริน (Dieldrin)	-	๐.๒๕
๘	ไดเมทธิล ๑,๒ ไดโบรโม ๒,๒ ไดคลอโรเอทธิลฟอสเฟต (ไดบรอม) (Dimethyl ๑,๒ – dibromo ๒,๒ dichloroethyl phosphate (Dibrom)	-	๓
๙	เอนดริน (Endrin)	-	๐.๑
๑๐	กูไธออน (Guthion)	-	๐.๒
๑๑	ตะกั่วอาซีเนต (Lead arsenate)	-	๐.๑๕
๑๒	ลินเดน (Lindane)	-	๐.๕
๑๓	มาลาไธออน (Malathion)	-	๑๕
๑๔	เมธอกซีคลอ (Methoxychlor)	-	๑๕
๑๕	นิโคติน (Nicotine)	-	๐.๕
๑๖	ซีสทอกซ์ (Systox)		๐.๑
๑๗	แตลเลียมและสารประกอบที่ละลายได้ (Thallium (Soluble compounds) as Tl)	-	๐.๑
๑๘	ไธแรม (Tiram)	-	๕
๑๙	ท็อกซาฟีน (Toxaphene)	-	๐.๕
๒๐	พาราไธออน (Parathion)	-	๐.๑๑

ตารางที่ ง-๖ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (ppm)	มิลลิกรัมต่ออากาศ ๑ ลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)
๒๑	ฟอสดริน (Phosdrin)	-	๐.๑
๒๒	ไพริธรัม (Pyrethrum)	-	๕
๒๓	วาร์ฟฟารีน (Warfarin)	-	๐.๑
๒๔	คาร์บาริล (เซวิน (อาร์)) (Carbaryl (Sevin(R))	-	๕
๒๕	๒,๔ – ดี (๒,๔ - D)	-	๑๐
๒๖	พาราควอท (Paraquat)	-	๐.๕
๒๗	๒, ๔, ๕ ที (๒, ๔, ๕ T)	-	๑๐
๒๘	กรดน้ำส้ม (Acetic acid)	๑๐	๒๕
๒๙	แอมโมเนีย (Ammonia)	๕๐	๓๕
๓๐	สารหนูและสารประกอบของสารหนู (Arsenic and Compounds (as AS))	-	๐.๕
๓๑	อาร์ซีน (Arsine)	๐.๐๕	๐.๒
๓๒	ไบฟีนิล (Biphenyl)	๐.๒	๑
๓๓	บิสฟีนอล เอ (Bisphenol A)	๐.๕	๒.๘
๓๔	คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide)	๕,๐๐๐	๙,๐๐๐
๓๕	คาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbon monoxide)	๕๐	๕๕
๓๖	คลอรีน (Chlorine)	๑	๓
๓๗	คลอรีนไดออกไซด์ (Chlorine dioxide)	๐.๑	๐.๓
๓๘	โครเมี่ยมและสารประกอบของโครเมี่ยม	-	๑
๓๙	ฟูมของทองแดง	-	๐.๑
๔๐	ฝุ่นหรือละอองของทองแดง	-	๑
๔๑	ฝุ่นฝ้ายดิบ (Cotton dust (raw))	-	๑
๔๒	ไซยาไนด์ (Cyanide as CN)	-	๕
๔๓	เอทธิล อัลกอฮอล์ (เอทานอล) (Ethyl alcohol (Ethanol))	๑,๐๐๐	๑,๙๐๐
๔๔	ฟลูออไรด์ (Fluoride (as F))	-	๒.๕
๔๕	ฟลูออรีน (Fluorine)	๐.๑	๐.๒
๔๖	ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen Cyanide)	๑๐	๑๑
๔๗	ฟูมเหล็กออกไซด์ (Iron Oxide Fume)	-	๑๐
๔๘	เมทธิลอัลกอฮอล์ (เมทธานอล) (Methyl alcohol (Methanol))	๒๐๐	๒๖๐
๔๙	นิเกิล คาร์โบนิล (Nickel carbonyl)	๐.๐๐๑	๐.๐๐๗

