การวิเคราะห์แนวทางการลดของเสีย: กรณีศึกษาของกระบวนการผลิตขวดเพท

นายพีรพล วงศ์บุญนาค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Waste Reduction Analysis: A case study of PET Bottles Manufacturing

Mr. Peerapon Wongboonnark

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์แนวทางการลดของเสีย: กรณีศึกษาของกระบวนการผลิตขวดเพท
โดย	นายพีรพล วงศ์บุญนาค
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พีรพล วงศ์บุญนาค : การวิเคราะห์แนวทางการลดของเสีย: กรณีศึกษาของกระบวนการผลิตขวดเพท. (Waste Reduction Analysis: A case study of PET Bottles Manufacturing) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.ชนาธิป ผาริโน

ขวดเพทได้รับความนิยมแก่ผู้บริโภคเพราะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งาน แต่ในกระบวนการผลิตนั้นมักจะก่อให้เกิดของเสียพลาสติกขึ้นมา ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่วิเคราะห์จุดกำเนิดของเสียและหาข้อเสนอแนะที่เหมาะสมในการลดของเสียพลาสติก ในการวิจัยได้ใช้การวิเคราะห์การไหลของมวลสารเพื่อสำรวจข้อมูลพื้นฐานของการใช้ทรัพยากร ค้นหาจุด Hot spot และนำไปสู่การประเมินแนวทางจัดการของเสียพลาสติกให้ตรงจุดมากที่สุด งานวิจัยได้ออกแบบการเก็บข้อมูลโดยการพัฒนาและออกแบบแบบฟอร์มใบรายงานการผลิต การสัมภาษณ์ การศึกษาคู่มือ ตลอดจนการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดของเสียพลาสติกจากกระบวนการเป่าขวดเพท และนำองค์ความรู้ที่รวบรวมได้ไปใช้งานจริงในการปฏิบัติงาน ผลการศึกษาพบว่าแผนกฉีดพรีฟอร์มเกิดของเสียจากการเซ็ตอัพมากที่สุด แผนกเป่าขวดเพท ก่อให้เกิดของเสียประเภทอื่นๆที่อยู่นอกเหนือจากการจำแนกประเภทมากที่สุด แนวทางการลดของเสียที่แนะนำให้ดำเนินการเพื่อลดของเสียพลาสติกในภาพรวม คือ การปรับปรุงระบบสนับสนุนของกระบวนการผลิต ได้แก่ ระบบน้ำ ระบบลม, ลำดับต่อมา คือ การสร้างองค์ความรู้แก่พนักงาน, การใช้เอกสารประกอบการทำงาน, สุดท้าย คือ การรักษาสภาพเครื่องจักรให้มีความสมบูรณ์ทั้งก่อนและระหว่างทำการผลิต แนวทางการปรับปรุงที่ดำเนินการสามารถทำให้ของเสียในภาพรวมลดลงได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6070264521 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORD: PET bottles production, mass flow analysis, hot spot, waste reduction

Peerapon Wongboonnark : Waste Reduction Analysis: A case study of PET Bottles Manufacturing. Advisor: Assoc. Prof. CHANATHIP PHARINO, Ph.D.

PET bottles are commonly used products because of their versatile properties. However, during process to produce PET bottles, there are plastic wastes generated from the production process. This research aims to identify source of waste generation by applying mass flow analysis. Methods of data collection are developed for collecting data from production, interview and research related to reduce plastic waste from PET production process. After that, applying measures to reduce waste. The results of this study showed that, preform injection process has most of waste comes from setup waste. Bottles Blowing process has most of waste comes from other waste, which is beyond classification of waste categories. The waste reduction measures recommended for reducing plastic waste by improvement of air heat and water supply system, improve skills of operators, provide work manual and work agreement. The final is machinery care by machine operator. After applying waste reduction recommendation, the overall waste has declined.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Environmental Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2019 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ชนาธิป ผาริโน ที่ให้โอกาสในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนให้ชี้แนะ ให้คำปรึกษาเสมอมา จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งบุคลากร และคณาจารย์ ที่ได้สนันสนุนการทำงานวิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี ศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์ ที่กรุณาสละเวลาเพื่อเป็นประธานกรรมการและคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ โดยให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย

ขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง ซึ่งตั้งอยู่ที่ จังหวัดปทุมธานี ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษา ให้ข้อมูล และให้ความร่วมมือในการทำวิจัยอย่างดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวที่ได้ให้ความสนับสนุนในทุกด้านและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเมื่อพบเจอปัญหา คอยเป็นกำลังใจและหวังดีต่อกันเสมอมา

พีรพล วงศ์บุญนาค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

บทที่1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 นิยามศัพท์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 สถานการณ์ของปัญหา 4

2.1.1 การใช้งานบรรจุภัณฑ์พลาสติก 4

2.1.2 อุตสาหกรรมผลิตขวดเพท 5

2.1.3 โครงสร้างต้นทุนของอุตสาหกรรมผลิตขวดพลาสติก 6

2.1.4 ปริมาณ สัดส่วน และ การนำไปใช้ประโยชน์ของขยะพลาสติก 7

2.1.5 ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติก 8

2.2 กฎหมาย นโยบายและมาตรการ ในการจัดการขยะพลาสติก 9

2.2.1 ความเชื่อมโยงของแผนการจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการ พ.ศ. 2560- 2564 กับนโยบายที่เกี่ยวข้อง 9

2.2.2 แผนการจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการ พ.ศ. 2560-2564 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 การผลิตขวดเพทและของเสียที่เกิดขึ้น 14
2.3.1 วิธีที่ใช้ในการผลิตขวดเพท 14
2.3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขวดเพท 16
2.3.3 กระบวนการผลิตขวดเพท 17
2.3.4 ลักษณะของเสียที่มักเกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตขวดพลาสติก 36
2.3.5 วิธีการแก้ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น 56
2.4 แนวคิดและเทคนิคในการจัดการขยะประเภทขวดเพทที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม 71
2.4.1 แนวคิดในการจัดการขยะประเภทขวดเพทในโรงงานอุตสาหกรรม 71
2.4.2 เทคนิคการจัดการขยะประเภทขวดเพทที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม 72
2.5 การวิเคราะห์การไหลของมวล (Material Flow Analysis : MFA) 76
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 84
บทที่ 3 วิธีการวิจัย 89
3.1 กำหนดขอบเขตการศึกษา 90
3.1 กำหนดขอบเขตการศึกษา 90
3.2 เก็บรวบรวมข้อมูล 92
3.3 วิเคราะห์ข้อมูล 94
3.4 เสนอทางเลือกที่เป็นไปได้ในการลดของเสีย 98
3.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน 99
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์การศึกษา 100
4.1 ผลการวิเคราะห์ของเสียในกระบวนการผลิตขวดเพท เมื่อเริ่มทำการศึกษา 100
4.1.1 ปริมาณและร้อยละของของเสีย 100
4.1.2 การวิเคราะห์ผังการไหลของมวลสารในกระบวนการผลิต 105
4.2 วิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาและวิธีแก้ไข 108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.1 วิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาและวิธีแก้ไขตามประเภทของเสียที่เป็นจุด hot spot 108

4.2.2 วิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาและวิธีแก้ไขตามของเสียในภาพรวม 118

4.3 ผลการวิเคราะห์หลังการดำเนินการตามมาตรการลดของเสียในกระบวนการผลิตขวดเพท . 146

4.3.1 แนวโน้มของร้อยละของของเสีย 146

4.3.2 การวิเคราะห์มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ 157

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา 159

5.1 สรุปผลการศึกษา 159

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 160

บรรณานุกรม 207

ประวัติผู้เขียน 211

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ตารางปริมาณขยะที่เกิดขึ้นและการนำไปใช้ประโยชน์จากภาคอุตสาหกรรม..... 8

ตารางที่ 3-1 เอกสารบันทึกการใช้วัตถุดิบ แผนกฉีดพรีฟอร์ม.....92

ตารางที่ 3-2 เอกสารบันทึกการใช้วัตถุดิบ แผนกเป่าขวดเพท 92

ตารางที่ 3-3 เอกสารบันทึกปริมาณของดีและของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม 93

ตารางที่ 3-4 เอกสารบันทึกปริมาณของดีและของเสีย แผนกเป่าขวดเพท..... 93

ตารางที่ 3-5 ตารางการวิเคราะห์ของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม..... 95

ตารางที่ 3-6 ตารางการวิเคราะห์ของเสีย แผนกเป่าขวดเพท..... 96

ตารางที่ 3-7 แสดงตารางการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียและวิธีแก้ปัญหา..... 98

ตารางที่ 3-8 ขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินงาน..... 99

ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม แบบแยกประเภทงาน ไตรมาสที่ 1.....101

ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงปริมาณของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม แบบแยกประเภทของเสีย ไตรมาสที่ 1 102

ตารางที่ 4-3 ตารางแสดงปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท แบบแยกประเภทงาน ไตรมาสที่ 1 103

ตารางที่ 4-4 ตารางแสดงปริมาณของของเสียแผนกเป่าขวดเพท แบบแยกประเภทของเสีย ไตรมาสที่ 1 104

ตารางที่ 4-5 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม 119

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท..... 126

ตารางที่ 4-7 ตารางแสดงความถี่สะสมของปัญหาในภาพรวม..... 137

ตารางที่ 4-8 แสดงการวิเคราะห์ของเสียจากการเซ็ตอัพ แผนกฉีดพรีฟอร์ม 149

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4-9 ตารางแสดงปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม แบบแยกประเภทของเสีย ไตรมาสที่ 1-4 151

ตารางที่ 4-10 ตารางแสดงปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม แบบแยกประเภทของเสีย ไตรมาสที่ 5 152

ตารางที่ 4-11 แสดงการวิเคราะห์ของเสียจากการเซ็ตอัพ แผนกเป่าขวดเพท 154

ตารางที่ 4-12 ตารางแสดงปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท แบบแยกประเภทของเสีย ไตรมาสที่ 1-4 156

ตารางที่ 4-13 ปริมาณของเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นได้ แผนกเป่าขวดเพท 157

ตารางที่ 4-14 ต้นทุนค่าเสียโอกาสที่หลีกเลี่ยงได้ แผนกเป่าขวดเพท 158

ตารางที่ ก.1 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 1 รายไตรมาส..... 163

ตารางที่ ก.2 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 2 รายไตรมาส 164

ตารางที่ ก.3 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 3 รายไตรมาส 165

ตารางที่ ก.4 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 4 รายไตรมาส 166

ตารางที่ ก.5 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 5 รายไตรมาส 167

ตารางที่ ก.6 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 6 รายไตรมาส 168

ตารางที่ ก.7 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 7 รายไตรมาส 169

ตารางที่ ก.8 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 8 รายไตรมาส 170

ตารางที่ ก.9 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 9 รายไตรมาส 171

ตารางที่ ก.10 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 10 รายไตรมาส..... 172

ตารางที่ ก.11 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 11 รายไตรมาส..... 173

ตารางที่ ก.12 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 12 รายไตรมาส..... 174

ตารางที่ ก.13 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 13 รายไตรมาส..... 175

ตารางที่ ก.14 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 14 รายไตรมาส..... 176

ตารางที่ ก.15 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 15 รายไตรมาส..... 177

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.1 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 1 รายไตรมาส.....179

ตารางที่ ข.2 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 2 รายไตรมาส.....180

ตารางที่ ข.3 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 3 รายไตรมาส.....181

ตารางที่ ข.4 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 4 รายไตรมาส.....182

ตารางที่ ข.5 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 5 รายไตรมาส.....183

ตารางที่ ข.6 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 6 รายไตรมาส.....184

ตารางที่ ข.7 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 7 รายไตรมาส.....185

ตารางที่ ข.8 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 8 รายไตรมาส.....186

ตารางที่ ข.9 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 9 รายไตรมาส.....187

ตารางที่ ข.10 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 10 รายไตรมาส 188

ตารางที่ ค.1 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสที่ 1 รายเครื่อง.....190

ตารางที่ ค.2 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสที่ 2 รายเครื่อง 192

ตารางที่ ค.3 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสที่ 3 รายเครื่อง 194

ตารางที่ ค.4 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสที่ 4 รายเครื่อง 196

ตารางที่ ง.1 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสที่ 1 รายเครื่อง.....199

ตารางที่ ง.2 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสที่ 2 รายเครื่อง 201

ตารางที่ ง.3 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสที่ 3 รายเครื่อง 203

ตารางที่ ง.4 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสที่ 4 รายเครื่อง 205

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 ของเสียที่เกิดจากการผลิตขวดเพท 6
รูปที่ 2-2 วิธีการผลิตขวดเพทแบบ One-Step “hot perform” method 15
รูปที่ 2-3 วิธีการผลิตขวดเพทแบบ Two-Step “Cold perform” method 16
รูปที่ 2-4 เม็ดพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟธาเลต 16
รูปที่ 2-5 เม็ดสี 17
รูปที่ 2-6 เครื่องลดความชื้นเม็ด PET 18
รูปที่ 2-7 แสดงการดูดเม็ดพลาสติกเข้า Hopper 19
รูปที่ 2-8 แสดงกระบวนการฉีดพรีฟอร์ม 19
รูปที่ 2-9 แม่พิมพ์พรีฟอร์มฝั่ง Core และ Cavity 20
รูปที่ 2-10 แสดงแม่พิมพ์พรีฟอร์มปิดประกบกัน 20
รูปที่ 2-11 แสดงสกรูดันพลาสติกเหลวเติมเต็มช่องว่าง 21
รูปที่ 2-12 ชิลเลอร์ทำน้ำเย็น 21
รูปที่ 2-13 แสดงสกรูถอยกลับสู่ตำแหน่งเดิม ขณะที่หล่อเย็น 22
รูปที่ 2-14 แสดงแม่พิมพ์เปิดออก 22
รูปที่ 2-15 แสดงการดันหลอดพรีฟอร์ออกจาก Core 23
รูปที่ 2-16 แสดงหลอดพรีฟอร์มตกลงบนสายพานลำเลียง 23
รูปที่ 2-17 แสดงสายพานลำเลียงหลอดพรีฟอร์ม 24
รูปที่ 2-18 แสดงการคัดคุณภาพหลอดพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ 24
รูปที่ 2-19 การเป่าพรีฟอร์มให้ขยายจนเต็มแม่พิมพ์ 25
รูปที่ 2-20 แสดงการโหลดหลอดพรีฟอร์ม 26
รูปที่ 2-21 แสดงการสไลด์หลอดพรีฟอร์ม 26
รูปที่ 2-22 แสดง Gripper หยิบหลอดพรีฟอร์ม 27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2-23 แสดงหลอดพรีฟอร์มที่สวมเข้ากับ Bush 27
รูปที่ 2-24 แสดงการให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์มผ่านตู้อินฟราเรด 28
รูปที่ 2-25 แสดงหลอดพรีฟอร์มเคลื่อนที่เข้าแม่พิมพ์ 29
รูปที่ 2-26 แสดงแม่พิมพ์เป่าขวดเพทปิดประกบ 29
รูปที่ 2-27 แสดง O-ring ป้องกันการแลกเปลี่ยนอากาศของพรีฟอร์มกับสิ่งแวดล้อม 30
รูปที่ 2-28 แสดงการแม่พิมพ์เป่าขวดเพทช่วงเริ่มต้นกระบวนการเป่า 30
รูปที่ 2-29 แสดง Stretch rod ยืดบริเวณส่วนล่างของพรีฟอร์ม 31
รูปที่ 2-30 แสดงลม Pre-blow เป่าขยายหลอดพรีฟอร์มออก 32
รูปที่ 2-31 แสดงแม่พิมพ์เป่าขวดเมื่อ Stretch rod ยืดออกสุด 33
รูปที่ 2-32 แสดงแม่พิมพ์ที่ถูกเป่าขยายออกจนเต็มแม่พิมพ์ 34
รูปที่ 2-33 แสดง Gripper จับขวดออกที่ตำแหน่ง Discharge 35
รูปที่ 2-34 แสดงของเสียประเภทจุดดำ 36
รูปที่ 2-35 แสดงของเสียประเภทหลอดขาวขุ่น 37
รูปที่ 2-36 แสดงของเสียประเภทหลอดร้าว 37
รูปที่ 2-37 แสดงของเสียประเภทหลอดไหม้ 38
รูปที่ 2-38 แสดงของเสียประเภทฟองอากาศ 38
รูปที่ 2-39 แสดงของเสียประเภทก้นใส 39
รูปที่ 2-40 แสดงของเสียประเภทเกทยาว 39
รูปที่ 2-41 แสดงของเสียประเภทปากไม่เต็ม 40
รูปที่ 2-42 แสดงของเสียประเภทปากเบี้ยว 40
รูปที่ 2-43 แสดงของเสียประเภทก้นแน่น 41
รูปที่ 2-44 แสดงของเสียประเภทหลอดเก็บตก 41
รูปที่ 2-45 แสดงของเสียประเภทหลอดเก็บตก 42
รูปที่ 2-46 แสดงของเสียจากการเซ็ตอัพ 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-47 แสดงของเสียประเภทหลอดติดสไลด์ 43
รูปที่ 2-48 แสดงของเสียประเภทหลอดเก็บตก 43
รูปที่ 2-49 แสดงของเสียประเภทหลอดขาว 44
รูปที่ 2-50 แสดงของเสียประเภทเป็นไต 44
รูปที่ 2-51 แสดงของเสียประเภทขาวบาง 45
รูปที่ 2-52 แสดงของเสียประเภทขวดหนาบาง 45
รูปที่ 2-53 แสดงของเสียประเภทก้นร้อน 46
รูปที่ 2-54 แสดงของเสียประเภททับหน้าแม่พิมพ์ 46
รูปที่ 2-55 แสดงของเสียประเภทเกลียวเสีย 47
รูปที่ 2-56 แสดงของเสียประเภทก้นไม่ตรง 47
รูปที่ 2-57 แสดงของเสียประเภทเป่าไม่เต็มใบ 48
รูปที่ 2-58 แสดงของเสียประเภทเป่าแตก 48
รูปที่ 2-59 แสดงของเสียประเภทลายน้ำ 49
รูปที่ 2-60 แสดงของเสียประเภทคอบวม 49
รูปที่ 2-61 แสดงของเสียประเภทเหลี่ยมไม่เต็ม 50
รูปที่ 2-62 แสดงของเสียประเภทก้นไม่เต็ม 50
รูปที่ 2-63 แสดงของเสียประเภทก้นยุบ 51
รูปที่ 2-64 แสดงของเสียประเภทเหลี่ยมขาว 51
รูปที่ 2-65 แสดงของเสียประเภทคอเอียง 52
รูปที่ 2-66 แสดงของเสียประเภทรอยร้าว 52
รูปที่ 2-67 แสดงของเสียประเภทรอยเส้นใย 53
รูปที่ 2-68 แสดงของเสียประเภทตะเข็บเหลื่อม 53
รูปที่ 2-69 แสดงของเสียประเภทปากไม่เต็ม 54
รูปที่ 2-70 แสดงของเสียประเภทก้นนูน 54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-71 แสดงของเสียประเภทก้นไหม้ 55
รูปที่ 2-72 แสดงของเสียประเภทฟองอากาศ 55
รูปที่ 2-73 แสดงฟองอากาศบนหลอดพรีฟอร์ม 57
รูปที่ 2-74 แสดงหลอดพรีฟอร์มเกทมีเส้นใย 58
รูปที่ 2-75 แสดงหลอดพรีฟอร์มเกทยาว 59
รูปที่ 2-76 แสดง heat profile ของหลอดพรีฟอร์มในกระบวนการเป่าขวดเพท 60
รูปที่ 2-77 แสดงการพับเข้าด้านในของคอขวด 61
รูปที่ 2-78 แสดงเนื้อพลาสติกกองที่ก้นขวด 62
รูปที่ 2-79 แสดงก้นขวดไม่ตรง 64
รูปที่ 2-80 แสดงขวดฝ้าขาว 66
รูปที่ 2-81 แผนผังแสดงกระบวนการรีไซเคิลขวดเพท 72
รูปที่ 2-82 แสดงการนำวัตถุดิบไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงผ่านกระบวนการไพโรไลซิส 73
รูปที่ 2-83 กระบวนการรีไซเคิลขวดเพทเพื่อเป็นเส้นใย 74
รูปที่ 2-84 แสดงหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย 75
รูปที่ 3-1 แสดงขอบเขตกระบวนการผลิตขวดเพท 91
รูปที่ 3-2 แสดงโปรแกรม STAN2 97
รูปที่ 4-1 แสดงการไหลของมวลสารแผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสที่ 1 106
รูปที่ 4-2 แสดงการไหลของมวลสารแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสที่ 1 107
รูปที่ 4-3 แสดงขั้นตอนการเซ็ตอัพเครื่องฉีดพรีฟอร์ม 109
รูปที่ 4-4 แสดงแบบบันทึกค่าพารามิเตอร์ แผนกฉีดพรีฟอร์ม 110
รูปที่ 4-5 แสดง Heater รอบสกรู 111
รูปที่ 4-6 แสดง Cavity แตก 112
รูปที่ 4-7 แสดงการตรวจสอบคุณภาพหลอดพรีฟอร์มก่อนนำไปเป่าขวดเพท 112
รูปที่ 4-8 แสดงหลอดพรีฟอร์มเอียงบน Bush และชน limit switch 113

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4-9 แสดงเฟืองกระบอก Rotate เกิดความเสียหาย 114
รูปที่ 4-10 แสดงการปรับตั้งรางสไลด์หลอดพรีฟอร์ม 114
รูปที่ 4-11 แสดง stretch rod เกิดการงอ 115
รูปที่ 4-12 แสดงไดอะแฟรมของ Regulator 115
รูปที่ 4-13 แสดง O-ring ของ Regulator 115
รูปที่ 4-14 แสดงแบบบันทึกค่าพารามิเตอร์ แผนกเป่าขวดเพท 116
รูปที่ 4-15 แสดง Gripper หยิบพรีฟอร์มอย่างหลวม 117
รูปที่ 4-16 แสดงการปรับตั้งระยะรางสไลด์ 117
รูปที่ 4-17 แสดงใบพัดของ Cooling tower ไม่หมุน 138
รูปที่ 4-18 แสดงน้ำรั่วบริเวณมอเตอร์ 138
รูปที่ 4-19 แสดงการกำจัดตะกรันออกจากแผงกระจายน้ำ 139
รูปที่ 4-20 แสดงจุดต่อสายไฟ Main เกิดการชำรุด 139
รูปที่ 4-21 แสดงการเปลี่ยนสายไฟ Main ใหม่ 139
รูปที่ 4-22 แสดงการตรวจสอบการรั่วไหลของ Cooling agent ของระบบ Chiller 140
รูปที่ 4-23 แสดงฟิวส์ของระบบไฟฟ้าเกิดการอาร์ค 140
รูปที่ 4-24 การใช้ thermoscan วัดอุณหภูมิ Busbar 140
รูปที่ 4-25 การใช้ thermoscan วัดอุณหภูมิของสายไฟก่อนเข้าตู้ MDB 141
รูปที่ 4-26 แสดงข้อสอบ Pre-test และ Post-test ของเรื่อง Bolt and nut 142
รูปที่ 4-27 แสดงบอร์ดแสดงลักษณะของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม 142
รูปที่ 4-28 แสดงการตรวจวัดความชื้นในบรรยากาศ โดยใช้ Anemometer 143
รูปที่ 4-29 แสดงแบบบันทึกค่าพารามิเตอร์เกี่ยวข้องกับความชื้นในอากาศ 143
รูปที่ 4-30 แสดงการใช้คู่มือประกอบการทำงาน 144
รูปที่ 4-31 แสดงการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน 144
รูปที่ 4-32 ระบบ Alarm เมื่อเครื่องจักรเกิดความผิดปกติ 145

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-33 แสดงการจัดทำการ์ดครอบสายพานลำเลียงหลอดพรีฟอร์ม 145

รูปที่ 4-34 กราฟแสดงแนวโน้มร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม 147

รูปที่ 4-35 แสดงคอยล์เย็นของ Mold dehumidifier 147

รูปที่ 4-36 แสดง Honeycomb ของ Mold dehumidifier 148

รูปที่ 4-37 กราฟแสดงแนวโน้มร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท 153

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยมีการใช้งานพลาสติกในเกือบทุกสาขา ทั้งในบรรจุภัณฑ์ เฟอร์นิเจอร์ ขนส่ง ยานยนต์ ก่อสร้าง เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ในครัวเรือนและอื่นๆ ทั้งนี้จากสถิติการผลิตพลาสติกในประเทศไทย พบว่ามีสัดส่วนการใช้พลาสติกเพื่อบรรจุภัณฑ์ (Packaging) มากที่สุด และเป็นการใช้ในระยะสั้นก่อให้เกิดขยะมากที่สุด โดยในปี 2558 มีการใช้พลาสติกเพื่อบรรจุภัณฑ์สูงถึง 2.048 ล้านตัน นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทถุง 0.476 ล้านตัน ผลิตถาดโฟม 0.09 ล้านตัน และบรรจุผลิตภัณฑ์อื่น (กล่อง ถ้วย ฯลฯ) 1.482 ล้านตัน (สถาบันพลาสติก, 2559) โดยพลาสติกมีการถูกใช้งานอย่างกว้างขวางและมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อไม่ได้ใช้งานหรือไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้แล้วจะกลายเป็นขยะพลาสติก การขาดความตระหนักและการไม่ให้ความสำคัญในการคัดแยกขยะ ทำให้ปริมาณขยะพลาสติกเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สำนักวิชาการ 2559)

บรรจุภัณฑ์พลาสติกได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะขวดพลาสติกประเภท โพลิเอทิลีนเทเรพธาเลท (polyethylene terephthalate) หรือขวดเพท (PET) ขวดเพทได้รับความนิยมอย่างมากโดยนำมาใช้งานแทนขวดแก้ว ซึ่งสามารถนำไปบรรจุ น้ำมันพืช น้ำดื่ม น้ำปลา รวมถึงเครื่องสำอาง ดังนั้นขวดเพทจึงมีบทบาทอย่างมากต่อภาคอุตสาหกรรมการอุปโภค บริโภค โดยเหตุผลที่บรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นที่นิยมใช้งานอย่างมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติที่โดดเด่นและสามารถนำมาใช้แทนวัสดุอื่นๆได้ เช่น ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น ความทนกรด ความทนสารเคมี ยอมให้แก๊สซึมผ่านได้ต่ำ น้ำหนักเบา ไม่แตกหักง่าย ทนต่อการขีดข่วน สะดวกแก่การขนส่ง (อภิเชษฐ์ พงษ์ลิขิตตานนท์, 2546)

กระบวนการผลิตขวดพลาสติกนั้นจะมีการเกิดของเสียขึ้นทั้งในขั้นตอนของการฉีดพรีฟอร์มและในขั้นตอนของการเป่าขวดพลาสติก ซึ่งของเสียจะมีลักษณะอาการและปริมาณที่ต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการด้วยกัน เช่น ขึ้นอยู่กับความรู้ความสามารถของพนักงาน การมีคู่มือการทำงาน เทคโนโลยีที่ใช้ ความเอาใจใส่ของพนักงาน ลักษณะของแม่พิมพ์ที่แตกต่างกัน ปริมาณสินค้าที่ทำการผลิต การวางแผนการผลิต ซึ่งส่งผลต่อลักษณะอาการและปริมาณของของเสียที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบในการเพิ่มต้นทุนให้แก่ภาคอุตสาหกรรม ลดความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งผู้ผลิตต้องแข่งขันกับราคาขวดพลาสติกที่ผลิตในประเทศและราคาของพลาสติกที่นำเข้ามาจากต่างประเทศที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อาจมีราคาถูกกว่า อีกทั้งราคาเม็ดพลาสติกที่มีความผันผวน ทำให้ภาคอุตสาหกรรมผลิตขวดพลาสติกมีความจำเป็นที่จะต้องลดต้นทุน เพื่อความอยู่รอดของธุรกิจ

พลาสติกเป็นปัญหามลพิษที่สำคัญเนื่องจากปริมาณการใช้งานที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดปริมาณขยะพลาสติกที่มากขึ้นตามไปด้วย พลาสติกเป็นสารที่คงทนต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ทำให้การสลายตัวตามธรรมชาติเกิดขึ้นได้ช้า ทำให้เกิดการสะสมของปริมาณขยะพลาสติก ส่งผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อม โดยยังอาจปนเปื้อนสู่ห่วงโซ่อาหารและเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ได้ เช่น พลาสติกบางชนิดเมื่อหมดอายุการใช้งานจะถูกย่อยสลายกลายเป็นขยะชิ้นเล็กๆ ซึ่งสามารถแทรกในชั้นดินหรือปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำ พลาสติกบางชนิดหากเกิดการเผาไหม้จะทำให้เกิดควันพิษในอากาศหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นสาเหตุภาวะโลกร้อน (วารสารพิษวิทยาไทย, 2556)

ปัญหาสิ่งแวดล้อมนั้นมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆมากมาย ซึ่งมีความสัมพันธ์และมีความเกี่ยวเนื่องกัน บางปัญหาอาจมีความสลับซับซ้อน จึงมีความต้องการความเข้าใจกลไกการทำงานภายในระบบอย่างแท้จริงเกี่ยวกับภาพรวมของระบบที่ทำการจัดการ เพื่อให้เกิดการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ จึงต้องมีข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจ โดยในอดีตที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอเครื่องมือวิเคราะห์เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน เช่น การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) การวิเคราะห์การไหลของสาร (Mass Flow Analysis : MFA) เป็นต้น (ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2552) งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การไหลของสารกับกระบวนการผลิตขวดเพท เพื่อแสดงให้เห็นถึงการใช้ทรัพยากรตลอดจนการเกิดของเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 วิเคราะห์ Mass flow analysis ของกระบวนการผลิตขวดเพท เพื่อระบุขั้นตอนที่ทำให้เกิดของเสียตลอดเส้นทางการผลิต

1.2.2 ศึกษาและเสนอวิธีการลดของเสีย ตามลำดับความสำคัญของลักษณะของเสียพลาสติกที่เป็น Hot spot ตลอดจนจัดการของเสียพลาสติกในภาพรวม ที่จะช่วยลดปริมาณของเสียในแต่ละขั้นตอนของการผลิตขวดเพทและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการไหลของมวลสาร ได้แก่ พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเธเรฟทาเลตและเม็ดสี ในสายการผลิตฉีดพรีฟอร์ม 15 เครื่องและสายการผลิตเป่าขวดเพท 10 เครื่อง โดยไม่รวมถึงพลังงานของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานฉีดและเป่าขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติกขนาดกลาง ระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2562

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 รู้ผังการไหลของการใช้ทรัพยากรและการเกิดของเสียตลอดขั้นตอนการผลิตขวดเพท

1.4.2 รู้แนวทางการปรับปรุงที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตขวดเพทให้เกิดของเสียลดลงอย่างเหมาะสมและเป็นไปได้

1.5 นิยามศัพท์

1.5.1 Hot spot หมายถึง แหล่งกำเนิดของเสียที่มีความสำคัญ

1.5.2 Mass flow analysis หมายถึง ระบบประเมินการไหลและสต๊อกของมวลสาร ด้วยกฎของการอนุรักษ์มวลสาร ภายในระบบที่ถูกกำหนดพื้นที่และช่วงเวลา สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจ ในการจัดการทรัพยากร ตลอดจนการจัดการของเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์ของปัญหา

ขวดพลาสติกเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเพื่อตอบสนองความต้องการในชีวิตประจำวัน รวมทั้งยังเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมน้ำดื่ม น้ำผลไม้ น้ำปลาร้า น้ำยาทำความสะอาด ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมผลิตขวดพลาสติกจะทำการผลิตขวดพลาสติกออกมาตามความต้องการใช้สินค้าของผู้บริโภคที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและพฤติกรรมการบริโภคของมนุษย์ที่เน้นใช้บรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง แต่ขั้นตอนของการผลิตขวดพลาสติกในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมักเกิดของเสียเกิดขึ้นตามมาในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกเอง ทำให้ส่งผลกระทบทั้งในแง่ของต้นทุนการผลิตของภาคอุตสาหกรรมและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของการสิ้นเปลืองทรัพยากร

2.1.1 การใช้งานบรรจุภัณฑ์พลาสติก

ประเทศไทยมีการใช้งานพลาสติกในเกือบทุกสาขา ทั้งในบรรจุภัณฑ์ เฟอร์นิเจอร์ ขนส่ง ยานยนต์ ก่อสร้าง เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ในครัวเรือนและอื่นๆ ทั้งนี้จากสถิติการผลิตพลาสติกในประเทศไทย พบว่ามีสัดส่วนการใช้พลาสติกเพื่อบรรจุภัณฑ์ (Packaging) มากที่สุด และเป็นการใช้ในระยะสั้นก่อให้เกิดขยะมากที่สุด โดยในปี 2558 มีการใช้พลาสติกเพื่อบรรจุภัณฑ์สูงถึง 2.048 ล้านตัน นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทถุง 0.476 ล้านตัน ผลิตถาดโฟม 0.09 ล้านตัน และบรรจุผลิตภัณฑ์อื่น (กล่อง ถ้วย ฯลฯ) 1.482 ล้านตัน (สถาบันพลาสติก, 2558)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรจุภัณฑ์พลาสติกได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะขวดพลาสติกประเภทโพลิเอทิลีนเทเรพธาเลท (polyethylene terephthalate) หรือขวดเพท (PET) ขวดเพทได้รับความนิยมอย่างมากโดยนำมาใช้งานแทนขวดแก้ว ซึ่งสามารถนำไปบรรจุ น้ำมันพืช น้ำดื่ม น้ำปลา รวมถึงเครื่องสำอาง ดังนั้นขวดเพทจึงมีบทบาทอย่างมากต่อภาคอุตสาหกรรมการอุปโภค บริโภค โดยเหตุผลที่บรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นที่นิยมใช้งานอย่างมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติที่โดดเด่นและสามารถนำมาใช้แทนวัสดุอื่นๆได้ เช่น ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น ความทนกรด ความทนสารเคมี ยอมให้แก๊สซึมผ่านได้ต่ำ น้ำหนักเบา ไม่แตกหักง่าย ทนต่อการขีดข่วน สะดวกแก่การขนส่ง (อภิเชษฐ์ พงษ์ลิขิตตานนท์, 2546)

พลาสติกมีการถูกใช้งานอย่างกว้างขวางและมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อไม่ได้ใช้งานหรือไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้แล้วจะกลายเป็นขยะพลาสติก การขาดความตระหนักและการไม่ให้ความสำคัญในการคัดแยกขยะ ทำให้ปริมาณขยะพลาสติกเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง (วณิชชา บูรณสิงห์, 2559)

2.1.2 อุตสาหกรรมผลิตขวดเพท

อุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นที่ต้องการแก่ผู้บริโภคมากขึ้น เนื่องจากลักษณะการใช้ชีวิตของประชาชนเปลี่ยนแปลง โดยบรรจุภัณฑ์ประเภทที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งและพกพาสะดวกจึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ซึ่งขวด PET นั้นเป็นที่นิยมใช้กันอย่างมาก (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2561)

การผลิตขวดเพทนั้นเริ่มจากการนำเม็ดพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟธาเลตมาผ่านความร้อนเพื่อฉีดเป็นพรีฟอร์มในขั้นแรกก่อน จากนั้นจึงนำพรีฟอร์มไปเป่าเป็นขวดเพท เมื่อเริ่มกระบวนการผลิตขวดเพททั้งกระบวนการฉีดพรีฟอร์มและการเป่าขวดเพทจะต้องเกิดของเสียขึ้นมาตั้งแต่ตอนเริ่มต้นทำการผลิตและระหว่างที่ทำการผลิต ซึ่งสาเหตุของของเสียมาจากหลายสาเหตุด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น การเริ่มเดินเครื่องใหม่มักจะเกิดของเสียขึ้นมาจนกว่าจะทำการปรับสภาพการเดินเครื่องจักรให้คุณภาพของสินค้าแน่นอนจึงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามลักษณะคุณภาพที่ต้องการ ความชำนาญของช่างปรับแต่งเครื่องจักร เทคโนโลยีที่ใช้ การมีคู่มือประกอบการทำงาน ความเอาใจใส่และความร่วมมือของพนักงาน ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตพลาสติกเป็นส่วนมาก ซึ่งแม้ว่าของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่แล้วจะสามารถนำไปรีไซเคิลใหม่ได้ แต่ก็ถือว่าเป็นการเกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าแรง ค่าดำเนินการรีไซเคิล หรือสูญเสียวัตถุดิบที่ไม่สามารถนำมารีไซเคิลใหม่ได้ ซึ่งล้วนเป็นต้นทุนของการผลิต ซึ่งมีผลต่อผลกำไรและความอยู่รอดของบริษัท

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตพรีฟอร์มและขวดพลาสติก ซึ่งในกระบวนการผลิตนั้นก่อให้เกิดของเสียขึ้นอย่างมากทั้งในกระบวนการฉีดพรีฟอร์ม และเป่าขวดเพท ดังแสดงในรูปที่ 2-1 นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงเริ่มต้นทำการศึกษาในเดือนตุลาคม 2561 โรงงานกรณีศึกษามีของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการฉีดพรีฟอร์มทั้งแผนกรวม 3,479.54 กิโลกรัม (1.39 %) มีผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้ 247,748.96 กิโลกรัม (98.61 %) และของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการเป่าขวดเพททั้งแผนกรวม 1,313.69 กิโลกรัม (0.77 %) มีผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้ 168,915.08 กิโลกรัม (99.23 %) ทางโรงงานจึงมี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความต้องการในการแก้ปัญหาเหล่านี้โดยต้องการทราบถึงจุดที่ทำให้เกิดของเสียขึ้นมา รวมทั้งวิธีและแนวทางปรับปรุงแก้ไข เพื่อที่จะทำให้โรงงานมีการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เกิดของเสียขึ้นมาน้อยที่สุด

รูปที่ 2-1 ของเสียที่เกิดจากการผลิตขวดเพท
(ถ่ายเมื่อ : 21 พฤษภาคม 2561)

2.1.3 โครงสร้างต้นทุนของอุตสาหกรรมผลิตขวดพลาสติก

การผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกจำเป็นต้องมีการใช้ต้นทุนการผลิตเพื่อให้ได้สินค้าที่ต้องการ ซึ่งมีโครงสร้างต้นทุน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) ค่าวัตถุดิบ ได้แก่ เม็ดพลาสติก 60-70 %

2) ค่าแรงงาน ร้อยละ 10-20 %

3) ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต เช่น ค่าไฟฟ้า ร้อยละ 7-10 %

เมื่อพิจารณาที่โครงสร้างต้นทุนจะเห็นได้ว่าเม็ดพลาสติกเป็นส่วนที่เป็นต้นทุนที่สูงที่สุด ทำให้ราคาเม็ดพลาสติกส่งผลอย่างมากต่อการผลิตสินค้า ราคาสินค้าและการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกด้วยกันเอง (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2561) ดังนั้นเมื่อผลิตขวดขึ้นมาแล้วเกิดของเสียจะทำให้เกิดต้นทุนในการนำของเสียเหล่านั้นไปรีไซเคิลใหม่รวมทั้งเสียค่าไฟค่าแรงงานอีกครั้งหนึ่ง หรืออาจทำให้ต้องสั่งซื้อเม็ดพลาสติกมาใหม่เพิ่มเพื่อให้ได้จำนวนสินค้าตามที่ต้องการเป็นการเพิ่มต้นทุนให้แก่ภาคอุตสาหกรรม ดังนั้นหากโรงงานอุตสาหกรรมใดที่สามารถลดของ

เสียที่เกิดขึ้นในโรงงานได้จะทำให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า และมีขีดความสามารถในการแข่งขันด้านราคาในตลาดที่สูงด้วย

นอกจากปัญหาเรื่องต้นทุนของการผลิตแล้ว โรงงานอุตสาหกรรมผลิตขวดพลาสติกยังมีปัญหาอีกหลายประเด็นที่เป็นอุปสรรคต่อการดำเนินธุรกิจ ดังนี้ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2561)

1) ผู้ผลิตรายเล็กมีการแข่งขันทางด้านราคากันสูง เพราะสินค้าไม่มีความแตกต่างกันจึงมุ่งเน้นการลดต้นทุนซึ่งอาจทำให้สินค้ามีคุณภาพลดลง

2) ผู้ผลิตรายเล็กขาดเงินทุนในการเข้าถึงเทคโนโลยีใหม่ การจัดหาวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูง ส่งผลให้เกิดความเสียเปรียบในการแข่งขัน

3) ขวดพลาสติกมีภาพลักษณ์ในด้านลบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้มีแนวโน้มถูกแทนที่จากบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแทน

4) ขาดการจัดการของเสียอย่างเป็นระบบ ทำให้ปริมาณของเสียที่เข้าสู่ระบบรีไซเคิลน้อยลง

2.1.4 ปริมาณ สัดส่วน และ การนำไปใช้ประโยชน์ของขยะพลาสติก

ในปี พ.ศ. 2559 พบว่ามีปริมาณขยะพลาสติกที่เกิดจากภาคอุตสาหกรรม 3,072,000 ตัน มีปริมาณการนำกลับมาใช้ประโยชน์ โดยแบ่งเป็นการซื้อขายในชุมชน 2,240,000 ตัน และการซื้อขายและเปลี่ยนระหว่างอุตสาหกรรม 430,000 ตัน เท่ากับว่ามีการนำของเสียประเภทพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ร้อยละ 87 ดังตารางที่ 2-1 (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2-1 ตารางปริมาณขยะที่เกิดขึ้นและการนำไปใช้ประโยชน์จากภาคอุตสาหกรรม (ดัดแปลงจาก: รายงานสถานการณ์มลพิษ, 2559)

ประเภท	ปริมาณที่เกิดขึ้น	ปริมาณการนำกลับมาใช้ประโยชน์		รวม		วิธีการ
		ซื้อขายในชุมชน	ซื้อขาย/แลกเปลี่ยนระหว่างอุตสาหกรรม			
	(ตัน)	(ตัน)	(ตัน)	ตัน	ร้อยละ	
แก้ว	2,415,842	640,000	767,000	1,407,000	58	การแปรรูปใช้ใหม่
	-	-	250,000	250,000	10	การใช้ซ้ำ
กระดาษ	4,079,363	1,440,000	1,720,000	3,160,000	77	การแปรรูปใช้ใหม่
พลาสติก	3,072,000	2,240,000	430,000	2,670,000	87	การแปรรูปใช้ใหม่
เหล็ก/โลหะ	3,025,563	480,000	1,175,000	1,655,000	55	การแปรรูปใช้ใหม่
อะลูมิเนียม	780,000	288,000	202,000	490,000	63	การแปรรูปใช้ใหม่
ยาง	505,063	112,000	109,000	221,000	44	การแปรรูปใช้ใหม่
			80,000	80,000	16	การใช้ซ้ำ
รวม	**13,877,831**	**5,200,000**	**4,733,000**	**9,933,000**		

2.1.5 ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติก

พลาสติกเป็นปัญหามลพิษที่สำคัญเนื่องจากปริมาณการใช้งานที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดปริมาณขยะพลาสติกที่มากขึ้นตามไปด้วย พลาสติกเป็นสารที่คงทนต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ทำให้การสลายตัวตามธรรมชาติเกิดขึ้นได้ช้า ทำให้เกิดการสะสมของปริมาณขยะพลาสติก ส่งผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อม โดยยังอาจปนเปื้อนสู่ห่วงโซ่อาหารและเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ได้ เช่น พลาสติกบางชนิดเมื่อหมดอายุการใช้งานจะถูกย่อยสลายกลายเป็นขยะชิ้นเล็กๆ ซึ่งสามารถแทรกในชั้นดินหรือปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำ พลาสติกบางชนิดหากเกิดการเผาไหม้จะทำให้เกิดควันพิษในอากาศหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นสาเหตุภาวะโลกร้อน (ศุลีพร แสงกระจ่าง และคณะ, 2556) การย่อยสลายของพลาสติกในสภาวะการฝังกลบ อาจทำให้สารเติมแต่งต่างๆรวมถึง สี พลาสติกไซเซอร์ สารคะตะลิสต์ที่ตกค้าง รั่วไหล และปนเปื้อนไปกับแหล่งน้ำใต้ดินและบนดิน ซึ่งสารบางชนิดอาจมีความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (ฐิติมาวดี ปานดี, 2559) นอกจากนี้ขยะพลาสติกยังทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพื้นที่ฝังกลบเนื่องจากมีคุณสมบัติในการทนต่อแรงอัดได้สูง การมีปริมาณและสัดส่วนที่มากขึ้น ใช้เวลาในการย่อยสลายนาน ส่งผลให้อาจเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นการเปลืองพื้นที่ฝังกลบ นอกจากปัญหาขยะพลาสติกที่ถูกทิ้งขว้างอาจทำให้เกิดการอุดตันของท่อระบายน้ำ การไหลของขยะพลาสติกออกสู่แม่น้ำ ลำคลอง รวมทั้งมหาสมุทร ซึ่งจะส่งผลถึงปะการังและสัตว์ทะเล (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

2.2 กฎหมาย นโยบายและมาตรการ ในการจัดการขยะพลาสติก

ประเทศไทยได้มีการกำหนด กฎหมาย นโยบาย และ มาตรการ ในการจัดการของเสียประเภทพลาสติก เพื่อเป็นการกำหนดทิศทางการจัดการขยะพลาสติกให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน ซึ่งจากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากขยะพลาสติก ทำให้กรมควบคุมมลพิษได้จัดทำ (ร่าง) แผนจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการ พ.ศ. 2560-2564 ขึ้นมา โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ความเชื่อมโยงของแผนการจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการ พ.ศ. 2560- 2564 กับนโยบายที่เกี่ยวข้อง

แผนการจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการ พ.ศ. 2560-2564 นั้นมีความเชื่อมโยงและสอดคล้องกับแผนและนโยบายต่างๆที่มีใช้อยู่แล้วในประเทศไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

นโยบายรัฐบาล

- กำหนดระเบียบการปฏิบัติราชการเพื่อกำหนดขั้นตอนการดำเนินการในการแก้ไขปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยให้เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ
- บูรณาการแผนและแนวทางในการดำเนินงานของส่วนราชการและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564)

- มุ่งเน้นให้มีการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน และคุ้มค่า ส่งเสริมการบริโภคสู่สังคมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม บริหารจัดการทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพ โปร่งใสและเป็นธรรม

แผนแม่บทการบริหารจัดการมูลฝอยของประเทศ (พ.ศ. 2559-2564)

- เป็นแผนที่ใช้หลักการ 3R (Reduce Reuse Recycle) เพื่อให้เกิดการใช้น้อย ใช้ซ้ำ และการนำมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ การกำจัดขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายแบบศูนย์รวม และการแปรรูปผลิตพลังงาน ความรับผิดชอบและการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในการจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย โดยกำหนดมาตรการในการจัดการ 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการลดการเกิดขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายที่แหล่งกำเนิด มาตรการเพิ่มศักยภาพการจัดการขยะมูลฝอยและของเสีย มาตรการส่งเสริมการบริหารจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย

(ร่าง) ยุทธศาสตร์การดำเนินงานด้านการลด คัดแยก และการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่

- พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นกรอบแนวทางการดำเนินงานด้านการลด คัดแยก และนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ โดยมียุทธศาสตร์หลัก 4 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การบริโภคอย่างยั่งยืน การเพิ่มประสิทธิภาพการลดและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย การบำบัดและกำจัดอย่างถูกหลักวิชาการ ทั้งนี้ได้นำแนวคิดในกรอบการผลิตที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ มาประยุกต์รวมกันในยุทธศาสตร์ดังกล่าว

(ร่าง) แผนการจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการ (พ.ศ. 2560-2564)

- พัฒนาขึ้นโดยใช้หลัก 3R คือ การลดการใช้ การใช้ซ้ำให้มากที่สุด และการนำมาแปรรูปใช้ใหม่
- มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.) เพื่อลดปริมาณขยะพลาสติกที่ต้องนำไปกำจัด 2.) เพื่อให้มีการจัดการขยะพลาสติกอย่างบูณาการโดยความร่วมมือของภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชน
- กำหนดมาตรการในการจัดการ 8 มาตรการ ได้แก่ 1) มาตรการพัฒนาเครื่องมือทางการเงินการคลัง เพื่อการจัดการขยะพลาสติก 2) มาตรการส่งเสริมและสนับสนุนการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Design) 3) การจัดทำฐานข้อมูล การวิจัยเกี่ยวกับพลาสติก 4) มาตรการลดการแจกจ่ายถุงพลาสติก 5) มาตรการรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ และเสริมสร้างเครือข่ายร่วมการใช้พลาสติกอย่างรู้คุณค่า 6) มาตรการส่งเสริมให้มีการจัดการจัดซื้อจัดจ้างวัสดุและผลิตภัณฑ์ทดแทนพลาสติกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม 7) มาตรการส่งเสริมการคัดแยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ 8) มาตรการส่งเสริมและสนับสนุนธุรกิจการรีไซเคิลพลาสติก
- กำหนดเป้าหมาย 1) ปริมาณขยะพลาสติกที่ต้องนำไปกำจัดลดลง 2) มีการออกแบบและผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น 3) มีการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์หลังการบริโภคร้อยละ 60 ภายในปี 2564