ตารางที่ ง-๖ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารเคมี	
		ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (ppm)	มิลลิกรัมต่ออากาศ ๑ ลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)
๕๐	นิเกิล ในรูปของโลหะและสารประกอบที่ละลายได้ (Nikel, Metal and Soluble Compounds, as Ni)	-	๑
๕๑	กรดไนตริค (Nitric acid)	๒	๕
๕๒	ไนตริคออกไซด์ (Nitric oxide)	๒๕	๓๐
๕๓	ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide)	๕	๙
๕๔	ไนโตรกลีเซอรีน (Nitroglycerine)	๐.๒	๒
๕๕	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)	-	๒
๕๖	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)	๕	๑๓
๕๗	กรดกำมะถัน (Sulfuric acid)	-	๑
๕๘	เตตราเอทธิลเลด (Tetraethyl lead (as Pb))	-	๐.๐๗๕
๕๙	เตตราเมทธิลเลด (Tetramethyl lead (as Pb))	-	๐.๐๗
๖๐	ดีบุกและสารประกอบอนินทรีย์ของดีบุก	-	๒
๖๑	ดีบุกและสารประกอบอินทรีย์ของดีบุก	-	๐.๑
๖๒	ฟีนอล (Phenol)	๕	๑๙
๖๓	ฟอสจีน (Phosgene) หรือคาร์โบนิล คลอไรด์ (Carbonyl chloride))	๐.๑	๐.๔
๖๔	ฟอสฟีน (phosphine)	๐.๓	๐.๔
๖๕	กรดฟอสฟอริค (Phosphoric acid)	-	๑
๖๖	ฟอสฟอรัส (เหลือง) (Phosphorous (Yellow))	-	๐.๑
๖๗	ฟอสฟอรัส เพนตะคลอไรด์ (Phosphorous pentachloride)	-	๑
๖๘	ฟอสฟอรัส เพนตะซัลไฟด์ (Phosphorous pentasulfide)	-	๑
๖๙	ฟอสฟอรัส ไตรคลอไรด์ (Phosphorous trichloride)	๐.๕	๓
๗๐	ไซลีน (ไซลอล) (Xylene (Xylol))	๑๐๐	๔๓๕
๗๑	ฟูมของสังกะสีคลอไรด์ (Zinc chloride fume)	-	๑
๗๒	ฟูมของสังกะสีออกไซด์ (Zinc oxide fume)	-	๕

ที่มา: ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ตามประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ ๑๐๓ ลงวันที่ ๑๖ มีนาคม ๒๕๑๕

ตารางที่ ง-๗ ระดับความเข้มแสงสว่างในพื้นที่ปฏิบัติงาน

ลักษณะงานที่ปฏิบัติ	ระดับความเข้มแสงสว่าง (LUX)
๑. ลานถนนและทางเดินนอกอาคารโรงงาน	ไม่น้อยกว่า ๒๐
๒. บริเวณทางเดินในอาคารโรงงาน ระเบียง บันได ห้องพักผ่อน ห้องพนักงาน ห้องเก็บของที่มิได้เคลื่อนย้าย เป็นต้น	ไม่น้อยกว่า ๕๐
๓. บริเวณปฏิบัติงานที่ไม่ต้องการความละเอียด เช่น จุดขนถ่ายสินค้า ป้อมยาม ลิฟท์ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า เป็นต้น	ไม่น้อยกว่า ๑๐๐
๔. บริเวณปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดน้อยมาก เช่น งานหยาบที่ทำที่โต๊ะ หรือเครื่องจักร ชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่กว่า ๗๕๐ ไมโครเมตร การตรวจงานหยาบด้วยสายตา การนับ เป็นต้น	ไม่น้อยกว่า ๒๐๐
๕. บริเวณปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดน้อย เช่น บริเวณที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานรับจ่ายเสื้อผ้า การทำงานไม้ที่มีชิ้นงานขนาดปานกลาง งานบรรจุ งานทากาว งานเจาะรู เป็นต้น	ไม่น้อยกว่า ๔๐๐
๖. บริเวณปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดปานกลาง เช่น งานเขียนแบบ งานระบายสี พ่นสีและตกแต่งสีอย่างละเอียด เป็นต้น	ไม่น้อยกว่า ๖๐๐
๗. บริเวณปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดสูง โดยมีขนาดชิ้นงานตั้งแต่ ๒๕ ไมโครเมตร บริเวณที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบงานละเอียด เช่น การปรับเทียบมาตรฐานความถูกต้องความแม่นยำของอุปกรณ์ การระบายสี พ่นสี และตกแต่งชิ้นงานที่ต้องการความละเอียดมากเป็นพิเศษ งานย้อมสี เป็นต้น	ไม่น้อยกว่า ๘๐๐
๘. บริเวณปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดสูง บริเวณที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบ การตัดเย็บเสื้อผ้าด้วยมือ การตรวจสอบและการตกแต่งสินค้าสิ่งทอ สิ่งถัก หรือเสื้อผ้าที่มีสีอ่อนขั้นสุดท้ายด้วยมือ การคัดแยกและเทียบสีหนังที่มีสีเข้ม การเทียบสีในงานย้อมผ้าเป็นต้น	ไม่น้อยกว่า ๑,๒๐๐
๙. บริเวณปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดสูงมาก ได้แก่ งานละเอียดที่ต้องทำบนโต๊ะ หรือเครื่องจักร เช่น ทำเครื่องมือและแม่พิมพ์ที่มีรายละเอียดขนาดเล็กกว่า ๒๕ ไมโครเมตร งานตรวจสอบตรวจวัดชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กหรือชิ้นงานที่มีส่วนประกอบขนาดเล็ก งานซ่อมแซมสินค้า สิ่งทอ สิ่งถักที่มีสีอ่อน เป็นต้น	ไม่น้อยกว่า ๑,๖๐๐
๑๐. บริเวณปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดสูงมากเป็นพิเศษ ได้แก่ การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็กมาก การเจียรไนเพชร การทำนาฬิกาข้อมือในกระบวนการที่มีขนาดเล็ก การถัก ซ่อมแซมเสื้อผ้า ถุงเทาที่มีสีเข้ม เป็นต้น	ไม่น้อยกว่า ๒,๔๐๐

ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรฐานคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ.๒๕๔๖

ภาคผนวก จ.
กฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

กฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้านสิ่งแวดล้อม บ่งบอกถึงความต้องการและการดำเนินงานให้สอดคล้องตามกฎหมาย เพื่อให้ผู้ประกอบการนำไปปฏิบัติ โดยจะต้องเป็นข้อมูลที่ใช้บังคับและมีผลในปัจจุบัน ซึ่งแหล่งข้อมูลที่สามารถค้นหาและรับรู้ข่าวสาร ได้แก่

๑. หน่วยงานที่ออกใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน เช่น กรมโรงงานอุตสาหกรรม สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด เป็นต้น
๒. หน่วยงานที่ออกใบอนุญาตอื่น ๆ เช่น กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมพัฒนาธุรกิจพลังงาน เป็นต้น
๓. ส่วนงานราชกิจจานุเบกษา สำนักนิติกรรม สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี
๔. หน่วยงานที่ควบคุมการปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎหมาย รวมถึงข้อกำหนดต่างๆ เช่น กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เป็นต้น
๕. หน่วยงานราชการท้องถิ่น เช่น เทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล
๖. สมาคม สถาบัน หรือกลุ่มผู้ประกอบการอุตสาหกรรม เช่น สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย เป็นต้น
๗. สำนักงานที่ปรึกษาด้านกฎหมาย
๘. บริษัทที่ปรึกษาด้านสิ่งแวดล้อม

สำหรับรายการกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมของอุตสาหกรรมผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปและขนมอบกรอบ สามารถแบ่งออกเป็นกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษน้ำ มลพิษอากาศ มลพิษเสียง การจัดการของเสีย สารเคมีและวัตถุอันตราย สภาวะแวดล้อมในการทำงาน ความปลอดภัยในการทำงาน การใช้ทรัพยากร / พลังงาน และอื่นๆ สรุปได้ดังนี้