ก. นโยบายรัฐบาล

พลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา นายกรัฐมนตรี ได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดจากการตกค้างของขยะมูลฝอยเป็นจำนวนมาก รวมถึงการจัดการที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน จึงเห็นสมควรในการกำหนดระเบียบปฏิบัติราชการเพื่อกำหนดขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยให้เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ด้วยการบูรณาการแผนและแนวทางในการดำเนินงานของส่วนราชการและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ข. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564

ในยุทธศาสตร์การเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดี ลดมลพิษ รวมทั้งลดผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนและระบบนิเวศ โดยให้ความสำคัญแก่การจัดการขยะมูลฝอยเป็นอันดับแรก ซึ่งสนับสนุนการจัดการขยะที่ครบวงจรตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง โดยลดปริมาณการผลิตขยะรวมทั้งส่งเสริมกลไกการคัดแยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ให้มากที่สุด นอกจากนี้ยังส่งเสริมการแปรรูปขยะมาเป็นพลังงาน

ค. แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559-2564

ประกอบด้วย 3 มาตรการ ได้แก่ (1) มาตรการลดการเกิดขยะมูลฝอยที่แหล่งกำเนิดโดยสนับสนุนและขยายผลให้มีการจัดการขยะมูลฝอยตั้งแต่บ้านเรือน สถานประกอบการ สถานศึกษา สถานที่ท่องเที่ยว เพื่อลดปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย ส่งเสริมกลไกการคัดแยกและนำมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ส่งเสริมการเลือกใช้สินค้าและบริการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมทั้งส่งเสริมการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่การออกแบบ การลดของเสียในกระบวนการผลิต การยืดอายุผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ซ้ำได้ เพื่อให้เกิดการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน (2) มาตรการเพิ่มศักยภาพการจัดการขยะมูลฝอย โดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และจังหวัด ดำเนินการเก็บรวบรวมขนส่ง และกำจัดขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่รับผิดชอบได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ (3) มาตรการส่งเสริมการบริหารจัดการขยะมูลฝอย สร้างจิตสำนึกให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอย ตั้งแต่การลดการเกิดขยะมูลฝอยทั้งจากบ้านเรือน สถานประกอบการ สถานบริการ สถานศึกษา การคัดแยกขยะมูลฝอย การกำจัดขั้นสุดท้าย การพัฒนาองค์ความรู้ เทคโนโลยี การบำบัด/กำจัด พัฒนาและเชื่อมโยงระบบฐานข้อมูลเพื่อการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ สร้างแรงจูงใจในการจัดการขยะมูลฝอยโดยใช้กลไกทางเศรษฐศาสตร์และกลไกทางสังคม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ง. (ร่าง) ยุทธศาสตร์การดำเนินงานด้านการลด คัดแยก และนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Reduce Reuse Recycle: 3R)

พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการลด คัดแยก และนำกลับมาใช้ใหม่ของขยะมูลฝอย อย่างเป็นระบบ ครบวงจร มีประสิทธิภาพ โดยบูรณาการความร่วมมือของทุกภาคส่วน มี 4 ยุทธศาสตร์หลัก ดังนี้ 1) การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ 2) การบริโภคอย่างยั่งยืน 3) การเพิ่มประสิทธิภาพการลด และใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย 4) การบำบัดและกำจัดอย่างถูกหลักวิชาการ โดยในปี 2560-2564 มีเป้าหมายในการนำของเสียประเภทพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ร้อยละ 60

2.2.2 แผนการจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการ พ.ศ. 2560-2564

แผนการจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการ พ.ศ. 2560-2564 ถูกจัดทำขึ้นมาเพื่อกำหนดกรอบและทิศทางการจัดการขยะพลาสติกให้สอดคล้องกับ แผนแม่บทการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ พ.ศ. 2559-2564 ซึ่งแผนการจัดการขยะพลาสติก มีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาขยะพลาสติกของประเทศในภาพรวม เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต การออกแบบผลิตภัณฑ์ การบริโภค และการจัดการขยะพลาสติกหลังจากการบริโภค เพื่อให้ทุกภาคส่วนที่มีความเกี่ยวข้องมีทิศทางในการดำเนินงานเดียวกันในการจัดการขยะพลาสติกทั้งบนบกและขยะพลาสติกในทะเล โดยแผนจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการประกอบด้วย 8 มาตรการ ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

ก. มาตรการพัฒนากลไกเครื่องมือทางการเงินการคลังเพื่อการจัดการขยะพลาสติก

1. การจัดวางระบบเก็บค่าธรรมเนียมการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมพลาสติกและโฟม
2. การพัฒนากฎหมายเพื่อการจัดการขยะมูลฝอยรวมทั้งขยะพลาสติก
3. การสนับสนุนเงินลงทุนเพื่อผลิตพลาสติกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ข. มาตรการส่งเสริมและสนับสนุนการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Design)

1. การเสริมสร้างความรู้ด้านการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Design)
2. การจัดประกวดการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Design) ผลิตภัณฑ์พลาสติก
3. การลดปริมาณขยะพลาสติกโดยปรับปรุงกระบวนการผลิต/ออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค. การจัดทำฐานข้อมูลการวิจัยเกี่ยวกับพลาสติก

1. การจัดทำฐานข้อมูล Material Flow of Plastic Containers and Packaging ของประเทศ
2. การวิเคราะห์และประเมินปริมาณขยะพลาสติกในทะเลไทย
3. การศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของผลิตภัณฑ์ทดแทนพลาสติกกับพลาสติกทั่วไป

ง. มาตรการลดการแจกจ่ายถุงพลาสติก

1. การจัดทำแนวทางและมาตรการให้บริการถุงพลาสติกในศูนย์การค้า ห้างสรรพสินค้า ซุปเปอร์ มาร์เก็ต และร้านสะดวกซื้อ
2. โครงการ “เมืองสะอาด หาดไร้ถุงพลาสติก”

จ. มาตรการรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ และเสริมสร้างเครือข่ายร่วมการใช้พลาสติกอย่างรู้คุณค่า

1. การ “รวมพลังสร้างวินัย ลดใช้ถุงพลาสติก”
2. การสนับสนุนองค์ความรู้ รณรงค์ประชาสัมพันธ์ และเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจ เรื่อง พลาสติก โฟม และวัสดุทดแทนพลาสติก
3. การพัฒนาต้นแบบการลดการใช้ถุงพลาสติกและโฟมของหน่วยงาน ทส.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ฉ. มาตรการส่งเสริมให้มีการจัดการจัดซื้อจัดจ้างวัสดุและผลิตภัณฑ์ทดแทนพลาสติกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1. การส่งเสริมผลิตภัณฑ์ทดแทนพลาสติกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เข้ามาอยู่ในรายการสินค้าและบริการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
2. การกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุทดแทนพลาสติกและพลาสติกชีวภาพ

ช. มาตรการส่งเสริมการคัดแยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์

1. การสนับสนุนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกำหนดกฎระเบียบ ข้อบังคับท้องถิ่นในการคัดแยกขยะมูลฝอย

2. การกำหนดกฎ ระเบียบ ข้อปฏิบัติสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจท่องเที่ยวและการขนส่งทางทะเล เพื่อป้องกันการทิ้งขยะลงสู่ทะเล

ซ. มาตรการส่งเสริมและสนับสนุนธุรกิจการรีไซเคิลพลาสติก

1. การเสริมสร้างศักยภาพการดำเนินงานให้กับกลุ่มผู้ประกอบอาชีพรับซื้อของเก่า

2. ส่งเสริมให้มีการนำขยะพลาสติกมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel : RDF)

จากมาตรการที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าประเทศไทยยังคงมีความต้องการมาตรการต่างๆ เพื่อที่จะนำมาจัดการกับขยะพลาสติก โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมนั้นมีความสำคัญในแง่ของความร่วมมือกับการปฏิบัติตามมาตรการต่างๆ เช่น การลดปริมาณขยะพลาสติกโดยปรับปรุงกระบวนการผลิต/ออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการจัดทำฐานข้อมูลการไหลของบรรจุภัณฑ์พลาสติกเพื่อเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการบริหารจัดการขยะพลาสติก โดยจะมีส่วนช่วยในการตัดสินใจดำเนินการจัดการได้ดีมากยิ่งขึ้น

2.3 การผลิตขวดเพทและของเสียที่เกิดขึ้น

การผลิตขวดเพทนั้นเป็นการนำเม็ดพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟธาเลตมาผ่านความร้อนเพื่อฉีดเป็นพรีฟอร์มในขั้นแรกก่อน จากนั้นจึงนำพรีฟอร์มไปเป่าเป็นขวดเพท ซึ่งเมื่อเริ่มต้นและระหว่างกระบวนการผลิตนั้นจะเกิดของเสียขึ้นมา โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.1 วิธีที่ใช้ในการผลิตขวดเพท

วิธีการผลิตขวดเพทนั้นสามารถแบ่งออกเป็นวิธีได้ 2 วิธี ดังนี้

ก. One-Step “hot perform” method

วิธีนี้มีเพียง 1 ขั้นตอน เริ่มจากเม็ดพลาสติกเพทไปสู่ขวดเพท ทุกขั้นตอนถูกทำขึ้นในเครื่องจักร 1 เครื่อง ซึ่งสร้างจากแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มไปถึงการนำพรีฟอร์มออกจากช่องคาวิตี้ และการเป่ายืดพรีฟอร์มไปเป็นขวดทั้งหมดในเครื่องจักรเครื่องเดียว ขณะที่อุณหภูมิที่ใช้นั้นสูงและคงที่ตลอดทุกกระบวนการตั้งแต่ขั้นตอนการฉีดและเป่า วัสดุควรอยู่ในรูปแบบที่ยืดหยุ่นได้ วิธีนี้ช่วยประหยัดพลังงานได้มากเพราะวัตถุดิบผ่านความร้อนเพียงครั้งเดียว วิธีนี้มักใช้ในบริษัทผลิตขวดเพทขนาดเล็กและขนาดกลาง ดังแสดงในรูปที่ 2-2

รูปที่ 2-2 วิธีการผลิตขวดเพทแบบ One-Step “hot perform” method
(ที่มา : http://newengineeringpractice.blogspot.com/2011/08/manufacturing-of-plastic-bottles.html)

ข. Two-Step “Cold perform” method

วิธีนี้มีเครื่องจักร 2 เครื่องแยกจากกันสำหรับใช้ฉีดและเป่าขึ้นรูป พรีฟอร์มถูกฉีดขึ้นมาเป็นรูปร่างที่เครื่องจักรเครื่องแรก จากนั้นพรีฟอร์มจะถูกผ่านความร้อนที่เครื่องเป่าขึ้นรูปซึ่งเป็นเครื่องจักรอีกเครื่องหนึ่ง วิธีนี้ไม่มีประสิทธิภาพเมื่อพิจารณาถึงพลังงานที่สูญเสีย แต่เครื่องจักรเหล่านี้มีระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ วิธีนี้ใช้มากในบริษัทขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เครื่องจักรเหล่านี้มีประสิทธิภาพมากกว่าแบบ One-Step ร้อยละ 200 วิธีนี้ถูกนำมาใช้ผลิตขวดเพทเป็นส่วนใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 2-3 ("Manufacturing of Plastic Bottles (PET)," 2011)

รูปที่ 2-3 วิธีการผลิตขวดเพทแบบ Two-Step “Cold perform” method
(ที่มา : http://newengineeringpractice.blogspot.com/2011/08/manufacturing-of-plastic-bottles.html)

2.3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขวดเพท

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขวดเพท ได้แก่ เม็ดพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟธาเลต และเม็ดสี ดังแสดงในรูปที่ 2-4 และ 2-5 ตามลำดับ ซึ่งเม็ดสีโดยทั่วไปแล้วจะใช้สีฟ้าสำหรับอุตสาหกรรมน้ำดื่ม เพื่อให้เมื่อบรรจุน้ำแล้ว มองดูขวดน้ำจะมีสีฟ้าใส

รูปที่ 2-4 เม็ดพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟธาเลต
(ที่มา : https://www.indiamart.com/proddetail/pet-resin-16021235055.html)

รูปที่ 2-5 เม็ดสี

(ที่มา : http://www.entiretysupply.com/2017/11/10/masterbatch-เม็ดสีเข้มข้น/)

2.3.3 กระบวนการผลิตขวดเพท

กระบวนการผลิตขวดเพทนั้นเริ่มตั้งแต่การเตรียมผสมวัตถุดิบ การฉีดพรีฟอร์มและการเป่าขวด ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. การขึ้นรูปพรีฟอร์ม

กระบวนการฉีดพรีฟอร์มประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. การอบแห้งและการลดความชื้นของโพลิเอทิลีนเทเรฟธาเลต

PET เป็นชนิดของพลาสติกที่ดูดซับความชื้นได้ประมาณ 0.05 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มคุณภาพของพรีฟอร์มในเรื่องความโปร่งใสและประสิทธิภาพทางกายภาพของ PET คือการทำให้แห้ง เพื่อลดองค์ประกอบที่เป็นน้ำของเม็ดเพท ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.005 เปอร์เซ็นต์ โดยเครื่องลดความชื้น (Dehumidfier) แสดงดังรูปที่ 2-6 มีประสิทธิภาพในการทำแห้งมากที่สุด อุณหภูมิทำแห้งที่เหมาะสม คือ 150-170 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ดีที่สุด คือ 4 ชั่วโมง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

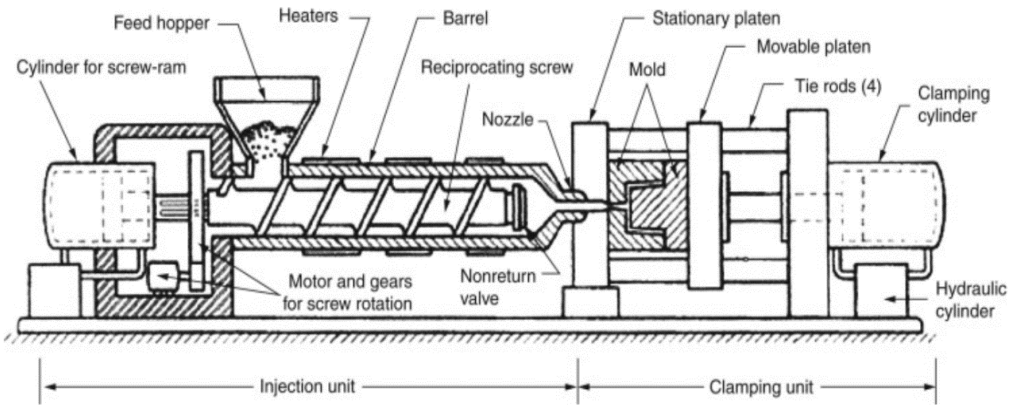
รูปที่ 2-6 เครื่องลดความชื้นเม็ด PET
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

2. ดูดเม็ดพลาสติกลง Hopper ผ่านเข้า Barrel ที่มีความร้อน

ทำการดูดพลาสติกที่ผ่านการอบแล้วลงสู่ Hopper ดังรูปที่ 2-7 เพื่อให้เม็ดพลาสติกไหลลง Barrel ที่มีสกรูดันเม็ดพลาสติกไปด้านหน้าสู่แม่พิมพ์ โดยระหว่างที่เม็ดพลาสติกผ่าน Barrel จะถูก Heater ให้ความร้อน จึงทำให้เม็ดพลาสติกหลอมละลาย เม็ดเพทในรูปที่เหลวถูกฉีดสู่ห้องฉีด (injection chamber) โดยการเคลื่อนไหวของสกรูภายในเครื่องจักร จนห้องฉีดเต็ม เมื่อห้องฉีดเต็ม สกรูจะผลักไปด้านหน้าเพื่อเติมเต็มช่องฉีด (Injection Cavity) ด้วยพลาสติกเหลวผ่านทาง nozzle สู่แม่พิมพ์ อุณหภูมิภายในเครื่องฉีดขึ้นรูปนั้นต่างกัน ส่วนท้ายของเครื่องจักรนั้นอุณหภูมิควรอยู่ที่ประมาณ 275 องศาเซลเซียส ส่วนกลางอุณหภูมิควรอยู่ที่ 282 องศาเซลเซียส ที่ Nozzle ควรอยู่ที่ 280 องศาเซลเซียส และที่ Runner อุณหภูมิควรอยู่ที่ 270 องศาเซลเซียส เพื่อให้ขวดที่ขึ้นรูปมีคุณสมบัติที่เหมาะสม (อุณหภูมิอาจต่างกันได้เล็กน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบของแม่พิมพ์) ดังแสดงในรูปที่ 2-8 (Manufacturing of plastic bottles, 2011)

รูปที่ 2-7 แสดงการดูดเม็ดพลาสติกเข้า Hopper

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563



รูปที่ 2-8 แสดงกระบวนการฉีดพรีฟอร์ม

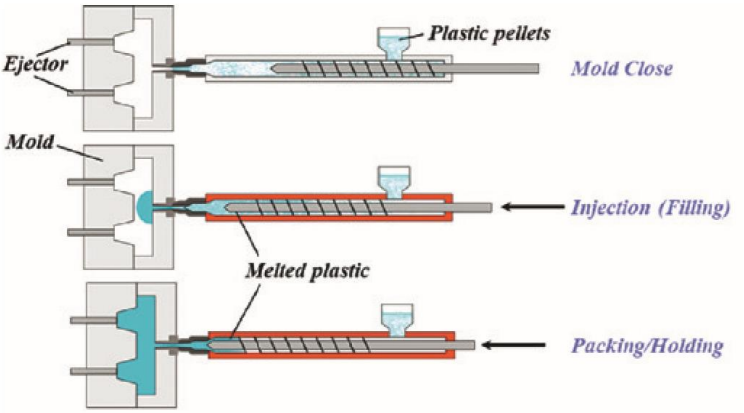
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/science/article/pii/B9780323390408000109)

3. แม่พิมพ์ปิดประกบ ฉีดพลาสติกผ่านเกทเข้าแม่พิมพ์

กระบวนการฉีดพรีฟอร์มจะมีแม่พิมพ์ฝั่ง Core และ Cavity ดังรูปที่ 2-9 เมื่อทำการปิดแม่พิมพ์ จะทำให้แม่พิมพ์ทั้งสองเข้ามาชิดกัน ดังรูปที่ 2-10 โดยจะมีช่องว่างสำหรับให้พลาสติกเหลวไหลผ่านหัว Nozzle เข้ามาเติมเต็มช่องว่าง โดยการเริ่มต้นของการฉีดนั้น สกรูจะเคลื่อนที่ตามแนวแกนมาด้านหน้า ทำให้เนื้อพลาสติกไหลเข้าไปเติมเต็มช่องว่างจนเต็ม ดังรูปที่ 2-11

รูปที่ 2-9 แม่พิมพ์พรีฟอร์มฝั่ง Core และ Cavity
(ที่มา : http://newengineeringpractice.blogspot.com/2011/08/manufacturing-of-plastic-bottles.html)

รูปที่ 2-10 แสดงแม่พิมพ์พรีฟอร์มปิดประกบกัน
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

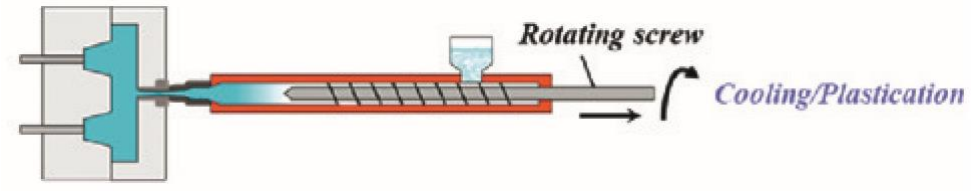


รูปที่ 2-11 แสดงสกรูดันพลาสติกเหลวเติมเต็มช่องว่าง
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/science/article/pii/B9781569906033500018)

4. หล่อเย็นชิ้นงาน

พลาสติกเหลวภายในแม่พิมพ์ คือ พรีฟอร์ม จะถูกทำให้เย็นโดยชิลเลอร์ที่มีหน้าที่ผลิตน้ำหล่อเย็นที่ใช้ในการหล่อเย็นพรีฟอร์ม ดังแสดงในรูปที่ 2-12 โดยน้ำหล่อเย็นที่นำมาใช้เพื่อหล่อเย็นพรีฟอร์มควรมีอุณหภูมิระหว่าง 15-20 องศาเซลเซียส แรงดันควรมีการควบคุมที่ 500,000 ปาสคาล หรือ 5 บาร์ (Manufacturing of plastic bottles, 2011) ขณะที่ทำการหล่อเย็นสกรูจะถอยกลับสู่ตำแหน่งเดิมดังรูปที่ 2-13

รูปที่ 2-12 ชิลเลอร์ทำน้ำเย็น
(ที่มา : http://newengineeringpractice.blogspot.com/2011/08/manufacturing-of-plastic-bottles.html)

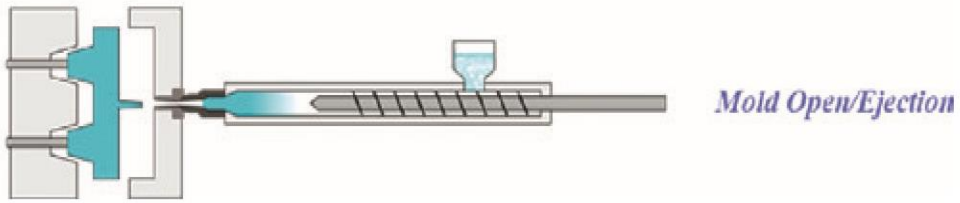


รูปที่ 2-13 แสดงสกรูถอยกลับสู่ตำแหน่งเดิม ขณะที่หล่อเย็น

(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/science/article/pii/B9781569906033500018)

5. แม่พิมพ์เปิดออก ดันหลอดพรีฟอร์มออกจาก Core

เมื่อทำการหล่อเย็นชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว แม่พิมพ์จะถูกเปิดออกโดยที่ชิ้นงานจะเสียบอยู่ที่ฝั่ง Core ดังรูปที่ 2-14 จากนั้นหลอดพรีฟอร์มจะถูกดันออกแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 2-15 แล้วตกลงสู่สายพานลำเลียง ดังรูปที่ 2-16

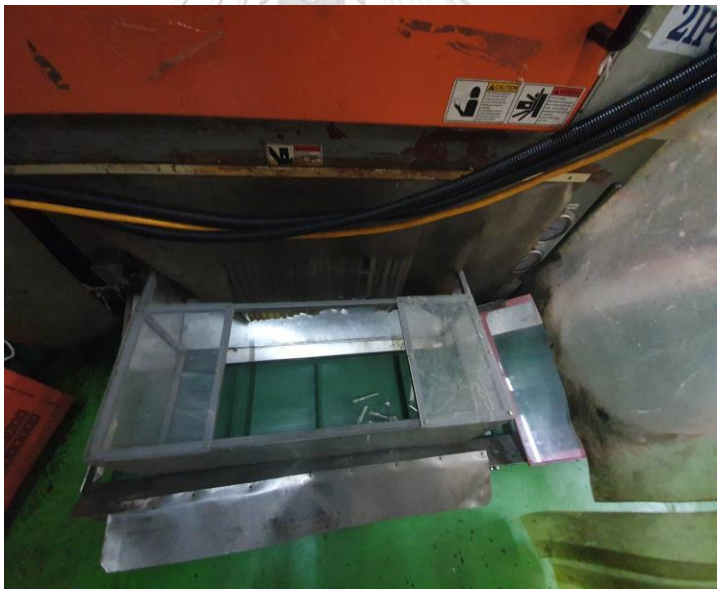


รูปที่ 2-14 แสดงแม่พิมพ์เปิดออก

(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/science/article/pii/B9781569906033500018)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-15 แสดงการดันหลอดพรีฟอร์ออกจาก Core
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563



รูปที่ 2-16 แสดงหลอดพรีฟอร์มตกลงบนสายพานลำเลียง
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

6. ลำเลียงหลอดพรีฟอร์มโดยสายพาน

พรีฟอร์มที่ฉีดเสร็จเรียบร้อยแล้วจะถูกลำเลียงผ่านสายพาน เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการคัดคุณภาพ ดังรูปที่ 2-17

รูปที่ 2-17 แสดงสายพานลำเลียงหลอดพรีฟอร์ม
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

7. บรรจุลงหีบห่อ

หลอดพรีฟอร์มถูกลำเลียงมาท้ายเครื่องเพื่อให้พนักงานทำการคัดคุณภาพหลอดพรีฟอร์ม จากนั้นหลอดพรีฟอร์มที่ถูกคัดคุณภาพแล้วจะถูกบรรจุลงหีบห่อต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2-18

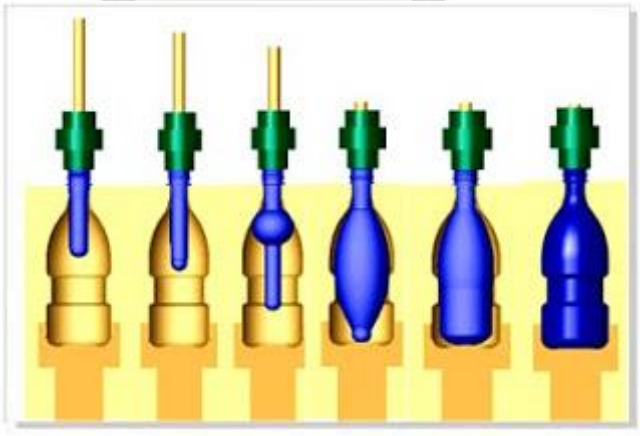
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-18 แสดงการคัดคุณภาพหลอดพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

ข. การเป่ายืดขึ้นรูปพรีฟอร์มสู่ขวด

กระบวนการเป่าขึ้นรูปเป็นกระบวนการขึ้นรูปให้กลวงโดยใช้การเป่าสู่เทอร์โมพลาสติก ในกรณีนี้พรีฟอร์มถูกทำให้ร้อนในสภาพเงื่อนไขที่มีความยืดหยุ่นได้มากที่สุด กระบวนการเป่าขึ้นรูปขวดเพท เรียกว่า การเป่าแล้วยืด (Stretch Blow Molding) กระบวนการนี้มักถูกเรียกว่าการเป่าขึ้นรูปสองทิศทาง ซึ่งพรีฟอร์มจะถูกยืดก่อนโดยอุปกรณ์ที่ใช้เป่า เพื่อเหตุผลสำหรับโมเลกุลของพรีฟอร์มที่ถูกทำให้อุ่นจะเรียงตัวในหนึ่งทิศทางและขนาดกันทั้งหมด จากนั้นเป่าในองศาที่เหมาะสมในทิศทางที่โมเลกุลอยู่ในแนวเดียวกัน ทฤษฎีที่อยู่เบื้องหลัง คือ เมื่อ PET ถูกทำให้ร้อนโมเลกุลสายยาวจะถูกทำให้คลายได้เป็นหนทางในการทำให้แตก (Breaking) โมเลกุลสามารถจัดเรียงเมื่อมีการเป่ายืด ดังนั้นการเป่าแล้วยืด (Stretch blowing) มักถูกเรียกว่า biaxial orientation ซึ่งมีการยืดในสองแกนด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2-19

การยืดนี้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุเพราะแทนที่โมเลกุลในวัสดุกระทำตัวเหมือนแยกกัน แต่จะกระทำตัวเหมือนเป็นหน่วยเดียวกัน อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเป่าคือ 105 องศาเซลเซียส อากาศที่ใช้อัดสู่พรีฟอร์มจะถูกทำความสะอาดผ่าน air purifier ก่อน อากาศต้องมีการทำความสะอาดเพราะมีความชื้นและน้ำมัน ซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของขวด หลังจากทำความสะอาดลมจะถูกเป่าสู่พรีฟอร์มที่ถูกทำให้ร้อนโดยใช้การเป่าบนแม่พิมพ์ ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นขวดเพท (Manufacturing of plastic bottles, 2011)



รูปที่ 2-19 การเป่าพรีฟอร์มให้ขยายจนเต็มแม่พิมพ์
(ที่มา : http://www.engineerfriend.com/2015/articles/automation/ลดขั้นตอนการผลิตขวด/)

กระบวนการเป่าขวดเพทมีหลายขั้นตอน ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับวัสดุศาสตร์และประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. โหลดหลอดพรีฟอร์ม

เทหลอดพรีฟอร์มจากถุงจัมโบ้ใส่ Hopper ของเครื่องเป่าขวดเพท เพื่อรอลำเลียงเข้าสู่รางสไลด์ ดังแสดงในรูปที่ 2-20

รูปที่ 2-20 แสดงการโหลดหลอดพรีฟอร์ม
ถ่ายเมื่อ ; 25 พฤษภาคม 2563

2. สไลด์หลอดพรีฟอร์ม

สไลด์หลอดพรีฟอร์มบนรางสไลด์ ซึ่งจะเรียงตัวให้พร้อมสำหรับการหยิบของ Gripper ดังแสดงในรูปที่ 2-21

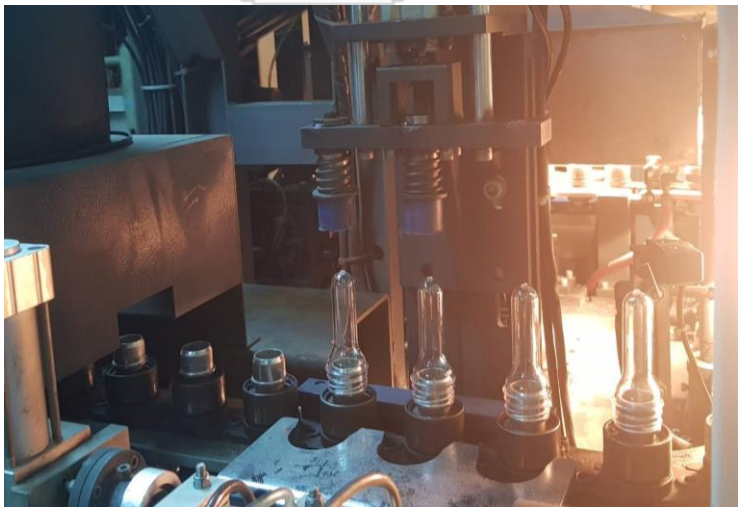
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-21 แสดงการสไลด์หลอดพรีฟอร์ม
ถ่ายเมื่อ ; 25 พฤษภาคม 2563

3. อินฟีดวางหลอดพรีฟอร์ม

Gripper หยิบหลอดพรีฟอร์มสวมเข้ากับ Bush จากนั้นตัวตอกหลอดจะตอกลงมาให้หลอดพรีฟอร์มสวมเข้ากับ Bush แน่นมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2-22 และ 2-23

รูปที่ 2-22 แสดง Gripper หยิบหลอดพรีฟอร์ม
ถ่ายเมื่อ ; 25 พฤษภาคม 2563



รูปที่ 2-23 แสดงหลอดพรีฟอร์มที่สวมเข้ากับ Bush
ถ่ายเมื่อ ; 25 พฤษภาคม 2563

4. ทรานเฟอร์ผ่านตู้อบอินฟราเรด

ระบบทรานเฟอร์ดันรางชุด Bush ที่มีหลอดพรีฟอร์มสวมเรียบร้อยแล้วผ่านตู้อินฟราเรด ให้หลอดพรีฟอร์มมีอุณหภูมิสูงพอเพื่อรองรับกับการขยายตัวในแม่พิมพ์ ขั้นตอนแรกของการปรับหลอดอินฟราเรด คือ การตั้งระดับความสูงของตู้อินฟราเรดให้เข้ากับการออกแบบคอพรีฟอร์มโดยเฉพาะ โดยพรีฟอร์มที่เย็นจะถูกวางบน mandrels และแผ่นป้องกันความร้อนของตู้อบจะอยู่เหนือวงแหวนรองคอของพรีฟอร์ม ซึ่งตู้อินฟราเรดสามารถปรับให้ขึ้นและลงในแนวดิ่งได้ผ่านแท่งเกลียวยึด นอกจากนี้ความเร็วรอบการผลิต การไหลของอากาศ และการตั้งค่าหลอดอินฟราเรดทั้งหมดที่กล่าวมานี้ล้วนส่งผลต่ออุณหภูมิของพรีฟอร์ม โดยที่ความเร็วการผลิตนั้นอาจขึ้นอยู่กับความหนาของผนังพรีฟอร์ม แม้ว่าความเร็วการผลิตสามารถปรับได้ในขณะที่ทำการผลิตอยู่ แต่จะง่ายกว่าหากทำการตั้งค่าความเร็วการผลิตของเครื่องจักรจากประสบการณ์การตั้งค่าเครื่องจักรครั้งก่อนจากขวดที่เหมือนกัน การไหลของอากาศนั้นจะดีที่สุดที่ระดับปานกลางและสามารถปรับระดับได้หากมีขวดบางชิ้นถูกเป่าออกไป

การตั้งระดับความร้อนในช่วงเริ่มต้นมักจะตั้งค่าหลอดไฟหลอดแรกให้สูงเสมอและบางครั้งอาจรวมถึงหลอดที่สองด้วย ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพื้นที่บริเวณคอของพรีฟอร์ม พื้นที่ด้านด้านของขวดและมุมไหล่ของขวด หากมุมไหล่ของขวดมีความชันต้องการเนื้อพลาสติกที่น้อย จะส่งผลให้หลอดพรีฟอร์มต้องได้รับความร้อนมากขึ้นในบริเวณมุมไหล่ของขวด ดังแสดงในรูปที่ 2-24 (Brandau, 2012)

รูปที่ 2-24 แสดงการให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์มผ่านตู้อินฟราเรด
ถ่ายเมื่อ ; 25 พฤษภาคม 2563

5. หลอดเคลื่อนที่เข้าสู่แม่พิมพ์แล้วปิดประกบ

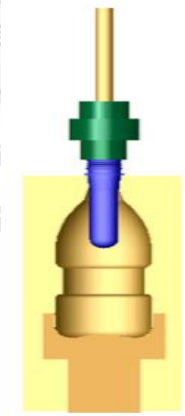
ระบบทรานเฟอร์ดันรางชุด Bush ที่มีหลอดพรีฟอร์มที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วเข้าสู่ตำแหน่งแม่พิมพ์ จากนั้นแม่พิมพ์ปิดประกบ ดังแสดงในรูปที่ 2-25 และ 2-26 โดยการเริ่มต้นของรอบการเป่า คือ พรีฟอร์มที่มีอุณหภูมิตามสภาวะที่ตั้งค่าไว้ไว้ถูกตั้งอยู่บน Mandrel หรือวางในแม่พิมพ์โดย Grippers ซึ่ง O-ring จะตั้งอยู่ด้านในของคอขวด เพื่อป้องกันการแลกเปลี่ยนอากาศด้านในพรีฟอร์มกับสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 2-27

รูปที่ 2-25 แสดงหลอดพรีฟอร์มเคลื่อนที่เข้าแม่พิมพ์
ถ่ายเมื่อ ; 25 พฤษภาคม 2563

รูปที่ 2-26 แสดงแม่พิมพ์เป่าขวดเพทปิดประกบ
ถ่ายเมื่อ ; 25 พฤษภาคม 2563

รูปที่ 2-27 แสดง O-ring ป้องกันการแลกเปลี่ยนอากาศของพรีฟอร์มกับสิ่งแวดล้อม
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

บนเครื่องจักรที่พรีฟอร์มถูกเอาออกจาก Mandrel เพื่อทำการเป่า หัวฉีดสำหรับการเป่าจะถูกดันเข้าด้านในคอของพรีฟอร์ม อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในแม่พิมพ์ควรอยู่ที่ระหว่าง 8-65 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงที่ขึ้นจะมีความเหมาะสมกับกระบวนการมากกว่า โดยช่วงเริ่มต้นนั้นแม่พิมพ์เป่าขวดเพทจะยึดกับพรีฟอร์มดังแสดงในรูปที่ 2-28



รูปที่ 2-28 แสดงการแม่พิมพ์เป่าขวดเพทช่วงเริ่มต้นกระบวนการเป่า
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

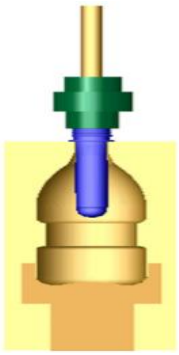
ในรอบการทำงาน Base insert จะถูกยกขึ้นโดยจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่เชื่อมต่อกับแม่พิมพ์เป่า โดยแม่พิมพ์จะประกบรอบๆ Base insert เมื่อแม่พิมพ์ทำการปิดและล็อค แรงดันอากาศทั้งภายนอกและภายในจะเท่ากันและ Stretch rod จะถูกเคลื่อนมาใกล้ฐานพรีฟอร์มด้านในมากขึ้น แต่ยังไม่เกิดการสัมผัสกัน (Brandau, 2012: 88-90)

6. แกนยืดหลอดพรีฟอร์มขึ้นรูป

Stretch rod จะทำหน้าที่ยืดพรีฟอร์มออกในแนวดิ่ง โดยพบว่า Stretch rod อาจมีการหน่วงเวลาเพื่อรอให้แรงดันลมเข้ามาพร้อมกับการเคลื่อนที่ของ Stretch rod ซึ่ง Stretch rod อาจยืดบริเวณเกทของพรีฟอร์มก่อน เนื่องจากความเค้นเชิงกลจะกระทำกับพื้นที่นี้ก่อนจะถึงพื้นที่ส่วนอื่นของพรีฟอร์ม โดย Stretch rod จะทำการยืดบริเวณส่วนล่างของพรีฟอร์มและอาจดึงกลับไปก่อนที่จะทำการยืดส่วนอื่นๆ ดังแสดงรูปที่ 2-29

ทั้งนี้หัวเป่าลมและ Stretch rod จะเริ่มเคลื่อนที่ แรงดันลม Pre-blow อาจเริ่มต้นในขณะนั้น แต่มีการหน่วงเวลาก่อนที่จะทำการเป่าลม Pre-blow เต็มรูปแบบแก่พรีฟอร์ม ตัวอย่างเช่น วาล์วลมต้องมีการหน่วงเวลาเพราะอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับวาล์ลมต้องมีการเคลื่อนที่ออกก่อนเพื่อให้ลมไหลผ่านได้ โดยลมจะเคลื่อนที่ผ่านวาล์วไปสู่ช่องโพรง (Cavity) โดยความดันในช่องโพรงจะลดลงเล็กน้อยเป็นเวลาเสี้ยววินาทีก่อนที่จะถูกสร้างแรงดันขึ้นอีกครั้ง โดยการหน่วงเวลาดังกล่าวอาจใช้เวลา 0.05-0.15 วินาที ขึ้นอยู่กับระยะทางของวาล์วลมกับช่องโพรง (Brandau, 2012: 90)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONG ERSITY

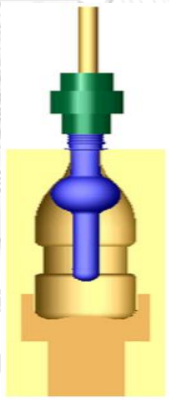


รูปที่ 2-29 แสดง Stretch rod ยืดบริเวณส่วนล่างของพรีฟอร์ม
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

7. เป่าพรีฟอร์มในแม่พิมพ์

การเป่าพรีฟอร์มในแม่พิมพ์เพื่อให้หลอดพรีฟอร์มขยายออกด้านข้างตามแนวรัศมี ซึ่งจะประกอบด้วยขั้นตอนแรก คือ Pre blow เป็นการเป่าในขั้นต้นให้พรีฟอร์มขยายตัวออกเล็กน้อย เพื่อให้พรีฟอร์มมีความพร้อมที่ขยายตัวออก และ blow คือการเป่าพรีฟอร์มที่มีการขยายในขั้นต้นแล้วให้ขยายออกตามรูปทรงของแม่พิมพ์ ทั้งนี้ความเร็วของการยืดมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อการเป่าขวด หากการยืดช้าจะทำให้พรีฟอร์มเย็นตัวลงจนถึง Glass transition temperature ซึ่งจะทำให้การยืดไม่สม่ำเสมอ การยืดความเร็วที่สูงขึ้นจะช่วยให้การเรียงตัวของโมเลกุลดีมากขึ้น

ขณะที่ Stretch rod ยืดออกไปแรงดันลม Pre-blow จะมีค่าสูงสุดที่ 8-25 บาร์ โดยพอลิเอทีลีนเทเรฟทาเลตที่มีสถานะคล้ายยางจะยืดตัวพองออกเป็นฟองอากาศ ซึ่งอาจขยายตัวไป 1 ใน 3 หรือครึ่งหนึ่งของพรีฟอร์ม โดยฟองจะขยายสู่ผนังแม่พิมพ์ เนื้อพลาสติกจะยืดขยายไปถึงจุดสิ้นสุดของอัตราส่วนการยืดตามธรรมชาติ การจัดเรียงโลเลกุลใหม่ของบริเวณที่ยืดจะเพิ่มความแข็งแรงเชิงกลขึ้น โดยลักษณะของฟองที่เกิดขึ้นแสดงดังแสดงในรูปที่ 2-30



รูปที่ 2-30 แสดงลม Pre-blow เป่าขยายหลอดพรีฟอร์มออก
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

Stretch rod เคลื่อนที่เข้าหา Base insert ของแม่พิมพ์พร้อมกับการเป่าลม Pre-blow ทำให้ฟองอากาศขยายใหญ่มากขึ้นโดยที่ความเร็วของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดของฟองขึ้นอยู่กับค่าความหนืดภายใน (intrinsic viscosity) และอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 2-31

รูปที่ 2-31 แสดงแม่พิมพ์เป่าขวดเมื่อ Stretch rod ยืดออกสุด
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

การเป่าแรงดันลม Pre-blow ค้างไว้อีก 0.05-0.1 วินาที มักจะเกิดประโยชน์ ซึ่งจะทำให้เนื้อพลาสติกขยายตัวอีกโดยอาจขยายตัวไปสู่ขอบด้านล่างของก้นขวด บางเครื่องจักรมีตัวจับเวลาพิเศษเรียกว่า Temporization ซึ่งจะหน่วงเวลาการเป่าลม High Pressure และบางเครื่องจักรจะมีสวิตซ์ที่แสดงว่า Stretch rod กำลังยืดออกสุด

การเป่าลม Blow จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับการหน่วงเวลาของอากาศหรือปริมาณของเวลา Temporization ผลกระทบของแรงดันอากาศที่ 40 บาร์ นั้นมีความสำคัญ โดยจะทำให้ใช้เวลาเพียงแค่ประมาณ 0.02 วินาที ในการเป่าฟองให้กลายเป็นขวดเต็มใบ แรงดันอากาศทำให้เนื้อพลาสติกแนบชิดกับผนังแม่พิมพ์ที่เย็น เนื้อพลาสติกควรถูกทำให้เย็นต่ำกว่าอุณหภูมิ Glass transition temperature นอกจากนี้ประโยชน์ของการใช้พรีฟอร์มที่เย็นกว่า คือ ความต้องการในการทำให้เย็นลดลงจะส่งผลให้ Cycle Time ลดลงด้วย สิ่งสำคัญที่ควรทราบ คือ Stretch rod ควรยึดกับเกทของพรีฟอร์มอย่างแน่นเพียงพอที่ตรงกลางของ Base insert ความเบี่ยงเบนที่อาจเกิดขึ้นจะทำให้ผนังขวดหนาไม่เท่ากัน บางเครื่องจักรใช้แรงดันลมไปสู่กระบอก Stretch rod เป็นตัวควบคุมความเร็ว การลดแรงดันลมในส่วนนี้ที่น้อยจนเกินไปจะทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของฟองพรีฟอร์มภายใต้แรงดันลม High pressure ซึ่งอาจทำให้เกทของขวดเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งตรงกลางแม่พิมพ์ได้ โดยขวดที่เป่าเสร็จสมบูรณ์ในแม่พิมพ์แล้วแสดงดังแสดงในรูปที่ 2-32 (Brandau, 2012: 90-93)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

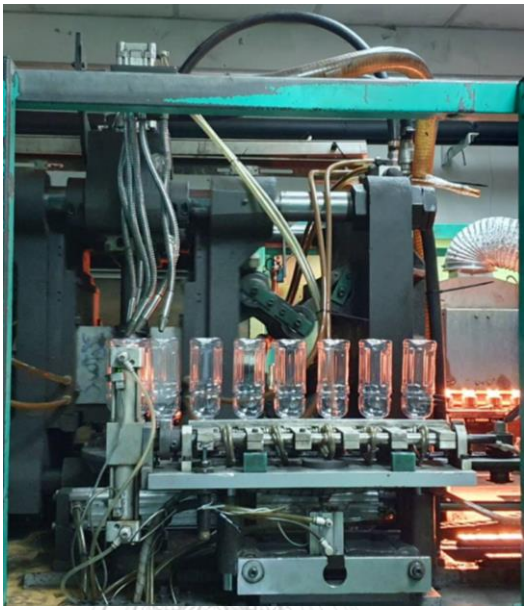
รูปที่ 2-32 แสดงแม่พิมพ์ที่ถูกเป่าขยายออกจนเต็มแม่พิมพ์
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

8. แม่พิมพ์เปิดออก ขวดเคลื่อนที่ออก

ทำการเปิดแม่พิมพ์ออก จากนั้นระบบ transfer จะดันรางชุด Bush ที่มีขวดที่เป่าเสร็จเรียบร้อยแล้วออกไปสู่ตำแหน่ง Discharge โดยเริ่มจากหัวฉีดลมเคลื่อนที่ออกจากแม่พิมพ์เป่า ในขณะเดียวกันก็มีการระบายลมออกโดยใช้วาล์วระบายลมซึ่งจะให้อากาศไหลออกทางท่อขนาดใหญ่ที่มีปลายทางเป็นตัวเก็บเสียง (Silencer) เพื่อลดมลภาวะทางเสียงในโรงงานให้น้อยที่สุด ระหว่างการระบายอากาศออก แคลมป์แม่พิมพ์จะถูกปลดล็อคและเริ่มเปิดออก จากนั้น Base insert จะกลับสู่ตำแหน่งเดิมแล้วเริ่มรอบการเป่าใหม่อีกครั้ง (Brandau, 2012: 93-94)

9. จับขวดออก

Gripper จับขวดออกที่ตำแหน่ง Discharge เพื่อให้พนักงานนำขวดบรรจุลงหีบห่อ ดังแสดงรูปที่ 2-33



รูปที่ 2-33 แสดง Gripper จับขวดออกที่ตำแหน่ง Discharge
ถ่ายเมื่อ ; 25 พฤษภาคม 2563

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.4 ลักษณะของเสียที่มักเกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตขวดพลาสติก

กระบวนการผลิตขวดพลาสติกนั้นจะมีการเกิดของเสียขึ้นทั้งในขั้นตอนของการฉีดพรีฟอร์มและในขั้นตอนของการเป่าขวดพลาสติก ซึ่งของเสียจะมีลักษณะและปริมาณที่ต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการด้วยกัน เช่น ขึ้นอยู่กับความรู้ความสามารถของพนักงาน การมีคู่มือการทำงาน เทคโนโลยีที่ใช้ ความเอาใจใส่ของพนักงาน ลักษณะของแม่พิมพ์ที่แตกต่างกัน ปริมาณสินค้าที่ทำการผลิต การวางแผนการผลิต ซึ่งส่งผลต่อลักษณะประเภทและปริมาณของของเสียที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบในการเพิ่มต้นทุนให้แก่ภาคอุตสาหกรรม ลดความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งผู้ผลิตต้องแข่งขันกับราคาขวดพลาสติกที่ผลิตในประเทศและราคาของพลาสติกที่นำเข้ามาจากต่างประเทศที่อาจมีราคาถูกกว่า อีกทั้งราคาเม็ดพลาสติกที่มีความผันผวน ทำให้ภาคอุตสาหกรรมผลิตขวดพลาสติกมีความจำเป็นที่จะต้องลดต้นทุน เพื่อความอยู่รอดของธุรกิจ

ก. ประเภทของของเสียที่เกิดจากขั้นตอนฉีดพรีฟอร์ม

ขั้นตอนของการฉีดพรีฟอร์มนั้นมีประเภทของของเสียที่เกิดขึ้นหลายประเภท ได้แก่ หลอดมีจุดดำ หลอดขาวขุ่น หลอดร้าว หลอดไหม้ ฟองอากาศ ก้นใส เกทยาว ปากไม่เต็ม ปากเบี้ยว ก้นแน่น เก็บตก อื่นๆ เศษก้อน และSetup โดยลักษณะของเสียแสดงดังแสดงในรูปที่ ....

1. จุดดำ

ลักษณะ : มีจุดสีดำเกิดขึ้นที่บริเวณผิวขวด ดังแสดงในรูปที่ 2-34

รูปที่ 2-34 แสดงของเสียประเภทจุดดำ

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

2. หลอดขาวขุ่น

ลักษณะ : พื้นผิวหลอดพรีฟอร์มเกิดความขุ่นขึ้น โดยจะเห็นชัดมากขึ้นหากส่องด้วยโคมไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2-35

รูปที่ 2-35 แสดงของเสียประเภทหลอดขาวขุ่น
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

3. หลอดร้าว

ลักษณะ : เมื่อนำหลอดพรีฟอร์มมาส่องด้วยเครื่อง Polariscope จะปรากฏพื้นผิวคล้ายแก้วที่แตกร้าว ดังแสดงในรูปที่ 2-36

รูปที่ 2-36 แสดงของเสียประเภทหลอดร้าว
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

4. หลอดไหม้

ลักษณะ : หลอดพรีฟอร์มที่พื้นผิวสีน้ำตาลเหมือนพลาสติกที่ถูกเผาไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 2-37

รูปที่ 2-37 แสดงของเสียประเภทหลอดไหม้

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

5. ฟองอากาศ

ลักษณะ : เกิดฟองอากาศขึ้นบริเวณผิวพรีฟอร์ม ดังแสดงในรูปที่ 2-38

รูปที่ 2-38 แสดงของเสียประเภทฟองอากาศ

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

จุฬาลงกรณ์
CHULALONGK TY

6. ก้นใส

ลักษณะ : บริเวณเกทหรือก้นของพรีฟอร์มจะใสจนมองเห็นทะลุได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-39

รูปที่ 2-39 แสดงของเสียประเภทก้นใส

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

7. เกทยาว

ลักษณะ : เกทของหลอดพรีฟอร์มยาวกว่าปกติ ดังแสดงในรูปที่ 2-40

รูปที่ 2-40 แสดงของเสียประเภทเกทยาว

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

จุฬาลงกร
CHULALONG

8. ปากไม่เต็ม

ลักษณะ : บริเวณปากของหลอดพรีฟอร์มจะแหว่งหายไป ดังแสดงในรูปที่ 2-41

รูปที่ 2-41 แสดงของเสียประเภทปากไม่เต็ม

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

9. ปากเบี้ยว

ลักษณะ : เส้นรอบวงของปากหลอดพรีฟอร์มเป็นวงกลมไม่สมบูรณ์ แต่เกิดการบิดเบี้ยว ดังแสดงในรูปที่ 2-42

รูปที่ 2-42 แสดงของเสียประเภทปากเบี้ยว

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

10. ก้นแน่น

ลักษณะ : เมื่อนำหลอดพรีฟอร์มมาส่องด้วยเครื่อง Polariscope จะปรากฏริ้วรุ้งของหลอดพรีฟอร์มที่เรียงตัวชิดกัน แสดงให้เห็นถึงความเค้นตกค้างในหลอดพรีฟอร์ม ดังแสดงในรูปที่ 2-43

รูปที่ 2-43 แสดงของเสียประเภทก้นแน่น

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

11. หลอดเก็บตก

ลักษณะ : หลอดพรีฟอร์มที่ตกอยู่บริเวณรอบๆเครื่องฉีดพรีฟอร์ม ซึ่งจะมีความสกปรก ดังแสดงในรูปที่ 2-44

รูปที่ 2-44 แสดงของเสียประเภทหลอดเก็บตก

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

12. เศษก้อน

ลักษณะ : เป็นก้อนเนื้อพลาสติกขนาดใหญ่ มักเกิดทุกครั้งที่ทำการเซ็ตอัพเครื่องใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 2-45

รูปที่ 2-45 แสดงของเสียประเภทหลอดเก็บตก
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

13. ของเสียจากการ SET UP

ลักษณะ : ของเสียจากการเซ็ตอัพที่มักจะเปื้อนคราบวีนอลที่ใช้ขัดเงาแม่พิมพ์ ดังแสดงในรูปที่ 2-46

รูปที่ 2-46 แสดงของเสียจากการเซ็ตอัพ
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

ข. ประเภทของของเสียที่เกิดจากขั้นตอนเป่าขวด

ขั้นตอนของการเป่าขวดก่อให้เกิดของเสียประเภทต่างๆ ได้แก่ หลอดติดสไลด์ หลอดเก็บตก หลอดขาว เป็นไต ขวดขาวบาง ขวดหนาบาง ก้นร้อน ทับหน้าแม่พิมพ์ เกลียวเสีย ก้นไม่ตรง เป่าแตก ลายน้ำ คอบวม เหลี่ยมไม่เต็ม ก้นไม่เต็ม ก้นยุบ เหลี่ยมขาว คอเอียง รอยร้าว รอยเส้นใย ตะเข็บเหลื่อม ปากเสียรูป ก้นนูน ก้นไหม้ ขวดเป็นฟองอากาศ นอกจากนี้ยังมีของเสียจากการ SET UP ที่อาจเกิดของเสียจากหลายขั้นตอนและมีของเสียหลายประเภทเกิดขึ้นมาพร้อมกัน โดยของเสียจากงานเป่าขวดมีรายละเอียดดังนี้

1. หลอดติดสไลด์

   ลักษณะ : หลอดพรีฟอร์มจะมีรูปร่างบิดเบี้ยวไปจากปกติ โดยอาจเกิดกับส่วนใดของพรีฟอร์มก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-47

รูปที่ 2-47 แสดงของเสียประเภทหลอดติดสไลด์

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. หลอดเก็บตก

   ลักษณะ : หลอดพรีฟอร์มที่ตกอยู่ตามบริเวณเครื่องเป่าขวดเพทและพื้น ซึ่งจะมีความสกปรก ดังแสดงในรูปที่ 2-48

รูปที่ 2-48 แสดงของเสียประเภทหลอดเก็บตก

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

3. หลอดขาว

ลักษณะ : หลอดพรีฟอร์มมีพื้นที่สีขาวเกิดขึ้น โดยเฉพาะบริเวณผิวลำตัวของหลอดพรีฟอร์มที่มักสัมผัสกับความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 2-49

รูปที่ 2-49 แสดงของเสียประเภทหลอดขาว
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

4. เป็นไต

ลักษณะ : เนื้อพลาสติกกองเป็นชั้นริ้วหนาหรือตามแนวรัศมีของขวด ดังแสดงในรูปที่ 2-50

รูปที่ 2-50 แสดงของเสียประเภทเป็นไต
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

5. ขวดขาวบาง

ลักษณะ : บริเวณลำตัวของขวดบางบริเวณมีลักษณะฝ้าขาว และมีเนื้อพลาสติกที่บาง หากบีบด้วยมือจะบุบเข้าได้อย่างง่ายดาย ดังแสดงในรูปที่ 2-51

รูปที่ 2-51 แสดงของเสียประเภทขาวบาง
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

6. ขวดหนาบาง

ลักษณะ : ด้านใดด้านหนึ่งของขวดจะมีเนื้อที่บาง โดยจะสามารถบีบเข้าโดยใช้นิ้วมือได้อย่างง่ายดาย แต่ด้านตรงข้ามจะมีความหนากว่า ดังแสดงในรูปที่ 2-52

รูปที่ 2-52 แสดงของเสียประเภทขวดหนาบาง
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

7. ก้นร้อน

ลักษณะ : เนื้อพลาสติกกองหนาอยู่บริเวณก้นขวด ดังแสดงในรูปที่ 2-53

รูปที่ 2-53 แสดงของเสียประเภทก้นร้อน

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

8. ทับหน้าแม่พิมพ์

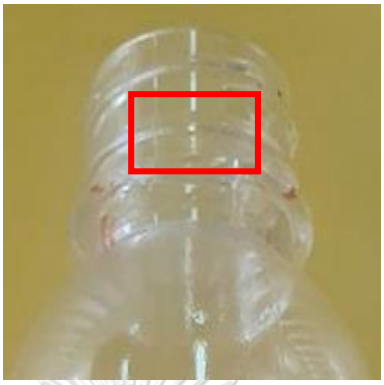
ลักษณะ : ขวดมีลักษณะแบนตามบริเวณที่ถูกแม่พิมพ์ประกบหรือหนีบ ดังแสดงในรูปที่ 2-54

รูปที่ 2-54 แสดงของเสียประเภททับหน้าแม่พิมพ์

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

9. เกลียวเสีย

ลักษณะ : เกลียวของปากขวดมีลักษณะแหว่งเนื้อหายไป ดังแสดงในรูปที่ 2-55

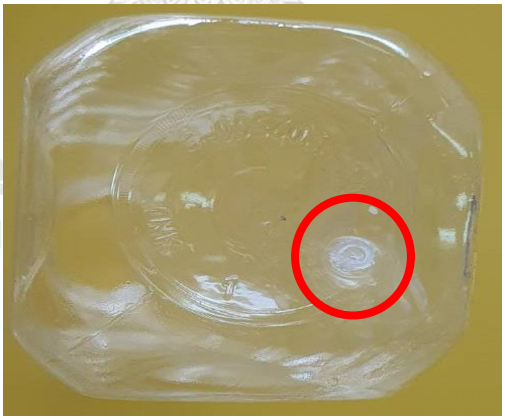


รูปที่ 2-55 แสดงของเสียประเภทเกลียวเสีย

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

10. ก้นไม่ตรง

ลักษณะ : ศูนย์กลางของก้นขวดเยื้องออกจากตำแหน่งตรงกลาง ดังแสดงในรูปที่ 2-56



รูปที่ 2-56 แสดงของเสียประเภทก้นไม่ตรง

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

11. เป่าไม่เต็มใบ

ลักษณะ : ขวดขยายออกไม่เต็มที่ ฐานก้นขวดไม่ยืดออก ไม่สามารถวางตั้งได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-57

รูปที่ 2-57 แสดงของเสียประเภทเป่าไม่เต็มใบ
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

12. เป่าแตก

ลักษณะ : บริเวณลำตัวหรือก้นของขวดแตกออก ไม่สามารถบรรจุของเหลวได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-58

รูปที่ 2-58 แสดงของเสียประเภทเป่าแตก
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

13. ลายน้ำ

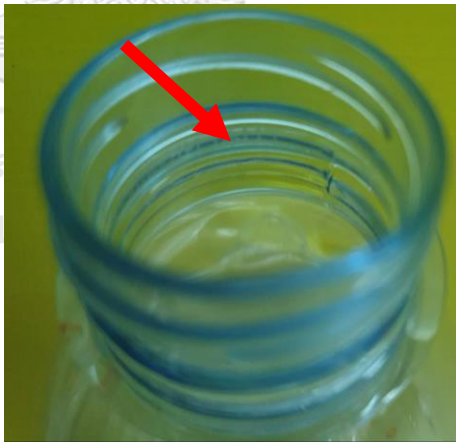
ลักษณะ : บริเวณขวดมีลักษณะคล้ายหยดน้ำเกาะ ดังแสดงในรูปที่ 2-59

รูปที่ 2-59 แสดงของเสียประเภทลายน้ำ

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

14. คอบวม

ลักษณะ : เป็นร่องเว้าด้านในคอขวด หากเอานิ้วลูบจะพบร่องได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 2-60



รูปที่ 2-60 แสดงของเสียประเภทคอบวม

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

15. เหลี่ยมไม่เต็ม

ลักษณะ : เหลี่ยมของขวดยืดขยายออกไม่เต็มที่ ทำให้บริเวณเหลี่ยมของขวดมีลักษณะมน ดังแสดงในรูปที่ 2-61

รูปที่ 2-61 แสดงของเสียประเภทเหลี่ยมไม่เต็ม
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

16. ก้นไม่เต็ม

ลักษณะ : บริเวณมุมของก้นขวดยืดออกไม่เต็มที่ ดังแสดงในรูปที่ 2-62

รูปที่ 2-62 แสดงของเสียประเภทก้นไม่เต็ม
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

17. ก้นยุบ

ลักษณะ : ก้นของขวดพับยุบเข้าไป สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 2-63

รูปที่ 2-63 แสดงของเสียประเภทก้นยุบ

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

18. เหลี่ยมขาว

ลักษณะ : ฝ้าขาวเกิดขึ้นบริเวณเหลี่ยมของขวด ดังแสดงในรูปที่ 2-64

รูปที่ 2-64 แสดงของเสียประเภทเหลี่ยมขาว

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

19. คอเอียง

ลักษณะ : คอของขวดมีลักษณะไม่ตั้งตรง หากเอียงไปด้านใด บริเวณนั้นจะมีคอขวดที่หนา ดังแสดงในรูปที่ 2-65

รูปที่ 2-65 แสดงของเสียประเภทคอเอียง
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

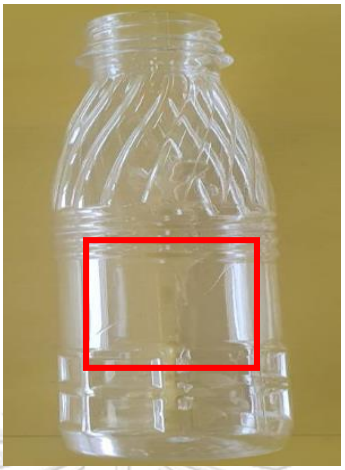
20. รอยร้าว

ลักษณะ : เกิดรอยร้าวขึ้นตามลำตัวของขวด ดังแสดงในรูปที่ 2-66

รูปที่ 2-66 แสดงของเสียประเภทรอยร้าว
ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

21. รอยเส้นใย

ลักษณะ : บริเวณขวดมีลักษณะคล้ายเส้นใยพาดผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 2-67

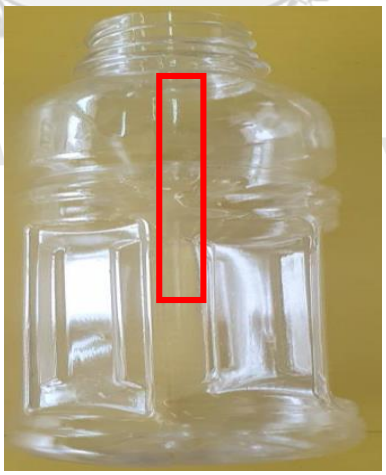


รูปที่ 2-67 แสดงของเสียประเภทรอยเส้นใย

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

22. ตะเข็บเหลี่ยม

ลักษณะ : สามารถมองเห็นเป็นรอยต่อของขวดสองฝั่งแบ่งซีกกันอย่างชัดเจน เมื่อใช้นิ้วลูบจะรู้สึกสะดุด ดังแสดงในรูปที่ 2-68



รูปที่ 2-68 แสดงของเสียประเภทตะเข็บเหลื่อม

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

23. ปากเสียรูป

ลักษณะ : ปากขวดมีลักษณะแหว่ง เนื้อหายไป ดังแสดงในรูปที่ 2-69

รูปที่ 2-69 แสดงของเสียประเภทปากไม่เต็ม

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

24. ก้นนูน

ลักษณะ : ก้นของขวดบริเวณตรงกลางนูนขึ้น หากนำมาตั้งจะเอียงเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2-70

รูปที่ 2-70 แสดงของเสียประเภทก้นนูน

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

25. ก้นไหม้

ลักษณะ : เกิดจุดสีดำบริเวณก้นขวด ดังแสดงในรูปที่ 2-71

รูปที่ 2-71 แสดงของเสียประเภทก้นไหม้

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

26. ขวดเป็นฟองอากาศ

ลักษณะ : เกิดฟองอากาศเกิดที่บริเวณผิวขวด ดังแสดงในรูปที่ 2-72

รูปที่ 2-72 แสดงของเสียประเภทฟองอากาศ

ถ่ายเมื่อ ; 30 พฤษภาคม 2563

2.3.5 วิธีการแก้ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น

กระบวนการฉีดพรีฟอร์มและเป่าขวดเพทก่อให้เกิดของเสียขึ้นหลากหลายประเภท โดยแต่ละประเภทของของเสียนั้นมีวิธีการแก้ปัญหาแตกต่างกันไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. กระบวนการฉีดพรีฟอร์ม (Brandau, 2012: 217-222)

ในกระบวนการฉีดพรีฟอร์มมีของเสียที่เกิดขึ้นหลากหลายประเภท โดยมีตัวอย่างวิธีการแก้ไขดังนี้

1. หลอดขาว

หมอกขาวบนพื้นผิวหลอดพรีฟอร์มมีสาเหตุมาจากทั้งการระบายความร้อนแก่หลอดพรีฟอร์มไม่เพียงพอ หรือเครื่องทำเม็ดพลาสติกให้แห้งเกิดปัญหา

สาเหตุ

ก) Cooling time ไม่เพียงพอ

ข) Hold time ไม่เพียงพอ

ค) ความอบไล่ความชื้นเม็ดพลาสติกไม่เพียงพอ ซึ่งความชื้นจะทำให้ค่าความหนืดภายใน (Intrinsic viscosity) ลดลง

วิธีแก้ปัญหา

ก) เพิ่มเวลา Cooling time

ข) เพิ่มเวลา Hold time

ค) ตรวจสอบสัญญาณเตือนของเครื่องอบเม็ดเพท ตลอดจนอุณหภูมิและ Residence time

2. ฟองอากาศในหลอดพรีฟอร์ม

ฟองอากาศอาจเกิดขึ้นอย่างสุ่มทั้งเวลาที่เกิดและสถานที่ที่เกิด ซึ่งเกิดจากการรวมกันของอากาศหรือน้ำกับเนื้อพลาสติกเหลว ดังแสดงในรูปที่ 2-73

สาเหตุ

ก) แรงดันย้อนกลับ (Back pressure) ที่ป้องกันให้อากาศรอบๆเม็ดพลาสติกถูกบีบออกมานั้นไม่เพียงพอ

ข) เวลาที่ใช้ในการอบแห้งหรืออุณหภูมิไม่เพียงพอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

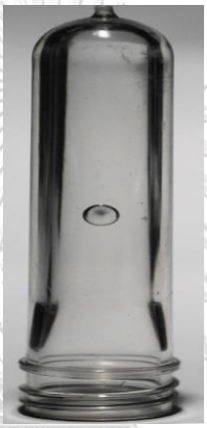
ค) การรั่วไหลของน้ำบางแห่งบนเครื่องฉีดพรีฟอร์มหรือจากท่อบนเพดาน

วิธีแก้ปัญหา

ก) เพิ่มแรงดันย้อนกลับ ทั้งนี้หากจำเป็นต้องใช้แรงดันมากกว่า 20 บาร์ อาจทำให้สกรูสึกหรอได้

ข) ตรวจสอบเวลาและอุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง

ค) การว่ามีน้ำรั่วที่ใดหรือไม่ โดยตำแหน่งที่เป็นไปได้ คือ ปลอกระบายความร้อน (Water cooling jacket) ของเครื่องฉีดพรีฟอร์ม



รูปที่ 2-73 แสดงฟองอากาศบนหลอดพรีฟอร์ม
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. พรีฟอร์มเกทยาวหรือมีเส้นใย

การแยกอย่างไม่สมบูรณ์ของของเหลวร้อนจากพรีฟอร์มที่เย็น ทำให้เกิดเส้นใยขนาดเล็กยื่นออกมาจากพรีฟอร์ม โดยมักพบในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ดังแสดงในรูปที่ 2-74

สาเหตุ

ก) อุณหภูมิสูงเกินไป

ข) อุณหภูมิต่ำเกินไป

ค) ฉนวนกันความร้อน (Insulator) ชำรุด

วิธีการแก้ปัญหา

ก) ลดอุณหภูมิหัว Nozzle แต่หากไม่มีตัวควบคุมอุณหภูมิ Nozzle โดยเฉพาะ ให้ทำการลดอุณหภูมิ Hot runner ในภาพรวม

ข) เพิ่มอุณหภูมิหัว Nozzle แต่หากไม่มีตัวควบคุมอุณหภูมิ Nozzle โดยเฉพาะ ให้ทำการเพิ่มอุณหภูมิ Hot runner ในภาพรวม

ง) เปลี่ยนฉนวนกันความร้อน (Insulator) ที่ชำรุด

รูปที่ 2-74 แสดงหลอดพรีฟอร์มเกทมีเส้นใย

(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. หลอดพรีฟอร์มเป็นรอยยุบตัว

ช่องว่างสามารถเกิดบริเวณใดของพรีฟอร์มก็ได้ แต่มักเกิดบริเวณคอของหลอดพรีฟอร์ม แรงดันไม่สูงเพียงพอที่จะเติมพรีฟอร์มให้เต็ม หรือเกิดจากก้นของสกรูไม่อยู่บน Barrel

สาเหตุ

ก) Hold pressure และ Hold time ไม่เพียงพอ

ข) Injection pressure ไม่เพียงพอ

ค) Injection cushion ไม่เพียงพอ

วิธีแก้ปัญหา

ก) เพิ่ม Hold pressure และ Hold time

ข) เพิ่มความเร็วการฉีด เพื่อให้มี Injection pressure สูงขึ้น แต่ไม่ควรใช้ความดันเกิน 100 บาร์

ค) ควรมีเพิ่มขนาด Shot ให้มี Injection cushion อย่างน้อย 3 มิลลิเมตร

5. การกระจายของสีบริเวณเกทและลำตัวของพรีฟอร์ม

การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือถึงบริเวณเกทและลำตัวของหลอดพรีฟอร์ม เกิดจากความเครียดเฉือนที่มากเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 2-75

สาเหตุ

ก) ความเร็วการฉีดมากเกินไป

ข) อุณหภูมิ Nozzle สูงเกินไป

ค) การลดความดันของ Hot runner ไม่เพียงพอ

วิธีแก้ปัญหา

ก) ลดความเร็วการฉีด

ข) ลดอุณหภูมิหัว Nozzle หรือทั้ง Hot runner

ค) ถอยสกรูกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2-75 แสดงหลอดพรีฟอร์มเกทยาว

(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

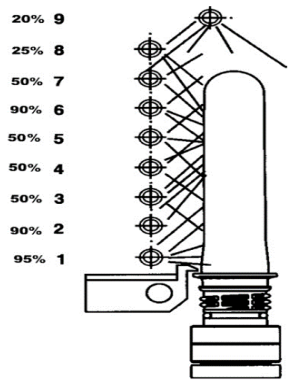
ข. กระบวนการเป่าขวดเพท (Brandau, 2012: 201-214)

ในกระบวนการเป่าขวดเพทมีของเสียที่เกิดขึ้นหลากหลายประเภท โดยมีตัวอย่างวิธีการแก้ไขดังนี้

1. ของเสียเมื่อเริ่มเดินเครื่องจักร

พรีฟอร์มทุกชิ้นมีอุณหภูมิที่เท่ากันก่อนเข้าเครื่องเป่าขวดเพท แต่เมื่อเริ่มกระบวนการเป่าขวดเพทแล้วเราควรที่จะตรวจสอบหลอดพรีฟอร์มและการปรับหลอดอินฟราเรดตามประสบการณ์ โดยแทบจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะกำหนดโปรไฟล์ความร้อนที่แน่นอนให้เข้ากับเครื่องจักรหรือพรีฟอร์มใดๆ โดยโปรไฟล์ความร้อนแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 2-76 ซึ่งเครื่องเป่าขวดเพทอาจประกอบไปด้วยตู้อินฟราเรดหลายตู้และพรีฟอร์มอาจหนา 2-10 มิลลิเมตร ช่วง start up ควรตั้งความร้อนหลอดอินฟราเรดไม่เกินร้อยละ 95 เพื่อค่อยมาปรับละเอียดทีหลัง โดยที่บริเวณหลอดไฟอินฟราเรดโซนกลางควรปรับอุณหภูมิให้ต่ำเพราะหลอดอินฟราเรดโซนบนและล่างจะแผ่รังสีมาสู่โซนกลางอยู่แล้ว ไม่ควรเดินเครื่องจักรเปล่าโดยที่ไม่มีหลอพรีฟอร์มเพราะความร้อนจะสะสมที่ mandrels จะทำให้คอขวดเสียรูป ช่างที่ดำเนินการเดินเครื่องเป่าขวดควรกำหนดเงื่อนไขการเดินเคลื่อนจักรที่อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่ไม่ให้เกิดฝ้าขาวขึ้นบนผิวขวด ซึ่งช่วยให้ได้ผลลัพธ์การผลิตที่สูงที่สุดโดยประหยัดพลังงานแต่ไม่เกิดของเสีย หากอุณหภูมิตู้อินฟราเรดสูงถึง 85 องศาเซลเซียส โดยที่ไม่เกิดฝ้าขาวขึ้นบนขวดแล้ว ต่อไปควรที่จะตรวจสอบความหนาผนังขวดอีกครั้ง ทั้งนี้หากขวดเริ่มเกิดฝ้าขาว ให้ดำเนินการลดระดับของลมระบายความร้อนหรือค่อยๆเพิ่มระดับความร้อนของหลอดไฟสู่บริเวณผนังขวดที่หนาที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2-76 แสดง heat profile ของหลอดพรีฟอร์มในกระบวนการเป่าขวดเพท
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

2. การพับเข้าด้านในของคอขวด

เครื่องรุ่นเก่าส่วนใหญ่มักมีปัญหานี้ โดยสามารถมองเห็นเป็นลักษณะของวงแหวนของเนื้อที่หนาตั้งแต่บริเวณคอขวดขึ้นไป ดังแสดงในรูปที่ 2-77

สาเหตุ

ก) การให้ความร้อนบริเวณคอขวดไม่เพียงพอ

ข) แรงดันลม Pre-blow ช้าหรือเบาเกินไป

วิธีแก้ปัญหา

ก) เพิ่มความร้อนหลอดไฟอินฟราเรด โซนล่างสุดเพราะใกล้คอขวด ทั้งนี้หากเกิดความร้อนที่มากเกินไปหรือการขาวขึ้นบนผิววัสดุให้เพิ่มการระบายความร้อนด้วยลม

ข) เลื่อนระดับของหลอดอินฟราเรดลงมาให้ระดับตรงกับคอขวดมากขึ้น

ค) ดันหลอดอินฟราเรดเข้าใกล้พรีฟอร์มมากขึ้น

ง) เพิ่มแรงดันลม Pre-blow

รูปที่ 2-77 แสดงการพับเข้าด้านในของคอขวด
(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

3. เนื้อพลาสติกกองที่ก้นขวด

ชิ้นงานที่บกพร่องประเภทนี้จะแสดงให้เห็นถึงการรวมตัวกันของเนื้อพลาสติกในลักษณะของวงกลมหรือครึ่งวงกลมบริเวณตรงกลางของฐานขวดด้านใน ดังแสดงในรูปที่ 2-78

สาเหตุ

ก) แรงดันลม Pre-blow ช้าหรือเบาเกินไป ทำให้เกิดการรวมตัวของเนื้อพลาสติกขึ้นบริเวณ Stretch rod รวมทั้งการที่เนื้อพลาสติกเย็นตัวเกินไป ทำให้เนื้อพลาสติกหนาเกินกว่าที่จะเป่าให้ขยายตัวออกได้ในระหว่างการเป่าด้วยลม high pressure

ข) ฐานของพรีฟอร์มร้อนเกินไป

ค) แรงดันลม blow เบาเกินไป ในขณะที่ฐานเย็นตัวเกินไป

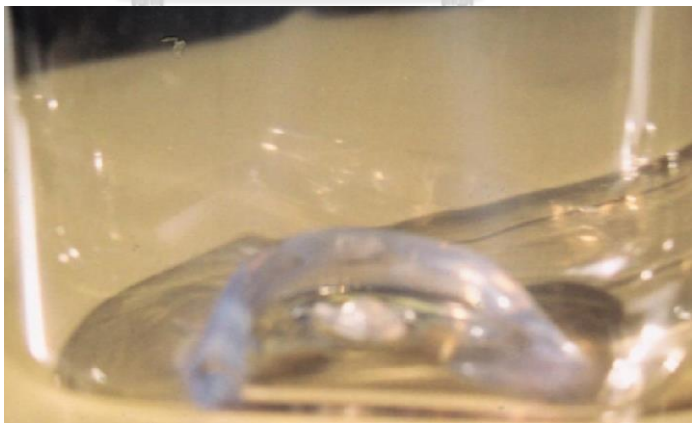
วิธีแก้ปัญหา

ก) เพิ่มแรงดันลม Pre-blow

ข) ลดการหน่วงเวลาลม Pre-blow

ค) ลดความร้อนบริเวณฐานของพรีฟอร์มลง

ง) เพิ่มแรงดันลม Blow สู่แรงดันสูงสุดที่ 40 บาร์



รูปที่ 2-78 แสดงเนื้อพลาสติกกองที่ก้นขวด

(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

4. ก้นไม่ตรง

เมื่อก้นขวดของขวดไม่ตรง ความหนาของผนังขวดก็จะไม่เท่ากันด้วย ซึ่งเกิดจากปลายของแท่ง stretch rod อาจเกิดการเบี้ยวไปทางซ้ายหรือขวาได้ หากเบี้ยวไปทางใด เมื่อ stretch rod แทงไปทางที่เบี้ยวจะทำให้เนื้อพลาสติกไปถึงผนังแม่พิมพ์ทางนั้นก่อนและเนื้อพลาสติกจะเคลื่อนไปบริเวณที่ก้นเบี้ยวมากกว่าอีกด้านหนึ่ง ทำให้บริเวณนั้นมีความหนากว่า ดังแสดงในรูปที่ 2-79

สาเหตุ

ก) แรงดันลม Pre-blow สูงเกินไป แรงดันลมนี้อาจสูงพอที่จะทำให้พรีฟอร์มเคลื่อนที่ออกจาก Stretch rod อุณหภูมิที่ต่างกันบริเวณเส้นรอบวงของพรีฟอร์มจะทำให้พรีฟอร์มเคลื่อนไปทางด้านที่เย็นกว่า

ข) ลม Pre-blow เร็วเกินไป ซึ่งทำให้ stretch rod แทงยืดก้นพรีฟอร์มเข้ากับแม่พิมพ์ไม่ทัน ทำให้ก้นไม่ตรงได้

ค) เป่าลม High pressure เร็วเกินไป เพราะสวิตซ์ที่ระบุตำแหน่งสิ้นสุดของแท่ง Stretch rod อาจไม่ใกล้เพียงพอ

ง) ตั้งระยะของ Stretch rod ไม่เหมาะสม โดยระยะที่เหมาะสม คือ ห่างจากฐานขวด 1-2 มิลลิเมตร หากมากกว่านี้ก้นขวดอาจเบี้ยวไปทางใดทางหนึ่ง

จ) Stretch rod เกิดการคดหรือโก่ง ซึ่งอาจเกิดจากการที่ใช้ Stretch rod ที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กแล้วไปชนเข้ากับพรีฟอร์มที่เย็นจึงอาจทำให้เกิดการคดงอ

ฉ) พรีฟอร์มมีค่าความหนืดภายใน (intrinsic viscosity) ที่น้อยเกินไป พบว่าหากพรีฟอร์มแห้งหรือมีความร้อนที่มากเกินไปจากกระบวนการฉีด จะส่งผลให้ค่าความหนืดภายในลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้เป่าขวดแล้วเคลื่อนที่ออกจาก Stretch rod

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิธีแก้ปัญหา

ก) ลดแรงดันลม Pre-blow

ข) เพิ่มการหน่วงเวลาลม Pre-blow

ค) เคลื่อนสวิตซ์ของ Stretch rod เข้าใกล้ปลายของ Stretch rod มากขึ้น

ง) ปรับ Stretch rod อีกครั้ง

จ) ดึง Stretch rod ออก นำไปหมุนบนพื้นราบเพื่อตรวจสอบการคดงอ

ฉ) ตรวจสอบค่าความหนืดภายในหากจำเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-79 แสดงก้นขวดไม่ตรง

(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

5. พื้นผิวผนังขวดเป็นหมอกขาว

สีขาวหมอกจะเริ่มปรากฏเมื่อมีอุณหภูมิที่เริ่มทำให้เกิดผลึกขึ้นมาถึง 4 % ซึ่งสามารถเกิดขึ้นบริเวณใดก็ได้ของขวด แต่พบมากบริเวณก้นขวด โดยมักมองเห็นเป็นสีขาวนมเคลือบด้านนอกของขวด

สาเหตุ

ก) พรีฟอร์มมีลักษณะเป็นหมอกขาวอยู่แล้ว
ข) พรีฟอร์มได้รับความร้อนจากตู้อินฟราเรดมากเกินไป เมื่อพรีฟอร์มมีอุณหภูมิเข้าใกล้ 120 องศาเซลเซียส ทำให้พรีฟอร์มเกิดผลึกเมื่อเย็นตัวลง
ค) อุณหภูมิแม่พิมพ์อาจสูงเกินกว่า 65 องศาเซลเซียส
ง) หากเกิดหมอกขาวอย่างสุ่มและไม่พบอยู่ในพรีฟอร์ม อาจเกิดจากพรีฟอร์มที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่สูงกว่าผสมกับพรีฟอร์มที่เย็นกว่าซึ่งเกิดจากการปรับ

วิธีแก้ปัญหา

ก) ตรวจสอบพรีฟอร์มที่ใช้ก่อนเป็นอันดับแรก
ข) ลดการตั้งค่าอุณหภูมิหลอดอินฟราเรด เพิ่มระดับพัดลมระบายความร้อน หรือเพิ่มความเร็วรอบการเดินเครื่อง
ค) ลดอุณหภูมิแม่พิมพ์สู่ 60 องศาเซลเซียส หรือน้อยกว่านี้
ง) ทำให้แน่ใจว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของพรีฟอร์มนั้นเท่ากันทุกอัน

6. พื้นผิวผนังขวดฝ้าขาว

มีลักษณะเป็นวงแหวนสีขาวเหมือนไข่มุก ซึ่งเกิดจากการแตกขนาดเล็กที่โครงสร้างโมเลกุลของ PET ซึ่งมักจะเกิดด้านในของขวดเสมอ โดยมักมองเห็นเป็นสีขาวนมเคลือบ หากสงสัยว่าสีขาวที่เกิดขึ้นเป็นหมอกขาวหรือฝ้าขาว สามารถทบสอบได้ด้วยการใช้เล็บขูด โดยพบว่าหากขูดขีดด้านในของขวดให้เป็นรอยได้จะแสดงว่าเป็นฝ้าขาว ดังแสดงในรูปที่ 2-80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาเหตุ

ก) พรีฟอร์มยืดมากเกินไปในระหว่างเป่า ทำให้เนื้อพลาสติกอาจร้อนหรือเย็นเกินไป ซึ่งความแตกต่างสามารถแยกแยะได้โดยตรวจสอบความหนาผนังของบริเวณที่เกิดฝ้าขาว หากผนังบางมากจะเกิดจากความร้อนที่มากเกินไป ซึ่งเกิดจากโซนหลอดอินฟราเรดที่ตรงกับส่วนที่เกิดฝ้าขาวอาจมีการตั้งค่าไว้สูงเกินไป แต่หากพื้นที่ที่เกิดฝ้าขาวมีความหนาปกติหรือมากกว่าปกติแสดงว่าพรีฟอร์มเย็นเกินไปก่อนที่จะทำการเป่า

ข) หากฝ้าขาวเกิดขึ้นอย่างสุ่ม แสดงว่าพรีฟอร์มที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นเย็นกว่าผสมกับพรีฟอร์มที่ร้อนกว่าจากการปรับ

วิธีแก้ปัญหา

ก) ลดอุณหภูมิหลอดไฟอินฟราเรดที่เกี่ยวข้อง หรือเพิ่มการระดับของลมระบายความร้อน

ข) ทำให้แน่ใจว่าอุณหภูมิของพรีฟอร์มเมื่อเริ่มต้นเท่ากันทุกอัน

ค) ลดระดับของลมระบายความร้อน และเพิ่มอุณหภูมิหลอดไฟอินฟราเรด แต่วิธีนี้มักจะไม่ประสบผลสำเร็จเพราะส่งผลกระทบต่อผิวด้านนอกของพรีฟอร์ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2-80 แสดงขวดฝ้าขาว

(ที่มา : https://ezproxy.car.chula.ac.th:2123/book/9781437735277/stretch-blow-molding)

7. คอขวดเสียรูป

ขณะที่พรีฟอร์มถูกให้ความร้อนในตู้อินฟราเรด บริเวณคอขวดอาจได้รับความร้อนจนใกล้ถึงจุด glass transition temperature เพทจะมีลักษณะคล้ายยาง ทำให้เสียรูปได้ง่าย

สาเหตุ

ก) พรีฟอร์มถูกกระทบกระเทือนระหว่างการขนส่ง
ข) Mandrels ร้อนเกินไปทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนสู่คอพรีฟอร์ม
ค) พัดลมหรือน้ำระบายอากาศบริเวณคอไม่เย็นเพียงพอ
ง) Blow nozzles อาจให้แรงดันบริเวณคอขวดมากเกินไป
จ) แผ่นป้องกันความร้อนสัมผัสบริเวณคอพรีฟอร์มได้รับความร้อนมากเกินไป
ฉ) พรีฟอร์มถูกวางบน mandrels อย่างไม่เหมาะสม ทำให้ได้รับความเสียหายในแม่พิมพ์เป่า

วิธีแก้ปัญหา

ก) ตรวจสอบพรีฟอร์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบก่อน
ข) ดันแผ่นป้องกันคามร้อนเข้าใกล้พรีฟอร์มมากขึ้นหรือเพิ่มความเย็นของแผ่นป้องกัน
ค) เพิ่มความเย็นลมระบายความร้อน
ง) ลดการรบกวนกันระหว่าง Blow nozzles และคอพรีฟอร์ม
จ) ตรวจสอบการวางพรีฟอร์มบน mandrels

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. ขวดมีรูปทรงไม่เหมาะสม

ความบกพร่องที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผลต่อฐานของขวดหรือคุณสมบัติบริเวณใดบริเวณหนึ่งของขวด

สาเหตุ

ก) น้ำเย็นที่หล่อเลี้ยงแม่พิมพ์เย็นเกินไป
ข) ลม High pressure ไม่เพียงพอ

ค) ลม High pressure ช้าเกินไป ; เวลา Temporization นานเกินไปจึงอาจทำให้พรีฟอร์มได้รับความเย็นมากเกินไป หรืออาจเกิดจากวาล์วลมอยู่ห่างเกินไปทำให้ลมใช้เวลานานกว่าจะถึงช่องคาวิตี้

ง) ตั้งค่าความร้อนหลอดอินฟราเรดน้อยเกินไป

จ) Air vent อุดตัน

วิธีแก้ปัญหา

ก) เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์เป่าให้สูงสุดที่ 60 องศาเซลเซียส

ข) เพิ่มแรงดันลม High pressure โดยหากแรงดันที่ต้องการใช้สูงกว่า 40 บาร์ ให้ทำการตรวจสอบการออกแบบขวดเพราะรัศมีอาจเล็กจนเกินไป

ค) ลดเวลา temporization หรือเคลื่อนสวิตช์ของ Stretch rod เข้ามาใกล้ปลาย Stretch rod มากขึ้น

ง) เพิ่มการตั้งค่าอุณหภูมิหลอดอินฟราเรด

จ) ตรวจสอบและทำความสะอาดช่อง Air vent

9. ตะเข็บเหลื่อม

เส้นขนาดเล็กด้านข้างของขวดเป็นบริเวณที่แม่พิมพ์สองฝั่งประกบกัน หากเส้นแบ่งยื่นออกมาจากตัวขวดจะทำให้เกิดของเสียขึ้น โดยตะเข็บที่ยื่นออกมาสามารถสัมผัสรู้สึกได้ด้วยนิ้วมือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาเหตุ

ก) แม่พิมพ์เปิดออกในระหว่างการเป่า

ข) แม่พิมพ์เมื่อเปิดประกบแล้วไม่ตรงกัน

วิธีแก้ปัญหา

ก) ตรวจสอบ guide pin และ bushing ให้แน่น

ข) ตรวจสอบกระบอก hydraulic ว่ารั่วหรือไม่ และตรวจสอบความแน่นระหว่าง piston rod และ mounting yoke

10. เกิดวงแหวนขึ้นที่ลำตัวของขวด

วงแหวนของเนื้อพลาสติกที่ไม่ถูกเป่าออกอาจเกิดขึ้นบริเวณใดก็ได้ของลำตัวขวด เนื้อพลาสติกไม่ถูกเป่าออกเป็นฟองเดียวในระหว่างที่ถูกยืดออกแต่กลับกลายเป็นสองฟอง ซึ่งบริเวณที่ทั้งสองฟองมาบรรจบกันตะเกิดการกองของเนื้อพลาสติกขึ้น

สาเหตุ

ก) แรงดันลม Pre-blow น้อยเกินไป

ข) พรีฟอร์มถูกทำให้ร้อนจนเกินไปโดยเฉพาะบริเวณด้านล่างของพรีฟอร์ม

วิธีแก้ปัญหา

ก) เพิ่มแรงดันลม Pre-blow

ข) ลดอุณหภูมิหลอดอินฟราเรดบริเวณด้านล่างของพรีฟอร์ม

11. ความหนาขวดไม่เท่ากันตลอดเส้นรอบวง

โดยปกติแล้วขวดเพทจะมีความหนาผนังประมาณ 0.05 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า หากหนามากกว่านี้จะแสดงถึงปัญหาที่เกิดจากกระบวนการฉีดพรีฟอร์ม

สาเหตุ

ก) พรีฟอร์มหมุนไม่สม่ำเสมอ

ข) ความหนาผนังพรีฟอร์มมีการกระจายของความแตกต่างมากกว่า 0.12 มิลลิเมตรขึ้นไป

วิธีแก้ปัญหา

ก) ตรวจสอบเส้นทางในตู้อินฟราเรดว่ามีสิ่งกีดขวางการหมุนของพรีฟอร์มหรือไม่

ข) ตรวจสอบการวางพรีฟอร์มบน mandrel ว่าตรงหรือไม่

ค) ตรวจสอบตัวอย่างหลอดพรีฟอร์มว่ามีความหนาที่ต่างกันมากหรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

12. ขวดเป่าแตก

ขวดอาจเกิดการเป่าแตกบริเวณก้นขวดหรือผนังด้านข้าง

สาเหตุ

ก) ฐานของขวดวางตัวไม่เหมาะสม

ข) แรงดันลม Pre-blow ช้าเกินไป

ค) แรงดันลม Pre-blow น้อยเกินไป

ง) เวลา Temporization นานเกินไป

จ) เกทของพรีฟอร์มมีความเป็นผลึกมากเกินไปหรือมีรูรั่ว

ฉ) Stretch rod ชนกับเกทของพรีฟอร์มแรงเกินไปทำให้เกิดรอยแยกขนาดเล็กขึ้น

ช) ความหนืดของพลาสติกต่ำกว่า 0.8

ซ) สภาวะที่มีความชื้นและอุณหภูมิที่สูง ทำให้วัสดุเกิดการเปราะแตก

วิธีแก้ปัญหา

ก) เพิ่มความร้อนที่ฐานพรีฟอร์ม

ข) ลดการหน่วงเวลาลม Pre-blow

ค) เพิ่มแรงดันลม Pre-blow

ง) ลดเวลา Temporization

จ) ตรวจสอบพรีฟอร์มวัตถุดิบว่าที่เกทมีความเป็นผลึกหรือมีรอยรั่วหรือไม่

ฉ) เลื่อน Stretch rod ให้ห่างออกจากฐานแม่พิมพ์มากขึ้นทีละ 0.1 มิลลิเมตร

ช) ตรวจสอบค่าความหนืดของพรีฟอร์ม

ซ) ลดอุณหภูมิและความชื้นที่สัมผัสกับขวด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 แนวคิดและเทคนิคในการจัดการขยะประเภทขวดเพทที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม

การจัดการกับขยะขวดเพทที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมมีแนวคิดและเทคนิคการจัดการหลายรูปแบบด้วยกัน ตั้งแต่ของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานซึ่งมักใช้หลักการ 3Rs โดยอาจครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ไปจนถึงการรีไซเคิลของเสียภายในโรงงานเอง หากโรงงานไม่สามารถจัดการกับของเสียเหล่านั้นได้เอง จึงจะส่งของเสียเหล่านั้นออกไปการจัดการนอกโรงงานโดยใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การส่งออกไปรีไซเคิลเพื่อนำกลับมาเป็นเม็ดพลาสติกที่เป็นวัตถุดิบในการผลิต การนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงโดยกระบวนการไพโรไลซิส การนำไปทำเส้นใยเพื่อผลิตเสื้อผ้า จนกระทั่งไปสู่หลุมฝังกลบในที่สุด ซึ่งแต่ละแนวคิดและเทคนิคมีรายละเอียด ดังนี้

2.4.1 แนวคิดในการจัดการขยะประเภทขวดเพทในโรงงานอุตสาหกรรม

แนวคิดในภาพรวมของการจัดการของเสียภายในโรงงานตามหลัก 3Rs เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ การวางแผนการผลิต ขั้นตอนการผลิต และการจัดการของเสียในโรงงาน ในกลุ่มอุตสาหกรรมและระหว่างกลุ่มอุตสาหกรรม โดยจะเน้นให้เกิดของเสียน้อยที่สุด ซึ่งถ้าหากเกิดของเสียแล้วให้นำของเสียนั้นมาเวียนใช้ใหม่ โดยการดำเนินการ 3 Rs จะต้องดำเนินการดังนี้ 1) ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง 2) จัดการของเสียที่เกิดขึ้นตามศักยภาพการใช้ประโยชน์ 3) จัดการของเสียตามที่กฎหมายกำหนด ตั้งแต่การจัดเก็บ การใช้ประโยชน์ในโรงงาน การนำออกไปบำบัด/กำจัดภายนอกโรงงาน โดยปัจจุบันได้มีการประยุกต์แนวคิด 3Rs ร่วมกับการทำเทคโนโลยีสะอาด (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

สำหรับแนวคิดในทางปฏิบัตินั้น โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตขวดเพทเมื่อเกิดของเสียแล้วจะต้องจัดหาภาชนะที่ใช้รองรับของเสียอย่างเหมาะสม จากนั้นจึงแยกของเสียที่เป็นอันตรายและของเสียที่ไม่เป็นอันตรายออกจากกัน เช่น แยกขวดเพทที่ปนเปื้อนน้ำมันออกจากขวดเพทที่ไม่ปนเปื้อนน้ำมัน เพื่อสะดวกต่อการนำมารีไซเคิล รวมทั้งสถานที่จัดเก็บต้องมีความเหมาะสม สะอาด แห้ง มีพื้นที่เพียงพอ เพื่อรวบรวมของเสียให้มีปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสมแก่การนำไปจัดการต่อไป หากมีของเสียปริมาณเพียงพอแล้ว หากโรงงานมีความสามารถในการรีไซเคิลได้ทางโรงงานก็จะนำของเสียเหล่านั้นไปรีไซเคิลเป็นเม็ดพลาสติกเพื่อนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่อีกครั้ง แต่หากโรงงานไม่มีศักยภาพมากพอก็จะจัดการของเสียเหล่านั้น โดยการ จ้างโรงงานรีไซเคิลในการรีไซเคิลของเสียเหล่านั้นกลับมาเป็นเม็ดพลาสติกรีไซเคิล หรือขายของเสียเหล่านั้นทิ้งไป

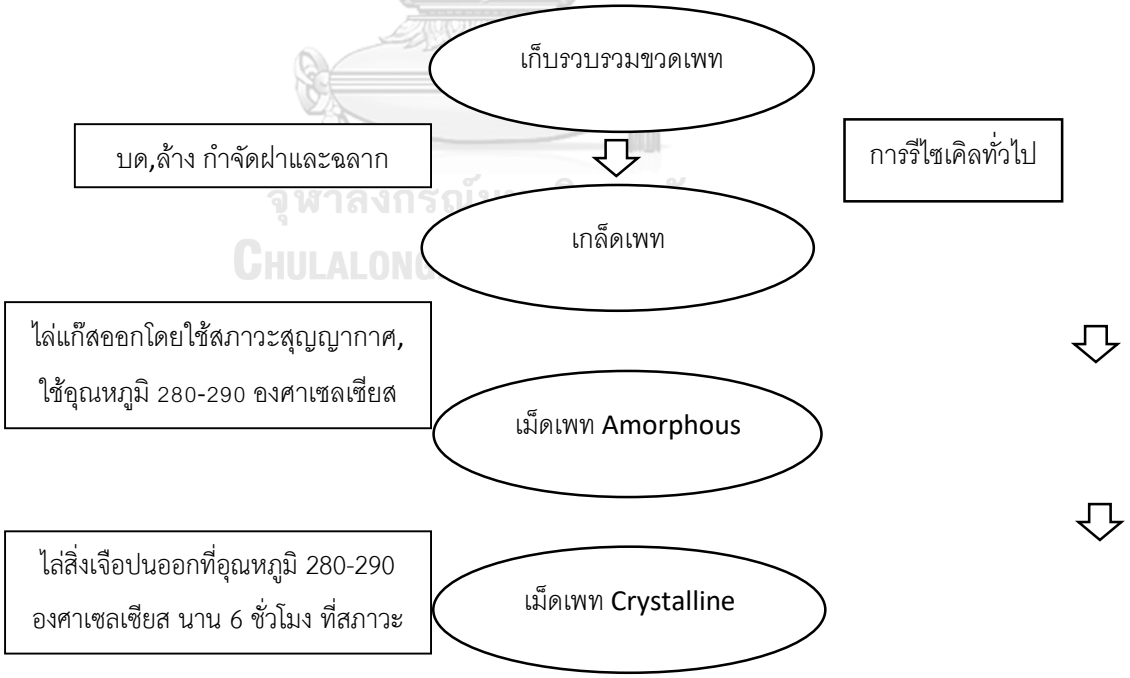
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4.2 เทคนิคการจัดการขยะประเภทขวดเพทที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม

การจัดการขยะประเภทขวดเพทนั้นมีเทคนิคที่สามารถนำมาจัดการของเสียได้หลายรูปแบบ เช่น เทคโนโลยีการรีไซเคิลขวดเพท เทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิส การผลิตเสื้อผ้าจากเส้นใยขวดเพท การฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล เป็นต้น โดยแต่ละเทคนิคมีรายละเอียดดังนี้