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษน้ำ

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑	กฎกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๓๕ ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ หมวด ๔ การควบคุมการปล่อยของเสีย มลพิษ หรือสิ่งใดๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ข้อ ๑๔ และข้อ ๑๕	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๒	พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ หมวด ๘ การควบคุมมลพิษ ส่วนที่ ๕ มลพิษทางน้ำ มาตรา ๗๐	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๓	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๓๙ ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง กำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงาน	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๔	ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ ๓ พ.ศ. ๒๕๓๙ ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๕	ประกาศกรมควบคุมมลพิษ พ.ศ. ๒๕๓๙ เรื่อง วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๖	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์การสั่งให้หยุดประกอบกิจการโรงงาน กรณีมีการระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๖	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๗	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง การกำหนดอัตราค่าปรับสำหรับการระบายน้ำทิ้งออกนอกโรงงานที่มีลักษณะไม่เป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๔๘	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๘	ประกาศกรมเจ้าท่าที่ ๖๗/๒๕๓๔ เรื่อง ให้มีการขออนุญาตการปล่อยน้ำทิ้งทุกประเภทลงสู่ลำน้ำ	กรมเจ้าท่า
๙	ประกาศกรมเจ้าท่าที่ ๔๑๙/๒๕๔๐ เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	กรมเจ้าท่า

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑	กฎกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๓๕ ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ หมวด ๔ การควบคุมการปล่อยของเสีย มลพิษ หรือสิ่งใดๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ข้อ ๑๖	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๒	พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ หมวด ๘ การควบคุมมลพิษ ส่วนที่ ๔ มลพิษทางอากาศและเสียง มาตรา ๖๘	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๓	ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๑๐ (พ.ศ.๒๕๓๘) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๔	ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๔๐ ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง การกำหนดมาตรฐานค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๕	ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๒๔ (พ.ศ. ๒๕๔๗) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๖	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๙	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๗	ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. ๒๕๔๙ ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๘	ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๒๘ (พ.ศ. ๒๕๕๐) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๙	ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๓๓ (พ.ศ. ๒๕๕๒) เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษเสียง

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑	พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ หมวด ๔ ส่วนที่ ๔ มลพิษทางอากาศและเสียง	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๒	กฎกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๓๕ ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ หมวด ๔ การควบคุมการปล่อยของเสีย มลพิษ หรือสิ่งใดๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ข้อ ๑๗	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๓	ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๑๕ พ.ศ. ๒๕๔๐ เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงทั่วไป	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๔	ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. ๒๕๔๖ ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง กำหนดระดับเสียงของรถยนต์	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๕	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าระดับเสียงการรบกวนและระดับเสียงที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๘	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๖	ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๒๙ (พ.ศ. ๒๕๕๐) เรื่อง ค่าระดับเสียงรบกวน	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๗	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง วิธีการตรวจวัดระดับเสียงการรบกวน ระดับเสียงเฉลี่ย ๒๔ ชั่วโมง และระดับเสียงสูงสุดที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๓	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสีย

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑	กฎกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๓๕ ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ หมวด ๔ การควบคุมการปล่อยของเสีย มลพิษ หรือสิ่งใดๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ข้อ ๑๓	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๒	พระราชบัญญัติสาธารณสุข พ.ศ. ๒๕๓๕ หมวด ๓ การกำจัดสิ่งปฏิกูล และมูลฝอย	กระทรวงสาธารณสุข
๓	พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. ๒๕๓๕	กระทรวงสาธารณสุขและกระทรวงมหาดไทย
๔	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากโรงงาน โดยทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Internet) พ.ศ. ๒๕๔๗	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๕	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ระบบเอกสารกำกับการขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ. ๒๕๔๗	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๖	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๔๘ เรื่อง การกำหนดอัตราค่าปรับสำหรับ การนำขยะอุตสาหกรรมออกไปบำบัดหรือกำจัดที่มีลักษณะไม่เป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๗	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. ๒๕๔๘	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๘	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์การพิจารณาการแต่งตั้ง ตัวแทนเพื่อรวบรวมและขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ. ๒๕๔๘	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๙	พระราชบัญญัติการสาธารณสุข ฉบับที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๕๐	กระทรวงสาธารณสุข
๑๐	ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. ๒๕๕๑	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๑๑	กฎกระทรวง ฉบับที่ ๒๒ (พ.ศ. ๒๕๕๖) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีและวัตถุอันตราย

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๔๓ ออกตามความในพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๒	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดรายชื่อของวัตถุอันตรายที่กระบวนการผลิตและลักษณะที่อาจก่อให้เกิดอันตรายเป็นที่ทราบแน่ชัดกันทั่วไป พ.ศ. ๒๕๔๓	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๓	ประกาศกระทรวงมหาดไทยออกตามความในประกาศคณะปฏิวัติ ฉบับที่ ๑๐๓ พ.ศ. ๒๕๑๕ เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
๔	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง กำหนดชนิดและประเภทของสารเคมี	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
๕	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง กำหนดแบบแจ้ง รายละเอียด แบบรายงานความปลอดภัย และแบบรายงานผลการ ตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
๖	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสุขภาพลูกจ้างและแบบรายงานผลการตรวจสุขภาพลูกจ้างที่ทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
๗	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม แก้ไขเพิ่มเติมประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย พ.ศ. ๒๕๓๘ ออกตามความในพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๔๗	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๘	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การให้แจ้งข้อเท็จจริงของผู้ผลิต ผู้นำเข้า ผู้ส่งออก หรือผู้มีไว้ในครอบครอง ซึ่งวัตถุอันตรายที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมมีหน้าที่รับผิดชอบ พ.ศ. ๒๕๔๗	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๙	ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๔๙ ว่าด้วยการกำหนดอัตราค่าปรับตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. ๒๕๓๕ สำหรับความผิดเกี่ยวกับวัตถุอันตรายที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเป็นผู้รับผิดชอบ	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีและวัตถุอันตราย (ต่อ)

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑๐	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดชนิดของวัตถุดิบที่จะนำมาใช้หรือผลิตในโรงงาน	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๑๑	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ ๓)	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๑๒	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ ๔)	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๑๓	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ออกตามความในพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ ๕)	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๑๔	พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๕๑	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๑๕	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การเก็บรักษาวัตถุอันตรายที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับผิดชอบ พ.ศ. ๒๕๕๑	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๑๖	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ ๖) พ.ศ. ๒๕๕๒	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๑๗	ประกาศกระทรวงแรงงาน เรื่อง กำหนดสารเคมีอันตรายที่ให้นายจ้างจัดให้มีการตรวจสุขภาพของลูกจ้าง พ.ศ. ๒๕๕๒	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
๑๘	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ระบบการจำแนกและสื่อสารความเป็นอันตรายของวัตถุอันตราย พ.ศ. ๒๕๕๕	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๑๙	กฎกระทรวง ฉบับที่ ๔ (พ.ศ. ๒๕๕๕) ออกตามความในพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. ๒๕๓๕	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑	ประกาศกระทรวงมหาดไทยออกตามความในประกาศคณะปฏิวัติ ฉบับที่ ๑๐๓ พ.ศ. ๒๕๑๕ เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม (สารเคมี)	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๒	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง กำหนดแบบแจ้งรายละเอียด แบบรายงานความปลอดภัย และแบบรายงานผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๓	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๔๖	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๔	กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. ๒๕๔๙	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๕	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ ระยะเวลา และประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ พ.ศ. ๒๕๕๐	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๖	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการแจ้งการดำเนินการหรือส่งเอกสารตามมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ. ๒๕๕๓	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๗	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง แบบการแจ้งการดำเนินการหรือส่งเอกสารตามมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ. ๒๕๕๓	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๘	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการจัดทำโครงการอนุรักษ์การได้ยินในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. ๒๕๕๓	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในการทำงาน

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑	ประกาศกระทรวงมหาดไทยออกตามความคณะปฏิวัติ ฉบับที่ ๑๐๓ พ.ศ. ๒๕๑๕ เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในสถานประกอบการเพื่อความปลอดภัยในการทำงานสำหรับลูกจ้าง	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๒	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๒ ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๓	กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสุขภาพของลูกจ้างและส่งผลการตรวจแก่พนักงานตรวจแรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๗	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๔	กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๔๙	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๕	กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดมาตรการความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าในโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๐	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
๖	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง กำหนดหน่วยงานฝึกอบรมการดับเพลิงขั้นต้น หน่วยงานฝึกซ้อมดับเพลิงและฝึกซ้อมหนีไฟ พ.ศ. ๒๕๕๐	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๗	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง การกำหนดบริเวณอันตราย อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า มาตรฐานขั้นต่ำระบบไฟฟ้า การตรวจสอบและออกหนังสือรับรองให้ผู้ตรวจสอบ พ.ศ. ๒๕๕๐	กรมธุรกิจพลังงาน
๘	กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร ปั้นจั่น และหม้อน้ำ พ.ศ. ๒๕๕๒	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๙	ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน พ.ศ. ๒๕๕๒	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๑๐	กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๓	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๑๑	พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๕๔	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในการทำงาน (ต่อ)