ก. เทคโนโลยีการรีไซเคิลขวดเพท

กระบวนการรีไซเคิลขวดเพทนั้นใช้เริ่มขวดเพทที่เก็บรวบรวมได้มาทำการดึงฉลากและฝาออก จากนั้นนำไปบดให้เป็นเกล็ดเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบป้อนเข้า โดยเกล็ดพลาสติกที่ผ่านการล้างแล้วจะถูกฉีดออกมาเป็นเม็ดพลาสติก ซึ่งเม็ดพลาสติกจะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการควบแน่นให้เป็นของแข็ง (Solid state polycondensation: SSP) ทำให้เม็ดพลาสติกสะอาดมากขึ้น ซึ่งกระบวนการควบแน่นให้เป็นของแข็งถูกผลิตขึ้นในสายการผลิตแบบชุด (Batch) หรือสายการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous) โดยต้องควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ระยะเวลา อุณหภูมิ สภาวะสุญญากาศหรือกระแสก๊าซเฉื่อย โดยทั่วไปปฏิกิริยาการควบแน่นให้เป็นของแข็งจะใช้ระยะเวลา 6-20 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้และการเพิ่มความหนืดของเม็ดเพทที่ต้องการ อุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 180-220 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 2-81 (welle, 2011)



รูปที่ 2-81 แผนผังแสดงกระบวนการรีไซเคิลขวดเพท

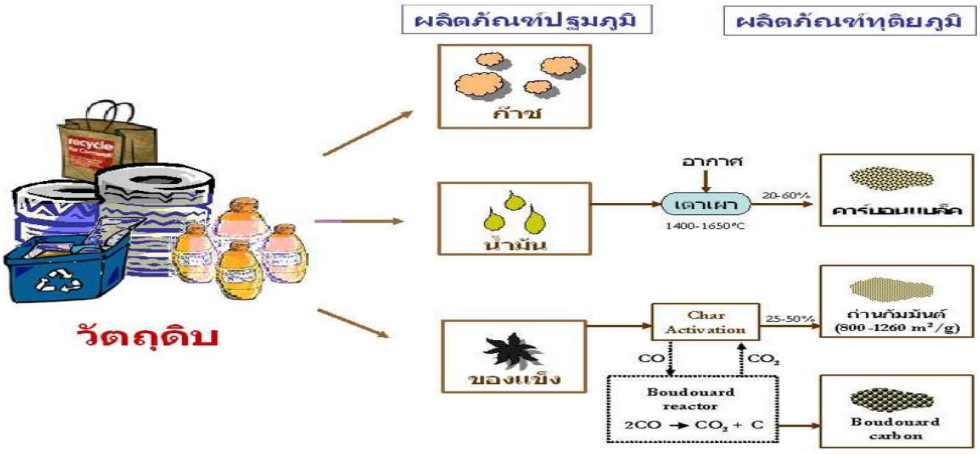
(ดัดแปลงจาก : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344911000656)

ข. เทคโนโลยีกระบวนการไพโรไลซิส

ขยะพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการไพโรไลซิสต้องเป็นประเภทเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เพราะจะหลอมเหลวได้เมื่อถูกความร้อน โดยกระบวนการไพโรไลซิส เป็นกระบวนการที่ทำให้สารประกอบแตกตัวด้วยความร้อนปานกลาง ที่ประมาณ 400-800 องศาเซลเซียส ในสภาพบรรยากาศที่ไม่มีออกซิเจน โดยทั่วไปแล้วจะได้ผลผลิต 3 ชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่เป็น ก๊าซ ของแข็ง ของเหลว เป็นผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิ ซึ่งของเหลวหรือน้ำมันนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมากที่สุด โดยสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่จะได้ออกมาขึ้นอยู่กับ สภาวะที่ใช้ เช่น อุณหภูมิ อัตราเร็วในการให้ความร้อน เป็นต้น เมื่อนำผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิมาผลิตเป็นผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ จะได้ผลิตภัณฑ์ทุติยภูมิ เช่นการนำน้ำมันที่ได้ไปเผาที่อุณหภูมิสูงจะได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นคาร์บอนแบล็ค

ปฏิกิริยาของกระบวนการไพโรไลซิสประกอบด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระเหยของสารระเหยง่ายออกจากวัตถุดิบ 2) การแตกตัวของตัววัตถุดิบ โดยโมเลกุลใหญ่จะแตกตัวออกมาเป็นโมเลกุลเล็กเรื่อยๆ ตามเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ จนเกิดการแตกตัวอย่างสมบูรณ์ของวัตถุดิบ ดังแสดงในรูปที่ 2-82 โดยต้องใช้ความร้อนและระยะเวลาที่เหมาะสม มิเช่นนั้นวัตถุดิบอาจกลับมารวมตัวกัน หรือกลายเป็นของแข็งเหนียวติดตามอุปกรณ์ ดังนั้นผู้ดำเนินการต้องมีความรู้อย่างดีเกี่ยวกับวัตถุดิบที่ป้อนเข้ากับสภาวะที่เหมาะสม (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและเหมืองแร่, 2555)

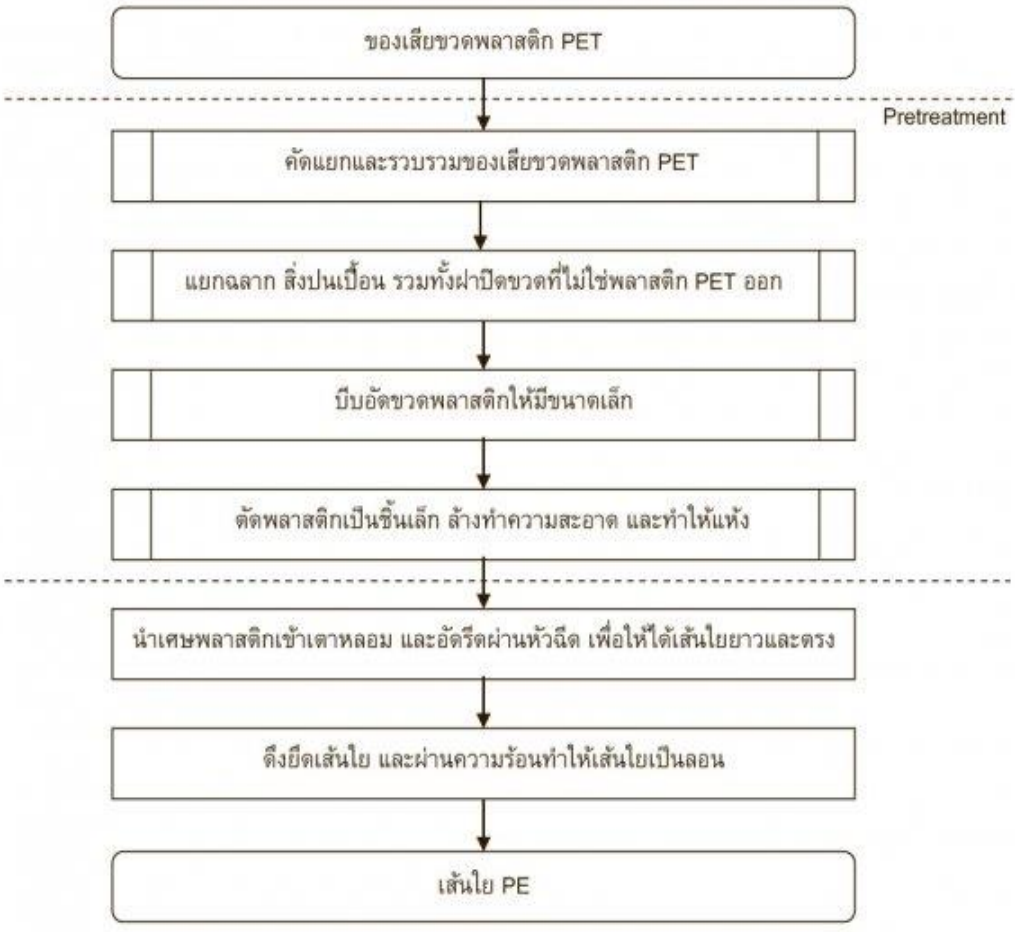
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-82 แสดงการนำวัตถุดิบไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงผ่านกระบวนการไพโรไลซิส
(ที่มา : วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2553)

ค. การผลิตเสื้อผ้าจากเส้นใยขวดเพท

ขวดเพทที่ผ่านการใช้งานแล้วสามารถนำมาทำเป็นเส้นใยเพื่อผลิตเป็นสิ่งทอได้ โดยกระบวนการเริ่มจากรวบรวมของเสียที่เป็นประเภทขวดเพท จากนั้นทำการดึงฉลากและฝาออก จากนั้นบีบอัดขวดพลาสติกให้มีขนาดเล็ก แล้วจึงนำไปตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ทำความสะอาดและทำให้แห้ง จากนั้นจึงนำเศษพลาสติกเข้าเตาหลอมและอัดรีดผ่านหัวฉีดเพื่อให้ได้เส้นใยออกมา จากนั้นนำเส้นใยที่ได้ไปดึงผ่านความร้อน เพื่อให้เส้นใยเป็นลอนพร้อมใช้งานต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2-83 (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2556)



รูปที่ 2-83 กระบวนการรีไซเคิลขวดเพทเพื่อเป็นเส้นใย
(ที่มา : กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2556)

ง. การฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล

โดยทั่วไปแล้วขยะพลาสติกจะใช้พื้นที่ในการฝังกลบมาก เนื่องจากมีความคงทนต่อแรงอัดได้สูง ใช้เวลาในการย่อยสลายนาน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) การฝังกลบขยะพลาสติกนั้นจะฝังในหลุมที่อยู่ในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ โดยเป็นพื้นที่ที่มีการจัดเตรียมไว้เพื่อทำการฝังกลบ อาจเป็นพื้นที่ที่ห่างไกลชุมชนหรือเป็นพื้นที่ที่มีความเสื่อมโทรม มีการป้องกันมลพิษออกสู่ภายนอก โดยจะใช้เครื่องจักรกลเกลี่ยทับกดให้แน่นแล้วใช้ดินกลบเป็นชั้น เพื่อป้องกันกลิ่น แมลง น้ำชะมูลขยะ รวมทั้งต้องมีมาตรการในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้น รวมถึงการระบายแก๊สออกจากหลุมฝังกลบ ดังแสดงในรูปที่ 2-84 (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

รูปที่ 2-84 แสดงหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย
(ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2552)

2.5 การวิเคราะห์การไหลของมวล (Material Flow Analysis : MFA)

การวิเคราะห์สมดุลมวลสารเป็นเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมที่สามารถนำมาใช้ศึกษาการใช้ทรัพยากรตลอดจนระบุ **Hot spot** ของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งจะก่อให้เกิดข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การตัดสินใจในการจัดการทรัพยากรต่อไป โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.5.1 ความรู้พื้นฐานของ MFA

การวิเคราะห์การไหลของมวลสาร (Material Flow Analysis (MFA)) เป็นระบบประเมินการไหลและสต๊อกของวัสดุ ภายในระบบที่ถูกกำหนดพื้นที่และช่วงเวลา ด้วยกฎของการอนุรักษ์มวลสาร ผลลัพธ์ของ MFA สามารถควบคุมโดยสมดุลมวลอย่างง่าย เปรียบเทียบวัตถุดิบป้อนเข้า สต๊อกและวัตถุดิบนำออกของกระบวนการ ลักษณะที่มีความชัดเจนของ MFA ทำให้วิธีนี้ดึงดูดใจแก่การเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจ ต่อการจัดการทรัพยากร การจัดการของเสีย และการจัดการสิ่งแวดล้อม

MFA สามารถให้ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์และสอดคล้องของการไหลและสต๊อกของวัสดุที่สนใจในระบบ โดยทำสมดุลของวัตถุดิบป้อนเข้าและวัตถุดิบนำออก ทำให้มองเห็นการไหลของของเสียและภาระต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งระบุแหล่งกำเนิดสิ่งเหล่านั้นได้ การพร่องหรือการสะสมของวัตถุดิบที่สต๊อกถูกระบุได้เร็วพอที่จะตอบโต้ หรือเตรียมตัวเพื่อที่จะใช้ประโยชน์ในอนาคต นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงเล็กๆน้อยๆ ซึ่งเล็กเกินกว่าที่จะวัดได้ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ แต่สามารถนำไปสู่ผลกระทบระยะยาวอย่างช้าๆได้นั้น สามารถกลับกลายเป็นหลักฐานได้ (Brunner และ Rechberger, 2005)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.2 นิยามศัพท์

กระบวนการ (Process) หมายถึง การขนส่ง การเปลี่ยนรูปร่าง หรือการเก็บสะสมวัตถุดิบ โดยกระบวนการขนส่งสามารถเป็นกระบวนการในธรรมชาติ เช่น การเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสในแม่น้ำ หรืออาจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นมาจากมนุษย์ เช่น การไหลของแก๊สในท่อ หรือ การเก็บขยะ การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เช่น การออกซิเดชั่นของคาร์บอนไปสู่คาร์บอนไดออกไซด์โดยไฟป่าในธรรมชาติ หรือ ระบบทำความร้อนของมนุษย์ สุดท้ายคือการเก็บสะสม เช่น การตกตะกอนทางธรรมชาติ หรือหลุมฝังกลบที่สร้างโดยมนุษย์

สต๊อก (Stock) หมายถึง มวลวัตถุดิบที่ถูกเก็บไว้ภายในระบบที่ทำการวิเคราะห์และมีหน่วยทางกายภาพเป็น กิโลกรัม สต๊อกเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการ ประกอบด้วยมวลสารที่ถูกเก็บ

ไว้ภายในกระบวนการ สต๊อกเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเมทาบอลิซึมของระบบ สำหรับเงื่อนไขที่มีสภาวะคงที่ (วัตถุดิบป้อนเข้าเท่ากับวัตถุดิบนำออก) ระยะเวลาเฉลี่ยของวัตถุดิบในสต๊อกสามารถคำนวณโดยการหารมวลวัตถุดิบในสต๊อกด้วยวัตถุดิบไหลเข้าหรือออกจากสต๊อก โดยสต๊อกสามารถอยู่ได้อย่างคงที่ เพิ่มขึ้น (เกิดการสะสมของวัตถุดิบ) หรือลดลง (เกิดการพร่องของวัตถุดิบ)

ระบบ (System) ประกอบด้วย การไหลของวัสดุ สต๊อกและกระบวนการ ภายในขอบเขตที่กำหนด ระบบที่เล็กที่สุดที่เป็นไปได้ประกอบด้วยหนึ่งกระบวนการ ตัวอย่างของระบบทั่วไปที่ใช้ MFA ตรวจสอบ ได้แก่ ภูมิภาค เตาเผาในชุมชน บ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม ฟาร์มและอื่นๆ โดยขอบเขตของระบบถูกกำหนดในพื้นที่และระยะเวลา ซึ่งประกอบด้วยขอบเขตทางลักษณะภูมิประเทศ หรือ virtual limit เช่น บ้านเรือน รวมทั้งกระบวนการต่างๆในบ้านเรือน เช่น การขนส่ง การเก็บของเสีย ระบบระบายน้ำ เมื่อกำหนดขอบเขตและระยะเวลาแล้ว เกณฑ์ต่าง เช่น วัตถุประสงค์ ความพร้อมของข้อมูล ระยะเวลาที่เหมาะสม เวลาของวัตถุดินที่อยู่ในระบบในสต๊อกและอื่นๆ ควรมีการจัดทำบัญชีต่อไป (Brunner และ Rechberger, 2005: 4)

2.5.3 การประยุกต์ใช้งาน MFA

MFA ถูกประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในงานหลากหลายสาขา เช่น ด้านเศรษฐกิจ การจัดการสิ่งแวดล้อม การจัดการทรัพยากร และ การจัดการของเสีย สาขาที่มีการประยุกต์ใช้ MFA ที่ สำคัญที่สุด มีดังนี้

ก. การจัดการสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมศาสตร์ (Environment management and engineering)

Chulalongkorn University

MFA มีการใช้งานที่หลากหลายในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการจัดการ มีการใช้งานเพื่อ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม การฟื้นฟูสถานที่ปนเปื้อนของเสียอันตราย การออกแบบกลยุทธควบคุมมลพิษทางอากาศ การจัดการธาตุอาหารในลุ่มน้ำ การจัดการน้ำเสียและตะกอน งานเหล่านี้ต้องการความเข้าใจอย่างทั่วถึงในเรื่องเกี่ยวกับการไหลและสต๊อกของสาร หากไม่มีความรู้เหล่านี้ มาตรการต่างๆที่เกี่ยวข้องอาจไม่ได้โฟกัสไปที่แหล่งกำเนิดและเส้นทางเดินหลัก ดังนั้นจะเกิดความไม่มีประสิทธิภาพและมีค่าใช้จ่ายสูง

ข้อจำกัดของการประยุกต์ใช้ MFA ในงานด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการจัดการ คือ การใช้เครื่องมือ MFA เพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอต่อการประเมิน การใช้มาตรการการจัดการ

และการสนับสนุนงานทางด้านวิศวกรรม อย่างไรก็ตาม MFA เป็นเครื่องมือที่ขาดไม่ได้ในขั้นตอนแรก และเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับงานหลายๆอย่าง (Brunner และ Rechberger, 2005: 14)

ข. อุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Industrial ecology)

มีหลักการออกแบบพื้นฐานที่หลากหลายในอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงประโยชน์จากการใช้ MFA ดังนี้

1. ควบคุมทิศทางของการใช้วัตถุดิบและกระบวนการในอุตสาหกรรม
2. สร้างการปฏิบัติแบบวงจรปิดในอุตสาหกรรม
3. ลดการใช้ทรัพยากรในอุตสาหกรรม
4. จัดรูปแบบของการใช้พลังงานให้เป็นระบบ
5. ทำให้วัตถุดิบที่ป้อนเข้าและวัตถุดิบนำออกในอุตสาหกรรมเกิดความสมดุล กับความสามารถในการรองรับ ของระบบนิเวศในธรรมชาติ

บทบาทหน้าที่ของ MFA ในอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ อย่างแรก คือ มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นเกี่ยวกับเมทาบอลิซึมที่ต้องการของอุตสาหกรรม โดยบรรยายถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการไหลของสารตลอดจนเศรษฐกิจอุตสาหกรรม วัสดุที่เกี่ยวข้องอาจอยู่ในระดับของผลิตภัณฑ์ เช่น แร่วัสดุก่อสร้าง เหล็กกล้า ปุ๋ย เป็นต้น หรืออยู่ในระดับของสสาร เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน เหล็ก อะลูมิเนียม ฟอสฟอรัส แคดเมียม เป็นต้น สำหรับขอบเขตของระบบต้องกำหนดในทิศทางที่ทิศทางการไหลของสารถูกครอบคลุมตั้งแต่แหล่งกำเนิดถึงจุดสุดท้าย ผลลัพธ์ของ MFA แสดงให้เห็นถึงกระบวนการที่สำคัญที่สุดตลอดวัฏจักรชีวิตของสาร รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการสูญเสียทางสิ่งแวดล้อมและติดตามวัฏจักรการรีไซเคิลในวงจร นอกจากนี้ MFA ยังสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบทางเลือกในระดับของกระบวนการหรือระบบ

อย่างที่สองคือมีแนวคิดที่เกือบจะเรียกได้ว่าเป็นวงจรปิด ตัวอย่างเช่น ในภาคส่วนของกลุ่มบริษัท มักจะเรียกว่า เครือข่ายอุตสาหกรรมแบบพึ่งพา (Industrial Symbiosis) โดยต้องการข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของของเสีย เพื่อนำมาป้อนเข้าใหม่อีกครั้งและต้องการข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะของเทคโนโลยีของกระบวนการที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะการดำเนินการอุตสาหกรรมอย่างเป็นวงจรต้องการการควบคุมโดย MFA ที่เหมาะสม เนื่องจากวงจรมีศักยภาพใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทำให้เกิดการสะสมของมลสารในตัวผลิตภัณฑ์และสต๊อก ทำให้ความจริงแล้วของเสียที่นำมาใช้ซ้ำหรือรีไซเคิลยังไม่สามารถยืนยันได้ถึงผลลัพธ์ในทางบวก ตัวอย่างของผลลัพธ์ในทางลบ เช่น การใช้เถ้าลอยที่ปนเปื้อนในการผลิตปูนซีเมนต์ หรือการใช้ซ้ำของโปรตีนจากสัตว์ทำให้เกิดโรควัวบ้า

วัตถุประสงค์อย่างที่สามในอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ คือ การลดการใช้ทรัพยากร MFA สามารถใช้เช็คว่าแนวคิดของการลดการใช้ทรัพยากรประสบความสำเร็จในทางปฏิบัติหรือไม่ สำหรับแนวทางอื่นๆของการลดการใช้ทรัพยากร คือ การยืดอายุผลิตภัณฑ์ หรือ การผลิตสินค้าที่มีน้ำหนักเบามากขึ้น (Brunner และ Rechberger, 2005: 14-16)

ค. การจัดการทรัพยากร (Resource management)

การจัดการทรัพยากรประกอบด้วยการ วิเคราะห์ วางแผน การจัดสรร การใช้ประโยชน์ การทำให้ดีขึ้นของทรัพยากร โดย MFA มีความสำคัญอย่างมากต่อการวิเคราะห์และการวางแผน เป็นพื้นฐานสำหรับการจำลองการใช้ทรัพยากรตลอดจนการเปลี่ยนแปลงในสต๊อก ดังนั้น MFA จึงมีส่วนสำคัญในการทำนายความขาดแคลนของทรัพยากร MFA มีส่วนช่วยเหลือในการระบุการสะสมหรือการพร่องของสารในธรรมชาติหรือในสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น มากกว่านั้นหากใช้ MFA อย่างสม่ำเสมอที่ต้นทางและปลายทางของระบบที่สร้างขึ้นมาโดยมนุษย์ มันจะเป็นเครื่องมือที่เชื่อมโยงการจัดการทรัพยากรกับการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสีย รวมทั้งยังมีส่วนช่วยในการออกแบบกลยุทธสำหรับการรีไซเคิลและการจัดการ (Brunner และ Rechberger, 2005: 16-17)

ง. การจัดการของเสีย (Waste management)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจุบันนี้การจัดการของเสียเป็นการบูรณาการแนวคิดของวิธีปฏิบัติต่างๆและวิธีการบำบัดต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยการป้องกันและกลยุทธการเก็บขน ขั้นตอนการแยกวัสดุเพื่อรีไซเคิลหรือกระบวนการที่เกิดขึ้นภายหลังโดยใช้วิธีทางชีวภาพ กายภาพ เคมี หรือความร้อน รวมทั้งชนิดของหลุมฝังกลบต่างๆ ประชาชนมีโอกาสในการแยก กระดาษ แก้ว โลหะ มวลชีวภาพที่ย่อยสลายได้ พลาสติก ขยะอันตราย และ วัสดุอื่นๆ ให้เป็นเศษชนิดเดียวกัน โดยเป้าหมายของการจัดการของเสียมีดังนี้

1. ปกป้องสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
2. อนุรักษ์ทรัพยากร เช่น วัตถุดิบ พลังงาน พื้นที่
3. บำบัดของเสียก่อนการกำจัด

ขั้นตอนการจัดการของเสียขั้นสูงมีการดำเนินการเพื่อควบคุมและจัดการสาร ระหว่างสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นและสิ่งแวดล้อมเพื่อบรรลุเป้าหมายดังนี้ (Brunner และ Rechberger, 2005: 17-18)

1. วัสดุสามารถรีไซเคิลโดยไม่ใช้ต้นทุนสูงหรือการไหลของวัสดุในทางลบ (Negative flow) ควรมีการรีไซเคิลหรือใช้ซ้ำ โดยการไหลของวัสดุในทางลบ (Negative flow) สามารถปรากฏในรูปการปลดปล่อย (Emission) หรือ สิ่งที่เกิดขึ้นมาจากการผลิตผลิตภัณฑ์ (By product) ระหว่างกระบวนการรีไซเคิล ซึ่งกระบวนการรีไซเคิลเองสามารถนำมาสู่การสะสมมลพิษได้ ตัวอย่างเช่น กระบวนการรีไซเคิลสามารถเพิ่มองค์ประกอบที่เป็นโลหะหนักในพลาสติกรีไซเคิล หรือมันอาจนำมาสู่การสะสมของโลหะในดินเมื่อตะกอนน้ำเสียถูกนำไปใช้ในพื้นที่เพาะปลูก

2. สิ่งที่ไม่สามารถรีไซเคิล (Nonrecyclables) ได้ควรทำการบำบัดเพื่อป้องกันสารอันตรายไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม

2.5.4 วัตถุประสงค์ของ MFA

MFA เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการตรวจสอบการไหลและสต๊อกของวัสดุใดๆ ซึ่งให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมของระบบ เมื่อรวมรวบเข้ากับเครื่องมืออื่นๆ เช่น energy-flow analysis, economic analysis และ consumer-oriented analysis ซึ่งมีส่วนช่วยในการควบคุมระบบกิจกรรมของมนุษย์ โดยวัตถุประสงค์ของ MFA มีดังต่อไปนี้ (Brunner และ Rechberger, 2005: 28)

1. สร้างแผนภาพการไหลและสต๊อกของวัสดุอย่างเป็นระบบ
2. ลดความซับซ้อนของระบบเท่าที่จะเป็นไปได้ และช่วยในการตัดสินใจ
3. ประเมินในสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการไหลและสต๊อกของวัสดุในเชิงปริมาณ ดังนั้นจึงใช้หลักสมดุลมวล (mass balance) และแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวและความไม่แน่นอน
4. แสดงผลลัพธ์ของการไหลและสต๊อกของวัสดุในระบบอย่างโปร่งใสและเข้าใจได้
5. ใช้ผลลัพธ์เป็นพื้นฐานในการจัดการทรัพยากร สิ่งแวดล้อมและของเสีย โดยเฉพาะเพื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1 ทำให้เห็นถึงผลดีและผลเสียเบื้องต้นของการสะสมและหมดไปของสต๊อก ตลอดจนทำนายภาระของสิ่งแวดล้อมในอนาคตได้อย่างทันท่วงที

5.2 ทำให้สามารถจัดลำดับความสำคัญของมาตรการสำหรับ การป้องกันสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรและการจัดการของเสีย

5.3 การออกแบบผลิตภัณฑ์ กระบวนการและระบบ ที่เป็นการปกป้องสิ่งแวดล้อม อนุรักษ์ ทรัพยากร และการจัดการของเสีย

2.5.5 กรณีศึกษา (Case study)

เมื่อพิจารณาที่ผลลัพธ์ของ MFA มันดูเหมือนง่ายและตรงไปตรงมาในการกำหนดระบบเก็บข้อมูล คำนวณผลลัพธ์ แต่ในทางความเป็นจริงมักมีความซับซ้อน MFA เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับหลายสาขาวิชาของเศรษฐศาสตร์และมีการข้ามผ่านขอบเขต เช่น ระหว่างสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นและสิ่งแวดล้อม หรือ น้ำ-อากาศ-ดิน ดังนั้นจึงมีความสำคัญที่ต้องการคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้นๆที่เกี่ยวข้องกับ MFA การรวบรวมความรู้จากผู้ร่วมงานมีความสำคัญอย่างมาก โดยอาจมีการจ้างผู้เชี่ยวชาญหากมีความต้องการคำแนะนำ โดยตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ MFA มีดังนี้ (Brunner และ Rechberger, 2005: 167)

ก. มลพิษจากธาตุอาหารในลุ่มน้ำขนาดใหญ่ (Nutrient pollution in large water sheds)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การรองรับธาตุอาหารจำนวนมากเป็นปัญหาของแม่น้ำดานูบ ทำให้ระบบนิเวศตกอยู่ในอันตรายอย่างมาก กรณีศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการตัดสินใจพิจารณาในการปกป้องคุณภาพน้ำของแม่น้ำดานูบ โดยมีเป้าหมายคือการใช้ MFA ในการสร้างข้อมูลที่เชื่อถือได้เกี่ยวกับ แหล่งกำเนิด การไหล สต๊อก และการคงอยู่ในจุดสุดท้าย ของธาตุฟอสฟอรัสและไนโตรเจนในลุ่มน้ำดานูบ โดยคำถามหลักของการศึกษานี้คือ อะไรเป็นแหล่งกำเนิดหลักของธาตุอาหาร และ วิธีการใดที่เหมาะสมในการลดปริมาณธาตุอาหารที่ออกสู่สิ่งแวดล้อม การไหลของธาตุอาหารถูกติดตามตั้งแต่จุดเริ่มต้นตั้งแต่ การใช้ปุ๋ย การให้อาหารสัตว์ การเพาะปลูก ไปจนถึงผู้บริโภคตามบ้านเรือน การจัดการของเสีย น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เนื่องจากหลักการของความสมดุลถูกประยุกต์ใช้กับทุกกระบวนการ การตรวจสอบการไหลและสต๊อกกลายเป็นสิ่งที่เป็นไปได้แก่การตรวจสอบของแต่ละจุดในระบบ

กรณีศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ MFA ซึ่งไม่ขึ้นกับขนาดและวิธีการดำเนินการที่เหมือนกันสามารถใช้ได้กับระบบที่เล็กหรือใหญ่มาก โดยมีความจำเป็นในการได้มาซึ่งข้อมูลที่เพียงพอและครอบคลุมการกับไหลและสต๊อกจากการทำการเกษตร โรงงานอุตสาหกรรม บ้านเรือน การจัดการน้ำและน้ำเสีย

ผลลัพธ์ของการศึกษานี้มีผลโดยตรงต่อการตัดสินใจในการปกป้องสิ่งแวดล้อม โดยประเทศหนึ่งอาจไม่ได้ก่อมลภาวะมากนัก แต่ประเทศอื่นอาจเป็นผู้ก่อมลภาวะเป็นหลัก ดังนั้นการปกป้องน้ำในระดับทั่วไปถูกสร้างขึ้นมาและความสอดคล้องของวิธีการฟื้นฟูถูกนำมาใช้ ทำให้ส่งผลต่อที่รุนแรงด้านการเงินในระยะต่อมา ดังนั้นจึงต้องมีการใช้วิธีที่เข้มงวด สอดคล้องและโปร่งใสที่ยอมรับได้โดยผู้ร่วมงานทุกคน MFA จึงเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในสถานการณ์ที่ละเอียดอ่อน (Brunner และ Rechberger, 2005: 194-200)

ข. การจัดการธาตุตะกั่วในภูมิภาค (Regional lead management)

ตะกั่วถูกสะสมอยู่ในภูมิภาคจากการนำเข้าและการส่งออก การนำเข้าหลักคือรถที่ใช้แล้วจะนำมาบด การส่งออกมาจากอุตสาหกรรมถลุงเหล็กที่ผลิตเหล็กเพื่อการก่อสร้างจากรถที่นำมาบด ในเหล็กก่อสร้างมีองค์ประกอบของตะกั่วสุดท้ายจะกลายเป็นขยะชุมชนซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังหลุมฝังกลบ ในแง่มุมของสิ่งแวดล้อมนั้นการสะสมของตะกั่วในดินและการละลายออกมาของตะกั่วในหลุมฝังกลบนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์จากการทำสมดุลมวลในภูมิภาค คือ แสดงให้เห็นถึงจุดที่เป็น Hot Spots สำหรับสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันและอนาคต ทรัพยากร และ การจัดการของเสีย สามารถตรวจสอบได้ ตัวอย่างเช่น การไหลของตะกั่วในหลุมฝังกลบสู่แหล่งน้ำไม่สามารถทราบได้ หากไม่มีข้อมูลของหลุมฝังกลบและองค์ประกอบ โดยข้อมูลเชิงปริมาณสามารถหาได้จากข้อมูลปริมาณตะกั่วจากโรงงานผลิตรถยนต์และจำนวนรถยนต์ที่ถูกบด ปริมาณตะกั่วในเหล็กก่อสร้างและการวิเคราะห์โดยโรงหลอม ทำให้เป็นไปได้อย่างคร่าวๆในการประเมินปริมาณตะกั่วในหลุมฝังกลบ

การไหลของตะกั่วสามารถแบ่งการไหลในผลิตภัณฑ์ ของเสียและการปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เป้าหมายของการจัดการ คือ ใช้เหล็กให้เกิดประโยชน์สูงสุดในผลิตภัณฑ์ การใช้ซ้ำของตะกั่วในของเสีย ลดการปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมในระดับที่ยอมรับได้ MFA แสดงให้เห็นตะกั่วส่วนใหญ่ไหลไปสู่ที่ใดบ้าง ส่งผลให้ระบุแหล่งกำเนิดและบ่งบอกปริมาณ ทำให้จัดลำดับความสำคัญของมาตรการการป้องกันสิ่งแวดล้อมได้ (Brunner และ Rechberger, 2005: 292-295)

ค. การจัดการขยะพลาสติก (Plastic waste management)

ในประเทศออสเตรียพลาสติกในขยะชุมชนมีมากถึง 10-15 % มากกว่านั้นขยะจากอุตสาหกรรมและการก่อสร้างเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของขยะพลาสติก โดยขยะพลาสติกสามารถนำไปทำเป็นเชื้อเพลิงได้แต่ต้องระมัดระวังองค์ประกอบที่เป็นโลหะหนัก

การบูรณาการ MFA นั้นทำให้เห็นภาพได้ โดยถ้าพิจารณาเฉพาะขยะชุมชน พบว่าขยะพลาสติก 80 % ถูกส่งไปหลุมฝังกลบ และ 20 % ถูกนำไปเผา เมื่อประชาชนหันมาสนใจขยะพลาสติกที่เป็นบรรจุภัณฑ์ จะนำมาสู่การออกกฎหมาย เช่น กฎหมายเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ของออสเตรีย จะทำให้ของเสียถูกคัดแยกเก็บออกไปทำให้ไม่ถูกนำไปสู่หลุมฝังกลบ

ประโยชน์ของ MFA ในการจัดการทรัพยากรในกรณีศึกษานี้ คือ สมดุลมวลของพลาสติกในระดับประเทศแสดงถึงความสำคัญของการไหลและสต๊อกของพลาสติกและช่วยในการจัดลำดับความสำคัญในการจัดการทรัพยากร อย่างแรก คือ การใช้ประโยชน์จากสต๊อกของพลาสติกในหลุมฝังกลบเพื่อนำไปเป็นพลังงาน อย่างที่สอง คือ ความเป็นอันตรายจากองค์ประกอบที่เป็นสารพิษในพลาสติกถูกระบุในรูปของสต๊อก การบริโภค และ หลุมฝังกลบ ทำให้ดูแลจัดการสารพิษได้ในอนาคต (Brunner และ Rechberger, 2005: 251-254)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้ประยุกต์ Mass Flow Analysis ในระดับโรงงาน ได้มีการนำไปใช้จริงในอุตสาหกรรมบางประเภท เพื่อศึกษาการใช้ทรัพยากรและพลังงาน นอกจากนี้อาจมีการนำ Mass Flow Analysis ไปต่อยอดในการวิเคราะห์ เช่น LCA และ Material Flow Accounting ซึ่งจะก่อประโยชน์ในการนำไปใช้งานขึ้นไปอีกระดับ แต่ทั้งนี้จากการศึกษาหาข้อมูลพบว่า Mass Flow Analysis ยังไม่มีการใช้แพร่หลายในอุตสาหกรรมผลิตขวดพลาสติกนัก โดยตัวอย่างของโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการนำ Mass Flow Analysis ไปใช้งานมีดังนี้

Bai และคณะ (2015) ได้ทำการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การไหลของมวลสารเข้ากับกระบวนการหลอมตะกั่วของโรงงานกรณีศึกษา โดยสร้างสมดุลมวลของตะกั่วของแต่ละกระบวนการย่อยและของระบบในภาพรวมบนพื้นฐานของตันผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ผลจากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรตะกั่วของกระบวนการผลิตที่ทำการศึกษาอยู่ที่ร้อยละ 81.28 และประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 85.02 ทั้งนี้ยังพบว่าการผลิตให้ได้มาซึ่งก้อนตะกั่ว 1 ตัน จะทำให้เกิดของเสียขึ้นมา 0.0466 ตัน ซึ่งจะถูกนำไปใช้ซ้ำในระบบอื่นๆแทนการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ขณะที่ตะกั่วน้ำหนัก 0.0062-0.0641ตัน จะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

Chompu-inwai และคณะ (2015) ได้ศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้ของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งตั้งอยู่ที่ทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยทำการประยุกต์ใช้ Material Flow Cost Accounting เพื่อวิเคราะห์หาความไร้ประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ตลอดจนสาเหตุของความไร้ประสิทธิภาพ จากนั้นได้ใช้แนวคิดการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment (DOE)) เพื่อหาปัจจัยการผลิตที่มีความเหมาะสมในแง่ของการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่ามากที่สุด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้ทรัพยากรและลดการเกิดของเสีย จากการวิเคราะห์พบว่าเกือบร้อยละ 70 ของไม้ที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้นนั้นจะกลายเป็นของเสีย ในรูปของเศษไม้ชิ้นเล็กที่มาจากการแกะ ขี้เลื่อย การหั่นเป็นท่อนและชิ้นงานที่มีความบกพร่อง

Danuwila และคณะ (2018) ได้ประเมินการประยุกต์ใช้ sustainable manufacturing practices กับการผลิตยางเครพในประเทศศรีลังกา โดยใช้ Material flow analysis ในการหาปริมาณสารที่ใช้ในการผลิต ความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์และศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน นอกจากนี้ยังหา Mass flow cost accounting และ LCA บนพื้นฐาน Gate-to-Gate รวมทั้งยังพัฒนาข้อเสนอในการปรับปรุงทางเลือกโดยใช้ Pareto และ what-if analysis, field interview และ existing literature

Gao และคณะ (2016) ได้พัฒนาการจัดการและการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยศึกษายูนิตต่างๆ ผังการไหลของสาร ข้อมูลดิบของโรงงาน คำนวณปริมาณสารเข้า-ออกโดยอาศัย input-output relationship model for unit ซึ่งมีการตั้งสมมุติฐานบางอย่าง เช่น แต่ละหน่วยในระบบทำงานในสภาวะคงที่และมีขั้นตอนการไหลที่คงที่ เป็นต้น โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ชี้วัดประเมินการไหลของสาร ได้แก่ waste rate, recycle rate และ Material efficiency ผลจากการศึกษาทำให้ทราบถึงปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ต่อตันของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

Thamagasorn และ Pharino (2019) ได้ศึกษากระบวนการผลิตอาหารฮาลาลของสายการบิน โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของมวลสารเพื่อทราบถึงปริมาณของอาหารที่กลายเป็นของเสียและชี้ให้เห็นจุดที่เป็น Hotspots ของกระบวนการผลิตอาหารฮาลาล จากการศึกษาพบว่าของเสียเกิดขึ้นทั้งหมดร้อยละ 12.71 โดยของเสียประเภทผักมีสัดส่วนมากที่สุดถึงร้อยละ 47.58 จากของเสียทั้งหมด สิ่งที่ได้จากการศึกษานั้นจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีความสำคัญในการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนานโยบายในการลดต้นทุนของสายการบิน รวมทั้งยังช่วยเพิ่มความมั่งคงทางอาหาร การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย

Yu และคณะ (2015) ได้ใช้ Substance flow analysis model เพื่อติดตามการไหลของโลหะหนักและศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้ high-alumina coal fly ash system โดยนอกจากวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงมวลแล้วยังวิเคราะห์ในแง่การเงินด้วย ผลการศึกษาพบว่าการใช้ Coal fly ash ไม่ใช่ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมหลัก และทราบว่าโครเมียมและตะกั่วมีผังการไหลที่เหมือนกันแต่แตกต่างกันที่อัตราการแพร่กระจาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยทางด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการลดของเสียจากกระบวนการผลิตขวดพลาสติก ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตขวดพลาสติก ทั้งในแง่ของการหาสาเหตุของการเกิดของเสียหรือการแก้ปัญหาเชิงเทคนิค ซึ่งมีตัวอย่างของงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษา ดังนี้

ธนกร มาณะวิท (2553) ได้ทำการศึกษาการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตขวดพลาสติกชนิดขึ้นรูป โดยใช้แผนผังความคล้ายคลึง (Affinity Diagram) ในการจัดกลุ่มของเสียที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่ จากนั้นใช้การวิเคราะห์ตามหลักพาเรโต (Pareto Analysis) ในการจัดลำดับและคัดเลือกปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุด จากนั้นใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อแสดงให้เห็นถึงสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหานั้น ตามด้วยการใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effects Analysis) เพื่อคัดเลือกสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดปัญหาที่ต้องทำการแก้ไขก่อน โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN) รวมทั้งหามาตรการแก้ไขเพื่อลดของเสีย เช่น การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน การใช้คู่มือการทำงาน การเพิ่มความถี่ของการตรวจสอบคุณภาพ เป็นต้น จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ ก่อน ระหว่าง และหลังมีการประยุกต์ใช้มาตรการลดของเสีย

ธนกฤษ ซุ่นเซ่ง (2557) ศึกษาวิธีการลดของเสียประเภทจุดดำจากกระบวนการฉีดพลาสติก ซึ่งพบว่าสาเหตุหลักเกิดจาก 4M ได้แก่ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และวิธีการ (Method) โดยคนมีหน้าที่ปรับสภาวะการเดินเครื่องจักร ประสบการณ์การทำงานที่ต่างกันทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของพารามิเตอร์ที่ใช้ทำการผลิต ดังนั้นควรอบรมพนักงานทุก 6 เดือน รวมทั้งทำแบบทดสอบทุก 3 เดือน เพื่อให้พนักงานมีความรู้ใกล้เคียงกัน เครื่องจักรที่ไม่มีการซ่อมบำรุงทำให้เครื่องจักรมีการทำงานไม่คงที่ จึงควรมีการตรวจสอบพารามิเตอร์เครื่องจักรทุก 2 ชั่วโมง รวมทั้งทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทุก 3 เดือน วิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ไม่มีขั้นตอนการทำงาน ไม่กำหนดความถี่ในการตรวจสอบ ไม่จดบันทึกปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น ไม่จดบันทึกพารามิเตอร์จะทำให้เกิดของเสียขึ้นได้ ดังนั้นจึงควรที่จะจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานให้แก่พนักงาน รวมทั้งออกกฎการทำงานให้พนักงานกระตือรือร้นในการทำงาน วัตถุดิบที่ถูกจัดเก็บไม่ได้มาตรฐาน ไม่มีป้ายบ่งชี้วัสดุ อาจทำให้วัตถุดิบเกิดความปนเปื้อนหรือมีความชื้นขึ้นได้ โดยมีวิธีแก้ปัญหา คือ ตรวจสอบชนิดวัตถุดิบก่อนทุกครั้ง ทำความสะอาดพื้นที่จัดเก็บ จัดเก็บวัตถุดิบให้ไกลจากแหล่งน้ำ ตลอดจนทำป้ายชี้บ่งวัตถุดิบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อามิณฑ์ หล้าวงศ์ และ ชาญณรงค์ สายแก้ว (2557) ได้ศึกษาหาสภาวะปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิต พบว่าศูนย์กลางเยื้องบริเวณก้นขวดเกิดจากการที่พรีฟอร์มมีความหนาบางไม่เท่ากัน โดยปัญหาศูนย์กลางเยื้องบริเวณก้นขวดเป็นปัญหาหลักของโรงงานกรณีศึกษาเนื่องจากมีปริมาณมากที่สุด จึงใช้แผนภูมิก้างปลาค้นหาสาเหตุที่ทำให้พรีฟอร์มเกิดความหนาบาง ประกอบกับการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าระยะเวลาฉีดส่งผลต่อความหนาของพรีฟอร์ม ซึ่งเวลา 11.5 วินาที เป็นเวลาที่เหมาะสมมากที่สุด ผลของการปรับปรุงทำให้ของเสียลดลงจาก 39,285 ppm เป็น 2,468 ppm แสดงให้เห็นว่าของเสียลดลง 35,817 ชิ้นต่อล้านชิ้น

Demirel (2017) ได้ศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวของแม่พิมพ์และระยะเวลาพักในแม่พิมพ์เป่าขวดเพทที่เหมาะสม ของการผลิตขวดบรรจุน้ำอัดลมขนาด 1 ลิตร บนพื้นฐานของคุณสมบัติที่ต้องการในตอนสุดท้าย โดยใช้โปรแกรม DOE ในการออกแบบการทดลอง พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกระบวนการถูกกำหนดโดย response surface method (RSM) มีการตั้งค่าต่างๆเพื่อทำให้แน่ใจว่ามีความเหมาะสมต่อการรองรับปริมาณสารที่ใช้บรรจุ ความทนต่อแรงอัดสูงสุดและระดับของการเป็นผลึกได้ ผลจากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวแม่พิมพ์ที่เหมาะสม คือ 10 องศาเซลเซียส และ เวลาพักขวดในแม่พิมพ์ของกระบวนการเป่าขวด คือ 20 วินาที

Hsieh และ Doan (2018) ได้ศึกษาระบบการให้รังสีความร้อนและระบบลมระบายความร้อนของเครื่องจักรเป่าขวดเพทแบบ Strecth blow molding โดยทดสอบสภาวะต่างๆของระบบลมระบายความร้อนและรอบการเดินเครื่องจักรที่มีผลต่อความร้อนของพื้นผิวหลอดพรีฟอร์ม พบว่าเมื่ออุณหภูมิตู้ไฟอินฟราเรดคงที่แล้วหลอดพรีฟอร์มชุดแรกๆที่เคลื่อนผ่านตู้อินฟราเรดจะมีอุณหภูมิสูงกว่าชุดหลังๆที่ตามเข้ามา พบว่าพัดลม inverter ขนาด 1/4 แรงม้า เมื่อเพิ่มความเร็วใบพัดขึ้นจะทำให้อุณหภูมิหลอดพรีฟอร์มลดลงและอุณหภูมิจะคงที่ที่ความเร็วร้อยละ 30-60 ของความเร็วใบพัดสูงสุด พบว่าอุณหภูมิของหลอดพรีฟอร์มและพื้นผิวภายนอกของตู้อินฟราเรดจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วใบพัดของพัดลมตู้อินฟราเรดขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าหากรอบการเดินเครื่องช้าหลอดพรีฟอร์มจะมีอุณหภูมิที่สูงมากขึ้น ซึ่งหากสูงมากกว่า 130 องศาเซลเซียส พรีฟอร์มจะมีพื้นผิวที่ขาวขุ่น (crystalline surface) ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้เป่าต่อได้ ดังนั้นการควบคุมคุณภาพของสินค้าจึงต้องมีการปรับพัดลมของตู้หลอดไฟอินฟราเรดและพัดลม inverter

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lontos และ Gregoriou (2019) ได้ศึกษาอัตราการเสียรูปของความหนาผนังของขวดเพท ขนาด 1.5 ลิตร ของกระบวนการ injection stretch blow molding โดยได้ทำการทดลองเชิงตัวเลขของการใช้ความเร็วในการยืดและระดับของแรงดันในการเป่าที่หลากหลาย ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มความเร็วในการยืด (Stretching velocity) นั้นทำให้เนื้อพลาสติกเคลื่อนตัวไปทางด้านล่างของแม่พิมพ์มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น ผู้ศึกษายังพบว่ากุญแจที่สำคัญที่ส่งผลต่อความสม่ำเสมอของเนื้อพลาสติกตลอดความยาวของขวด คือ การรวมกันของอัตราความเครียดตามแนวแกนและรัศมี นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่ม preblowing pressure ทำให้เนื้อสารมารวมกันที่ตรงกลางขวดมากขึ้น ขณะที่บริเวณด้านบนและด้านล่างของขวดนั้นมีความบางมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีในการดำเนินงานวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ 1. กำหนดขอบเขตการศึกษา 2. เก็บรวบรวมข้อมูล 3. วิเคราะห์ข้อมูล 4. เสนอทางเลือกที่เป็นไปได้ในการลดของเสีย ซึ่งมีขั้นตอนกระบวนการศึกษา ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตการศึกษา : ศึกษาการไหลของพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเธเรฟทาเลต จากกระบวนการฉีดพรีฟอร์ม 15 เครื่อง และเป่าขวดเพท 10 เครื่อง ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานฉีดและเป่าขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติก ระยะเวลาการศึกษา 4 ไตรมาส ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2562

⇩

2. เก็บรวบรวมข้อมูล : พัฒนาและออกแบบแบบฟอร์มใบรายงานการผลิตขึ้นมา เพื่อเก็บข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณของดีที่ผลิตได้ และปริมาณของเสียพลาสติกที่เกิดขึ้นแบบแยกประเภทของของเสีย นอกจากนี้ใช้แบบสัมภาษณ์สำหรับเก็บข้อมูลสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาของเสีย ตลอดจนการศึกษาคู่มือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดของเสียจากกระบวนการผลิตขวดเพท เมื่อรวบรวมข้อมูลวิธีการลดของเสียได้แล้ว จึงนำวิธีการลดของเสียไปใช้งานจริง ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นไตรมาสที่ 2 เป็นต้นไป ทั้งนี้ข้อมูลในส่วนของการใช้ทรัพยากร ตลอดจนสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาของเสีย จะถูกเก็บรวบรวมอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 ไตรมาส

⇩

3. วิเคราะห์ข้อมูล : นำข้อมูลจากใบรายงานการผลิตของไตรมาสที่ 1 บันทึกลงในโปรแกรม Excel เพื่อวิเคราะห์ hot spot ของการเกิดของเสีย จากนั้นใช้โปรแกรม Stan 2 สร้าง Mass Flow Analysis เพื่อแสดงให้เห็นขั้นตอนการผลิตที่ก่อให้เกิดของเสีย จากนั้นวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียและวิธีการลดของเสียตามประเภทของเสียที่เป็น hot spot 5 ลำดับแรก ตามด้วยของเสียในภาพรวมตามลำดับ ขั้นตอนสุดท้าย คือ การวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณและร้อยละของของเสียที่เป็นผลจากการเริ่มดำเนินการใช้มาตรการลดของเสีย ตั้งแต่ไตรมาสที่ 2 เป็นต้นไป ต่อเนื่องจนครบ 4 ไตรมาส

⇩

4. เสนอทางเลือกที่เป็นไปได้ในการลดของเสีย : ประชุมชี้แจงจุด Hot Spot ของของเสีย จากนั้นจึงสรุปสาเหตุหลักของปัญหาและวิธีการแก้ไขตามประเภทของเสียที่เกิดขึ้น และติดตามประสิทธิภาพของการลดของเสียจากแนวทางที่ได้เสนอแนะ โดยพิจารณาจากแนวโน้มปริมาณและร้อยละของของเสีย

3.1 กำหนดขอบเขตการศึกษา

ผู้ศึกษาได้ทำการกำหนดขอบเขตของสิ่งที่สนใจศึกษา โดยกำหนดสสารที่สนใจ สถานที่ศึกษา ขอบเขตของกระบวนการผลิตขวดเพท ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.1 กำหนดสสารที่สนใจศึกษา

สสารที่สนใจศึกษาติดตาม คือ พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเธเรฟทาเลต ที่นำมาผลิตเป็นพรีฟอร์มและขวดเพท ที่ถูกผลิตขึ้นมาในโรงงานกรณีศึกษา

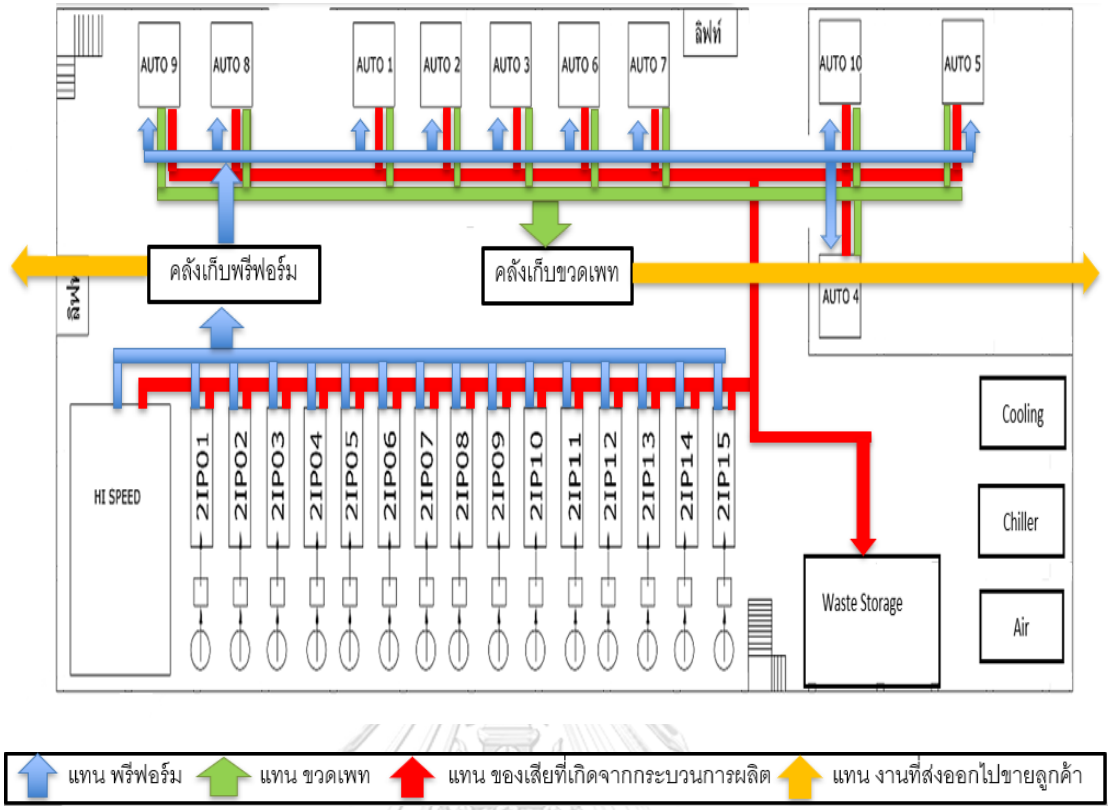
3.1.2 กำหนดสถานที่ที่ทำการศึกษา

เลือกบริษัทกรณีศึกษาแห่งนี้ เพราะทางบริษัทมีความต้องการในการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ตลอดทั้งมีเครื่องจักรผลิตขวดเพทจำนวนมาก มีกำลังการผลิตสูง มีแม่พิมพ์หลากหลาย และสามารถติดต่อขอข้อมูล รวมทั้งสังเกตการณ์ได้

3.1.3 กำหนดขอบเขตของกระบวนการผลิตขวดเพท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขอบเขตการศึกษาของกระบวนการผลิตขวดพลาสติก เริ่มตั้งแต่การ กระบวนการฉีดพรีฟอร์ม กระบวนการเป่าขวดเพท ตลอดจนการเก็บรวบรวมของเสีย ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา โดยมีรายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แสดงขอบเขตกระบวนการผลิตขวดเพท

ก. ขอบเขตงานฉีดพรีฟอร์ม

โรงงานกรณีศึกษามีเครื่องฉีดพรีฟอร์มทั้งหมด 15 เครื่อง โดยจะฉีดชิ้นงานออกมาเป็นน้ำหนักที่หลากหลายตามลักษณะของแม่พิมพ์ โดยขั้นตอนการผลิตนั้นมีความเกี่ยวข้องกับ Cooling และ Chiller ซึ่งชิ้นงานดีที่ผลิตได้ส่วนหนึ่งจะถูกส่งต่อไปผ่านกระบวนการเป่า เพื่อเป่าพรีฟอร์มออกมาเป็นขวดต่อไป แต่บางส่วนถูกเก็บเพื่อนำไปขายแก่ลูกค้าที่ต้องการซื้อพรีฟอร์มไปเป่าเอง ส่วนชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นจะถูกรวบรวมไว้ในบริเวณที่จัดเตรียมไว้ต่อไป

ข. ขอบเขตงานเป่าขวด

โรงงานกรณีศึกษามีเครื่องเป่าขวดทั้งหมด 10 เครื่อง ซึ่งรับวัตถุดิบ คือ พรีฟอร์ม ที่ได้มาจากขั้นตอนการฉีดพรีฟอร์มจะถูกนำมาฉีดเป็นรูปทรงต่างๆตามลักษณะรูปร่างของแม่พิมพ์ โดยขั้นตอนการผลิตนั้นมีความเกี่ยวข้องกับ Cooling Chiller และ Air Compressor โดยชิ้นงานดีที่เกิดขึ้นจะถูกจัดเก็บเข้าคลังสินค้า ส่วนชิ้นงานเสียจะถูกรวบรวมในบริเวณที่จัดเตรียมไว้ต่อไป

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลจากการใช้ทรัพยากร ตลอดจนสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาของเสีย ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 ไตรมาส เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป โดยมีขั้นตอนดังแสดงรายละเอียดดังนี้

3.2.1 เก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากร

ออกแบบเอกสารเพื่อทำการเก็บข้อมูลที่ต้องการ เช่น ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ผลิต ปริมาณของเสียแบบแยกตามประเภทของของเสีย โดยมีรายละเอียดต่างๆดังนี้

ก. ปริมาณการใช้วัตถุดิบ

1. แผนกฉีดพรีฟอร์ม

ดำเนินการวางแผนบันทึกข้อมูลการใช้วัตถุดิบของแผนกฉีดพรีฟอร์ม ได้แก่ ปริมาณเม็ดพลาสติกที่ใช้และเม็ดสีที่ใช้ ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 เอกสารบันทึกการใช้วัตถุดิบ แผนกฉีดพรีฟอร์ม

ตารางบันทึกการปริมาณการใช้วัตถุดิบ แผนกฉีดพรีฟอร์ม						
รายละเอียด	ขนาดบรรจุ	วันที่				รวม
	กิโลกรัม/ถุง	1/1/2562	2/1/2562	.....	31/1/2562	กิโลกรัม
เม็ดพลาสติก						
เม็ดสี						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. แผนกเป่าขวดเพท

ดำเนินการวางแผนบันทึกข้อมูลการใช้วัตถุดิบของแผนกเป่าขวดได้แก่ ปริมาณพรีฟอร์มที่ใช้ ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 เอกสารบันทึกการใช้วัตถุดิบ แผนกเป่าขวดเพท

ตารางบันทึกการปริมาณการใช้วัตถุดิบ แผนกฉีดเป่าขวดเพท						
รายละเอียด	ขนาดบรรจุ	วันที่				รวม
	กิโลกรัม/ถุง	1/1/2562	2/1/2562	.....	31/1/2562	กิโลกรัม
หลอดพรีฟอร์ม						

ข. ปริมาณของดีและของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

1. แผนกฉีดพรีฟอร์ม

ดำเนินการวางแผนบันทึกข้อมูลของปริมาณของดี ของเสียแบบแยกประเภทของของเสีย ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 เอกสารบันทึกปริมาณของดีและของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม

รายงานการผลิต แผนกฉีดพรีฟอร์ม							
วันที่	หมายเลขเครื่องจักร	แม่พิมพ์	ของเสียประเภทต่างๆ				ของดี
			หลอดไหม้	....	หลอดร้าว	รวมของเสีย	
			กิโลกรัม	กิโลกรัม	กิโลกรัม	กิโลกรัม	กิโลกรัม
1/1/2562							
1/2/2562							
.....							
1/31/2562							
รวม							

2. แผนกเป่าขวดเพท

ดำเนินการวางแผนบักทึกข้อมูลของปริมาณของดี ของเสียแบบแยกประเภทของของเสีย ดังตารางที่ 3-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3-4 เอกสารบันทึกปริมาณของดีและของเสีย แผนกเป่าขวดเพท

รายงานการผลิต แผนกฉีดเป่าขวดเพท							
วันที่	หมายเลขเครื่องจักร	แม่พิมพ์	ของเสียประเภทต่างๆ				ของดี
			เกลียวเสีย	....	เป่าแตก	รวมของเสีย	
			กิโลกรัม	กิโลกรัม	กิโลกรัม	กิโลกรัม	กิโลกรัม
1/1/2562							
1/2/2562							
.....							
1/31/2562							
รวม							

3.2.2 เก็บข้อมูลวิธีแก้ปัญหาของเสีย

ดำเนินการเก็บข้อมูลวิธีการแก้ปัญหาของเสียจากการสัมภาษณ์ผู้มีประสบการณ์ การศึกษาคู่มือการทำงาน และการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดของเสียของแผนกฉีดพรีฟอร์มและเป่าขวดเพท

3.3 วิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในสองส่วน ได้แก่ ข้อมูลปริมาณและร้อยละของของเสีย ข้อมูลวิธีการแก้ปัญหาของเสีย โดยทำการวิเคราะห์ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 ไตรมาส ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 วิเคราะห์ปริมาณและร้อยละของของเสีย โดยโปรแกรม Excel

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณและร้อยละของของเสียเพื่อระบุจุด Hot spot ของการเกิดของเสียในไตรมาสที่ 1 จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลต่อเนื่องไปจนครบ 4 ไตรมาส เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและร้อยละของของเสียในแต่ละไตรมาส

ก) แผนกฉีดพรีฟอร์ม

วิเคราะห์ปริมาณและร้อยละของของเสีย เพื่อค้นหาจุด Hot spot ของการเกิดของเสีย โดยใช้โปรแกรม Excel ดังตารางที่ 3-5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3-5 ตารางการวิเคราะห์ของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท รวมทุกเครื่อง																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป้าไม่เต็มใบ	เป้าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ช่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาสที่ 1	กก.																			
	%																			
ไตรมาสที่ 2	กก.																			
	%																			
ไตรมาสที่ 3	กก.																			
	%																			
ไตรมาสที่ 4	กก.																			
	%																			
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%																			
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%																			
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน																				

ข) แผนกเป่าขวดเพท

วิเคราะห์ปริมาณและร้อยละของของเสีย เพื่อค้นหาจุด Hot spot ของการเกิดของเสีย โดยใช้โปรแกรม Excel ดังตารางที่ 3-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3-6 ตารางการวิเคราะห์ของเสีย แผนกเป่าขวดเพท

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม รวมทุกเครื่อง																					
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาสที่ 1	กก.																				
	%																				
ไตรมาสที่ 2	กก.																				
	%																				
ไตรมาสที่ 3	กก.																				
	%																				
ไตรมาสที่ 4	กก.																				
	%																				
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%																				
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%																				
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน																					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา จะคำนวณจากการนำร้อยละของของเสียจากไตรมาสที่ 4 หักลบด้วยไตรมาสที่ 1 หรือเขียนสรุปอย่างง่าย ดังนี้

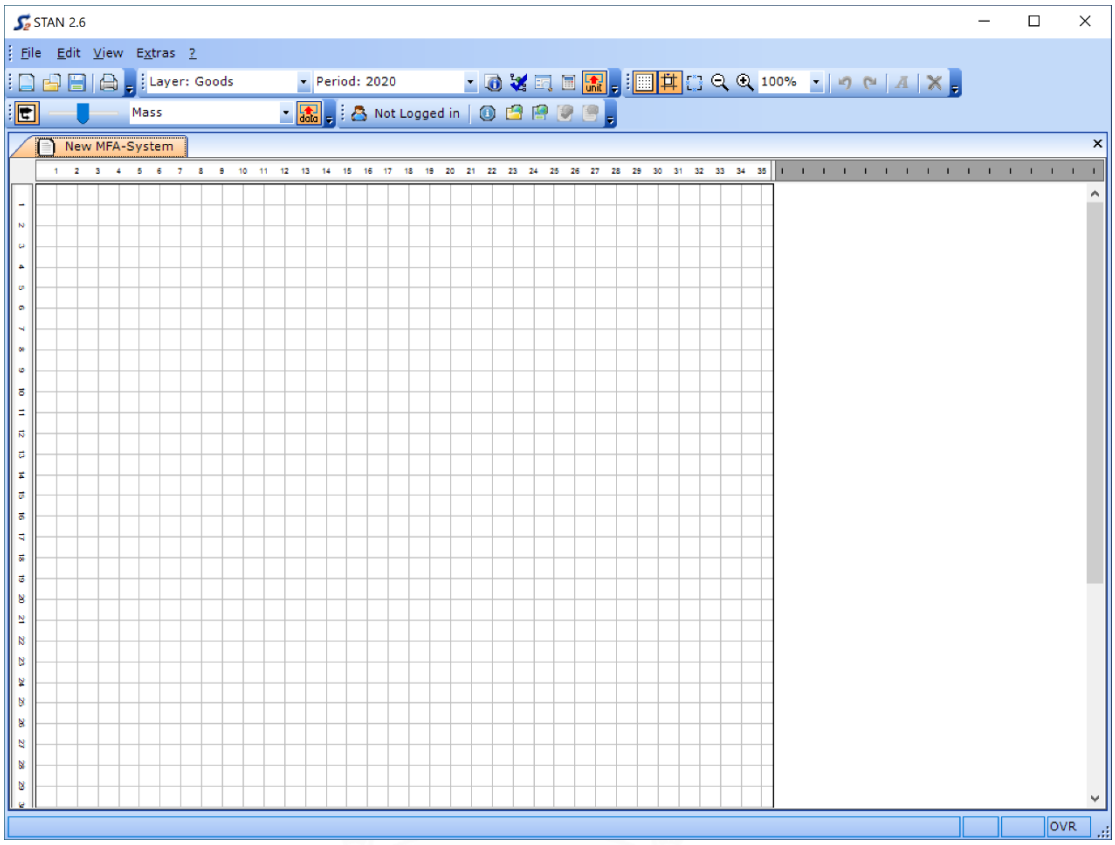
> การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของเสีย = (ร้อยละของของเสียไตรมาสที่ 4) - (ร้อยละของของเสียไตรมาสที่ 1)

การคำนวณร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา จะคำนวณจากการนำร้อยละของของเสียจากไตรมาสที่ 4 หักลบด้วยไตรมาสที่ 1 แล้วนำผลลัพธ์ไปหารด้วยร้อยละของเสียจากไตรมาสที่ 1 จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้คูณด้วย 100 หรือเขียนสรุปอย่างง่าย ดังนี้

> ร้อยละการเปลี่ยนแปลง = ((ร้อยละของเสียไตรมาสที่ 4 - ร้อยละของเสียไตรมาสที่ 1) / ร้อยละของเสียไตรมาสที่ 1) X 100

3.3.2 วิเคราะห์ปริมาณและร้อยละของของเสีย โดยโปรแกรม STAN2

สร้างแผนภาพการไหลของมวลสารโดยใช้โปรแกรม STAN2 ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงการใช้ทรัพยากร การเกิดของเสีย และขั้นตอนที่ก่อให้เกิดของเสียนั้นขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 3-2



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3-2 แสดงโปรแกรม STAN2

3.3.3 วิธีการแก้ปัญหาของเสีย

ทำการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสีย พร้อมทั้งวิเคราะห์วิธีแก้ไขปัญหาของเสีย เพื่อจัดการของเสียตามประเภทที่เป็น Hot spot ของปัญหา 5 อันดับแรก และตามด้วยปัญหาของเสียในภาพรวมของแต่ละแผนก สำหรับของเสียในภาพรวมนั้นจะพิจารณาแยกสาเหตุของปัญหาเป็น Hardware Software Humanware และ Supply โดยจะเรียงลำดับจากกลุ่มสาเหตุของการเกิดของเสียที่มีความถี่มากไปหาน้อย ซึ่งจะส่งเสริมการจัดการของเสียในภาพรวมอีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 แสดงตารางการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียและวิธีแก้ปัญหา

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม/เป่าขวด							
ประเภทงาน	ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
			Hardware	Supply	Humanware	Software	
ความถี่สะสม			0	0	0	0	

3.4 เสนอทางเลือกที่เป็นไปได้ในการลดของเสีย

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลมาชี้แจงกับที่ประชุม โดยชี้แจงถึง Hot spot ของปัญหา เพื่อลำดับความสำคัญของปัญหาที่ควรแก้ไข ชี้แจงสาเหตุของปัญหาและวิธีการแก้ไขที่เป็นไปได้ ตลอดจนหารือกับผู้ปฏิบัติงานจนนำไปสู่การปฏิบัติในที่สุด โดยมีขั้นตอนของการเสนอทางเลือกดังต่อไปนี้

3.4.1 ชี้แจงจุด Hot spot ของปัญหา

นำผลการวิเคราะห์จุด Hot spot มาชี้แจงให้ที่ประชุมรับทราบ เพื่อมุ่งแก้ปัญหาตามลำดับความสำคัญ เมื่อทราบถึงปัญหาแล้วจะนำมาสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาตามขั้นตอนถัดไป

3.4.2 ทบทวนทางเลือกที่ปฏิบัติอยู่แล้ว

ทำการสอบถาม พูดคุยกับผู้ปฏิบัติงาน เพื่อรวบรวมข้อมูลของวิธีการแก้ปัญหาเมื่อเกิดของเสียประเภทต่างๆขึ้นมา โดยจะถามถึงวิธีการแก้ปัญหาที่โรงงานได้ปฏิบัติอยู่เป็นประจำอยู่แล้ว เพื่อที่จะทราบว่าโรงงานใช้วิธีการใดแก้ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เพื่อที่จะมองเห็นช่องทางและวิธีการอื่นๆที่อาจนำมาใช้แก้ปัญหาของเสียเพิ่มเติมได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.3 เสนอทางเลือกเพิ่มเติมหรือข้อควรปรับปรุงที่เป็นไปได้ในการลดของเสีย

เสนอวิธีการแก้ปัญหาการเกิดของเสียเพิ่มเติมจากการศึกษางานวิจัย คู่มือ และ การประชุมหารือร่วมกันของผู้ทำงานที่มีประสบการณ์ เพื่อเพิ่มทางเลือกในการแก้ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นมากยิ่งขึ้น

3.4.4 ปฏิบัติตามแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้

พนักงานนำแนวทางการลดของเสียที่ได้รวบรวมไว้ไปปฏิบัติงานจริง

3.4.5 สรุปสาเหตุหลักของการเกิดของเสียและวิธีการแก้ไข

ทำการวิเคราะห์มาตรการลดของเสียที่เริ่มนำไปปรับใช้ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นไตรมาสที่ 2 พิจารณาประกอบกับแนวโน้มร้อยละของของเสีย หากพบว่าวิธีนั้นสามารถลดปัญหาของเสียได้จริง จึงทำการสรุปสาเหตุหลักของการเกิดของเสียและวิธีแก้ไขปัญหาเพื่อจัดการของเสีย ซึ่งข้อมูลที่ได้อาจเป็นประโยชน์แก่โรงงานในการลดของเสียต่อไป ซึ่งสามารถต่อยอดนำไปจัดทำเป็นคู่มือการทำงานได้

3.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ใช้เวลาในการศึกษาประมาณ 4 ไตรมาส หรือ 12 เดือน นับตั้งแต่การทบทวนวรรณกรรมไปจนถึงการให้นำแนะนำ โดยใช้เวลาในการทบทวนวรรณกรรม 12 เดือน การกำหนดขอบเขตการศึกษา 1 สัปดาห์ การเก็บรวบรวมข้อมูล 12 เดือน เมื่อเก็บข้อมูลไปได้ระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงเริ่มนำข้อมูลที่เก็บได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์สมดุลมวลสาร ตลอดจนเสนอทางเลือกในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 11 เดือน โดยสามารถสรุปรายละเอียดของขั้นตอนและกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินงาน

ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2561												พ.ศ. 2562																							
		ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน			
		สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ทบทวนวรรณกรรม																																				
2	กำหนดขอบเขตการศึกษา																																				
3	เก็บรวบรวมข้อมูล																																				
4	วิเคราะห์ข้อมูล																																				
5	เสนอทางเลือกที่เป็นไปได้ในการลดของเสีย																																				

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์

ข้อมูลที่ได้ดำเนินการวิจัยตามแผนงานได้ถูกนำมาวิเคราะห์ในเชิงปริมาณและร้อยละของของเสีย รวมทั้งวิเคราะห์และพัฒนาผังการไหลของมวลสาร ตามประเภทงานและตามประเภทของเสียที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ข้อมูลต่อเนื่องจนครบ 4 ไตรมาส ศึกษาแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงของของของเสียที่เกิดขึ้น เพื่อวิเคราะห์สาเหตุและเสนอวิธีแก้ไขให้สามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น โดยมีรายละเอียดของผลการวิจัยแบ่งเป็นหัวข้อย่อย ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ของเสียในกระบวนการผลิตขวดเพท เมื่อเริ่มทำการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณและร้อยละของของเสีย ตลอดจนการวิเคราะห์ผังการไหลของมวลสาร เพื่อบ่งชี้จุด Hot Spot ของปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น สรุปมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.1.1 ปริมาณและร้อยละของของเสีย

ก) แผนกฉีดพรีฟอร์ม

พิจารณาปริมาณและร้อยละของของเสียแบ่งตามประเภทงานและประเภทของเสีย โดยประเภทงานสามารถแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ งานอบเม็ดเพท, งานให้ความร้อนเม็ดเพท, งานฉีดพรีฟอร์ม, งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม, งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ และไม่ระบุประเภทงาน ส่วนประเภทของเสียสามารถแบ่งออกเป็น 17 ประเภท ได้แก่ หลอดขาวขุ่น, จุดดำ, หลอดไหม้, ก้นแน่น ฟองอากาศ, เกทยาว, ปากไม่เต็ม, ก้นใส, หลอดร้าว, เก็บตก, ปากเบี้ยว, อื่นๆ, เซ็ตอัพตามแผนการผลิต เซ็ตอัพซ่อมเครื่องจักร, เศษอัพไฟฟ้าดับ, เศษก้อน และปรับแต่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาของดีและของเสียในไตรมาสที่ 1 พบว่า ในกระบวนการเป่าขวดเพทสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีได้ 767,365.16 กิโลกรัม (98.766 %) และเกิดของเสียขึ้น 9,591.28 กิโลกรัม (1.234 %) โดยพบว่าของเสียเกิดขึ้นจากขั้นตอนการทำงานที่ไม่ระบุประเภทงานมากที่สุด ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเซ็ตอัพและของเสียประเภทอื่นที่อยู่นอกเหนือการจำแนกประเภท 6,351.36 กิโลกรัม (0.817 %) รองลงมา คือ งานให้ความร้อนเม็ดเพท 1,195.23 กิโลกรัม (0.154 %), งานฉีดพรีฟอร์ม 941.46 กิโลกรัม (0.121 %), งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม 694.49 กิโลกรัม (0.089), งานเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ 371.8 กิโลกรัม (0.048) และอบเม็ดเพท 36.94 กิโลกรัม (0.005 %) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม แบบแยกประเภทงาน ไตรมาสที่ 1

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม รวมทุกเครื่อง									
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET	งานฉีดพรีฟอร์ม	งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ	ไม่ระบุประเภทงาน	ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ไตรมาศที่ 1	กก.	36.94	1,195.23	941.46	694.49	371.8	6,351.36	9,591.28	767,365.16
	%	0.005	0.154	0.121	0.089	0.048	0.817	1.234	98.766

เมื่อพิจารณาของเสียตามประเภทของเสียที่เกิดขึ้น พบว่าของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นของเสียประเภทปรับแต่ง ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นหลังจากการเซ็ตอัพทุกครั้ง โดยของเสียกลุ่มนี้จะมีประเภทของเสียที่หลากหลาย ซึ่งช่างซ่อมปรับแต่งจะทำการปรับสภาวะการเดินเครื่องจักรจนกว่าชิ้นงานที่จะมีคุณภาพตรงตามมาตรฐาน ซึ่งระหว่างการปรับดังกล่าวจะก่อให้เกิดของเสียประเภทปรับแต่งขึ้นมา 3,338.21 กิโลกรัม (0.43 %) รองลงมา คือ เซ็ตอัพซ่อมเครื่องจักร ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นเมื่อทำการซ่อมเครื่องจักรแล้วเดินเครื่องใหม่อีกครั้ง ซึ่งก่อนที่จะเดินเครื่องใหม่จะต้องมีการใช้น้ำยาขัดเงาแม่พิมพ์ เพื่อรักษาสภาพแม่พิมพ์ทุกครั้ง ทำให้ชิ้นงานชิ้นเมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่ปนเปื้อนน้ำยาขัดเงาแม่พิมพ์ โดยโรงงานกรณีศึกษาจะทิ้งหลอดพรีฟอร์มทั้งหมด 5 ชุดแรกต่อการเซ็ตอัพ 1 ครั้ง ก่อให้เกิดของเสียประเภทนี้ 1,653.99 กิโลกรัม (0.213 %), หลอดไหม้ 1,037.22 กิโลกรัม (0.133 %), เศษก้อน 820.79 กิโลกรัม (0.106 %), หลอดร้าว 694.49 กิโลกรัม (0.089 %) นอกจากนี้ยังมีของเสียประเภทอื่นอีก ดังแสดงในตารางที่ 4-2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงปริมาณของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม แบบแยกประเภทของเสีย ไตรมาสที่ 1

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม รวมทุกเครื่อง																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	36.94	158.01	1,037.22	166.96	350.49	110.03	101.34	212.64	694.49	172.51	199.29	112.95	346.82	1,653.99	78.6	820.79	3,338.21	9,591.28	767,365.16
	%	0.005	0.02	0.133	0.021	0.045	0.014	0.013	0.027	0.089	0.022	0.026	0.015	0.045	0.213	0.01	0.106	0.43	1.234	98.766

ข) แผนกเป่าขวดเพท

พิจารณาปริมาณและร้อยละของของเสียแบ่งตามประเภทงานและประเภทของเสีย โดยประเภทงานสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ งานสไลด์หลอด, งานตอกหลอด, งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม, งานเป่าพรีฟอร์มในแม่พิมพ์ และงานที่ไม่ระบุประเภทงาน ส่วนประเภทของเสียสามารถแบ่งออกเป็น 17 ประเภท ได้แก่ หลอดติดสไลด์, หลอดเก็บตก, หลอดขาว, ขวดเป็นไต, ขวดขาวบาง, ขวดหนาบาง, ก้นร้อน, ทับหน้าแม่พิมพ์, เกลียวเสีย, ก้นไม่ตรง, เป่าไม่เต็มใบ, เป่าแตก, ลายน้ำ, อื่นๆ, เซ็ตอัพซ่อมเครื่องจักร, เซ็ตอัพเปลี่ยนแม่พิมพ์ และเซ็ตอัพตามแผนการผลิต

เมื่อพิจารณาปริมาณของดีและของเสียในไตรมาสที่ 1 พบว่า ในกระบวนการเป่าขวดเพทสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีได้ 511,894.61 กิโลกรัม (99.392 %) และเกิดของเสียขึ้น 3,133.31 กิโลกรัม (0.608 %) โดยพบว่าของเสียเกิดขึ้นจากขั้นตอนการทำงานที่ไม่ระบุประเภทงานมากที่สุด ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเซ็ตอัพและของเสียประเภทอื่นที่อยู่นอกเหนือการจำแนกประเภท 1,026.76 กิโลกรัม (0.199 %) รองลงมา คือ งานเป่าในแม่พิมพ์ 995.61 กิโลกรัม (0.193 %), งานตอกหลอด 649.37 กิโลกรัม (0.126 %), งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม 436.9 กิโลกรัม (0.085) และงานสไลด์หลอด 24.67 กิโลกรัม (0.005 %) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ตารางแสดงปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท แบบแยกประเภทงาน ไตรมาสที่ 1

ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท รวมทุกเครื่อง								
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด	งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม	งานเป่าในแม่พิมพ์	ไม่ระบุประเภทงาน	ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ไตรมาศที่ 1	กก.	24.67	649.37	436.90	995.61	1026.76	3,133.31	511,894.61
	%	0.005	0.126	0.085	0.193	0.199	0.608	99.392

เมื่อพิจารณาของเสียตามประเภทของเสียที่เกิดขึ้น พบว่าของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นของเสียประเภทอื่นๆ ซึ่งเป็นของเสียที่อยู่นอกเหนือการจำแนกประเภทของเสีย 574.51 กิโลกรัม (0.122 %) รองลงมา คือ หลอดขาว 395.3 กิโลกรัม (0.077 %), ก้นไม่ตรง 359 กิโลกรัม (0.07 %), เซตอัพเปลี่ยนแม่พิมพ์ 290.95 กิโลกรัม (0.056), หลอดเก็บตก 254.07 กิโลกรัม (0.049 %), เป่าไม่เต็มใบ 206.05 กิโลกรัม (0.04 %) นอกจากนี้ยังมีของเสียประเภทอื่นอีก ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ตารางแสดงปริมาณของของเสียแผนกเป่าขวดเพท แบบแยกประเภทของเสีย ไตรมาสที่ 1

ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท รวมทุกเครื่อง																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	24.67	254.07	395.30	131.30	194.50	7.69	103.41	36.15	80.25	359.00	206.05	137.15	177.02	574.51	61.64	290.95	99.66	3,133.31	511,894.61
	%	0.005	0.049	0.077	0.025	0.038	0.001	0.020	0.007	0.016	0.070	0.040	0.027	0.034	0.112	0.012	0.056	0.019	0.608	99.392

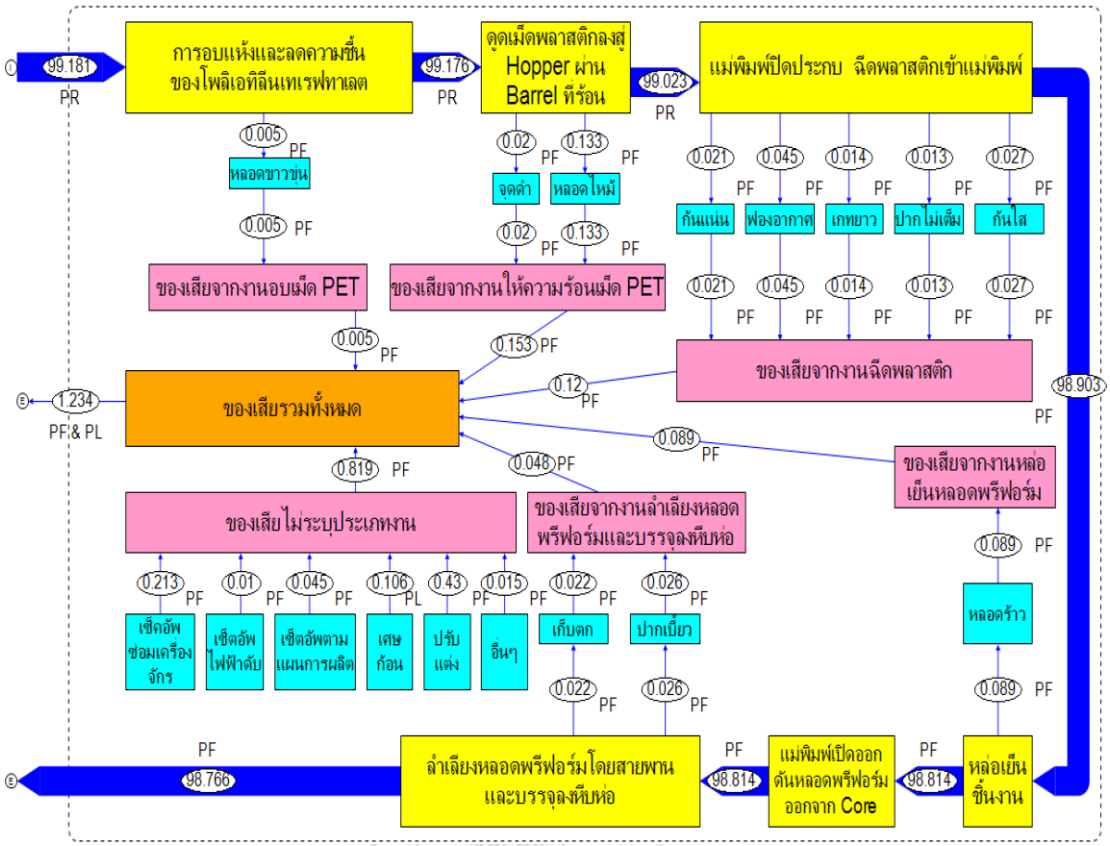
4.1.2 การวิเคราะห์ผังการไหลของมวลสารในกระบวนการผลิต

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้นำมาพัฒนาแผนภาพผังการไหลของมวลสาร แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการผลิตขวดเพทและปริมาณสารในขั้นตอนต่างๆ แผนภาพการไหลของมวลสารแสดงให้เห็นถึงการใช้ทรัพยากร สามารถแสดงเป็นร้อยละของปริมาณน้ำหนักทั้งกระบวนการ เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์จุด Hot Spot ตลอดทุกขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก) แผนกฉีดพรีฟอร์ม

พบว่าของเสียส่วนใหญ่เกิดมาจากงานที่ไม่ระบุประเภทงานมากที่สุด ร้อยละ 0.819 ซึ่งของเสียกลุ่มนี้จะมีประเภทของของเสียที่หลากหลายปะปนกัน โดยที่ของเสียแต่ละประเภทนั้นมีขั้นตอนที่ก่อให้เกิดของเสียแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงไม่ทำการระบุขั้นตอนการเกิดของเสียที่แน่นอนแก่ของเสียกลุ่มนี้ โดยพบว่าส่วนใหญ่เป็นของเสียประเภทปรับแต่ง ร้อยละ 0.43, เซ็ตอัพซ่อมเครื่องจักร ร้อยละ 0.213 รองลงมา คือ ของเสียจากงานให้ความร้อนเม็ดเพท ร้อยละ 0.153 ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่เป็นของเสียประเภทหลอดไหม้ ร้อยละ 0.133 ที่เกิดขึ้นมาจากขั้นตอนหลอมเหลวเม็ดเพทผ่าน barrel ที่มีความร้อน, ของเสียจากงานหล่อเย็นหลอดพรีฟอร์ม ร้อยละ 0.089 โดยพบว่าเป็นของเสียประเภทหลอดร้าว ซึ่งเกิดขึ้นมาจากขั้นตอนการหล่อเย็นชิ้นงาน นอกจากนี้ยังมีของเสียที่เกิดขึ้นจากงานอื่นอีก รายละเอียดภาพรวมผังการไหลของมลสาร แสดงในรูปที่ 4-1

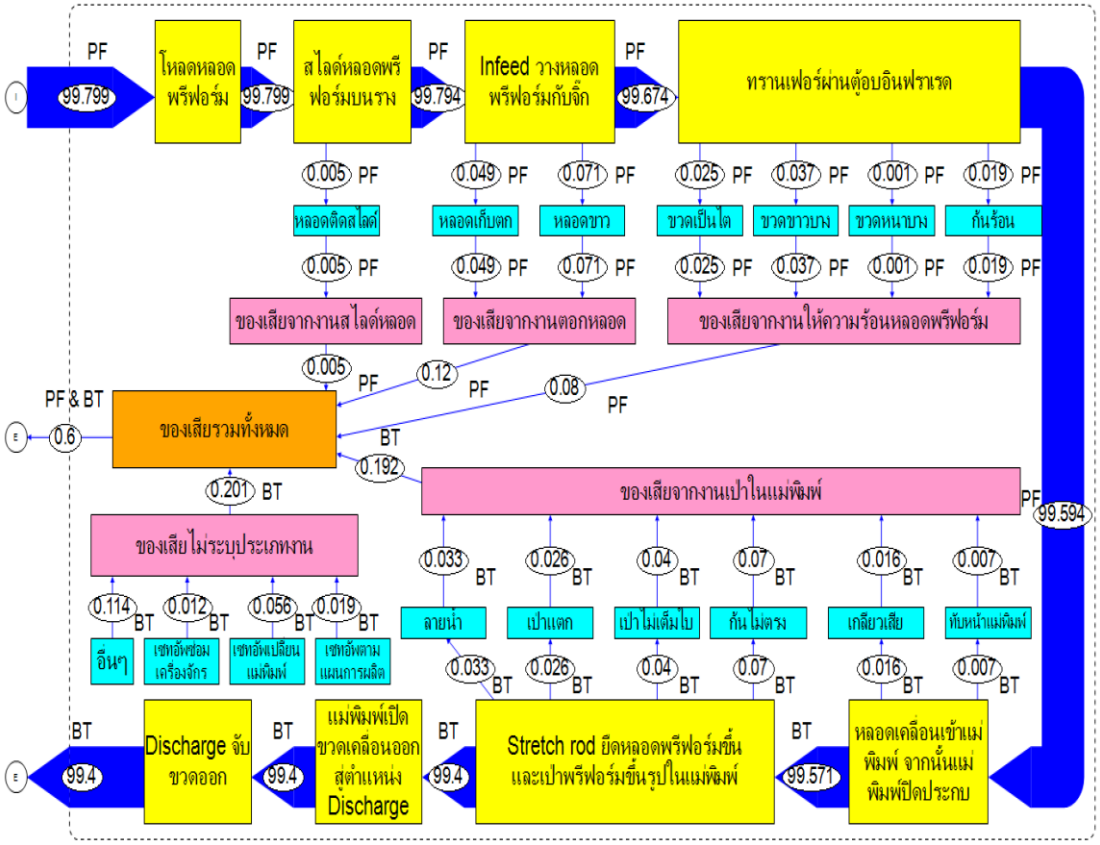
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-1 แสดงการไหลของมวลสารแผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสที่ 1

ข) แผนกเป่าขวดเพท

พบว่าของเสียส่วนใหญ่เกิดมาจากงานที่ไม่ระบุประเภทงานมากที่สุด ร้อยละ 0.201 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นของเสียประเภทอื่นๆ ร้อยละ 0.114 ซึ่งของเสียกลุ่มนี้จะมีประเภทของของเสียที่หลากหลายปะปนกัน โดยที่ของเสียแต่ละประเภทนั้นมีขั้นตอนที่ก่อให้เกิดของเสียแตกต่างกันไป จึงไม่ทำการระบุขั้นตอนการเกิดของเสียที่แน่นอนแก่ของเสียกลุ่มนี้ ทั้งนี้เมื่อรวมปริมาณของเสียกลุ่มนี้แล้วกลับมีร้อยละของของเสียที่สูงที่สุด จึงถือว่าของเสียประเภทอื่นๆเป็นจุดสำคัญ Hot Spot ของปัญหา รองลงมา คือ ของเสียจากงานเป่าในแม่พิมพ์ ร้อยละ 0.192 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นของเสียประเภทก้นไม่ตรง ร้อยละ 0.07 ,เป่าไม่เต็มใบ ร้อยละ 0.04 ซึ่งมาจากขั้นตอน Stretch rod ยืดหลอดพรีฟอร์มขึ้นและเป่าหลอดพรีฟอร์มขึ้นรูปในแม่พิมพ์ นอกจากนี้ยังมีของเสียที่เกิดขึ้นจากงานอื่นอีก รายละเอียดภาพรวมผังการไหลมลสาร แสดงในรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 แสดงการไหลของมวลสารแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2 วิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาและวิธีแก้ไข

หลังจากทราบถึง Hot Spot ของการเกิดของเสียแล้ว ขั้นตอนถัดมา คือ การวิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาและวิธีการแก้ไข ซึ่งจะวิเคราะห์ตามประเภทของเสียที่เป็นจุด Hot spot และวิเคราะห์ตามของเสียในภาพรวมตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

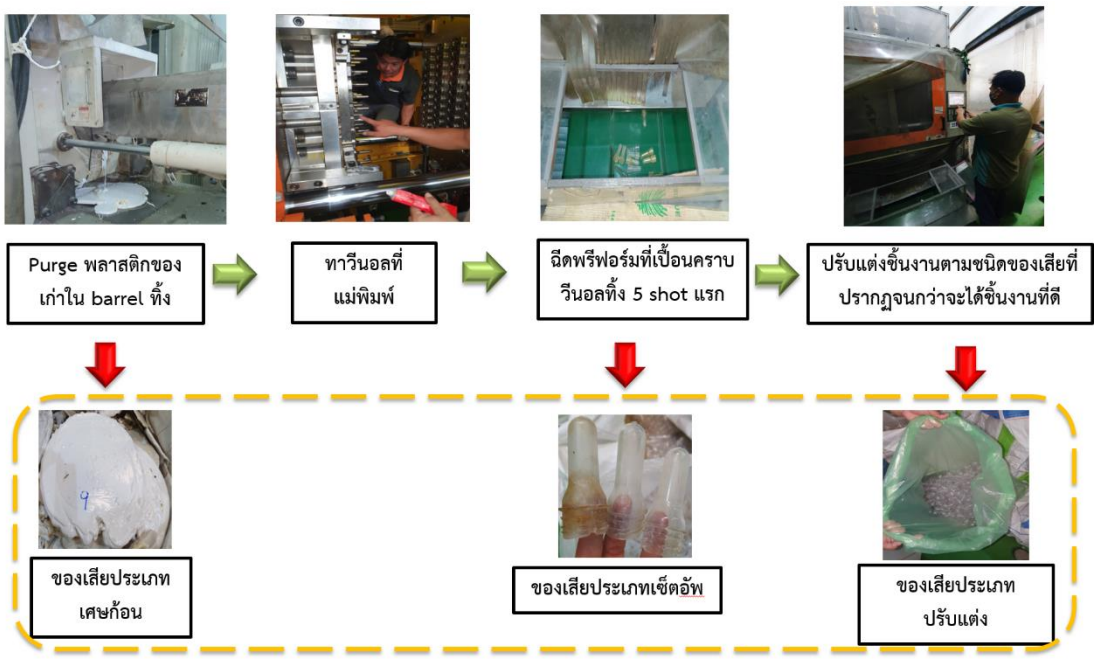
4.2.1 วิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาและวิธีแก้ไขตามประเภทของเสียที่เป็นจุด hot spot

ดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาและวิธีแก้ไขตามประเภทของเสียที่เป็นจุด Hot spot ก่อนเป็นลำดับแรก เนื่องจากเป็นกลุ่มประเภทของเสียดังกล่าวมีนัยสำคัญต่อปริมาณของเสียส่วนมาก ซึ่งหากลดของเสียเหล่านี้ได้ อาจทำให้ปริมาณและร้อยละของเสียในภาพรวมลดลงได้ โดยทำการวิเคราะห์ตามประเภทของเสียที่เป็น Hot spot 5 อันดับแรก ของทุกแผนก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก) แผนกฉีดพรีฟอร์ม

จากผลการศึกษาพบว่าแผนกฉีดพรีฟอร์มมีของเสียส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมการเซ็ต เช่น ของเสียประเภทปรับแต่ง, ของเสียจากการเซ็ตอัพและเศษก้อน ดังนั้นการศึกษาลักษณะกิจกรรมการเซ็ตอัพของเครื่องฉีดพรีฟอร์มจึงความสำคัญ โดยพบว่าการเซ็ตอัพมีขั้นตอนเริ่มจากการฉีดพลาสติกของเก่าใน Barrel ทิ้งก่อน ทำให้เกิดของเสียประเภทเศษก้อนขึ้นมา จากนั้นทาน้ำยาขัดเงาหรือวีนอลที่แม่พิมพ์เพื่อรักษาสภาพแม่พิมพ์ ถัดมาจะทำการฉีดพรีฟอร์มที่เปื้อนคราบวีนอลทิ้ง 5 ชุดแรกของการฉีดพลาสติก ทำให้เกิดของเสียจากการเซ็ตอัพขึ้นมา จากนั้นจะทำการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ตามลักษณะของเสียที่ปรากฏจนกว่าจะได้ชิ้นงานที่มีลักษณะตามที่ต้องการ โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 4-3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4-3 แสดงขั้นตอนการเซ็ตอัพเครื่องฉีดพรีฟอร์ม

ของเสียที่มีอัตราการเกิดมากเป็นลำดับที่ 1 คือ ของเสียประเภทปรับแต่ง ซึ่งเกิดขึ้นมาจากกิจกรรมการเซ็ตอัพทุกประเภท ซึ่งเกิดหลังจากขั้นตอนการฉีดพรีฟอร์มที่เปื้อนคราบวีนอลทิ้งไปแล้วจะต้องปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามลักษณะของเสียที่ปรากฏขึ้น จนกว่าจะได้ชิ้นงานที่มีลักษณะที่ต้องการ ซึ่งในระหว่างการปรับค่าพารามิเตอร์นี้จะก่อให้เกิดของเสียขึ้นมา วิธีการแก้ปัญหา คือ จัดทำแบบบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ความร้อนที่ใช้และเวลาในการฉีด โดยบันทึกข้อมูลตามชนิดของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร จากนั้นนำไปใช้สำหรับตั้งค่าพารามิเตอร์ในเบื้องต้นเมื่อทำการเซ็ตอัพในครั้งถัดไป เพื่อลดปริมาณของเสียที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการเซ็ตค่าพารามิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4-4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Shiftly Parameter Record Injection Machine

M/C No. ..... Product Name ..... Shift ..... ○ Day ○ Night Date ..... / ..... / .....

Dehumidifing Dryer		
Temperature	Setting (°C)	
	Actual (°C)	
Pressure Water Cooling	IN (bar)	
	OUT (bar)	
Dew Point (dp)		

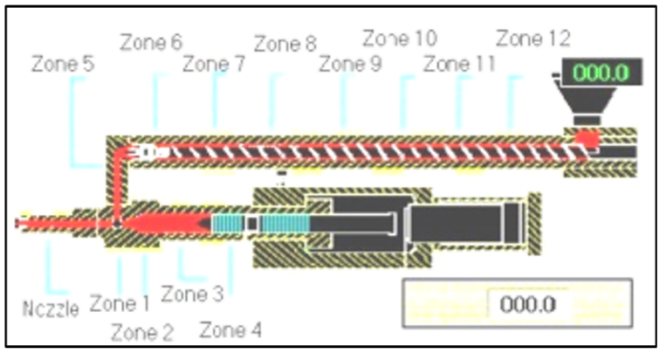
MoldDehumidifing		
REGENERATION Temp (120 - 125	Setting (°C)	
	Actual (°C)	
Pressure Water Chiller	IN (bar)	
	OUT (bar)	
Air Temp Out		

Chiller		
Water Chiller Temp	Setting (°C)	
	Actual (°C)	
Pressure Water Cooling	IN (bar)	
	OUT (bar)	
Water Cooling Temp	I N (°C)	
Pressure Main Water Chiller	OUT (bar)	

Injection System		
Clycle Time		
Holding Time	Phase 1 (Sec)	
	Phase 2 (Sec)	
	Phase 3 (Sec)	
Coolling Time (Sec)		
Inj. Position (mm.)		