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑๒	กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า พ.ศ. ๒๕๕๔	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๑๓	กฎกระทรวง พ.ศ. ๒๕๕๕ เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทางานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๑๔	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง กำหนดมาตรฐานเครื่องดับเพลิงแบบเคลื่อนย้ายได้	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน
๑๕	ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง กำหนดแบบรายงานผลการฝึกซ้อมดับเพลิงและฝึกซ้อมอพยพหนีไฟ	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรและพลังงาน

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑	พระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๒	พระราชกฤษฎีกา เรื่อง กำหนดพลังงานควบคุม	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๓	กฎกระทรวง (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๙ ออกตามความในพระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการขอรับใบอนุญาตและการออกใบอนุญาตผลิต หรือขยายการผลิตพลังงานควบคุม	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
๔	พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. ๒๕๔๐	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๕	พระราชบัญญัติควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. ๒๕๔๒	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๖	พระราชบัญญัติน้ำบาดาล (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๖ เรื่อง การขุดเจาะและใช้น้ำบาดาล	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๗	ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน พ.ศ. ๒๕๔๖ เรื่อง กำหนดแบบคำขอรับใบอนุญาต แบบใบอนุญาต แบบคำขอแก้ไขเปลี่ยนแปลงลักษณะของสถานที่ แบบคำขอต่ออายุใบอนุญาต แบบคำขอรับใบแทนใบอนุญาตและแบบคำขอโอนใบอนุญาตของการประกอบกิจการควบคุมประเภทที่ ๓	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๘	กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดอัตราค่าอนุรักษ์น้ำบาดาล และหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขการเรียกเก็บค่าอนุรักษ์น้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๔๗	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๙	กฎกระทรวง เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการและระยะเวลาในการส่งข้อมูลและการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๔๗	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๑๐	กฎกระทรวง เรื่อง หลักเกณฑ์วิธีการและระยะเวลาในการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานและการตรวจสอบและการวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. ๒๕๔๗	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรและพลังงาน (ต่อ)

ลำดับ	รายการกฎหมาย	หน่วยงานที่บังคับใช้
๑๑	กฎกระทรวง เรื่อง การควบคุมไอน้ำมันเชื้อเพลิง หมวด ๑ ระบบควบคุมไอน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. ๒๕๕๐	กรมธุรกิจพลังงาน
๑๒	พระราชบัญญัติควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๐	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๑๓	พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๐	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๑๔	ระเบียบกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ว่าด้วยการดำเนินการเกี่ยวกับคำขอรับใบอนุญาต การออกใบอนุญาต การต่ออายุใบอนุญาต การโอนใบอนุญาต การออกใบแทนใบอนุญาต และการแก้ไขใบอนุญาตประกอบกิจการน้ำบาดาล พ.ศ. ๒๕๕๐	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๑๕	กฎกระทรวง เรื่อง สถานที่เก็บรักษาน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. ๒๕๕๑	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๑๖	กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดคุณสมบัติ หน้าที่ และจำนวนของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน พ.ศ. ๒๕๕๒	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๑๗	ประกาศกรมทรัพยากรน้ำบาดาล เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข การอุดกลบบ่อน้ำบาดาลที่เลิกใช้แล้ว พ.ศ. ๒๕๕๒	กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๑๘	ประกาศกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง แบบการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน พ.ศ. ๒๕๕๒	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๑๙	ประกาศกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง แบบการรับรองผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน พ.ศ. ๒๕๕๒	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
๒๐	ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม	กระทรวงพลังงาน

ทั้งนี้ กฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้านสิ่งแวดล้อม มีการประกาศใช้ใหม่ และเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้น ผู้ที่เกี่ยวข้องควรติดตามการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง รวมถึงการประกาศและการบังคับใช้ของกฎหมายต่างๆ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ทาง Web site ดังต่อไปนี้

ลำดับ	หน่วยงานที่ประกาศใช้กฎหมาย	หน่วยงานต้นสังกัด	รายชื่อ Web site
๑	กรมโรงงานอุตสาหกรรม	กระทรวงอุตสาหกรรม	www.diw.go.th
๒	กรมควบคุมมลพิษ	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	www.pcd.go.th
๓	กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน	กระทรวงแรงงาน	www.labour.go.th
๔	กรมชลประทาน	กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	www.rid.go.th
๕	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	www.dgr.go.th
๖	กรมธุรกิจพลังงาน	กระทรวงพลังงาน	www.doeb.go.th
๗	คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	www.environnet.in.th
๘	กระทรวงสาธารณสุข	กระทรวงสาธารณสุข	www.moph.go.th
๙	กรมเจ้าท่า	กระทรวงคมนาคม	www.mot.go.th
๑๐	ราชกิจจานุเบกษา	สำนักนายกรัฐมนตรี	www.ratchakitcha.soc.go.th

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, มูลค่าการส่งออกสินค้าในภาคการผลิต

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, ๒๕๕๕, รายงานสรุปสภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี ๒๕๕๕ และแนวโน้มปี ๒๕๕๖.

Injection Moulding, http://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Processes/Injection_Moulding.aspx

Decoration, http://www.toyo-seikan.co.jp/e/technique/plasticbottle/decoration.

Extrusion Blow Moulding, http://www.bpf.co.uk/Data/Image/Extrusion%๒๐Blow%๒๐Moulding.swf.

Injection Stretch Blow Moulding, http://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Processes/Injection_Stretch_Blow_Moulding.aspx.

ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, ๒๕๔๒, เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม ๑, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส่วนวิเคราะห์จัดการสิ่งแวดล้อม กองจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษ ฝ่ายควบคุมคุณภาพน้ำ การประปานครหลวง, บทความ “กระบวนการโคแอกกูเลชั่น (Coagulation) และฟล็อคคูเลชั่น (Flocculation)”

รศ.ดร.นพภาพร พานิช, การจัดการคุณภาพอากาศในภาคอุตสาหกรรมและเทคนิคการควบคุมมลพิษอากาศ, ๒๕๕๔, สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

EUROPEAN COMMISSION, July ๒๐๐๓, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC).

EFFICIENT COMPRESSED AIR SYSTEMS, Air and Mine Equipment Institute of Australia.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, ๒๕๔๙, ระบบบำบัดน้ำเสีย, กรุงเทพมหานคร : บริษัท สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด.

Metcalf & Eddy, Inc., ๑๙๙๑, Wastewater Engineering: Treatment / Disposal / Reuse, McGraw - Hill Book Co.,: New York, 3rd Edition.

พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ, บทความ “กระบวนการโคแอกกูเลชั่น (Coagulation) และฟล็อคคูเลชั่น (Flocculation)” ส่วนวิเคราะห์จัดการสิ่งแวดล้อม กองจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษ ฝ่ายควบคุมคุณภาพน้ำ การประปานครหลวง

สาโรจน์ ปาสาทิกา, ๒๕๔๒, เทคนิคการลดมลพิษจากแหล่งกำเนิดสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อมและขนาดกลาง, วารสารโรงงาน ฉบับที่ ๑๗ (มิถุนายน - กันยายน)

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ๒๕๔๕, ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ, สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย : กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ ๑, ๔๔๒ หน้า.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ๒๕๔๗, ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ, กรุงเทพมหานคร : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ ๑, ๗๒๕ หน้า.

รศ.ดร.วราวุธ เสือดี, เทคโนโลยีการควบคุมมลพิษอากาศ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, ๒๕๔๘. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ประเภทผลิตภัณฑ์พลาสติก

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, เอกสารเผยแพร่โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติก

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ๒๕๔๗, คู่มือการฝึกอบรมอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, ๒๕๔๙, เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ชุด รู้ ’รักษ์พลังงาน การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, ๒๕๔๙, เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ชุด รู้ ’รักษ์พลังงาน มอเตอร์.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, ๒๕๔๙, เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ชุด รู้ ’รักษ์พลังงาน ระบบอัดอากาศ.