Screw Barrel Temperature						
Barrel	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6
Setting (°C)						
Actual (°C)						
Barrel	Zone 7	Zone 8	Zone 9	Zone 10	Zone 11	NOZZLE
Setting (°C)						
Actual (°C)						

Room Temp Record				
TIME	Day		Night	
Record	9:00	15:00	21:00	3:00
อุณภูมิในห้อง แม่พิมพ์ (°C)				
RH (%)				
ค่า (dP)				
อุณภูมิหน้าห้อง แม่พิมพ์ (°C)				
RH (%)				
ค่า (dP)				



รูปที่ 4-4 แสดงแบบบันทึกค่าพารามิเตอร์ แผนกฉีดพรีฟอร์ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของเสียที่มีอัตราการเกิดมากเป็นลำดับที่ 2 คือ ของเสียจากการเซ็ตอัพซ่อมเครื่องจักร โดยเป็นของเสียที่เป็นหลอดพรีฟอร์มเปื้อนคราบวีนอล ซึ่งถูกฉีดออกมาหลังจากที่ฉีดเศษก้อนทิ้งออกไปแล้ว โดยทุกครั้งที่เครื่องจักรเกิดการ break down จะต้องหยุดเดินเครื่องจักร และหากเมื่อแก้ไขปัญหาเรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการเดินเครื่องจักรใหม่ ทำให้เกิดของเสียจากการเซ็ตอัพเพื่อซ่อมเครื่องจักรขึ้นมา วิธีการแก้ปัญหา คือ ต้องลดจำนวนครั้งของการ break down ของเครื่องจักร โดยการจัดทำการบำรุงรักษาเชิงป้อนกัน (Preventive maintenance) รวมทั้งการกำหนดจำนวนชุดการฉีดพรีฟอร์มที่เปื้อนคราบวีนอลให้ชัดเจน เพื่อลดการทิ้งพรีฟอร์มมากเกินไป โดยโรงงานกรณีศึกษากำหนดไว้ที่ 5 ชุดแรกของการฉีดพรีฟอร์มหลังจากฉีดเศษก้อนทิ้งออกไปแล้ว

ของเสียที่มีอัตราการเกิดมากเป็นลำดับที่ 3 คือ ของเสียประเภทหลอดไหม้ ซึ่งอาจเกิดจากการใช้อุณหภูมิ Heater รอบสกรูสูงเกินไป ดังรูปที่ 4-5 หรืออาจเกิดจากการใช้ความเร็วการฉีดที่สูงมากเกินไป วิธีแก้ปัญหา คือ ลดอุณหภูมิ Heater รอบสกรู ลดความเร็วในการฉีดพรีฟอร์ม และต้องพัฒนาทักษะของช่างที่ทำการปรับเครื่อง เพื่อให้วิเคราะห์วิธีปัญหาที่เกิดขึ้นได้รวดเร็ว

รูปที่ 4-5 แสดง Heater รอบสกรู
ถ่ายเมื่อ 12 ธันวาคม 2561

ของเสียที่มีอัตราการเกิดมากเป็นลำดับที่ 4 คือ ของเสียประเภทเศษก้อน โดยเป็นของเสียที่เกิดจากการเซ็ตอัพทุกประเภท โดยทุกครั้งที่ทำการเซ็ตอัพเครื่องจักรจะต้องฉีดพลาสติกเก่าในค้างอยู่ใน barrel ทิ้งออกก่อนเสมอ ทำให้เกิดของเสียประเภทเศษก้อนขึ้นมา วิธีการแก้ไขปัญหา คือ กำหนดวิธีการทำงานให้ชัดเจน โดยไม่ทิ้งเศษก้อนมากเกินความจำเป็น และลดจำนวนครั้งของการเซ็ตอัพ ทั้งเซ็ตอัพซ่อมเครื่องจักร เซ็ตอัพตามแผนการผลิต และเซ็ตอัพไฟฟ้าดับ

ของเสียที่มีอัตราการเกิดมากเป็นลำดับที่ 5 คือ ของเสียประเภทหลอดร้าว ซึ่งเกิดจากการที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในแม่พิมพ์มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุด Dew point ของอากาศรอบๆแม่พิมพ์ทำให้เกิดหยดน้ำเกาะที่ผิวแม่พิมพ์ เมื่อน้ำหยดใส่ชิ้นงานที่ฉีดออกมาจะทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดร้าวขึ้น หรืออาจเกิดจากแม่พิมพ์ฝังคาวิตี้รั่วหรือแตกโดยตรง ดังรูปที่ 4-6 วิธีการแก้ปัญหา คือ การตั้งค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นให้สูงกว่าค่า Dew point, การลดความชื้นออกจากอากาศรอบๆแม่พิมพ์ โดยใช้ Mold dehumidifier และต้องรักษาความสมบูรณ์ของระบบกำจัดความชื้นในอากาศให้ทำงานได้สมบูรณ์ตลอดเวลา หากคาวิตี้แตกต้องทำการเปลี่ยนใหม่และต้องตั้งการปิดแม่พิมพ์ไม่ให้กระทบกันมากเกินไป

รูปที่ 4-6 แสดง Cavity แตก
ถ่ายเมื่อ ; 18 มกราคม 2562

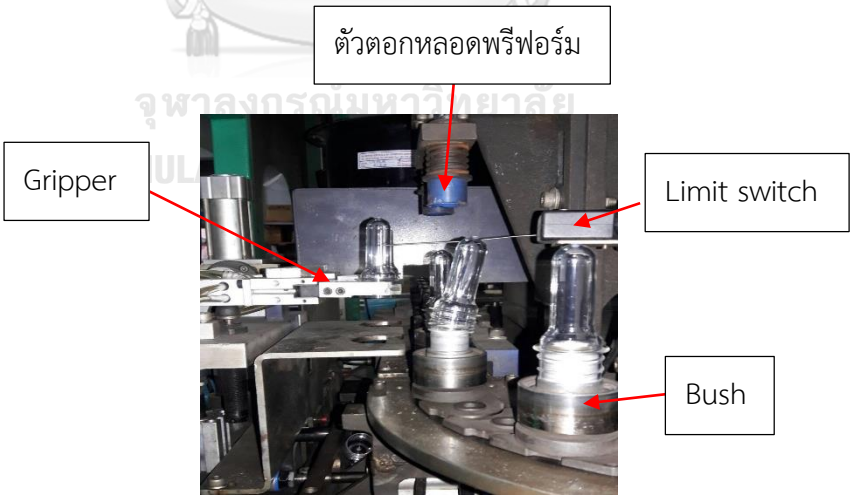
ข) แผนกเป่าขวดเพท

ของเสียที่มีอัตราการเกิดมากเป็นลำดับที่ 1 คือ ของเสียประเภทอื่นๆ โดยเป็นของเสียที่อยู่นอกเหนือจากการจำแนกประเภท เนื่องจากเป็นประเภทของเสียที่เกิดขึ้นไม่บ่อย แต่ละครั้งเกิดขึ้นปริมาณไม่มาก แต่เมื่อรวมปริมาณทุกชนิดของเสียแล้วกลับมีปริมาณมาก ของเสียหลักจะแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นของเสียที่เกิดความบกพร่องมาตั้งแต่พรีฟอร์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบ เช่น พรีฟอร์มร้าว พรีฟอร์มไหม้ พรีฟอร์มมีฟองอากาศ กลุ่มที่สองคือ ของเสียตามประเภทของเสียแต่ไม่ได้อยู่ในการจำแนกทั่วไป เช่น ก้นนูน เหลี่ยมขาว ตะเข็บเหลื่อม คอบวม คอเอียง ดังนั้นวิธีการลดของเสียกลุ่มแรกจะต้องมีการตรวจสอบวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการแผนกเป่าขวดเพท และอาจรวมถึงการคัดคุณภาพตั้งแต่แผนกพรีฟอร์มให้มีประสิทธิภาพอีกด้วย ดังรูปที่ 4-7 ส่วนการลดของเสียกลุ่มที่สองต้องพิจารณาไปในแต่ละประเภทของเสีย เช่น ของเสียประเภทก้นนูนจะต้องลดอุณหภูมิลมเป่าก้นขวดลงเพื่อให้ก้นขวดไม่ร้อนจนเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4-7 แสดงการตรวจสอบคุณภาพหลอดพรีฟอร์มก่อนนำไปเป่าขวดเพท
ถ่ายเมื่อ ; 3 มีนาคม 2562

ของเสียที่มีอัตราการเกิดมากเป็นลำดับที่ 2 คือ ของเสียประเภทหลอดขาว เกิดจากการที่หลอดพรีฟอร์มถูกตอกเข้ากับ Bush อย่างไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการเอียงอยู่บน Bush ซึ่งก่อนหลอดพรีฟอร์มเคลื่อนที่ผ่านเข้าตู้อินฟราเรด ตัวหลอดพรีฟอร์มเองจะเคลื่อนที่ชนกับ limit switch ดังรูปที่ 4-8 ทำให้เครื่องจักรหยุดการทำงานเพื่อป้องกันหลอดพรีฟอร์มหมุนไปชนกับหลอดอินฟราเรด การที่เครื่องจักรหยุดอาจทำให้หลอดพรีฟอร์มในตู้อินฟราเรดได้รับความร้อนมากจนเกินไป ทำให้เกิดหลอดขาวขึ้น โดยสาเหตุที่ตอกหลอดพรีฟอร์มเอียงมีหลายสาเหตุ เช่น การตั้งรางสไลด์หลอดพรีฟอร์มไม่ตรงกับตำแหน่งการหยิบของ Gripper ทำให้เกิดการหยิบแบบหลวม, การใช้ขนาด Gripper ไม่เหมาะสมกับขนาดปากพรีฟอร์ม, เฟืองด้านในของกระบอก Rotate ที่สั่งการให้ Gripper ทำงานเกิดการสึกหรอ ดังรูปที่ 4-9, พนักงานลืมปรับระยะตัวตอกก้นหลอดพรีฟอร์มลงเมื่อเปลี่ยนจากการตอกหลอดที่ยาวกว่าไปสู่หลอดที่มีความสั้นกว่า และการตั้งระยะรางชุด Bush ไม่ตรงกับตำแหน่งล็อคของ Mandrel วิธีการแก้ปัญหา คือ ต้องปรับตั้งรางสไลด์หลอดให้ตรงกับการหยิบของ Gripper ดังรูปที่ 4-10, การใช้ขนาด Gripper ให้เหมาะสมกับขนาดของปากพรีฟอร์ม, ดูแลความสมบูรณ์ของกระบอก Rotate ให้สมบูรณ์อยู่เสมอ, เน้นย้ำพนักงาน ในประเด็นของการปรับตั้งระยะการตอกก้นหลอดพรีฟอร์มต้องมีการปรับระยะทุกครั้ง เมื่อที่มีปรับความยาวของพรีฟอร์มที่ใช้และการปรับระยะรางชุด Bush ให้เคลื่อนไปตรงกับตำแหน่งการจับของ Mandrel



รูปที่ 4-8 แสดงหลอดพรีฟอร์มเอียงบน Bush และชน limit switch
ถ่ายเมื่อ ; 21 พฤศจิกายน 2561

รูปที่ 4-9 แสดงเฟืองกระบอก Rotate เกิดความเสียหาย
ถ่ายเมื่อ ; 21 พฤศจิกายน 2561

รูปที่ 4-10 แสดงการปรับตั้งรางสไลด์หลอดพรีฟอร์ม
ถ่ายเมื่อ ; 21 พฤศจิกายน 2561

ของเสียที่มีอัตราการเกิดมากเป็นลำดับที่ 3 คือ ของเสียประเภทก้นไม่ตรง ซึ่งมีสาเหตุหลักๆ เกิดจาก Stretch rod งอ ดังรูปที่ 4-11 เนื่องจาก Stretch rod แทงกระทบก้นแม่พิมพ์จนเกิดการงอขึ้น ทำให้การเป่าขวดเพทในชุดถัดไปเกิดของเสียประเภทก้นไม่ตรงขึ้น หรือเกิดจากความบกพร่องของระบบลมที่ใช้ในการเป่าขวด เช่น O-ring ของ Regulator เกิดการสึกหรอ ทำให้ลม Pre-blow เกิดการรั่วออก ส่งผลให้ลมที่ใช้เป่าเกิดการแกว่งขึ้น หรืออาจเกิดจากการที่มีสิ่งสกปรกอุดตันบริเวณไดอะแฟรมของ Regulator ที่มีหน้าที่ปิดกั้นการไหลของลม วิธีการแก้ไขปัญหา คือ เปลี่ยน O-ring ของ Regulator เมื่อถึงระยะเวลาหรือเมื่อเกิดการสึกหรอ และถอด Regulator มาล้างทำความสะอาดบริเวณแผ่นไดอะแฟรม โดยลักษณะของแผ่นไดอะแฟรมแสดงดังรูปที่ 4-12 และ O-ring แสดงดังรูปที่ 4-13

รูปที่ 4-11 แสดง stretch rod เกิดการงอ
ถ่ายเมื่อ ; 22 พฤศจิกายน 2561

รูปที่ 4-12 แสดงไดอะแฟรมของ Regulator
ถ่ายเมื่อ ; 16 มิถุนายน 2563

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4-13 แสดง O-ring ของ Regulator
ถ่ายเมื่อ ; 16 มิถุนายน 2563

ของเสียที่มีอัตราการเกิดมากเป็นลำดับที่ 4 คือ ของเสียประเภทเซ็ตอัพเปลี่ยนแม่พิมพ์ โดยเป็นของเสียที่เกิดจากกิจกรรมการเซ็ตอัพ โดยทุกครั้งที่ทำการเซ็ตอัพเปลี่ยนแม่พิมพ์ จะต้องเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามด้วย เช่น แรงดันลมที่ใช้ อุณหภูมิหลอดไฟอินฟราเรด อุณหภูมิน้ำที่ใช้ ทำให้ในช่วงแรกที่ค่าพารามิเตอร์ยังมีความไม่เหมาะสมนั้นก่อให้เกิดของเสียขึ้น โดยอาจเกิดขึ้นที่ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง หรือเกิดขึ้นพร้อมๆกันทุกขั้นตอนก็ได้ และอาจมีประเภทของเสียที่ปะปนกันหลากหลายประเภทได้ ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหา คือ การวางแผนให้มีการเปลี่ยนแม่พิมพ์น้อยที่สุด โดยฝ่ายผลิตต้องรวบรวมออเดอร์จากฝ่ายขาย และวางแผนให้ผลิตสินค้าชนิดเดียวกันให้ต่อเนื่องมากที่สุด และฝ่ายขายต้องหาออเดอร์เพิ่ม นอกจากนี้อาจใช้แบบบันทึกค่าพารามิเตอร์ในการบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามชนิดของผลิตภัณฑ์และตามเครื่องจักร เพื่อใช้ตั้งค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นในการเซ็ตอัพครั้งถัดไป ดังรูปที่ 4-14

ข้อมูลบันทึกการ Set Up แม่พิมพ์เป่าขวด Pet

วันที่_____/_____/_____

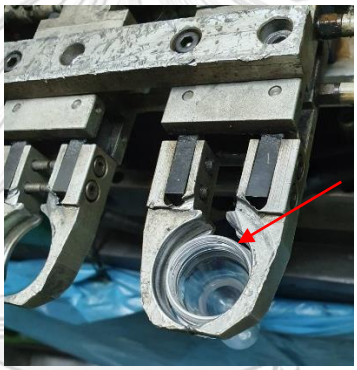
ชื่อแม่พิมพ์_____M/C NO._____จำนวนCavity ◯ Cavity ◯ Servo ◯ 6 Cavity

น้ำหนัก Prefom_____Cyole Time Standard_____Cyele Time Actual_____

Item		Standard			Actual
		2 cavity	Servo	6 cavity	
Blow	Exhaust time (Sec)	~	~	~	
	Holding time (Ses)(Auto1,2,3,4,5)	~	~	~	
	Blowing time (Sec)	~	~	~	
	Blowing Delay (Sec)	~	~	~	
	Preblow Delay (Sec)	~	~	~	
Discharge	Forward (Sec)	≤0.33	≤0.33	≤0.50	
	Back+Rotate Backward (Sec)	≤0.30	≤0.30	≤0.60	
	Up (Sec)	≤0.20	≤0.20	≤0.20	
	Down (Sec)	≤0.55	≤0.55	≤0.55	
	Rotate Forward (Sec)	≤0.60	≤0.60	≤0.80	
	Grip Open Delay (Sec)	≤0.0	≤0.0	≤0.0	
Transfer	Clamp Close (Sec)	≤0.2	≤0.2	≤0.2	
	Clamp Open (Sec)	≤0.2	≤0.2	≤0.0	
	transfer Forward (Sec)	~	~	~	
	transfer Backward (Sec)	≤0.0	≤0.0	≤0.0	
	transfer Buffer Timer (Sec)	–	–	–	
Infeed	Forward (Sec)	≤0.27	≤0.27	≤0.32	
	Backward (Sec)	≤0.30	≤0.30	≤0.40	
	Up+Rotate Forward (Sec)	≤0.75	≤0.75	≤0.80	
	Down (Sec)	≤0.15	≤0.15	≤0.20	
	Rotate Backward (Sec)	≤0.75	≤0.75	≤1.00	
	Locator (Sec)	≤0.36	≤0.36	≤0.20	
	Slid Forward (Sec)	≤0.33	≤0.33	≤0.80	
	Slid Backward (Sec)	≤0.25	≤0.25	≤0.80	
Clamping Unit	Buttom Mold Up (Sec)	≤0.27	≤0.27	≤0.50	
	Buttom Mold Down (Sec)	≤0.22	≤0.22	≤0.20	
	Mold Open (Sec)	≤0.60	≤0.53	≤0.50	
	Mold Close (Sec)	≤0.60	≤0.53	≤0.50	
	Stretch Up (Sec)	~	~	~	
	Stretch Down (Sec)	≤0.40	≤0.35	≤0.340	
Heating	Zone 8 (%)(6 Cavity)	~	~	~	
	Zone 7 (%)	~	~	~	
	Zone 6 (%)	~	~	~	
	Zone 5 (%)	~	~	~	
	Zone 4 (%)	~	~	~	
	Zone 3 (%)	~	~	~	
	Zone 2 (%)	~	~	~	
	Zone 1 (%)	~	~	~	
Setระดับลิมิต Preformขาเข้า	◯ เหมาะสม ◯ ไม่เหมาะสม				
(_____) ช่างผู้ปฏิบัติงาน	ผลของชิ้นงาน ◯ ผ่าน ◯ ไม่ผ่าน		เวลาCycletime ◯ ผ่าน ◯ ไม่ผ่าน		ผู้ตรวจสอบ (_____) หัวหน้างานฝ่ายผลิต

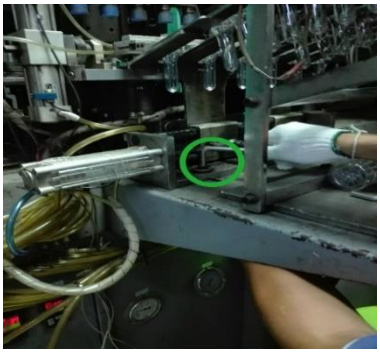
รูปที่ 4-14 แสดงแบบบันทึกค่าพารามิเตอร์ แผนกเป่าขวดเพท

ของเสียที่มีอัตราการเกิดมากเป็นลำดับที่ 5 คือ ของเสียประเภทหลอดเก็บตก ซึ่งเกิดจากการที่ Gripper จับหลอดพรีฟอร์มตอกเข้ากับ Bush ไม่ตรง ทำให้หลอดพรีฟอร์มกระเด้งหลุดออกจาก Bush ไปตกค้างอยู่ตามเครื่องจักรและพื้น โดยมีสาเหตุของการตอกไม่ตรงที่หลากหลาย เช่น ขนาดของ Gripper ที่ใช้ไม่เหมาะสมกับขนาดของพรีฟอร์ม ดังรูปที่ 4-15 ทำให้เกิดการหยิบอย่างหลวมๆ, หลอดสไลด์แบบติดขัดทำให้ไหลลงมาไม่ทันกับการหยิบของ Gripper และการตั้งระยะกระบอกทรานเฟอร์ไปไม่ตรงกับระยะการจับของ Mandrel วิธีการแก้ปัญหา คือ ทุกครั้งที่เปลี่ยนขนาดปากพรีฟอร์มที่ใช้ จะต้องเปลี่ยน Gripper ให้มีขนาดเหมาะสมด้วย, การปรับตั้งรางสไลด์ให้หลอดพรีฟอร์มไหลลงได้ดีมากขึ้น ดังรูปที่ 4-16 และการปรับตั้งระยะกระบอกทรานเฟอร์ให้ตรงกับ Mandrel มากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4-15 แสดง Gripper หยิบพรีฟอร์มอย่างหลวม
ถ่ายเมื่อ ; 16 มิถุนายน 2563

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-16 แสดงการปรับตั้งระยะรางสไลด์
ถ่ายเมื่อ ; 16 มิถุนายน 2563

4.2.2 วิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาและวิธีแก้ไขตามของเสียในภาพรวม

แม้ว่าการจัดการปัญหาตามประเภทของเสียที่เป็น Hot spot จะมีความสำคัญ แต่การจัดการปัญหาของเสียทุกประเภท จะช่วยส่งเสริมให้ของเสียในภาพรวมนั้นลดลงด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ของเสียแต่ละประเภทมีวิธีการแก้ไขแตกต่างกันออกไป ดังนั้นการปรับปรุงกลุ่มสาเหตุหลักของการเกิดของเสีย จะส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงานในหลากหลายประเภทของเสียพร้อมกัน ทำให้ลดโอกาสการเกิดของเสียหลากหลายประเภทต่อการปรับปรุงกลุ่มสาเหตุของเสียแต่ละกลุ่ม โดยงานวิจัยนี้จะแบ่งการวิเคราะห์กลุ่มสาเหตุหลักแบ่งเป็น hardware supply humanware software เพื่อสะดวกแก่การจัดการของเสียในภาพรวม

Hardware หมายถึง อุปกรณ์ของเครื่องจักรที่ใช้ทำการผลิต, Supply หมายถึง ระบบสนับสนุนการผลิต ได้แก่ ระบบน้ำหล่อเย็น ระบบลม ระบบการให้ความร้อน ระบบไฟฟ้า วัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งแม่พิมพ์ที่ใช้ทำการผลิต, Humanware หมายถึง ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจในการปฏิบัติงาน และ Software หมายถึง การใช้คู่มือในการปฏิบัติงาน รวมทั้งการกำหนดข้อตกลงการปฏิบัติงานร่วมกัน โดยรายละเอียดของการวิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหาตามประเภทของเสียของแผนกฉีดพรีฟอร์มและแผนกเป่าขวด แสดงดังตารางที่ 4-5 และ 4-6 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-5 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
หลอดขาว	เครื่องอบเม็ดทำอุณหภูมิได้ไม่ร้อนเพียงพอ		1			เพิ่มการตั้งค่าอุณหภูมิอบเม็ด
	เวลาการอบเม็ดไม่มากพอ		1			เพิ่มระยะเวลาการอบเม็ด
จุดดำ	เมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่ จะมีพลาสติกเก่าที่ติดค้างอยู่ตามสกรู เมื่อถูกความร้อนที่ใช้เดินเรื่องใหม่จะเกิดการไหม้ขึ้น ทำให้ชิ้นงานที่ฉีดออกมาช่วงแรกมีจุดดำบนผิว		1			ใช้เม็ดล้างทำความสะอาดสกรู
หลอดไหม้	อุณหภูมิ Heater รอบสกรูสูงเกินไป		1	1	1	ลดอุณหภูมิ Heater รอบสกรู
	ความเร็วการฉีดสูงเกินไป ทำให้พลาสติกที่ไหลผ่านเกทเกิดความร้อนสูงและไหม้ขึ้น			1	1	ลดความเร็วการฉีดลง

ตารางที่ 4-5 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
ก้นแน่น	ใช้เวลา Hold มากเกินไป ทำให้เนื้อพลาสติกบริเวณก้นแน่นเกินไป			1	1	ลดระยะเวลา Hold ให้เหมาะสม
ฟองอากาศ	ความเร็วการฉีดมากเกินไป			1	1	ลดความเร็วการฉีด
	เม็ดพลาสติกมีความชื้น		1			เพิ่มเวลาและอุณหภูมิการอบแห้ง
เกทยาว	Valve stem ของ Nozzle ในแม่พิมพ์สึกหรอทำให้ปิดกั้นเนื้อพลาสติกเหลวกับก้นพรีฟอร์มไม่อยู่ ทำให้เกทของพรีฟอร์มยาวขึ้นกว่าปกติ		1			เปลี่ยน Valve stem ของ Nozzle tip
	Nozzle tip ในแม่พิมพ์สึกหรอ ทำให้มีช่องว่างให้เนื้อพลาสติกติดกับเกทของพรีฟอร์ม		1			เปลี่ยน Nozzle tip
	อุณหภูมิของ Nozzle tip สูงเกินไป		1			ลดอุณหภูมิ Nozzle tip ลง

ตารางที่ 4-5 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
ปากไม่เต็ม	ระยะการฉีดน้อยเกินไปทำให้เนื้อพลาสติกถูกฉีดเข้าสู่ Cavity น้อยเกินไป			1	1	ถอยสกรูกลับมาให้มากขึ้นในระยะที่เหมาะสม
	ระยะเวลาที่ใช้ Hold น้อยเกินไป เนื้อพลาสติกจึงไม่เต็ม Cavity			1	1	เพิ่มระยะเวลาการ Hold
	Air vent อุดตันจากสิ่งสกปรก ทำให้สิ่งสกปรกไปแทนที่พลาสติก ทำให้ฉีดพรีฟอร์มแล้วปากไม่เต็ม		1			ล้างทำความสะอาด Air vent
ก้นใส	Valve stem ที่ทำหน้าที่ปิดพลาสติกที่ไหลผ่าน Nozzle ในแม่พิมพ์เกิดการสึกหรอ		1			เปลี่ยน Valve stem ของ Nozzle
	Nozzle tip ในแม่พิมพ์เกิดการสึกหรอ		1			เปลี่ยน Nozzle tip

ตารางที่ 4-5 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
หลอดร้าว	Mold dehumidifier ไม่สามารถกำจัดความชื้นออกไปได้ โดยอาจเกิดจาก Motor ที่ทำให้ Honey comb หมุนไม่สั่งการ, Honey comb เกิดการเสื่อมสภาพ หรืออุณหภูมิน้ำชิลเลอร์ที่ใช้กับคอยล์เย็นไม่เย็นเพียงพอ ส่งผลให้อากาศที่เป่าไปลดความชื้นรอบผิวแม่พิมพ์มีความชื้นและมีค่า Dew point ที่สูงขึ้น ทำให้มีโอกาสเกิดหยดน้ำบนผิวแม่พิมพ์มากขึ้น นำมาซึ่งของเสียประเภทหลอดร้าวในที่สุด		1			ดูแลรักษา Mold dehumidfier ให้มีความสมบูรณ์ตลอดเวลา โดยอาจตรวจสอบในส่วนของการหมุนของ Honey comb, สภาพของ Honey comb, อุณหภูมิน้ำ Chiller ที่ใช้กับคอยล์เย็น
	อุณหภูมิน้ำ Chiller ที่ใช้หล่อเย็นแม่พิมพ์เย็นเกินไป ทำให้เกิดหยดน้ำเกาะที่ผิวแม่พิมพ์ เมื่อฉีดชิ้นงานทำให้เกิดหลอดร้าว		1			ลดอุณหภูมิน้ำ Chiller
	ตั้งระยะการเคลื่อนของแม่พิมพ์ฝั่ง Core มากเกินไป ทำให้ปิดกระทบกันกับแม่พิมพ์ฝั่ง Cavity ทำให้ Cavity แตก ส่งผลให้น้ำรั่วออกมาที่ผิวแม่พิมพ์			1		เปลี่ยน Cavity ใหม่ และเช็คระยะการปิดแม่พิมพ์ป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์กระทบกันแรงเกินไป

ตารางที่ 4-5 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
เก็บตก	เมื่อแม่พิมพ์เปิดออกแล้ว จะดันพรีฟอร์มตกลงมาสู่สายพาน แต่บริเวณสายพานมีช่องว่างให้หลอดพรีฟอร์มกระเด็นออกมาตามพื้น	1				ทำที่ปิดกั้นไม่ให้พรีฟอร์มกระเด็นออกบริเวณสายพาน
ปากเบี้ยว	การบรรจุหลอดพรีฟอร์มลงหีบห่อ บรรจุสินค้าจำนวนมากเกินไป ส่งผลให้พรีฟอร์มชิ้นที่อยู่ก้นถุงถูกกดทับจากพรีฟอร์มด้านบน ทำให้ปากพรีฟอร์มเบี้ยว			1		ลดการปริมาณบรรจุสินค้าต่อหีบห่อ จากถุงละ 300 กิโลกรัม เหลือ 200 กิโลกรัม
แลบด้านข้าง	Hold pressure สูงเกินไป ทำให้เกิดชิ้นงานแลบขึ้น			1	1	ลด Hold pressure
หลอดย่น	Cycle time น้อยเกินไป ทำให้เวลาของการหล่อเย็นน้อยเกินไป ทำให้พรีฟอร์มเกิดการย่น			1	1	เพิ่ม Cycle time มากขึ้น
	แม่พิมพ์ฝั่ง Core เกิดความร้อนขึ้น เพราะทางเข้าของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์อุดตันจากสิ่งสกปรก		1			ตรวจสอบสายน้ำเข้าแม่พิมพ์ว่ามีเศษสกปรกอุดตันหรือไม่
คอร้อน	แม่พิมพ์ฝั่ง Core เกิดความร้อนขึ้น เพราะทางเข้าของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์อุดตันจากสิ่งสกปรก		1			ตรวจสอบสายน้ำเข้าแม่พิมพ์ว่ามีเศษสกปรกอุดตันหรือไม่

ตารางที่ 4-5 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
SET UP ตามแผนการผลิต	เมื่อผลิตสินค้าได้ครบตามจำนวนที่ต้องการแล้ว หากไม่มีออเดอร์สินค้าที่ต้องผลิตอย่างต่อเนื่องกันไป ฝ่ายผลิตจะหยุดเดินเครื่องจักร ทำให้ต้องหยุดและเริ่มเดินเครื่องจักรใหม่บ่อยครั้ง และเมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่จะเกิดของเสียจากการเซ็ตอัพขึ้นมา			1	1	ลดความถี่ของของการหยุดเครื่องจักร โดยฝ่ายขายต้องทำการหาลูกค้า และส่งออเดอร์ให้แก่ฝ่ายผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่ฝ่ายผลิตจะได้ทำการวางแผนผลิตสินค้าให้มีความต่อเนื่อง และทุกครั้งที่เดินเครื่องใหม่ให้ตั้งค่าพารามิเตอร์ตามข้อมูลที่เคยบันทึกไว้
SET UP ซ่อมเครื่องจักร	เครื่องจักรหรือแม่พิมพ์เกิดการชำรุดจึงต้องทำการหยุดเครื่องเพื่อแก้ไข แล้วทำการเดินเครื่องใหม่ แต่ทุกครั้งที่ทำการเดินเครื่องใหม่จะต้องปรับสภาวะการเดินเครื่องใหม่ ระหว่างการปรับจะเกิดของเสียขึ้นมา	1	1	1	1	บำรุงรักษาเครื่องจักรและแม่พิมพ์เชิงป้องกัน เพื่อป้องกันการชำรุด หรือทุกครั้งที่ทำการเดินเครื่องใหม่ ให้ตั้งค่าสภาวะการเดินเครื่องจักรตามคู่มือบันทึกค่าการเซ็ตอัพของผลิตภัณฑ์นั้น
SET UP ไฟฟ้าดับ	ฟิวส์เกิดการหลอมละลายเนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ใช้มากเกินไป ทำให้ไฟฟ้าดับ หรืออาจเกิดจากไฟฟ้าในพื้นที่ดับทั้งหมด		1			แยกหม้อแปลงเพื่อลดกระแสไฟฟ้าลง และอาจต้องมีระบบไฟฟ้าสำรอง

ตารางที่ 4-5 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
เศษก้อน	ทุกครั้งที่ทำการเซ็ตอัพจะต้องฉีดก้อนพลาสติกส่วนเริ่มต้นทิ้งไปก่อน เนื่องช่วงแรกนั้น ยังมีพลาสติกเก่าค้างอยู่ในสกรู		1	1		เนื่องจากเศษก้อนนั้นมีความจำเป็นต้องฉีดทิ้งในการเซ็ตอัพเสมอ ดังนั้นการลดจำนวนครั้งของการเซ็ตอัพจะช่วยลดของเสียประเภทนี้ได้
ปรับแต่ง	ทุกครั้งที่ทำการเซ็ตอัพ หลังจากทิ้งหลอดพรีฟอร์มที่เปื้อนน้ำยาขัดเงาแม่พิมพ์ไป 5 ชุดแรกแล้ว จะต้องปรับแต่งชิ้นงานตามลักษณะของเสียที่ปรากฏอยู่จนกว่าจะได้ชิ้นงานที่มีลักษณะสมบูรณ์			1	1	ช่างปรับแต่งชิ้นงานต้องวิเคราะห์ปัญหาของเสียที่พบได้อย่างรวดเร็วและใช้คู่มือการตั้งค่าพารามิเตอร์ประกอบการทำงาน
ความถี่สะสม		2	18	14	11	

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
หลอดติดสไลด์	ตัวรางรับหลอดสึกหรอ	1				เปลี่ยนรางรับหลอดพรีฟอร์มใหม่
	หลอดพรีฟอร์มไหลลงรางไม่ตรง			1		ตั้งระยะชุด infeed ใหม่
หลอดเก็บตก	Gripper ไม่เหมาะสมกับขนาดพรีฟอร์ม หาก Gripper ขนาดใหญ่ไปจับพรีฟอร์มขนาดเล็ก ทำให้เกิดการหยิบพรีฟอร์มแบบหลวม แล้วตอกกับ Bush ไม่ตรง			1		เมื่อทำการเปลี่ยนขนาดของปากพรีฟอร์ม ต้องเปลี่ยน Gripper ตามด้วย
	หลอดสไลด์ลงมายังไม่สุด แต่ Gripper สั่งการหยิบพรีฟอร์มแล้ว ทำให้เกิดการหยิบหลอดอย่างหลวม แล้วตอกไม่ตรงขึ้น			1		ตั้งระยะชุด infeed ใหม่
	กระบอก transfer ดันรางชุด bush ไปไม่ตรงกับตำแหน่ง Center ของการตอกพรีฟอร์ม ทำให้ตอกไม่ลง			1		ตั้งระยะกระบอก transfer ใหม่

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
หลอดขาว	Gripper ตอกหลอดพรีฟอร์มเข้ากับ Bush ไม่ตรง ทำให้หลอดเอียงอยู่บน Bush ซึ่งจะชนกับ limit switch ก่อนเข้าตู้อินฟราเรด ทำให้เครื่องตัดดับ	1				แก้ปัญหาเหมือนหลอดเก็บตก
	กระบอก rotate ที่สั่งการให้ Gripper เคลื่อนที่ มีการใช้งานนาน ทำให้เฟืองด้านในเกิดการสึกหรอ	1				เปลี่ยนกระบอก Rotate ใหม่
	ชุด mandrel น็อตขาด จะบังคับ center ของรางชุด Bush ให้มาสู่ตำแหน่งที่เหมาะสมกับชุด Infeed ไม่ได้	1				เปลี่ยนน็อต Mandrel ใหม่
	ตัวตอกก้นหลอดพรีฟอร์มเข้ากับ Bush ตั้งระยะเยื้องกับก้นหลอด ทำให้ตอกไม่สุด			1		ตั้งระยะตัวตอกหลอดกับกับชุด Bush
	ตัวตอกหลอดตอกลงไม่สุด เช่น เป่าหลอดยาวหลอดแล้วมาตอกหลอดสั้น ถ้าไม่ตั้งตัวตอกหลอดลงให้สุด อาจทำให้พรีฟอร์มสวมเข้ากับ Bush ไม่แน่น			1		ตั้งตัวตอกหลอดลงให้สุดกับก้นพรีฟอร์ม
	โซ่ที่ประกอบกับชุด Bush เกิดการหย่อน ชุด Bush ไม่หมุน และหลอดพรีฟอร์มได้รับความร้อนด้านใดด้านหนึ่งมากเกินไป	1		1		ใส่โซ่เข้ากับเฟือง พร้อมตรวจสอบความตึงของโซ่ให้มีความเหมาะสม

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
ขวดเป็นไต (เป็นวงรอบลำตัวขวด)	หลอดไฟอินฟราเรดแตก บริเวณโซนที่หลอดไฟแตกเนื้อพลาสติกบริเวณนั้นจะไม่ยืดออก		1			ตรวจเช็คหลอดไฟอินฟราเรดสม่ำเสมอ และใช้ limit switch ตรวจสอบหลอดพรีฟอร์มที่เอียงอยู่บนชุด Bush เพื่อป้องกันหลอดพรีฟอร์มแกว่งไปชนเข้ากับหลอดอินฟราเรด
	ตั้งค่าอุณหภูมิหลอดไฟอินฟราเรดไม่สูงเพียงพอ		1	1	1	เพิ่มอุณหภูมิหลอดไฟอินฟราเรด
ขวดขาวบาง	หลอดไฟอินฟราเรดแตกแล้วพนักงานไม่ทำการเปลี่ยนทันที แต่กลับใช้การเพิ่มอุณหภูมิหลอดไฟอินฟราเรดโซนข้างเคียงเพื่อให้ความร้อนแทน ส่งผลให้อุณภูมิบริเวณโซนข้างเคียงร้อนมากเกินไป		1	1		เมื่อหลอดไฟอินฟราเรดแตกต้องทำการเปลี่ยนใหม่ทันที
	พรีฟอร์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีความหนาของเนื้อที่ไม่สม่ำเสมอ บริเวณที่เนื้อหนามากต้องใช้ความร้อนในการเป่าสูง ส่งผลให้บริเวณที่เนื้อหนาปกติได้รับผลกระทบจากความร้อนที่มากเกินไป		1			แก้ปัญหาฉีดพรีฟอร์มแน่น

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
ขวดหนาบาง	พรีฟอร์มที่ฉีดออกมาหนาบาง ทำให้เมื่อเป่าขวดออกมาแล้วจะมีความหนาบาง		1			แก้ปัญหาพรีฟอร์หนาบาง
	O-ring ชุด Bush เกิดการสึกหรอ จึงไม่สัมผัสแนบกับ Housing ทำให้ Bush โยกไปมา ส่งผลให้หลอดพรีฟอร์มได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ ส่วนที่ได้รับความร้อนมาก จะมีเนื้อพลาสติกที่บางกว่า	1				เปลี่ยน O-ring ของชุด Bush
	วาล์วลม Preblow รั่ว ทำให้ลม blow รั่วกลับมาหาลม preblow ส่งผลให้ชิ้นงานเกิดความหนาบาง		1			เปลี่ยนวาล์วลม Pre-blow
ก้นร้อน	อุณหภูมิฐานของหลอดพรีฟอร์มสูงเกินไปทำให้เนื้อพลาสติกไหลจากคอไปทางด้านก้นขวดเป็นส่วนมาก		1			ลดอุณหภูมิบริเวณฐานหลอดพรีฟอร์ม
	ก้นขวดมีความเย็นมากเกินไปทำให้เมื่อเป่าแล้วเนื้อพลาสติกไม่ขยายตัวออก		1			เพิ่มอุณหภูมิบริเวณก้นขวดมากขึ้น

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
ทับหน้าแม่พิมพ์	Stretch rod แทงยืดขึ้นสูงเกินไป ทำให้เกทของขวดติดกับ Base insert ของแม่พิมพ์ เมื่อแม่พิมพ์ปิดประกบ ทำให้ทับชิ้นงาน			1	1	ลดระยะการแทงของ Stretch rod ให้ห่างจากก้นแม่พิมพ์มากขึ้น
	O-ring ชุด Bush เกิดการสึกหรอ ทำให้ Bush โยกไปมา ส่งผลให้ตอกหลอดพรีฟอร์มเข้ากับ Bush ไม่ตรง ทำให้หลอดพรีฟอร์มเอียงเมื่อเข้าแม่พิมพ์แล้วถูกปิดประกบ ส่วนของแม่พิมพ์จะปิดทับพรีฟอร์ม	1				เปลี่ยน O-ring ของชุด Bush
เกลียวเสีย	ขั้นตอนประกอบแม่พิมพ์ อาจยึดแม่พิมพ์กับแผ่นเพลทไม่เท่ากัน ทำให้แม่พิมพ์สองฝั่งมีระดับไม่เท่ากัน ทำให้ตอนแม่พิมพ์ปิดประกบเกลียวขวดอาจจะพับขึ้นหรือลง		1	1		ตรวจสอบระดับความสูงของแม่พิมพ์สองฝั่งให้เท่ากันก่อนเริ่มเดินเครื่องจักร
	ตั้งแม่พิมพ์ต่ำเกินไป ทำให้เวลาแม่พิมพ์ปิดประกบแล้ว เบียดเกลียวขวดลงมา		1	1		เพิ่มความสูงของระดับแม่พิมพ์ขึ้น
	Boot Guide ที่ประคองแม่พิมพ์สองฝั่งให้เท่ากันเกิดการหลวม ทำให้แม่พิมพ์เยื้องกัน และเมื่อปิดประกบจะทับเกลียวขวด		1			เปลี่ยน Boot guide

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
ก้นไม่ตรง	Stretch rod เกิดการงอ เนื่องจากตั้งระยะสูงหรือเข้าใกล้ก้นแม่พิมพ์มากเกินไป	1		1		ปรับระยะการยืดของ Stretch rod ให้ห่างจากก้นแม่พิมพ์มากขึ้น
	O-ring ของ Regulator สึกหรอ ทำให้แรงดันลมรั่ว ทำให้สูญเสียควบคุมลม และเมื่อลม Pre-blow เป่าจะทำให้ก้นขวดเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง		1			เปลี่ยน O-ring ของ Regulator
	regulator อุดตันจากสิ่งสกปรกและน้ำ ทำให้ลมไม่นิ่ง		1	1	1	ติดตั้ง Auto Drain ที่ถังลมและต้องถอด regulator มาล้าง ตลอดจนล้างวาล์ว Blow และ Pre-blow
เป่าไม่เต็มใบ	ตั้งอุณหภูมิหลอดไฟอินฟราเรดน้อยเกินไปทำให้เนื้อพลาสติกไม่ขยายออก		1	1	1	เพิ่มอุณหภูมิหลอดอินฟราเรด หรือเพิ่ม Cycle Time เพื่อให้หลอดพรีฟอร์มได้รับความร้อนมากขึ้น
	แรงดันลม High pressure ไม่เพียงพอ		1			เพิ่มแรงดันลม High pressure หรือล้างวาล์วลม
	รูปทรงของขวดเป่ายาก ขยายแค่ตัวด้านข้าง แต่ก้นขยายยาวออกน้อย จึงต้องพยายามดึงเนื้อตรงก้นมาหาตัว ประกอบกับประสบการณ์ของช่างที่ทำงานในขณะนั้นมีน้อย		1	1		แก้ไข Design แม่พิมพ์ให้ขวดยืดออกตามยาวมากขึ้น จะทำให้ปรับค่าของลมและความร้อนได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ประสบการณ์ของช่าง ตลอดจนการใช้คู่มือการตั้งค่าสภาวะเดินเครื่องจักรของแต่ละแม่พิมพ์มีความสำคัญอย่างยิ่ง

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
เป่าแตก	แรงดันลม Pre-blow ที่ทำหน้าที่ยึดคอกับลำตัวขวดออกในเบื้องต้นก่อนนั้นน้อยเกินไป เมื่อลม Blow เป่าจึงส่งผลให้ขวดถูกเป่าจนมีรูโหว่		1			ล้างวาล์วลม Pre-blow หากไม่สามาถแก้ไขได้ ให้ทำการเปลี่ยนชุดซ่อม
	O-ring ของ Regulator เกิดการสึกหรอทำให้ลมรั่วออกส่งผลให้แรงดันลมมีมากกว่าค่าที่ตั้งไว้ ตัวอย่างเช่น ตั้งค่าแรงดันลมไว้ 10 บาร์ แต่ลมออกจริงอาจเกิน 10 บาร์ จึงส่งผลให้ขวดเป่าแตก		1			เปลี่ยน O-ring ของ Regulator
	กระบอกลมของ Stretch rod เกิดการรั่ว ทำให้การแทงยืดพรีฟอร์มช้าลง แต่ลม Pre-blow ถูกเป่าไปแล้วทำให้ขวดเป่าแตก		1			เปลี่ยนกระบอกลมใหม่
ลายน้ำ	อุณหภูมิน้ำ Chiller ที่ใช้หล่อเย็นแม่พิมพ์เย็นเกินไป		1			ต้องหรี่น้ำที่ใช้หล่อเย็นลง
	ก้นแม่พิมพ์รั่ว จากน็อตยึดก้นโมขาด หรือก้นโมร้าว		1			เปลี่ยนน็อต, เปลี่ยนชิ้นก้นของ bottom mold
	Design แม่พิมพ์ออกแบบให้เจาะทางน้ำใกล้ชิ้นงานมากเกินไป ส่งผลให้ผิวแม่พิมพ์บริเวณใกล้ชิ้นงานเย็นมากเกินไป จึงเกิดหยดน้ำขึ้น		1	1		Design แม่พิมพ์ใหม่ออกแบบทางน้ำให้มีระยะห่างจากชิ้นงานมากขึ้น หรือต้องทำการหรี่น้ำที่ใช้หล่อเย็นลง

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
คอบวม	อุณหภูมิ Cooling ramp ที่ใช้หล่อเย็นคอพรีฟอร์มสูงเกินไป		1			ลดอุณหภูมิ Cooling ramp
	ระดับของ Cooling ramp อาจเลื่อนตกลงมา ทำให้ไม่ตรงกับคอขวด		1			ปรับตั้งระดับ Cooling ramp ให้เหมาะสม
ก้นยุบ	ระยะแทงของ Stretch rod สูงเกินไปจนแทงเนื้อขวดยุบกลับมาเข้า			1		ลดระยะการเคลื่อนที่ของ Stretch rod
คอเอียง	อุณหภูมิน้ำที่ใช้หล่อเย็นแม่พิมพ์สูงเกินไป		1			ลดอุณหภูมิน้ำที่หล่อเย็นแม่พิมพ์
ตะเข็บเหลื่อม	Boot Guide ที่ประคองแม่พิมพ์สองฝั่งให้เท่ากันเกิดการหลวม ทำให้แม่พิมพ์เยื้องกัน และเมื่อปิดประกบจะทับเกลียวขวด		1			เปลี่ยน Boot guide
ตะเข็บบุ๋ม	O-ring ของแผ่นเพลทของเครื่องจักรที่ใช้ยึดแม่พิมพ์ไว้ (ด้านหลังแม่พิมพ์) เกิดการแตก ทำให้เมื่อลม High pressure สั่งแม่พิมพ์ปิดประกบไม่สนิท เมื่อทำการเป่าขวดแล้วจะทำให้ตะเข็บหลวม	1				แผ่น O-ring แผ่นเพลทหลังแม่พิมพ์

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
ตะเข็บบุ่ม	O-ring ของแผ่นเพลทของเครื่องจักรที่ใช้ยึดแม่พิมพ์ไว้ (ด้านหลังแม่พิมพ์) เกิดการแตก ทำให้เมื่อลม High pressure สั่งแม่พิมพ์ปิดประกบไม่สนิท เมื่อทำการเป่าขวดแล้วจะทำให้ตะเข็บหลวม	1				แผ่น O-ring แผ่นเพลทหลังแม่พิมพ์
ปากเสียรูป	Cooling ramp ที่หล่อเย็นคอของพรีฟอร์มระหว่างที่ผ่านตู้อินฟราเรด มีอุณหภูมิสูงเกินไป		1			ลดอุณหภูมิน้ำ Chiller ที่เข้า Cooling ramp
	Blower ของตู้อินฟราเรดไม่ทำงาน ทำให้คอพรีฟอร์มได้รับความร้อนมากเกินไป		1			ตรวจสอบ Magnetic contactor ที่สั่งการให้ Blower ทำงาน
ก้นนูน	น้ำหล่อเย็นบริเวณก้นแม่พิมพ์นั้นร้อนเกินไป		1			ลดอุณหภูมิน้ำ Chiller หรือหากทางน้ำถูกหรี่อยู่ ให้เปิดน้ำเข้ามาเพิ่มขึ้น
	ลมสำหรับใช้เป่าก้นขวดหลังจากที่ออกมาจากแม่พิมพ์หัวเป่าตำแหน่งไม่ตรงกับก้นขวด			1		ตั้งชุดลมเป่าก้นขวดให้มีตำแหน่งที่ตรงกับก้นขวด

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
ก้นรั่ว	พรีฟอร์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบก้นรั่ว		1		1	แก้ปัญหาพรีฟอร์มก้นรั่ว และสุ่มตรวจวัตถุดิบที่ใช้ทำการผลิต
รอยร้าว	พรีฟอร์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีรอยร้าว		1		1	แก้ปัญหาพรีฟอร์มมีรอยร้าว และสุ่มตรวจวัตถุดิบที่ใช้ทำการผลิต
เส้นใย	พรีฟอร์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีเส้นใยบนผิว		1		1	แก้ปัญหาพรีฟอร์มมีเส้นใย และสุ่มตรวจวัตถุดิบที่ใช้ทำการผลิต
ฟองอากาศ	พรีฟอร์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีฟองอากาศ		1		1	แก้ปัญหาพรีฟอร์มมีฟองอากาศ และสุ่มตรวจวัตถุดิบที่ใช้ทำการผลิต
ก้นไหม้	พรีฟอร์มที่ใช้เป็นวัตถุดิบก้นรั่ว		1		1	แก้ปัญหาพรีฟอร์มก้นรั่ว และสุ่มตรวจวัตถุดิบที่ใช้ทำการผลิต

ตารางที่ 4-6 แสดงวิธีการแก้ปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวดเพท (ต่อ)

วิธีการแก้ไขปัญหาของเสีย แผนกเป่าขวด						
ลักษณะของเสีย	สาเหตุของปัญหา	จัดกลุ่มสาเหตุเพื่อหาความถี่ของปัญหา				วิธีการแก้ไข
		Hardware	Supply	Humanware	Software	
Set up ซ่อมแม่พิมพ์/เครื่องจักร	เครื่องจักรหรือแม่พิมพ์เกิดการชำรุดจึงต้องทำการหยุดเครื่องเพื่อแก้ไข แล้วทำการเดินเครื่องใหม่ แต่ทุกครั้งที่ทำการเดินเครื่องใหม่จะต้องปรับสภาวะการเดินเครื่องใหม่ ระหว่างการปรับจะเกิดของเสียขึ้นมา	1	1	1	1	บำรุงรักษาเครื่องจักรและแม่พิมพ์เชิงป้องกัน เพื่อป้องกันการชำรุด และทุกครั้งที่เดินเครื่องใหม่ให้ตั้งค่าพารามิเตอร์ตามข้อมูลที่เคยบันทึกไว้
Set up เปลี่ยนแม่พิมพ์	ทุกครั้งที่ทำการเปลี่ยนแม่พิมพ์ ต้องทำการปรับสภาวะการเดินเครื่องใหม่ ระหว่างการปรับจะเกิดของเสียขึ้นมา			1	1	ฝ่ายผลิตต้องรวบรวม order จากฝ่ายขายเพื่อวางแผนการผลิต โดยให้สินค้าชนิดขวดเดียวกันมีปริมาณมากที่สุด เพื่อลดความถี่ของการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และทุกครั้งที่เดินเครื่องใหม่ให้ตั้งค่าพารามิเตอร์ตามข้อมูลที่เคยบันทึกไว้
Set up ตามแผนการผลิต	เมื่อผลิตสินค้าได้ครบตามจำนวนที่ต้องการแล้ว หากไม่มีออเดอร์สินค้าที่ต้องผลิตอย่างต่อเนื่องกันไป ฝ่ายผลิตจะหยุดเดินเครื่องจักร ทำให้ต้องหยุดและเริ่มเดินเครื่องจักรใหม่บ่อยครั้ง และเมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่จะเกิดของเสียจากการเซ็ตอัพขึ้นมา			1	1	ลดความถี่ของของการหยุดเครื่องจักร โดยฝ่ายขายต้องทำการหาลูกค้า และส่งออเดอร์ให้แก่ฝ่ายผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่ฝ่ายผลิตจะได้ทำการวางแผนผลิตสินค้าให้มีความต่อเนื่อง และทุกครั้งที่เดินเครื่องใหม่ให้ตั้งค่าพารามิเตอร์ตามข้อมูลที่เคยบันทึกไว้
ความถี่สะสม		10	35	22	12	

ตารางที่ 4-7 ตารางแสดงความถี่สะสมของปัญหาในภาพรวม

ตารางแสดงความถี่สะสมของปัญหาในภาพรวม				
	Hardware	Supply	Humanware	Software
แผนกฉีดพรีฟอร์ม	2	18	14	11
แผนกเป่าขวดเพท	10	35	22	12
ลำดับความสำคัญ	4	1	2	3

การพิจารณาความถี่สะสมของแต่ละกลุ่มปัญหา จะเห็นว่าแต่ละกลุ่มปัญหามีความถี่สะสมที่แตกต่างกันออกไป โดยกลุ่มที่มีความถี่สะสมมาก อาจสะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มปัญหานั้นเป็นต้นเหตุของการเกิดของเสียในหลากหลายประเภท และจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการของเสียในภาพรวมตามลำดับความสำคัญ หากสามารถจัดการกับของเสียกลุ่มที่มีความถี่สะสมมากที่สุดก่อนเป็นอันดับแรกๆ อาจส่งผลให้ลดปริมาณของเสียได้พร้อมๆกันในหลากหลายประเภทของเสีย หากพิจารณาตารางที่ 4-7 พบว่าความถี่สะสมของกลุ่มปัญหาที่เป็นต้นเหตุของการเกิดของเสียของแผนกฉีดพรีฟอร์มและเป่าขวดเพทนั้นมีผลลัพธ์คล้ายคลึงกัน ซึ่งกลุ่มปัญหาที่มีความสำคัญเป็นลำดับแรก คือ Supply รองลงมา คือ Humanware, Software และ Hardware ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดเรียงตามลำดับความสำคัญดังนี้

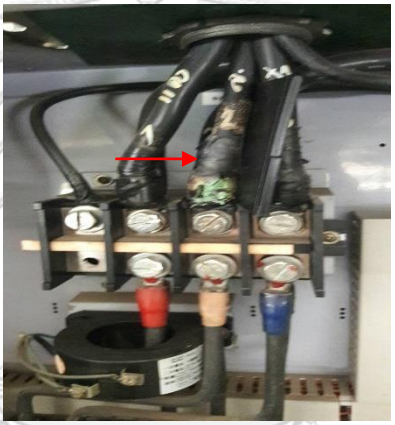
1) Supply พบว่าระบบสนับสนุนกระบวนการผลิต ได้แก่ Chiller, Cooling tower และระบบไฟฟ้า ของแผนกฉีดพรีฟอร์มและแผนกเป่าขวดเพทนั้นถูกใช้ร่วมกัน โดย Cooling tower ถูกใช้เป็นน้ำหล่อเย็นบริเวณคอลย์ร้อนของระบบ Chiller อีกทีหนึ่ง ส่วน Chiller จะผลิตน้ำเย็นไปหล่อเย็นเครื่องจักรและแม่พิมพ์ ทั้งนี้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบ Cooling tower คือ ใบพัดไม่หมุน ดังรูปที่ 4-17, การมีตะกรันอุดตันบนแผงกระจายน้ำ ทำให้น้ำรั่วออกมา, การมีน้ำรั่วออกมาจากมอเตอร์ ดังรูปที่ 4-18 และมอเตอร์ขาดการบำรุงดูแลรักษาทั่วไป โดยวิธีการแก้ปัญหา คือ ดูแลรักษามอเตอร์ของระบบ Cooling tower ให้สมบูรณ์ตลอดเวลา เช่น ตรวจสอบรอยรั่ว การเปลี่ยนลูกปืนชุดปั๊ม การเปลี่ยนเพลาแกนปั๊ม การเปลี่ยนยางคอปปลิ้ง การทำ overhaul เป็นต้น และต้องมีการกำจัดตะกรันออกจากแผงกระจายน้ำ ดังรูปที่ 4-19 ส่วนปัญหาที่เกิดจากระบบ Chiller พบว่าเกิดปัญหาสภาพสายไฟ Main เกิดการชำรุด ดังรูปที่ 4-20 และเกิดการรั่วไหลของ Cooling agent ขึ้น วิธีการแก้ปัญหา คือ เปลี่ยนสายไฟ Main ใหม่ ดังรูปที่ 4-21 และตรวจสอบการรั่วไหลของ Cooling agent ดังรูปที่ 4-22 ส่วนปัญหาที่เกิดจากระบบไฟฟ้า พบว่าเกิดปัญหาเกิดการใช้โหลดของไฟฟ้ามากเกินไปทำให้ฟิวส์เกิดการอาร์ค ดังรูปที่ 4-23 และอุณหภูมิของ busbar สูงถึง 103 องศาเซลเซียส รวมถึง

อุณหภูมิสายไฟก่อนเข้าตู้ MDB สูงถึง 67 องศาเซลเซียส วิธีการแก้ปัญหา คือ ต้องควบคุมการใช้เครื่องจักรไม่ให้มีการใช้กระแสไฟฟ้าสูงมากเกินไป และใช้ thermoscan ติดตามอุณหภูมิของ สายไฟก่อนเข้าตู้ MDB ไม่ให้ใกล้หรือเกินกว่า 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของ Busbar ไม่ให้เกิน 90 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4-24 และ 4-25

รูปที่ 4-17 แสดงใบพัดของ Cooling tower ไม่หมุน
ถ่ายเมื่อ ; 8 ธันวาคม 2561

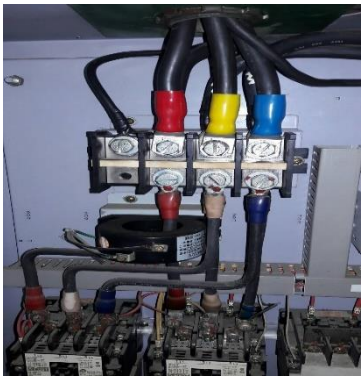
รูปที่ 4-18 แสดงน้ำรั่วบริเวณมอเตอร์
ถ่ายเมื่อ ; 8 กุมภาพันธ์ 2562

รูปที่ 4-19 แสดงการกำจัดตะกรันออกจากแผงกระจายน้ำ
ถ่ายเมื่อ ; 14 มิถุนายน 2563



รูปที่ 4-20 แสดงจุดต่อสายไฟ Main เกิดการชำรุด
ถ่ายเมื่อ ; 15 กันยายน 2562

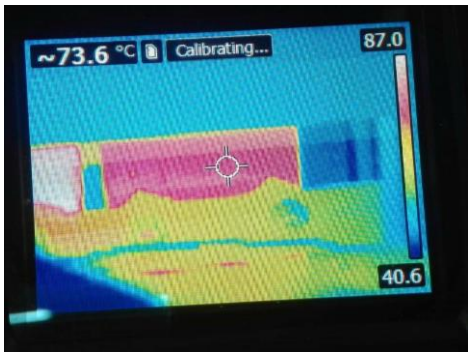
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-21 แสดงการเปลี่ยนสายไฟ Main ใหม่
ถ่ายเมื่อ ; 15 กันยายน 2562

รูปที่ 4-22 แสดงการตรวจสอบการรั่วไหลของ Cooling agent ของระบบ Chiller
ถ่ายเมื่อ ; 9 เมษายน 2562

รูปที่ 4-23 แสดงฟิวส์ของระบบไฟฟ้าเกิดการอาร์ค
ถ่ายเมื่อ ; 14 มกราคม 2562

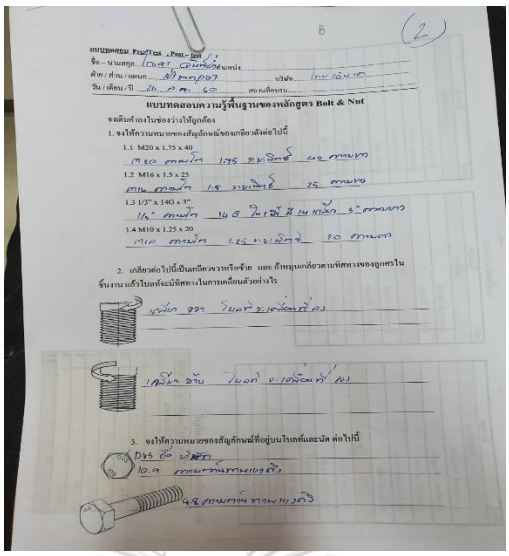


รูปที่ 4-24 การใช้ thermoscan วัดอุณหภูมิ Busbar
ถ่ายเมื่อ ; 12 กันยายน 2562

รูปที่ 4-25 การใช้ thermoscan วัดอุณหภูมิของสายไฟก่อนเข้าตู้ MDB
ถ่ายเมื่อ ; 12 กันยายน 2562

2) Humanware พบว่าปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา คือ แผนกช่างไม่มีการสื่อสารกันระหว่างกะในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาของเสีย เช่น แก้ประเด็นปัญหาใดไปบ้างแล้ว และปัญหาใดยังไม่ได้แก้, พนักงานไม่มีความรู้มากพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพนักงานที่เข้ามาใหม่ และพนักงานหน้าเครื่องจักรวิเคราะห์ลักษณะของเสียได้ไม่ชำนาญ เนื่องจากขาดความรู้และปัญหาลักษณะของเสียอาจมีความคลุมเครือ วิธีแก้ปัญหา คือ จัดให้แผนกช่างมีการประชุมต่องานกันทุกในเช้าเพื่อให้พนักงานทุกคนและทุกกะได้พูดคุยกัน การให้พนักงานทุกคนแชร์วิธีการแก้ปัญหาของเสียและแชร์งานที่มีความเกี่ยวข้องกับของเสียที่ต้องดำเนินการแก้ไขต่อ, จัดให้มีการอบรมทักษะต่างๆ โดยเฉพาะพนักงานที่เข้ามาทำงานใหม่ รวมทั้งมีการจัดทำแบบทดสอบในหัวข้อต่างๆ เช่น pneumatic, hydraulic, Bolt and nut ดังรูปที่ 4-26 เป็นต้น และการจัดการอบรมพนักงานหน้าเครื่องเกี่ยวกับลักษณะของเสียประเภทต่างๆ เพื่อให้วิเคราะห์ปัญหาได้รวดเร็ว รวมทั้งการจัดทำบอร์ดแสดงลักษณะของเสีย ดังรูปที่ 4-27 นอกจากวิธีการแก้ปัญหาของเสียดังกล่าวแล้ว อาจมีการสร้างแรงจูงใจในการลดของเสียโดยการมอบรางวัลตอบแทนหากพนักงานทุกฝ่ายตั้งแต่ระดับหัวหน้าช่าง และพนักงานหน้าเครื่องช่วยกันลดปริมาณละร้อยละของเสียลงได้ตามเป้าหมาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4-26 แสดงข้อสอบ Pre-test และ Post-test ของเรื่อง Bolt and nut
ถ่ายเมื่อ ; 16 มิถุนายน 2562

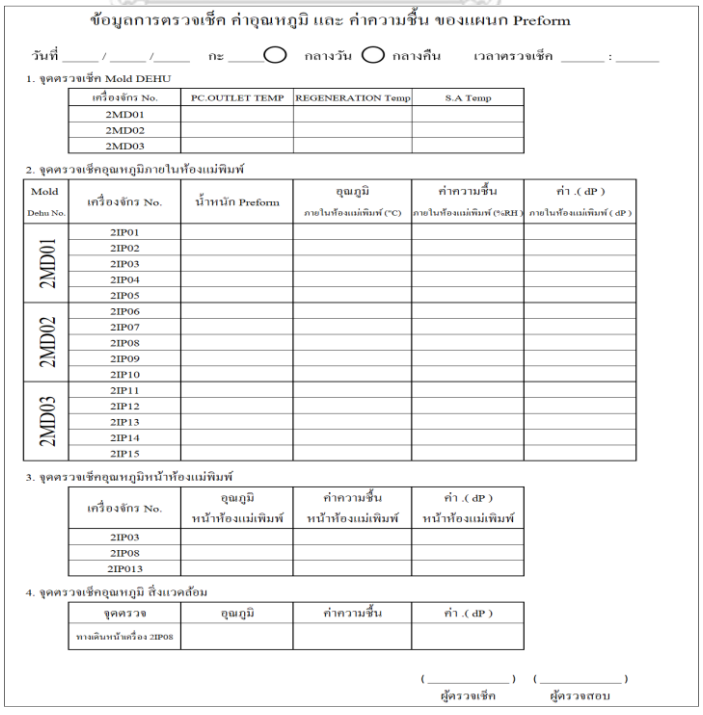
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4-27 แสดงบอร์ดแสดงลักษณะของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม
ถ่ายเมื่อ ; 16 มิถุนายน 2562

3) Software ปัญหาที่พบของกรณีศึกษา คือ ไม่มีการบันทึกค่าพารามิเตอร์การเดินเครื่องจักรต่างๆ ทำให้ไม่มีข้อมูลพารามิเตอร์ใช้ในการเซ็ตอัพเครื่องครั้งถัดไป, การรับรู้ถึงความผิดปกติของเครื่อง Mold dehumidifier ช้าเกินไปเพราะไม่มีการตรวจวัดติดตามค่าความชื้นในอากาศ, พนักงานไม่มีคู่มือประกอบการทำงาน, วิธีการทำงานไม่เหมาะสม เช่น การบรรจุสินค้าพรีฟอร์ม จะบรรจุถุงจัมโบ้ 300 กิโลกรัม ส่งผลให้หลอดพรีฟอร์มด้านล่างเกิดของเสียประเภทปากเบี้ยวขึ้น และการทิ้งหลอดพรีฟอร์มจากการเซ็ตอัพที่เปื้อนคราบวีนอลมากเกินไป วิธีการแก้ไข คือ จัดทำ

รายงานบันทึกค่าพารามิเตอร์ทุกแผนก, การจัดให้มีการใช้ Anemometer ในการวัดพารามิเตอร์ทางอากาศ ดังรูปที่ 4-28 แล้วจัดทำรายงานบันทึกค่าความชื้นในอากาศและค่า Dew point ดังรูปที่ 4-29 เพื่อติดตามการทำงานของเครื่องลดความชื้นในอากาศได้ทันท่วงที, จัดทำหรือจัดหาคู่มือให้พนักงานใช้ประกอบการทำงานทั้งแผนกช่างและแผนกตรวจสอบคุณภาพ ดังรูปที่ 4-30, เปลี่ยนวิธีการทำงาน เช่น กำหนดให้บรรจุพรีฟอร์มเหลือถุงจัมโบ้ละ 200 กิโลกรัม และการกำหนดจำนวนช็อตของการฉีดพรีฟอร์มที่เปื้อนคราบวีนอลทิ้งในจำนวนครั้งที่แน่นอน เช่น ทิ้งเฉพาะการฉีดพรีฟอร์ม 5 ชุดแรกเท่านั้น เพื่อลดการทิ้งพรีฟอร์มมากเกินจำเป็น

รูปที่ 4-28 แสดงการตรวจวัดความชื้นในบรรยากาศ โดยใช้ Anemometer
ถ่ายเมื่อ ; 12 พฤศจิกายน 2562



ข้อมูลการตรวจเช็ค ค่าอุณหภูมิ และ ค่าความชื้น ของแผนก Preform

วันที่ ____ / ____ / ____ กะ ____ ◯ กลางวัน ◯ กลางคืน เวลาตรวจเช็ค ____ : ____

1. จุดตรวจเช็ค Mold DEHU

เครื่องจักร No.	PC.OUTLET TEMP	REGENERATION Temp	S.A Temp
2MD01			
2MD02			
2MD03			

2. จุดตรวจเช็คอุณหภูมิภายในห้องแม่พิมพ์

Mold Dehu No.	เครื่องจักร No.	น้ำหนัก Preform	อุณภูมิ ภายในห้องแม่พิมพ์ (°C)	ค่าความชื้น ภายในห้องแม่พิมพ์ (%RH)	ค่า .(dP) ภายในห้องแม่พิมพ์ (dP)
2MD01	2IP01				
	2IP02				
	2IP03				
	2IP04				
	2IP05				
2MD02	2IP06				
	2IP07				
	2IP08				
	2IP09				
	2IP10				
2MD03	2IP11				
	2IP12				
	2IP13				
	2IP14				
	2IP15				

3. จุดตรวจเช็คอุณหภูมิหน้าห้องแม่พิมพ์

เครื่องจักร No.	อุณภูมิ หน้าห้องแม่เพิมพ์	ค่าความชื้น หน้าห้องแม่เพิมพ์	ค่า .(dP) หน้าห้องแม่เพิมพ์
2IP03			
2IP08			
2IP013			

4. จุดตรวจเช็คอุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม

จุดตรวจ	อุณภูมิ	ค่าความชื้น	ค่า .(dP)
ทางเดินหน้าเครื่อง 2IP08			

(_____) (_____)
ผู้ตรวจเช็ค ผู้ตรวจสอบ

รูปที่ 4-29 แสดงแบบบันทึกค่าพารามิเตอร์เกี่ยวข้องกับความชื้นในอากาศ

รูปที่ 4-30 แสดงการใช้คู่มือประกอบการทำงาน
ถ่ายเมื่อ ; 12 พฤศจิกายน 2562

4) Hardware พบว่าปัญหาของกรณีศึกษา คือ ชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักรเกิดการสึกหรอ เมื่อถูกใช้ไปเป็นระยะเวลานาน, เมื่อเครื่องจักรเกิดการ Break down แล้วพนักงานไม่ทราบถึงปัญหา เนื่องจากไม่มีการแจ้งเตือนที่มองเห็นได้ง่าย และหลอดพรีฟอร์มที่ถูกฉีดเสร็จแล้วตกลงมา แต่กระเด็นออกนอกสายพานลำเลียง ทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดพรีฟอร์มเก็บตกที่มีความสกปรกขึ้น วิธีการแก้ไข คือ จัดให้มีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) ดังรูปที่ 4-31, จัดทำระบบ Alarm แจ้งเตือนเมื่อเครื่องจักรเกิดการ Break down ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ดังรูปที่ 4-32 และจัดทำการ์ดครอบสายพานลำเลียงพรีฟอร์ม เพื่อป้องกันหลอดพรีฟอร์มที่ถูกฉีดเรียบร้อยแล้วตกลงสู่พื้น ดังรูปที่ 4-33

รูปที่ 4-31 แสดงการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน
ถ่ายเมื่อ ; 12 กันยายน 2562

รูปที่ 4-32 ระบบ Alarm เมื่อเครื่องจักรเกิดความผิดปกติ

ถ่ายเมื่อ ; 12 กันยายน 2562

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4-33 แสดงการจัดทำการ์ดครอบสายพานลำเลียงหลอดพรีฟอร์ม

ถ่ายเมื่อ ; 12 กันยายน 2562

4.3 ผลการวิเคราะห์หลังการดำเนินการตามมาตรการลดของเสียในกระบวนการผลิตขวดเพท

การดำเนินการลดของเสียได้เริ่มดำเนินการเมื่อไตรมาสที่ 2 โดยเน้นจัดการปัญหาตามประเภทของเสียที่เป็นจุด Hot spot 5 อันดับแรกก่อน หลังจากนั้นจึงจัดการปัญหาของเสียในภาพรวมตามลำดับความสำคัญของสาเหตุของกลุ่มปัญหา ซึ่งมี 4 มาตรการหลัก ได้แก่ มาตรการที่ 1 คือ การปรับปรุงระบบสนับสนุนการผลิต ได้แก่ ระบบน้ำหล่อเย็น ระบบลม ระบบการให้ความร้อนและแม่พิมพ์ มาตรการที่ 2 คือ สร้างองค์ความรู้แก่พนักงาน อบรม ทดสอบ มาตรการที่ 3 คือ การจัดทำคู่มือในการปฏิบัติงาน จัดทำตารางบันทึกพารามิเตอร์เครื่องจักรให้ครอบคลุมมากขึ้น และทำข้อตกลงในการทำงาน มาตรการที่ 4 คือ การปรับปรุงความสมบูรณ์ของเครื่องจักร โดยทั้ง 4 มาตรการข้างต้นนี้ได้เริ่มดำเนินการพร้อมกันทั้งหมดในไตรมาสที่ 2 เป็นต้นมาจนครบ 4 ไตรมาส ทั้งนี้ได้มีการเก็บข้อมูลมลสารและของเสียอย่างต่อเนื่องเพื่อติดตามผลการดำเนินมาตรการ รายละเอียดการดำเนินการมีดังนี้

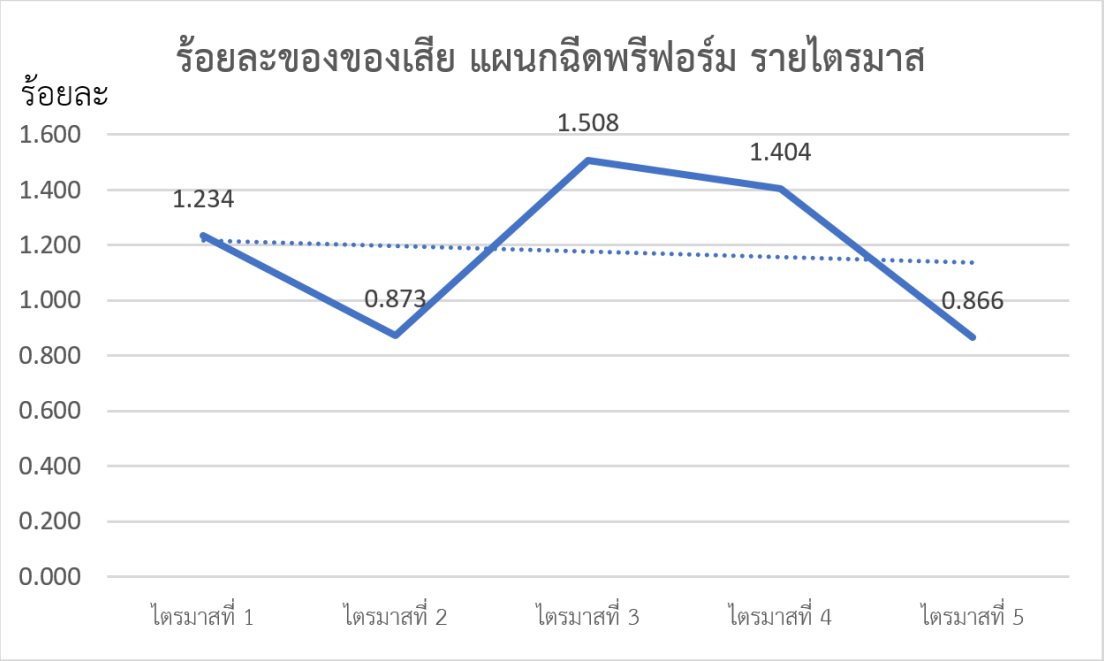
4.3.1 แนวโน้มของร้อยละของของเสีย

ประสิทธิภาพของมาตรการลดของเสียอาจพิจารณาจากแนวโน้มร้อยละของของเสียที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก) แผนกฉีดพรีฟอร์ม

เมื่อพิจารณาของเสียในภาพรวม พบว่าร้อยละของของเสียมีแนวโน้มลดลงจากร้อยละ 1.234 ในไตรมาสที่ 4 เหลือร้อยละ 0.873 ในไตรมาสที่ 2 แต่กลับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.508 และ 1.404 ในไตรมาสที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ทั้งนี้จากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมพบว่าในไตรมาสที่ 5 ของเสียลดลงเหลือร้อยละ 0.866 ดังรูปที่ 4-34 และ ตารางที่ 4-10 เหตุผลที่ร้อยละของเสียในไตรมาสที่ 2 ลดลงอาจเป็นเพราะการจัดการของเสียตามประเภทของเสียที่เป็น Hot spot และการจัดการของเสียในภาพรวม ทั้งนี้ในไตรมาสที่ 3 และ 4 เกิดเหตุการณ์สำคัญที่โรงงานกรณีศึกษาไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อน คือ น้ำชิลเลอร์ที่ใช้งานในระบบคอยล์เย็นของ Mold dehumidifier เกิดความบกพร่องของเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงกว่าที่ตั้งไว้ ซึ่งเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นในไตรมาสที่ 3 ส่วนอีกเหตุการณ์สำคัญ คือ มอเตอร์ที่สั่งการให้ Honeycomb ของ Mold dehumidifier หมุนไม่ทำงาน ทำให้ไม่สามารถ Regenerate ไล่ความชื้นออกจากซิลิกาเจลที่อยู่บนแผง Honeycomb ได้ ซึ่งเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นในไตรมาสที่ 4 เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้ทำให้ระบบกำจัดความชื้นรอบแม่พิมพ์ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดของเสียประเภทหลอดร้าวขึ้นมาจำนวนมากในไตรมาสที่ 3 และ 4 เพราะโรงงานกรณีศึกษาใช้เวลานานในการค้นหาต้นเหตุของปัญหาให้เจอ และเมื่อ Mold dehumidifier เกิดปัญหาขึ้นมา จะทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดร้าวขึ้นมาพร้อมกันทุกเครื่อง ทำให้ของเสียประเภทนี้มีปริมาณค่อนข้างมาก ซึ่งปริมาณของเสียประเภทหลอดร้าวต้องแสดง

อยู่ในไตรมาสที่ของเสียเหล่านี้บังเอิญเกิดขึ้นมา ทั้งนี้ปัญหาดังกล่าวได้ถูกแก้ไขอย่างสมบูรณ์ภายในไตรมาสที่เกิดเหตุการณ์ต่างๆขึ้นมา โดยการดูแลรักษาความสมบูรณ์ของระบบ Chiller และมอเตอร์ที่ใช้งานร่วมกับ Mold dehumidifier ตลอดจนการจัดทำการบันทึกค่า Dew point รอบแม่พิมพ์ เพื่อติดตามการทำงานของระบบกำจัดความชื้นในอากาศอย่างใกล้ชิด ทำให้ร้อยละของเสียในไตรมาสที่ 5 ปรับตัวลดลงไปเนื่องจากแก้ปัญหาของเสียประเภทหลอดร้าวเรียบร้อยแล้ว โดยลักษณะของคอยล์เย็น และ Honeycomb ของ Mold dehumidifier แสดงดังรูปที่ 4-35 และ 4-36 ตามลำดับ



รูปที่ 4-34 กราฟแสดงแนวโน้มร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4-35 แสดงคอยล์เย็นของ Mold dehumidifier
ถ่ายเมื่อ ; 27 มิถุนายน 2562

รูปที่ 4-36 แสดง Honeycomb ของ Mold dehumidifier
ถ่ายเมื่อ ; 8 สิงหาคม 2562

เมื่อพิจารณาประเภทของเสียตาม Hot spot ของปัญหา พบว่าหากเปรียบเทียบร้อยละของเสียของไตรมาสที่ 1 และ 4 จะสังเกตุได้ว่าของเสียประเภทปรับแต่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.159 เนื่องจากทุกครั้งที่เกิดของเสียประเภทหลอดร้าวขึ้นมา จะต้องทำการหยุดเครื่องจักรและเซ็ตอัพเครื่องใหม่ ดังนั้นจะต้องพิจารณาร้อยละของเสียประเภทปรับแต่งร่วมกับจำนวนครั้งของการเซ็ตอัพด้วย โดยเมื่อพิจารณาตารางที่ 4-8 จะพบว่าการปรับแต่งมีจำนวนครั้งเพิ่มมากขึ้นจาก 162 ครั้ง/ไตรมาส เป็น 218 ครั้ง/ไตรมาส ทั้งนี้ปริมาณของเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นต่อครั้งลดลงจาก 20.61 กิโลกรัม/ครั้ง เหลือ 18.26 กิโลกรัม/ครั้ง แสดงให้เห็นถึงการลดปริมาณของเสียต่อครั้งของการเซ็ตอัพได้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้แบบบันทึกค่าพารามิเตอร์ทำให้ค่าพารามิเตอร์ถูกปรับเข้าสู่ค่าที่เหมาะสมได้รวดเร็ว ทำให้ปริมาณของเสียจากการปรับแต่งเกิดขึ้นน้อย ของเสียประเภทเซ็ตอัพซ่อมเครื่องจักรมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 0.041 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการกำหนดจำนวนชุดการฉีดหลอดพรีฟอร์มเปื้อนคราบวีนอลทิ้งที่ชัดเจนที่ 5 ชุดการฉีดต่อการเซ็ตอัพ 1 ครั้ง ทำให้ลดการทิ้งหลอดพรีฟอร์มได้ค่อนข้างมาก ของเสียประเภทหลอดไหม้มีแนวโน้มลดลงร้อยละ 0.084 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยน insulator ใหม่ทั้งหมด การปรับค่าพารามิเตอร์ความร้อนที่เหมาะสมมากขึ้น ของเสียประเภทเศษก้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.011 ซึ่งจะต้องพิจารณาจำนวนครั้งที่ทำการเซ็ตอัพประกอบกันด้วยเหมือนของเสียประเภทปรับแต่ง โดยพบว่าจำนวนครั้งของการฉีดเศษก้อนทิ้งมีจำนวนครั้งเพิ่มมากขึ้นจาก 162 ครั้ง/ไตรมาส เป็น 218 ครั้ง/ไตรมาส ทั้งนี้ปริมาณของเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นต่อครั้งลดลงจาก 5.07 กิโลกรัม/ครั้ง เหลือ 3.63 กิโลกรัม/ครั้ง ดังตารางที่ 4-8 สุดท้าย คือ ของเสียประเภทหลอดร้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.206 ตามเหตุผลที่ได้กล่าวมาก่อนหน้า

ตารางที่ 4-8 แสดงการวิเคราะห์ของเสียจากการเซ็ตอัพ แผนกฉีดพรีฟอร์ม

ตารางวิเคราะห์ของเสียจากการเซ็ตอัพ แผนกฉีดพรีฟอร์ม							
ช่วงเวลา		เซ็ตอัพตามแผนการผลิต	เซ็ตอัพซ่อมเครื่องจักร	เซ็ตอัพไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง	รวมของเสียจากการเซ็ตอัพ
ไตรมาสที่ 1	กก.	346.82	1,653.99	78.6	820.79	3,338.21	6,238.41
	จำนวนครั้ง	50	104	8	162	162	162
	กก./ครั้ง	**6.94**	**15.90**	**9.83**	**5.07**	**20.61**	**38.51**
ไตรมาสที่ 2	กก.	233.1	1,056.7	76.29	559.69	2,789.27	4,715.05
	จำนวนครั้ง	23	109	11	143	143	143
	กก./ครั้ง	**10.13**	**9.69**	**6.94**	**3.91**	**19.51**	**32.97**
ไตรมาสที่ 3	กก.	322.37	1,532.91	196.68	1,051.32	3,879.83	6,983.1
	จำนวนครั้ง	46	134	21	201	201	201
	กก./ครั้ง	**7.01**	**11.44**	**9.37**	**5.23**	**19.30**	**34.74**
ไตรมาสที่ 4	กก.	205.83	1,163.4	135.95	791.90	3,981.42	6,278.49
	จำนวนครั้ง	73	129	16	218	218	218
	กก./ครั้ง	**2.82**	**9.02**	**8.50**	**3.63**	**18.26**	**28.80**

เมื่อพิจารณาของเสียประเภทอื่นที่อยู่นอกเหนือจากประเภทของเสียที่เป็น Hot spot พบว่าของเสียบางประเภทมีการลดลงของร้อยละของของเสียเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ฟองอากาศ ร้อยละ 0.039, ก้นใส ร้อยละ 0.026, ปากเบี้ยว ร้อยละ 0.026, เก็บตก ร้อยละ 0.017, เซ็ตอัพตามแผนการผลิต ร้อยละ 0.014, เกทยาว ร้อยละ 0.013, อื่นๆ ร้อยละ 0.008 และหลอดขาวขุ่น ร้อยละ 0.003 ตามลำดับ ของเสียบางประเภทมีการเพิ่มขึ้นของร้อยละของของเสีย เรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ปากไม่เต็ม ร้อยละ 0.019, จุดดำ ร้อยละ 0.018, ก้นแน่น ร้อยละ 0.017 และเซ็ตอัพไฟฟ้าดับ ร้อยละ 0.01 ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่าของเสียบางประเภทมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ปากเบี้ยว ร้อยละ 100, ก้นใส ร้อยละ 96.73, เกทยาว ร้อยละ 91.36, ฟองอากาศ ร้อยละ 87.37, เก็บตก ร้อยละ 75.6, หลอดขาวขุ่น ร้อยละ 67.08, หลอดไหม้ ร้อยละ 62.73, อื่นๆ ร้อยละ 51.87, เซ็ตอัพตามแผนการผลิต ร้อยละ 31.82 และเซ็ตอัพซ่อมเครื่องจักร ร้อยละ 19.2 อีกทั้งยังพบว่ามีของเสียบางประเภทที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงร้อยละของของเสียที่เพิ่มขึ้นเรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ หลอดร้าว ร้อยละ 230.81, ปากไม่เต็ม ร้อยละ 146.38, เซ็ตอัพไฟฟ้าดับ ร้อยละ 98.69, จุดดำ ร้อยละ 86.89, ก้นแน่น ร้อยละ 80.3, ปรับแต่ง ร้อยละ 37.01 และเศษก้อน ร้อยละ 10.83 ตามลำดับ ดังมีรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 4-9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-9 ตารางแสดงปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม แบบแยกประเภทของเสีย ไตรมาสที่ 1-4

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม รวมทุกเครื่อง																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	36.94	158.01	1,037.22	166.96	350.49	110.03	101.34	212.64	694.49	172.51	199.29	112.95	346.82	1,653.99	78.6	820.79	3,338.21	9,591.28	767,365.16
	%	**0.005**	**0.02**	**0.133**	**0.021**	**0.045**	**0.014**	**0.013**	**0.027**	**0.089**	**0.022**	**0.026**	**0.015**	**0.045**	**0.213**	**0.01**	**0.106**	**0.43**	**1.234**	**98.766**
ไตรมาศที่ 2	กก.	93.03	36.8	801.83	62.79	117.33	146.38	167.19	25.53	602.35	69.31	0	44.47	233.1	1,056.7	76.29	559.69	2,789.27	6,882.06	781,694
	%	**0.012**	**0.005**	**0.102**	**0.008**	**0.015**	**0.019**	**0.021**	**0.003**	**0.076**	**0.009**	**0**	**0.006**	**0.03**	**0.134**	**0.01**	**0.071**	**0.354**	**0.873**	**99.127**
ไตรมาศที่ 3	กก.	212.05	46.29	482.92	166.44	72.15	33.58	132.93	20.02	3,378.98	71.72	0	68.15	322.37	1,532.91	196.68	1,051.32	3,879.83	11,668.33	762,336.96
	%	**0.027**	**0.006**	**0.062**	**0.022**	**0.009**	**0.004**	**0.017**	**0.003**	**0.437**	**0.009**	**0**	**0.009**	**0.042**	**0.198**	**0.025**	**0.136**	**0.501**	**1.508**	**98.492**
ไตรมาศที่ 4	กก.	10.59	257.06	336.51	262.04	38.52	8.28	217.35	6.05	1,999.94	36.64	0	47.32	205.83	1,163.4	135.95	791.9	3,981.42	9,498.78	666,838.94
	%	**0.002**	**0.038**	**0.05**	**0.039**	**0.006**	**0.001**	**0.032**	**0.001**	**0.296**	**0.005**	**0**	**0.007**	**0.03**	**0.172**	**0.02**	**0.117**	**0.589**	**1.404**	**98.596**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.003	0.018	-0.084	0.017	-0.039	-0.013	0.019	-0.026	0.206	-0.017	-0.026	-0.008	-0.014	-0.041	0.01	0.011	0.159	0.17	-0.17
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-67.08	86.89	-62.73	80.3	-87.37	-91.36	146.38	-96.73	230.81	-75.6	-100	-51.87	-31.82	-19.2	98.69	10.83	37.01	13.77	-0.17
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.012	0.016	0.038	0.013	0.018	0.008	0.008	0.013	0.173	0.007	0.013	0.004	0.008	0.035	0.008	0.027	0.1	0.278	0.278

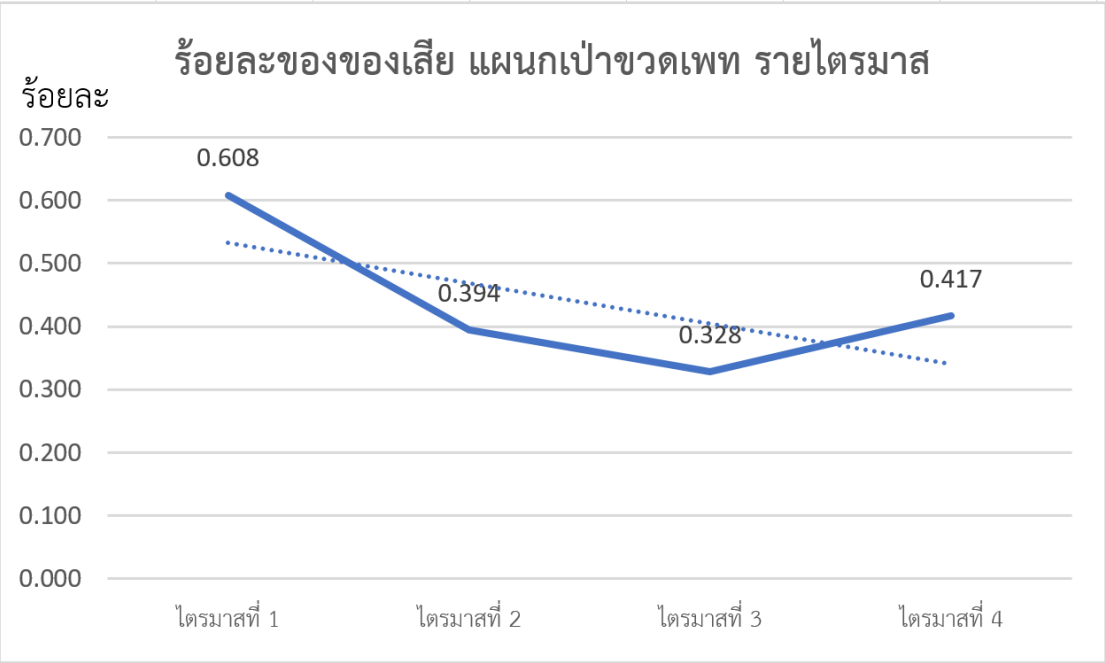
ตารางที่ 4-10 ตารางแสดงปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม แบบแยกประเภทของเสีย ไตรมาสที่ 5

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม รวมทุกเครื่อง																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาสที่ 5	กก.	48.32	95.55	695.27	168.20	57.71	3.37	223.87	204.22	308.36	118.04	0.48	105.42	136.66	918.93	75.9	691.66	2,031.73	5,883.69	673,527.14
	%	0.006	0.01	0.089	0.022	0.007	0	0.029	0.026	0.040	0.015	0.000	0.014	0.018	0.118	0.01	0.089	0.26	0.866	99.134

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข) แผนกเป่าขวดเพท

เมื่อพิจารณาของเสียในภาพรวม พบว่าร้อยละของของเสียมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 0.608 เหลือร้อยละ 0.394, 0.328 และ 0.417 ในไตรมาสที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4-37 ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากการดำเนินการลดของเสียตามประเภทของเสียที่เป็น Hot spot และของเสียในภาพรวม ซึ่งได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นไตรมาสที่ 2



รูปที่ 4-37 กราฟแสดงแนวโน้มร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาประเภทของเสียตาม Hot spot ของปัญหา พบว่าหากเปรียบเทียบร้อยละของเสียของไตรมาสที่ 1 และ 4 จะสังเกตได้ว่าของเสียประเภทอื่นๆ ซึ่งเป็นของเสียที่อยู่นอกเหนือจากการจำแนกประเภทมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 0.017 โดยอาจเป็นผลมาจากการปรับปรุงปัญหาในภาพรวมทั้ง Supply Humanware Software และ Hardware ซึ่งการปรับปรุงในกลุ่มปัญหาที่เป็นต้นเหตุเหล่านี้ จะช่วยลดปริมาณของเสียลดได้ในหลากหลายประเภทของของเสียพร้อมๆ กัน ของเสียประเภทหลอดขาวมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 0.02 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการปรับตั้งให้ Gripper ตอกกับ Bush ตรงมากขึ้น โดยการปรับตั้งรางสไลด์ ปรับระยะการยืดของกระบอกทรานเฟอร์ให้ตรงตำแหน่ง Mandrel การปรับระดับของตัวตอกก้นหลอดและขนาด Gripper ทุกครั้ง เมื่อเปลี่ยนชนิดของหลอดพรีฟอร์มที่ใช้ผลิต ของเสียประเภทก้นไม่ตรงมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 0.031 โดย

อาจเป็นผลมาจากการปรับปรุงเปลี่ยน Stretch rod และปรับตั้งระยะให้เหมาะสม รวมทั้งการดูแลรักษาระบบลมที่ใช้ในการเป่าขวดเพท เช่น การทำความสะอาดและเปลี่ยน O-ring ของ regulator เสมอ ของเสียประเภทเซ็ทอัพเปลี่ยนแม่พิมพ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.011 ซึ่งต้องพิจารณาประกอบกับจำนวนครั้งที่ทำการเซ็ตอัพเปลี่ยนแม่พิมพ์ด้วย จากข้อมูลในตารางที่ 4-11 พบว่าของเสียจำนวนครั้งในการเซ็ตอัพเปลี่ยนเพิ่มพิมพ์เพิ่มขึ้นจาก 103 ครั้ง/ไตรมาส เป็น 158 ครั้ง/ไตรมาส ทั้งนี้ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นต่อครั้งลดลงจาก 2.82 กิโลกรัม/ครั้ง เหลือ 2.5 กิโลกรัม/ครั้ง แสดงให้เห็นถึงการลดปริมาณของเสียต่อครั้งของการเซ็ตอัพได้ ซึ่งอาจแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของการใช้แบบบันทึกค่าพารามิเตอร์ ทำให้ปรับค่าพารามิเตอร์เข้าสู่ค่าที่เหมาะสมดีรวดเร็ว ส่งผลให้ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งน้อยลง ของเสียประเภทหลอดเก็บตกมีแนวโน้มลดลงร้อยละ 0.022 ซึ่งเหตุผลของการลดลงจะเหมือนกับของเสียประเภทหลอดขาว เนื่องจากมีสาเหตุของการเกิดของเสียที่เหมือนกัน

ตารางที่ 4-11 แสดงการวิเคราะห์ของเสียจากการเซ็ตอัพ แผนกเป่าขวดเพท

ตารางวิเคราะห์ของเสียจากการเซ็ตอัพ แผนกเป่าขวดเพท					
ช่วงเวลา		เซ็ตอัพซ่อมเครื่องจักร	เซ็ตอัพเปลี่ยนแม่พิมพ์	เซ็ตอัพตามแผนการผลิต	รวมของเสียจากการเซ็ตอัพทุกประเภท
ไตรมาสที่ 1	กก.	61.64	290.95	99.7	452.25
	จำนวนครั้ง	161	103	98	362
	กก./ครั้ง	**0.38**	**2.82**	**1.02**	**1.25**
ไตรมาสที่ 2	กก.	110.1	298.0	17.75	425.89
	จำนวนครั้ง	213	127	67	407
	กก./ครั้ง	**0.52**	**2.35**	**0.26**	**1.05**
ไตรมาสที่ 3	กก.	55.53	225.57	17.12	298.2
	จำนวนครั้ง	141	109	78	328
	กก./ครั้ง	**0.39**	**2.07**	**0.22**	**0.91**
ไตรมาสที่ 4	กก.	108.16	394.7	12.59	515.42
	จำนวนครั้ง	252	158	69	479
	กก./ครั้ง	**0.43**	**2.50**	**0.18**	**1.08**

เมื่อพิจารณาของเสียประเภทอื่นที่อยู่นอกเหนือจากประเภทของเสียที่เป็น Hot spot พบว่าของเสียบางประเภทมีการลดลงของร้อยละของของเสียเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ เป่าไม่เต็มใบ ร้อยละ 0.028, ลายน้ำ ร้อยละ 0.024, ขวดขาวบาง ร้อยละ 0.018, เซตอัพตามแผนการผลิต ร้อยละ 0.017, ขวดเป็นไต ร้อยละ 0.015, หลอดติดสไลด์ ร้อยละ 0.004, ก้นร้อน ร้อยละ 0.004, ทับหน้าแม่พิมพ์ ร้อยละ 0.004 และเป่าแตก ร้อยละ 0.01 ตามลำดับ ของเสียบางประเภทมีการเพิ่มขึ้นของร้อยละของของเสีย เรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ เซตอัพซ่อมเครื่องจักร ร้อยละ 0.007, เกลียวเสีย ร้อยละ 0.004 และขวดหนาบาง ร้อยละ 0.001

นอกจากนี้ยังพบว่าของเสียแต่ละประเภทมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงเป็นส่วนใหญ่ เรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ เซตอัพตามแผนการผลิต ร้อยละ 88.854, หลอดติดสไลด์ ร้อยละ 85.19, เป่าไม่เต็มใบ ร้อยละ 70.33, ลายน้ำ ร้อยละ 69.57, ขวดเป็นไต ร้อยละ 58.3, ทับหน้าแม่พิมพ์ ร้อยละ 56.665, ขวดขาวบาง ร้อยละ 46.38, หลอดเก็บตก ร้อยละ 45.18, ก้นไม่ตรง ร้อยละ 44.76, เป่าแตก ร้อยละ 38.08, หลอดขาว ร้อยละ 25.68, ก้นร้อน ร้อยละ 22.11 และอื่นๆ ร้อยละ 15.31 อีกทั้งยังพบว่ามีของเสียบางประเภทที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงร้อยละของของเสียที่เพิ่มขึ้นเรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ ขวดหนาบาง ร้อยละ 87.196, เซทอัพซ่อมเครื่องจักร ร้อยละ 54.850, เกลียวเสีย ร้อยละ 23.775 และเซทอัพเปลี่ยนแม่พิมพ์ ร้อยละ 19.716 ตามลำดับ ดังมีรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 4-12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4-12 ตารางแสดงปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท แบบแยกประเภทของเสีย ไตรมาสที่ 1-4