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, ๒๕๔๖, รวมกฎหมายสิ่งแวดล้อมสำหรับผู้ปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย : พิมพ์ครั้งที่ ๓, ๙๑๐ หน้า.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, ๒๕๕๔, คู่มือการจัดทำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม, ๒๐๗ หน้า.

Nonhebel, G., ๑๙๗๒, Gas Purification Processes for Air Pollution Control.

สารเคมีที่ใช้เป็นสารสร้างตะกอนปฐมภูมิและสารช่วยสารสร้างตะกอน, http://water.me.vccs.edu/courses/env๑๑๐/lesson๔.htm.

สมรรถนะของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกไทย, Plastic Intelligence Website, http://plastic.oie.go.th/ViewCompanyByMarketChart.aspx.

กรัณย์ รักษ์เจริญ, กรณีศึกษาเรื่องการสูญเสียค่าพลังงานที่เกิดจากลมรั่วในระบบอากาศอัด, http://www.๙engineer.com/ee_main/AirPressureLoss.htm.

บทความ Dust Collector Design, http://www.tpjeng.com/content-DustCollectorDesign-๔-๑๘๗๔-๙๘๒๕๑-๑.html.

บทความ การออกแบบระบบระบายอากาศ, http://www.tpjeng.com/content-การออกแบบระบบระบายอากาศ-๔-๑๘๗๔-๔๖๑๗๐-๑.html.

คณะกรรมการประสานและรับมอบงาน

โครงการพัฒนาระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม
สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำหลัก
(ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ท่าจีน แม่กลอง บางปะกง และพื้นที่ใกล้เคียง)

(การจัดทำคู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก)

๑. นางอรอนงค์ ทรงกิตติ ประธานกรรมการ
นักวิทยาศาสตร์เชี่ยวชาญ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน

๒. นางประไพรัตน์ ลาวัณย์วัฒนกุล กรรมการ
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน

๓. นายเฉลิมพร กล่อมใจ กรรมการ
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน

๔. นายกฤษฎา เกิดโภค กรรมการ
วิศวกรชำนาญการ สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา ๔

๕. นายภูธร กวีพันธ์ กรรมการ
วิศวกรชำนาญการ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน

๖. นางขจีวรรณ วรรณรสพากย์ กรรมการ
วิศวกรชำนาญการ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน

๗. นางสาวจุฑารัตน์ เรียงสา กรรมการ
นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน

๘. นายบุญรวย เลิศวนิชย์ทิพย์ กรรมการและเลขานุการ
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน

๙. นางสาวธิดารัตน์ คชรินทร์ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน

คณะที่ปรึกษา

โครงการพัฒนาระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม
สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำหลัก
(ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ท่าจีน แม่กลอง บางปะกง และพื้นที่ใกล้เคียง)

(การจัดทำคู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก)

๑. นายสุรศักดิ์	เจริญกิจมงคล	ผู้จัดการโครงการ
๒. นายเชฎฐ์	ทับทอง	ที่ปรึกษาด้านการจัดการพลังงาน
๓. นางสาวสุภารัตน์	ปัญญาเวชมนตรี	ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม
๔. ผศ.ดร.บุญชัย	วิจิตรเสถียร	ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสะอาด
๕. ดร.ฉัตรเพชร	ยศพล	ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสะอาด
๖. ผศ.ดร.สุดจิต	ครุจิต	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการมลพิษโรงงาน
๗. ดร.อภิชน	วัชเรนทร์วงศ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการมลพิษโรงงาน
๘. นายศูนทร	แสนหูม	วิศวกรประจำโครงการ
๙. นางสาววิมลมาศ	บุญยั่งยืน	วิศวกรประจำโครงการ
๑๐.นางษาภินันท์	พังจุนันท์	นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
๑๑.นางสาววรุณภา	เหล่าสะพาน	นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
๑๒.นางจารุชา	ทรัพย์ผุด	นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
๑๓.นางสาวกรองทอง	นาถพิริยรัตน์	ผู้ประสานงานโครงการ