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท รวมทุกเครื่อง																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	24.67	254.07	395.3	131.3	194.5	7.69	103.41	36.15	80.25	359	206.05	137.15	177.02	574.51	61.64	290.95	99.66	3,133.31	511,894.6
	%	0.005	0.049	0.077	0.025	0.038	0.001	0.02	0.007	0.016	0.07	0.04	0.027	0.034	0.112	0.012	0.056	0.019	0.608	99.392
ไตรมาศที่ 2	กก.	13.27	179.51	234.06	78.26	122.91	15.58	77.25	34.51	95.14	133.42	83.64	77.75	76.51	282.67	110.13	298.01	17.75	1,930.38	488,143.24
	%	0.003	0.037	0.048	0.016	0.025	0.003	0.016	0.007	0.019	0.027	0.017	0.016	0.016	0.058	0.022	0.061	0.004	0.394	99.606
ไตรมาศที่ 3	กก.	6.11	165.15	293.61	51.96	108.87	20.83	47.41	20.51	134.04	128.17	79.06	81.83	142.19	275.27	55.53	225.57	17.12	1,853.21	562,394.83
	%	0.001	0.029	0.052	0.009	0.019	0.004	0.008	0.004	0.024	0.023	0.014	0.015	0.025	0.049	0.01	0.04	0.003	0.328	99.672
ไตรมาศที่ 4	กก.	4.14	157.83	332.89	62.09	118.16	16.3	91.26	17.75	112.55	224.69	69.27	96.23	61.04	551.32	108.16	394.67	12.59	2,430.94	581,147.86
	%	0.001	0.027	0.057	0.011	0.02	0.003	0.016	0.003	0.019	0.039	0.012	0.016	0.01	0.094	0.019	0.068	0.002	0.417	99.583
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.004	-0.022	-0.02	-0.015	-0.018	0.001	-0.004	-0.004	0.004	-0.031	-0.028	-0.01	-0.024	-0.017	0.007	0.011	-0.017	-0.192	0.192
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-85.19	-45.18	-25.68	-58.27	-46.38	87.2	-22.11	-56.66	23.77	-44.76	-70.33	-38.08	-69.57	-15.31	54.85	19.72	-88.85	-31.53	0.19
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.002	0.01	0.013	0.007	0.008	0.001	0.005	0.002	0.003	0.021	0.013	0.006	0.011	0.03	0.006	0.012	0.008	0.12	0.12

4.3.2 การวิเคราะห์มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

แผนกเป่าขวดเพทสามารถลดอัตราการเกิดของเสียได้อย่างชัดเจน ดังนั้นผู้ศึกษาจึงใช้แผนกเป่าขวดเพทเป็นในการยกตัวอย่างการคำนวณมูลค่าปริมาณของเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นได้ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบกรณีที่เกิดและไม่เกิดของเสียขึ้นมา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ปริมาณและมูลค่าของเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นได้

ไตรมาสที่ 1 ผลิตชิ้นงานออกมาทั้งหมด 515,027.92 กิโลกรัม มีอัตราของเสียร้อยละ 0.608 หรือคิดเป็น 3,133.31 กิโลกรัม ส่วนไตรมาสที่ 4 ผลิตชิ้นงาน 583,578.8 กิโลกรัม มีอัตราการเกิดของเสียร้อยละ 0.417 หรือคิดเป็น 2,430.94 กิโลกรัม ทั้งนี้ผู้ศึกษาได้ศึกษาปริมาณของเสียที่หลีกเลี่ยงได้จากการสมมุติว่าไตรมาสที่ 4 ไม่มีการดำเนินใช้มาตรการลดของเสีย และสมมุติให้อัตราการเกิดของเสียเท่ากับไตรมาสที่ 1 จะส่งผลให้ปริมาณของเสียเกิดเพิ่มขึ้นมาถึง 1,117.22 กิโลกรัม/ไตรมาส ซึ่งแสดงให้เห็นถึงมาตรการลดของเสียที่ดำเนินการมาทั้งหมดมีส่วนช่วยในการหลีกเลี่ยงของการเกิดของเสียเหล่านี้ได้ ดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ปริมาณของเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นได้ แผนกเป่าขวดเพท

ปริมาณของเสียที่หลีกเลี่ยงได้ แผนกเป่าขวดเพท			
ช่วงเวลา	ร้อยละของเสีย	ชิ้นงานทั้งหมด (ของดี + ของเสีย)	ของเสีย
	%	กิโลกรัม	กิโลกรัม
ไตรมาศก์ที่ 1	0.608	515,027.92	3,133.31
ไตรมาศก์ที่ 4	0.417	583,578.8	2,430.94
กรณีตัวอย่าง	0.608	583,578.8	3,548.16
ปริมาณของเสียที่หลีกเลี่ยงได้ เทียบที่ของเสียร้อยละ 0.608 กับ 0.417 ของไตรมาศก์ที่ 4			1,117.22

เมื่อนำปริมาณของเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นได้ 1,117.22 กิโลกรัม/ไตรมาส มาคิดเป็นต้นทุนค่าเสียโอกาสที่หลีกเลี่ยงได้ พบว่าขวดเพทสามารถขายได้ในราคาประมาณ 99.9 บาท/กิโลกรัม เมื่อนำปริมาณของเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นได้มาคูณกับราคาขายต่อกิโลกรัม เท่ากับว่าการดำเนินมาตรการลดของเสียช่วยลดต้นทุนค่าเสียโอกาสได้ 111,610 บาท/ไตรมาส หรือคิดเป็น 37,203 บาท/เดือน ดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 ต้นทุนค่าเสียโอกาสที่หลีกเลี่ยงได้ แผนกเป่าขวดเพท

ต้นทุนค่าเสียโอกาสที่หลีกเลี่ยงได้ แผนกเป่าขวดเพท			
ปริมาณของเสียที่หลีกเลี่ยงได้	ราคาขาย	มูลค่าความสูญเสียโอกาสทางการตลาดของสินค้าสำเร็จรูปที่หลีกเลี่ยงได้	
กิโลกรัม/ไตรมาศก์	บาท/กิโลกรัม	บาท/ ไตรมาศก์	บาท/ เดือน
1,117.2	99.9	111,610	37,203
หมายเหตุ ; ราคาขายคิดจาก ขวด 1 ใบหนัก 15 กรัม, ขวด 1 กิโลกรัม มี 66.6 ใบ ราคาขายขวดใบละ 1.5 บาท			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยมีเป้าหมายในการวิเคราะห์หาต้นเหตุการเกิดของเสียและลดปริมาณของเสียจากแหล่งกำเนิด โดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์การไหลของมวลสารช่วยทำให้สามารถวิเคราะห์จุด Hot Spot ของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตและยังสามารถเชื่อมโยงของเสียแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นนำไปสู่สาเหตุขั้นตอนการผลิตที่ก่อให้เกิดของเสียนั้นขึ้นมา และทำให้พัฒนาแนวทางการลดของเสียที่ตรงจุดมากขึ้น ผลการศึกษากระบวนการผลิตขวดเพท พบว่าทั้งกระบวนการฉีดพรีฟอร์มและกระบวนการเป่าขวดเพท จะก่อให้เกิดของเสียจากงานที่ไม่ระบุประเภทงานเป็นสัดส่วนมากที่สุด โดยของเสียกลุ่มดังกล่าวจะประกอบด้วยของเสียประเภทอื่นที่อยู่นอกเหนือจากการจำแนกประเภท และของเสียจากการเซ็ตอัพเป็นหลัก โดยของเสียทั้งสองประเภทข้างต้นจะมีประเภทของเสียที่หลากหลายปะปนกัน และมีขั้นตอนที่ก่อให้เกิดของเสียแตกต่างกันไปตามประเภทของเสีย จึงต้องพิจารณาแยกเป็นประเภทของเสียไป ทั้งนี้หากพิจารณาประเภทของเสียแยกรายแผนก พบว่ากระบวนการฉีดพรีฟอร์มก่อให้เกิดของเสียจากการเซ็ตอัพมากที่สุด เนื่องจากทุกครั้งที่ทำการเซ็ตอัพเครื่องฉีดพรีฟอร์มจะฉีดของเสียขึ้นมาจำนวนมากอย่างหลีกเลี่ยงได้ยาก เพราะในขั้นตอนเซ็ตอัพของเสียจากหลายขั้นตอนอาจเกิดขึ้นมาพร้อมกัน รองลงมา คือ ของเสียประเภทหลอดร้าว ซึ่งเกิดขึ้นมาจากขั้นตอนการหล่อเย็นชิ้นงานในแม่พิมพ์ ที่มีร้อยละของเสียเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงไตรมาสที่ 3 และ 4 เนื่องจากเกิดความผิดปกติของ Mold dehumidifier และอุณหภูมิน้ำ Chiller ที่ใช้หล่อเย็นแม่พิมพ์ ส่วนกระบวนการเป่าขวดเพท ก่อให้เกิดของเสียประเภทอื่นๆมากที่สุด โดยเป็นกลุ่มของเสียที่มีประเภทของของเสียที่หลากหลายปะปนกัน โดยขั้นตอนที่ก่อให้เกิดของเสีย ต้องพิจารณาจากลักษณะของเสียที่เกิดขึ้น รองลงมา คือ ของเสียประเภทหลอดขาวที่เกิดขั้นตอนการตอกพรีฟอร์มและก้นไม่ตรงที่เกิดขึ้นจากขั้นตอน Stretch rod ยืดหลอดพรีฟอร์มขึ้นและเป่าพรีฟอร์มขึ้นรูปในแม่พิมพ์

แนวทางการลดของเสียหลักที่แนะนำให้ดำเนินการเพื่อลดของเสียในภาพรวม คือ การปรับปรุงระบบสนับสนุนของกระบวนการผลิตให้เหมาะสมโดยเฉพาะระบบน้ำ ระบบลม ระบบการให้ความร้อน และความสมบูรณ์ของแม่พิมพ์, ลำดับต่อมา คือ การสร้างองค์ความรู้แก่พนักงาน โดยการอบรมก่อนเข้าทำงาน การทำแบบทดสอบ การให้รางวัลเพื่อสร้างแรงจูงใจในการลดของเสีย, การ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จัดทำคู่มือในการปฏิบัติงาน จัดทำตารางบันทึกพารามิเตอร์เครื่องจักรให้ครอบคลุมมากขึ้น และทำข้อตกลงในการทำงาน,สุดท้าย คือ การตรวจสอบความสมบูรณ์ของสภาพเครื่องจักรขณะที่ทำการผลิตก่อนและระหว่างดำเนินงาน ทำให้ลดของเสียจากการผลิตขวดเพทได้อย่างมีประสิทธิภาพ การดำเนินการปรับปรุงทำให้ร้อยละของของเสียในภาพรวมของแผนกฉีดพรีฟอร์มนั้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.234 เป็นร้อยละ 1.404 เนื่องจากช่วงไตรมาสสุดท้ายเกิดความบกพร่องของระบบลดความชื้นในอากาศและอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นก่อให้เกิดของเสียประเภทหลอดร้าวขึ้นมาจำนวนมาก ทั้งนี้ของเสียประเภทอื่นมีแนวโน้มลดลง ส่วนแผนกเป่าขวดเพทนั้นลดลงจากร้อยละ 0.608 เป็นร้อยละ 0.417 ซึ่งมีแน้วโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงร้อยละ 31.53 ถือว่าแนวทางนี้สามารถช่วยแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียได้ดี

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการศึกษาของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าการดำเนินการลดของเสียควรค้นหา Hot spot ของการเกิดของเสียให้เจอก่อนเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงดำเนินมาตรการลดของเสียตามลำดับความสำคัญของปัญหาที่เป็น Hot spot ก่อนจะช่วยทำให้ลดปริมาณของเสียในกลุ่มดังกล่าวได้ในปริมาณมาก จากนั้นให้จัดการปัญหาของเสียในภาพรวม เนื่องจากของเสียมีหลากหลายประเภทมาก การจัดการภาพรวมอาจช่วยลดของเสียในหลากหลายประเภทพร้อมกัน โดยผลการศึกษาพบว่าทั้งแผนกฉีดพรีฟอร์มและแผนกเป่าขวดเพทควรมีการปรับปรุงสาเหตุหลักของปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบก่อนเป็นอันดับแรก Supply เช่น ระบบน้ำ ระบบลม และความร้อน เนื่องจากพลาสติกเป็นพอลิเมอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ง่าย รองลงมา คือ Humanware เนื่องทักษะของช่างนั้นสำคัญต่อการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ก่อให้เกิดของเสีย และพนักงานหน้าเครื่องที่มีหน้าที่จำแนกลักษณะของเสียที่เกิดขึ้น ถัดมา คือ Software หลักๆจะเป็นการใช้แบบบันทึกประกอบการทำงาน โดยบันทึกข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการใช้ในอนาคต เช่น บันทึกค่าพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์และเครื่องจักร เพื่อนำไปใช้ในการตั้งค่าครั้งถัดไป สุดท้าย คือ Hardware ควรมีการดูแลอุปกรณ์ให้มีความสมบูรณ์ตลอดเวลาที่ทำการผลิต รวมถึงการทำ Preventive maintenance

เนื่องจากมาตรการที่ผู้ศึกษาได้ดำเนินการลดของเสียในแต่ละประเภทมีหลายมาตรการด้วยกัน ดังนั้นงานวิจัยต่อไปควรมีการศึกษาทางสถิติว่ามาตรการหรือปัจจัยใดส่งผลต่อการลดปริมาณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของเสียมากที่สุด และในส่วนของกระบวนการผลิตเสนอว่าในอนาคตควรพิจารณาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงเพิ่มเติมให้การดำเนินงานของเครื่องจักรเป็นระบบอัตโนมัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ปริมาณและร้อยละของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องแยกรายไตรมาส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก.1 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 1 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 1																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ ; เครื่องที่ 1 ไม่ได้ทำการผลิต

ตารางที่ ก.2 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 2 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 2																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	2.02	1.41	66.89	0	218.57	31.81	4.92	112.73	49.4	13.86	0	9.03	33.09	107.1	1.76	51.23	392.8	1,096.62	44,253
	%	**0.004**	**0.003**	**0.147**	**0**	**0.482**	**0.07**	**0.011**	**0.249**	**0.109**	**0.031**	**0**	**0.02**	**0.073**	**0.236**	**0.004**	**0.113**	**0.866**	**2.418**	**97.582**
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	0	87.82	0	0.44	81	4.1	0	3.99	13.33	0	6.93	21.66	79.71	4.11	62.26	214.7	580.05	27,769
	%	**0**	**0**	**0.31**	**0**	**0.002**	**0.286**	**0.014**	**0**	**0.014**	**0.047**	**0**	**0.024**	**0.076**	**0.281**	**0.014**	**0.22**	**0.757**	**2.046**	**97.954**
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	0	106.65	67.72	0	0	9.97	0	102.3	4.27	0	0	18.89	148.44	10.57	80.22	389.91	938.94	35,643
	%	**0**	**0**	**0.292**	**0.185**	**0**	**0**	**0.027**	**0**	**0.28**	**0.012**	**0**	**0**	**0.052**	**0.406**	**0.029**	**0.219**	**1.066**	**2.567**	**97.433**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	9.78	187.79	18.45	0	0	0	0	889.03	0	0	0	35.48	262.39	54.83	227.69	1,121.89	2,807.33	55,832
	%	**0**	**0.017**	**0.32**	**0.031**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1.516**	**0**	**0**	**0**	**0.061**	**0.447**	**0.094**	**0.388**	**1.913**	**4.787**	**95.213**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.004	0.014	0.173	0.031	-0.482	-0.07	-0.011	-0.249	1.407	-0.031	0	-0.02	-0.012	0.211	0.09	0.275	1.047	2.369	-2.369
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-100	436.42	117.12	-	-100	-100	-100	-100	1291.79	-100	0	-100	-17.08	89.47	2309.29	243.72	120.88	97.98	-2.43
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.002	0.008	0.081	0.089	0.241	0.135	0.011	0.124	0.7	0.021	0	0.013	0.011	0.1	0.04	0.114	0.524	1.241	1.241

ตารางที่ ก.3 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 3 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 3																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0	21.85	117.89	113.4	55.09	23.47	7.26	95.92	31.02	18.23	0	4.35	39.82	220.28	5.47	90.75	461.13	1,305.93	59,291
	%	**0**	**0.036**	**0.195**	**0.187**	**0.091**	**0.039**	**0.012**	**0.158**	**0.051**	**0.03**	**0**	**0.007**	**0.066**	**0.364**	**0.009**	**0.15**	**0.761**	**2.155**	**97.845**
ไตรมาศที่ 2	กก.	16.94	0.51	205.98	6.86	2.09	0.65	27.97	12.48	28.29	10.75	0	21.9	18.06	177.44	4.4	82.81	452.46	1,069.59	51,463
	%	**0.032**	**0.001**	**0.392**	**0.013**	**0.004**	**0.001**	**0.053**	**0.024**	**0.054**	**0.02**	**0**	**0.042**	**0.034**	**0.338**	**0.008**	**0.158**	**0.861**	**2.036**	**97.964**
ไตรมาศที่ 3	กก.	152.96	5.39	49.37	17.95	0	0.76	19.81	0	180.61	0	0	0	30.59	159.92	21.06	121.77	526	1,286.19	43,621
	%	**0.341**	**0.012**	**0.11**	**0.04**	**0**	**0.002**	**0.044**	**0**	**0.402**	**0**	**0**	**0**	**0.068**	**0.356**	**0.047**	**0.271**	**1.171**	**2.864**	**97.136**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	29.5	18.81	35.49	0	0	9.26	2.94	128.62	0	0	2.9	13.39	49.08	4.05	49	253.76	596.8	36,860.14
	%	**0**	**0.079**	**0.05**	**0.095**	**0**	**0**	**0.025**	**0.008**	**0.343**	**0**	**0**	**0.008**	**0.036**	**0.131**	**0.011**	**0.131**	**0.677**	**1.593**	**98.407**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	0.043	-0.144	-0.092	-0.091	-0.039	0.013	-0.15	0.292	-0.03	0	0.001	-0.03	-0.232	0.002	-0.019	-0.084	-0.562	0.562
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	118.42	-74.19	-49.37	-100	-100	106.34	-95.04	570.79	-100	0	7.85	-45.6	-63.95	19.78	-12.65	-10.98	-26.07	0.57
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.166	0.034	0.149	0.077	0.045	0.019	0.019	0.075	0.186	0.015	0	0.019	0.018	0.111	0.019	0.064	0.216	0.527	0.527

ตารางที่ ก.4 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 4 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 4																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0	6.72	292.02	0	0	28.45	15.78	0	8.22	17.67	0	0	11.79	90.07	1.95	98.61	296.21	867.49	65,109.5
	%	**0**	**0.01**	**0.443**	**0**	**0**	**0.043**	**0.024**	**0**	**0.012**	**0.027**	**0**	**0**	**0.018**	**0.137**	**0.003**	**0.149**	**0.449**	**1.315**	**98.685**
ไตรมาศที่ 2	กก.	6.82	0	46.45	0.12	0	0	18.58	0.28	0	3.66	0	0	9.68	54.8	5.1	50.84	193.23	389.56	79,165
	%	**0.009**	**0**	**0.058**	**0**	**0**	**0**	**0.023**	**0**	**0**	**0.005**	**0**	**0**	**0.012**	**0.069**	**0.006**	**0.064**	**0.243**	**0.49**	**99.510**
ไตรมาศที่ 3	กก.	27.08	2.87	18.21	0	21.16	0	3.11	0	0	3.21	0	0	22.69	32.18	8.9	63.02	117.06	319.49	18,959
	%	**0.14**	**0.015**	**0.094**	**0**	**0.11**	**0**	**0.016**	**0**	**0**	**0.017**	**0**	**0**	**0.118**	**0.167**	**0.046**	**0.327**	**0.607**	**1.657**	**98.343**
ไตรมาศที่ 4	กก.	7.16	1.55	1.22	0	17.23	3.61	5.51	0	8.66	0	0	5.99	24.83	113.08	3.11	52.65	363.6	608.19	26,606
	%	**0.026**	**0.006**	**0.004**	**0**	**0.063**	**0.013**	**0.02**	**0**	**0.032**	**0**	**0**	**0.022**	**0.091**	**0.416**	**0.011**	**0.193**	**1.336**	**2.235**	**97.765**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0.026	-0.004	-0.438	0	0.063	-0.03	-0.004	0	0.019	-0.027	0	0.022	0.073	0.279	0.008	0.044	0.887	0.92	-0.92
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-	-44.08	-98.99	0	-	-69.24	-15.42	0	155.41	-100	0	-	410.58	204.37	286.65	29.44	197.59	69.97	-0.93
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.065	0.006	0.199	0	0.053	0.02	0.004	0	0.015	0.012	0	0.011	0.053	0.151	0.02	0.11	0.476	0.73	0.73

ตารางที่ ก.5 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 5 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 5																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0	1.09	165.55	0	0	0	6.12	0	38.99	2.78	0	0	23.99	74.96	2.95	58.55	199.56	574.54	38,301
	%	**0**	**0.003**	**0.426**	**0**	**0**	**0**	**0.016**	**0**	**0.1**	**0.007**	**0**	**0**	**0.062**	**0.193**	**0.008**	**0.151**	**0.513**	**1.478**	**98.522**
ไตรมาศที่ 2	กก.	15.88	7.04	12.74	14.91	24.26	0	3.69	0	47.96	2	0	0	7.68	93.39	0	34.43	224.06	488.04	61,425
	%	**0.026**	**0.011**	**0.021**	**0.024**	**0.039**	**0**	**0.006**	**0**	**0.077**	**0.003**	**0**	**0**	**0.012**	**0.151**	**0**	**0.056**	**0.362**	**0.788**	**99.212**
ไตรมาศที่ 3	กก.	31.03	1.47	14.22	21.28	16.04	0	3.1	0	297.66	0	0	7.32	25.49	150.27	18.75	144.34	318.36	1,049.32	74,035
	%	**0.041**	**0.002**	**0.019**	**0.028**	**0.021**	**0**	**0.004**	**0**	**0.396**	**0**	**0**	**0.01**	**0.034**	**0.2**	**0.025**	**0.192**	**0.424**	**1.398**	**98.602**
ไตรมาศที่ 4	กก.	3.43	95.54	0	64.39	14.01	0.26	52.13	3.11	117.96	4.79	0	5.05	12.19	156.07	3.8	43.1	489.89	1,065.72	60,253.8
	%	**0.006**	**0.156**	**0**	**0.105**	**0.023**	**0**	**0.085**	**0.005**	**0.192**	**0.008**	**0**	**0.008**	**0.02**	**0.255**	**0.006**	**0.07**	**0.799**	**1.738**	**98.262**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0.006	0.153	-0.426	0.105	0.023	0	0.069	0.005	0.092	0.001	0	0.008	-0.042	0.062	-0.001	-0.08	0.286	0.26	-0.26
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-	5,456.66	-100	-	-	0	440.03	-	91.8	9.24	0	-	-67.79	32	-18.33	-53.33	55.63	17.6	-0.26
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.019	0.075	0.207	0.046	0.016	0	0.039	0.003	0.145	0.004	0	0.005	0.022	0.043	0.011	0.065	0.193	0.402	0.402

ตารางที่ ก.6 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 6 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 6																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0	11.98	2.56	1.86	0	0	8.20	0	0	16.1	0	32.71	11.22	132.39	7.07	52.18	243.01	519.28	71,856
	%	**0**	**0.017**	**0.004**	**0.003**	**0**	**0**	**0.011**	**0**	**0**	**0.022**	**0**	**0.045**	**0.016**	**0.183**	**0.01**	**0.072**	**0.336**	**0.717**	**99.283**
ไตรมาศที่ 2	กก.	16.92	0	129.76	1.99	0	0	20.36	0	4.02	10.23	0	0	30.02	123.05	3.85	57.63	251.59	649.42	67,987
	%	**0.025**	**0**	**0.189**	**0.003**	**0**	**0**	**0.03**	**0**	**0.006**	**0.015**	**0**	**0**	**0.044**	**0.179**	**0.006**	**0.084**	**0.367**	**0.946**	**99.054**
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	0	0	0	0	0	14.77	0	77.58	3.49	0	21.51	3.02	197.88	6.89	99.8	321.48	746.41	76,765
	%	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.019**	**0**	**0.100**	**0.005**	**0**	**0.028**	**0.004**	**0.255**	**0.009**	**0.129**	**0.415**	**0.963**	**99.037**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	1.5	0	1.58	0	2.65	2.36	0	229.75	13.1	0	4.19	3.12	176.13	21.32	73.74	422.66	952.1	90,145
	%	**0**	**0.002**	**0**	**0.002**	**0**	**0.003**	**0.003**	**0**	**0.252**	**0.014**	**0**	**0.005**	**0.003**	**0.193**	**0.023**	**0.081**	**0.464**	**1.045**	**98.955**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	-0.015	-0.004	-0.001	0	0.003	-0.009	0	0.252	-0.008	0	-0.041	-0.012	0.01	0.014	0.009	0.128	0.328	-0.328
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	-90.05	-100	-32.51	0	-	-77.13	0	-	-35.36	0	-89.82	-77.91	5.7	139.53	12.28	38.18	45.67	-0.33
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.012	0.008	0.094	0.001	0	0.001	0.012	0	0.118	0.007	0	0.021	0.019	0.036	0.008	0.025	0.056	0.14	0.14

ตารางที่ ก.7 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 7 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 7																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0.72	19.86	219.53	10.81	33.26	0	17.19	0	69.65	1.77	129.11	2.2	3.68	151.68	11.85	35.82	200.7	907.83	62,994.16
	%	**0.001**	**0.031**	**0.344**	**0.017**	**0.052**	**0**	**0.027**	**0**	**0.109**	**0.003**	**0.202**	**0.003**	**0.006**	**0.237**	**0.019**	**0.056**	**0.314**	**1.421**	**98.579**
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	6.9	71.75	0	46.36	24.18	26.14	2.17	24.84	1.45	0	0	16.58	58.7	4.78	39.53	250.32	573.7	46,146
	%	**0**	**0.015**	**0.154**	**0**	**0.099**	**0.052**	**0.056**	**0.005**	**0.053**	**0.003**	**0**	**0**	**0.035**	**0.126**	**0.01**	**0.085**	**0.536**	**1.228**	**98.772**
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	0	24.11	0	0	1.67	14.08	0	230.27	0	0	22.05	22.78	91.71	2.48	82.2	167.94	659.28	44,315
	%	**0**	**0**	**0.054**	**0**	**0**	**0.004**	**0.031**	**0**	**0.512**	**0**	**0**	**0.049**	**0.051**	**0.204**	**0.006**	**0.183**	**0.373**	**1.466**	**98.534**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	37.21	7.72	0	0	0	5.14	0	73.45	0	0	0	22.47	23.85	9.68	28.92	119.47	327.91	33,723
	%	**0**	**0.109**	**0.023**	**0**	**0**	**0**	**0.015**	**0**	**0.216**	**0**	**0**	**0**	**0.066**	**0.07**	**0.028**	**0.085**	**0.351**	**0.963**	**99.037**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.001	0.078	-0.321	-0.017	-0.052	0	-0.012	0	0.107	-0.003	-0.202	-0.003	0.06	-0.167	0.01	0.029	0.037	-0.458	0.458
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-100	251.61	-93.4	-100	-100	0	-43.89	0	97.9	-100	-100	-100	1045.88	-70.49	53.3	51.52	11.71	-32.21	0.46
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.001	0.049	0.145	0.008	0.048	0.025	0.017	0.002	0.204	0.002	0.101	0.024	0.026	0.076	0.01	0.055	0.098	0.229	0.229

ตารางที่ ก.8 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 8 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 8																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	1.65	0	12.3	11.37	0.38	16.56	0.42	0	297.14	5.49	0	16.03	13.69	113.8	12.26	32.35	222.44	755.88	68,625.4
	%	**0.002**	**0**	**0.018**	**0.016**	**0.001**	**0.024**	**0.001**	**0**	**0.428**	**0.008**	**0**	**0.023**	**0.02**	**0.164**	**0.018**	**0.047**	**0.321**	**1.089**	**98.911**
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	0	67.6	3.62	0	2	0.21	3.71	83.3	2.32	0	0	27.08	72.75	8.86	23.47	315.29	610.21	42,329
	%	**0**	**0**	**0.157**	**0.008**	**0**	**0.005**	**0**	**0.009**	**0.194**	**0.005**	**0**	**0**	**0.063**	**0.169**	**0.021**	**0.055**	**0.734**	**1.421**	**98.579**
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	20.28	84.45	15.42	0	1.99	0	0	553.61	0	0	17.27	48.8	175.44	12.26	117.07	394.48	1,441.07	59,899.84
	%	**0**	**0.033**	**0.138**	**0.025**	**0**	**0.003**	**0**	**0**	**0.903**	**0**	**0**	**0.028**	**0.08**	**0.286**	**0.02**	**0.191**	**0.643**	**2.349**	**97.651**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	62.84	53.92	32.16	0	0	0	0	1.14	0.44	0	0	1.96	27.04	10.66	17.53	113.1	320.79	38,051
	%	**0**	**0.164**	**0.141**	**0.084**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.003**	**0.001**	**0**	**0**	**0.005**	**0.07**	**0.028**	**0.046**	**0.295**	**0.836**	**99.164**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.002	0.164	0.123	0.067	-0.001	-0.024	-0.001	0	-0.425	-0.007	0	-0.023	-0.015	-0.094	0.01	-0.001	-0.026	-0.253	0.253
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-100	-	692.64	411.43	-100	-100	-100	0	-99.31	-85.51	0	-100	-74.11	-57.04	57.22	-2.02	-8.07	-23.26	0.26
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.001	0.078	0.064	0.034	0	0.011	0	0.004	0.388	0.004	0	0.015	0.035	0.088	0.004	0.071	0.223	0.662	0.662

ตารางที่ ก.9 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 9 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 9																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	22.01	15.54	8.69	0	15.23	0	14.22	0	167	30.6	0	11.1	38.96	127.96	1.53	45.96	342.35	841.15	27,417
	%	**0.078**	**0.055**	**0.031**	**0**	**0.054**	**0**	**0.05**	**0**	**0.591**	**0.108**	**0**	**0.039**	**0.138**	**0.453**	**0.005**	**0.163**	**1.212**	**2.977**	**97.023**
ไตรมาศที่ 2	กก.	16.33	7.77	48.14	28.49	20.93	4.74	10.5	0	306.3	1.74	0	0	17.45	89.17	6.08	18.18	184.15	759.97	75,580
	%	**0.021**	**0.01**	**0.063**	**0.037**	**0.027**	**0.006**	**0.014**	**0**	**0.401**	**0.002**	**0**	**0**	**0.023**	**0.117**	**0.008**	**0.024**	**0.241**	**0.996**	**99.004**
ไตรมาศที่ 3	กก.	0.98	13.64	23.09	25.3	18.32	21.27	1.44	0	556.93	1.52	0	0	19.12	185.57	32.29	39.94	377.7	1,317.1	88,382
	%	**0.001**	**0.015**	**0.026**	**0.028**	**0.02**	**0.024**	**0.002**	**0**	**0.621**	**0.002**	**0**	**0**	**0.021**	**0.207**	**0.036**	**0.045**	**0.421**	**1.468**	**98.532**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	0	10.43	0	0	0	53.73	0	45.99	8.81	0	4.88	29.08	61.27	2.58	8.92	196.28	421.97	21,320
	%	**0**	**0**	**0.048**	**0**	**0**	**0**	**0.247**	**0**	**0.212**	**0.041**	**0**	**0.022**	**0.134**	**0.282**	**0.012**	**0.041**	**0.903**	**1.941**	**98.059**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.078	-0.055	0.017	0	-0.054	0	0.197	0	-0.379	-0.068	0	-0.017	-0.004	-0.171	0.006	-0.122	-0.309	-1.036	1.036
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-100	-100	55.99	0	-100	0	391.09	0	-64.21	-62.58	0	-42.86	-2.99	-37.77	119.17	-74.78	-25.48	-34.8	1.07
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.037	0.024	0.017	0.019	0.022	0.011	0.115	0	0.190	0.05	0	0.019	0.066	0.142	0.014	0.064	0.444	0.847	0.847

ตารางที่ ก.10 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 10 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 10																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0.92	17.7	111.86	0	0	4.78	8.91	2.09	13.27	0.66	70.18	0	23.82	80.71	0.76	32.9	163.82	532.38	48,694
	%	**0.002**	**0.036**	**0.227**	**0**	**0**	**0.01**	**0.018**	**0.004**	**0.027**	**0.001**	**0.143**	**0**	**0.048**	**0.164**	**0.002**	**0.067**	**0.333**	**1.081**	**98.919**
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	0	68.54	0	0	0	15.81	0	1.84	0	0	0	16.78	40.55	0	8.10	121.37	272.99	26,720
	%	**0**	**0**	**0.254**	**0**	**0**	**0**	**0.059**	**0**	**0.007**	**0**	**0**	**0**	**0.062**	**0.150**	**0**	**0.03**	**0.45**	**1.011**	**98.989**
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	0.35	7.56	0	16.63	0	10.06	0	248.06	0	0	0	30.16	116	15.62	58.12	446.68	949.24	40,965
	%	**0**	**0.001**	**0.018**	**0**	**0.04**	**0**	**0.024**	**0**	**0.592**	**0**	**0**	**0**	**0.072**	**0.277**	**0.037**	**0.139**	**1.066**	**2.265**	**97.735**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	0.68	5.41	0	0.83	1.12	1.84	0	8.18	5.09	0	0.37	4.49	28.88	0	19.75	129.21	205.84	10,520
	%	**0**	**0.006**	**0.05**	**0**	**0.008**	**0.01**	**0.017**	**0**	**0.076**	**0.047**	**0**	**0.003**	**0.042**	**0.269**	**0**	**0.184**	**1.205**	**1.919**	**98.081**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.002	-0.03	-0.177	0	0.008	0.001	-0.001	-0.004	0.049	0.046	-0.143	0.003	-0.007	0.105	-0.002	0.117	0.872	0.838	-0.838
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-100	-82.5	-77.8	0	-	7.54	-5.48	-100	182.91	3,439.49	-100	-	-13.49	64.22	-100	175.51	261.99	77.45	-0.85
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.001	0.017	0.12	0	0.019	0.006	0.02	0.002	0.279	0.024	0.071	0.002	0.014	0.067	0.018	0.069	0.436	0.621	0.621

ตารางที่ ก.11 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 11 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 11																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	8.39	7.89	0	0	0	4.96	3.62	0	7.62	28.4	0	15.84	4.95	157.53	6.95	52.34	180.04	478.53	70,655
	%	**0.012**	**0.011**	**0**	**0**	**0**	**0.007**	**0.005**	**0**	**0.011**	**0.04**	**0**	**0.022**	**0.007**	**0.221**	**0.01**	**0.074**	**0.253**	**0.673**	**99.327**
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	0.32	0	0	0.6	0	27.02	0	21.17	15.64	0	1.44	27.95	65.63	8.17	32.54	118.28	318.76	71,857
	%	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.001**	**0**	**0.037**	**0**	**0.029**	**0.022**	**0**	**0.002**	**0.039**	**0.091**	**0.011**	**0.045**	**0.164**	**0.442**	**99.558**
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	2.05	6.11	10.1	0	0	38.49	0	200.13	9.26	0	0	29.31	79.31	18.56	50.93	159.41	603.66	73,328
	%	**0**	**0.003**	**0.008**	**0.014**	**0**	**0**	**0.052**	**0**	**0.271**	**0.013**	**0**	**0**	**0.04**	**0.107**	**0.025**	**0.069**	**0.216**	**0.817**	**99.183**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	0	6.24	0	1.11	0	0	0	121.48	0	0	0	7.17	80.57	4.53	89.65	181.47	492.22	83,290
	%	**0**	**0**	**0.007**	**0**	**0.001**	**0**	**0**	**0**	**0.145**	**0**	**0**	**0**	**0.009**	**0.096**	**0.005**	**0.107**	**0.217**	**0.587**	**99.413**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.012	-0.011	0.007	0	0.001	-0.007	-0.005	0	0.134	-0.04	0	-0.022	0.002	-0.125	-0.004	0.033	-0.037	-0.085	0.085
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-100	-100	-	0	-	-100	-100	0	1253.54	-100	0	-100	22.98	-56.58	-44.66	45.42	-14.42	-12.67	0.09
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.006	0.005	0.005	0.007	0.001	0.003	0.025	0	0.12	0.017	0	0.011	0.018	0.062	0.009	0.025	0.037	0.157	0.157

ตารางที่ ก.12 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 12 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 12																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0	14.45	6.02	29.52	19.27	0	10.65	0	0	7.88	0	21.69	105.22	262.08	1.89	106.43	370.69	955.79	41,942.9
	%	**0**	**0.034**	**0.014**	**0.069**	**0.045**	**0**	**0.025**	**0**	**0**	**0.018**	**0**	**0.051**	**0.245**	**0.611**	**0.004**	**0.248**	**0.864**	**2.228**	**97.772**
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	10.97	19.77	0	22.65	0.91	0	0	1.78	1.25	0	3.55	5.98	51.03	8.55	23.72	97.21	247.37	59,708
	%	**0**	**0.018**	**0.033**	**0**	**0.038**	**0.002**	**0**	**0**	**0.003**	**0.002**	**0**	**0.006**	**0.01**	**0.085**	**0.014**	**0.04**	**0.162**	**0.413**	**99.587**
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	0	71.22	0	0	0	13.95	0	205.32	10.14	0	0	21.06	59.95	14.7	35.06	184.05	615.45	47,742.12
	%	**0**	**0**	**0.147**	**0**	**0**	**0**	**0.029**	**0**	**0.425**	**0.021**	**0**	**0**	**0.044**	**0.124**	**0.03**	**0.073**	**0.381**	**1.273**	**98.727**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	6.76	5.35	79.58	0	0.15	0	0	161.26	0	0	1.01	0	65.05	5.51	44.94	140.69	510.3	65,476
	%	**0**	**0.01**	**0.008**	**0.121**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.244**	**0**	**0**	**0.002**	**0**	**0.099**	**0.008**	**0.068**	**0.213**	**0.773**	**99.227**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	-0.023	-0.006	0.052	-0.045	0	-0.025	0	0.244	-0.018	0	-0.049	-0.245	-0.512	0.004	-0.18	-0.651	-1.455	1.455
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	-69.59	-42.22	75.26	-100	0	-100	0	-	-100	0	-96.97	-100	-83.86	89.53	-72.55	-75.33	-65.29	1.49
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0	0.014	0.065	0.059	0.024	0.001	0.016	0	0.206	0.011	0	0.024	0.115	0.255	0.011	0.095	0.32	0.788	0.788

ตารางที่ ก.13 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 13 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 13																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	1.23	39.52	6.22	0	0	0	4.05	0	0	20.04	0	0	19.28	45.43	14.99	33.85	73.42	258.03	55,994.4
	%	0.002	0.07	0.011	0	0	0	0.007	0	0	0.036	0	0	0.034	0.081	0.027	0.06	0.131	0.459	99.541
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	0.8	34.62	6.8	0	32.9	12.81	0	73.41	1.08	0	9.33	14.06	84.61	7.02	55.93	235.61	568.98	60,055
	%	0	0.001	0.057	0.011	0	0.054	0.021	0	0.121	0.002	0	0.015	0.023	0.14	0.012	0.092	0.389	0.939	99.061
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	0	37.67	0	0	7.89	4.15	0	419.13	16.96	0	0	23.35	41.05	14.62	54.76	187.93	807.51	57,254
	%	0	0	0.065	0	0	0.014	0.007	0	0.722	0.029	0	0	0.04	0.071	0.025	0.094	0.324	1.391	98.609
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	3.45	39.62	30.39	0	0	30.08	0	46.88	0	0	0	22.66	40.9	6.25	62.2	173.89	456.32	32,103
	%	0	0.011	0.122	0.093	0	0	0.092	0	0.144	0	0	0	0.07	0.126	0.019	0.191	0.534	1.402	98.598
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.002	-0.06	0.111	0.093	0	0	0.085	0	0.144	-0.036	0	0	0.035	0.045	-0.007	0.131	0.404	0.943	-0.943
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-100	-84.92	1,001	-	0	0	1,183.2	0	-	-100	0	0	103.06	55.54	-27.96	217.47	309.19	205.54	-0.95
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.001	0.033	0.045	0.045	0	0.026	0.041	0	0.323	0.018	0	0.008	0.02	0.034	0.007	0.057	0.167	0.448	0.448

ตารางที่ ก.14 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 14 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 14																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0	0	26.13	0	0	0	0	0	9.47	8.06	0	0	7.9	44.15	7.84	59.36	102.29	265.2	82,385
	%	**0**	**0**	**0.032**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.011**	**0.01**	**0**	**0**	**0.01**	**0.053**	**0.009**	**0.072**	**0.124**	**0.321**	**99.679**
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	0	1.78	0	0	0	0	0	5.45	5.86	0	1.32	5.84	35.23	10.85	40.43	66.01	172.77	77,490
	%	**0**	**0**	**0.002**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.007**	**0.008**	**0**	**0.002**	**0.008**	**0.045**	**0.014**	**0.052**	**0.085**	**0.222**	**99.778**
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	0	5.37	8.67	0	0	0	0	72.37	18.41	0	0	14.09	57.24	12.05	53.78	161.03	403.01	51,555
	%	**0**	**0**	**0.01**	**0.017**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.139**	**0.035**	**0**	**0**	**0.027**	**0.11**	**0.023**	**0.104**	**0.31**	**0.776**	**99.224**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	6.46	0	0	0.37	0.49	23.03	0	161.11	0	0	16.56	9.46	63.26	5.11	35.08	179.72	500.65	70,969
	%	**0**	**0.009**	**0**	**0**	**0.001**	**0.001**	**0.032**	**0**	**0.225**	**0**	**0**	**0.023**	**0.013**	**0.089**	**0.007**	**0.049**	**0.251**	**0.701**	**99.299**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	0.009	-0.032	0	0.001	0.001	0.032	0	0.214	-0.01	0	0.023	0.004	0.035	-0.002	-0.023	0.128	0.38	-0.38
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	-	-100	0	-	-	-	0	1867.41	-100	0	-	38.48	65.7	-24.63	-31.66	103.18	118.31	-0.38
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0	0.005	0.014	0.008	0	0	0.016	0	0.106	0.015	0	0.011	0.009	0.03	0.007	0.025	0.106	0.274	0.274

ตารางที่ ก.15 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 15 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม เครื่องที่ 15																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0	0	1.56	0	8.69	0	0	1.9	2.71	0.97	0	0	9.41	45.85	1.33	70.46	89.75	232.63	29,847
	%	**0**	**0**	**0.005**	**0**	**0.029**	**0**	**0**	**0.006**	**0.009**	**0.003**	**0**	**0**	**0.031**	**0.152**	**0.004**	**0.234**	**0.298**	**0.773**	**99.227**
ไตรมาศที่ 2	กก.	20.14	2.49	6.88	0	0	0	0	6.89	0	0	0	0	14.28	30.64	4.52	29.82	64.99	180.65	34,000
	%	**0.059**	**0.007**	**0.02**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.02**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.042**	**0.09**	**0.013**	**0.087**	**0.19**	**0.529**	**99.471**
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	0.24	34.89	0	0	0	0	20.02	235.01	4.46	0	0	13.02	37.97	7.93	50.31	127.81	531.66	49,873
	%	**0**	**0**	**0.069**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.04**	**0.466**	**0.009**	**0**	**0**	**0.026**	**0.075**	**0.016**	**0.1**	**0.254**	**1.055**	**98.945**
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	1.8	0	0	4.97	0	34.28	0	6.43	4.41	0	6.37	19.53	15.83	4.52	38.73	95.8	232.67	41,690
	%	**0**	**0.004**	**0**	**0**	**0.012**	**0**	**0.082**	**0**	**0.015**	**0.011**	**0**	**0.015**	**0.047**	**0.038**	**0.011**	**0.092**	**0.229**	**0.555**	**99.445**
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	0.004	-0.005	0	-0.017	0	0.082	-0.006	0.006	0.007	0	0.015	0.015	-0.115	0.006	-0.142	-0.07	-0.218	0.218
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	-	-100	0	-58.96	0	-	-100	70.24	226.2	0	-	48.91	-75.23	143.84	-60.56	-23.41	-28.24	0.22
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.029	0.003	0.032	0	0.014	0	0.041	0.018	0.229	0.005	0	0.008	0.009	0.048	0.005	0.071	0.045	0.244	0.244

ภาคผนวก ข

ปริมาณและร้อยละของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องแยกรายไตรมาส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.1 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 1 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 1																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	2.93	41.75	21.58	3.21	6.59	0.28	5.73	1.25	15.21	53.28	0.94	6.41	32.81	38	3.25	22.43	0	255.64	39,671.3
	%	0.007	0.105	0.054	0.008	0.016	0.001	0.014	0.003	0.038	0.133	0.002	0.016	0.082	0.095	0.008	0.056	0	0.64	99.36
ไตรมาศที่ 2	กก.	0.36	26.57	31.91	3.99	8.58	0.16	7.8	1.44	6.65	4.5	2.71	6.58	22.46	13.38	3.71	20.4	2.95	164.14	42,824.58
	%	0.001	0.062	0.074	0.009	0.02	0	0.018	0.003	0.015	0.01	0.006	0.015	0.052	0.031	0.009	0.047	0.007	0.382	99.618
ไตรมาศที่ 3	กก.	0.62	11.39	38.17	111	8.89	0.09	5.19	3.61	9.89	23.23	7.21	5.72	16.38	31.86	2.31	15.91	1.44	292.9	53,851.62
	%	0.001	0.021	0.07	0.205	0.016	0	0.01	0.007	0.018	0.043	0.013	0.011	0.03	0.059	0.004	0.029	0.003	0.541	99.459
ไตรมาศที่ 4	กก.	0.72	21.6	20.48	4.38	8.68	0.51	1.94	0.77	14.21	18.81	15.56	3.18	4.53	37.42	0.59	37.27	1.50	192.15	39,807.61
	%	0.002	0.054	0.051	0.011	0.022	0.001	0.005	0.002	0.036	0.047	0.039	0.008	0.011	0.094	0.001	0.093	0.004	0.48	99.52
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.006	-0.051	-0.003	0.003	0.005	0.001	-0.01	-0.001	-0.003	-0.086	0.037	-0.008	-0.071	-0.002	-0.007	0.037	0.004	-0.16	0.16
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-75.47	-48.36	-5.29	36.34	31.59	83.12	-66.32	-38.02	-6.76	-64.75	1546.63	-50.38	-86.23	-1.69	-81.96	65.9	-	-24.97	0.16
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.003	0.034	0.012	0.098	0.003	0	0.006	0.002	0.012	0.053	0.016	0.004	0.030	0.031	0.003	0.027	0.003	0.108	0.108

ตารางที่ ข.2 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 2 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 2																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	2.66	40.57	21.75	13.94	7.9	0.3	30.36	1.79	1.01	45.92	3.32	28.85	13.51	59.76	16.12	33.32	2.91	323.96	42,862.2
	%	0.006	0.094	0.05	0.032	0.018	0.001	0.07	0.004	0.002	0.106	0.008	0.067	0.031	0.138	0.037	0.077	0.007	0.75	99.25
ไตรมาศที่ 2	กก.	0.82	8.9	15.65	3.41	8.89	1.72	4.33	0.56	1.3	3.9	6.49	3.49	4.59	6.34	2.51	26.75	0.28	99.93	37,446.9
	%	0.002	0.024	0.042	0.009	0.024	0.005	0.012	0.002	0.003	0.01	0.017	0.009	0.012	0.017	0.007	0.071	0.001	0.266	99.734
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	10.55	32.4	1.27	10.45	2.62	0.97	0.57	1.88	9.66	6.41	3.92	8.49	12.99	13.5	18.27	0.64	134.57	37,742.03
	%	0	0.028	0.086	0.003	0.028	0.007	0.003	0.001	0.005	0.026	0.017	0.01	0.022	0.034	0.036	0.048	0.002	0.355	99.645
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	1.4	17.73	4.83	5.82	0.54	3.83	0.26	2.3	16.44	0.49	5.87	5.38	17.73	2.57	36.17	0	121.37	41,739.9
	%	0	0.003	0.042	0.012	0.014	0.001	0.009	0.001	0.005	0.039	0.001	0.014	0.013	0.042	0.006	0.086	0	0.29	99.71
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.006	-0.091	-0.008	-0.021	-0.004	0.001	-0.061	-0.004	0.003	-0.067	-0.006	-0.053	-0.018	-0.096	-0.031	0.009	-0.007	-0.46	0.46
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-100	-96.4	-15.9	-64.2	-23.99	89.25	-87	-85.32	135.2	-63.1	-84.6	-79	-58.9	-69.4	-83.53	12.01	-100	-61.35	0.46
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.003	0.039	0.021	0.013	0.006	0.003	0.032	0.002	0.001	0.042	0.008	0.028	0.009	0.055	0.017	0.016	0.003	0.226	0.226

ตารางที่ ข.3 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 3 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 3																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	5.32	46.08	19.23	16.1	19.21	0.79	4.21	5.23	3.58	1.45	11.45	14.73	5.18	33.53	7.63	11.92	11.08	216.72	48,489.5
	%	0.011	0.095	0.039	0.033	0.039	0.002	0.009	0.011	0.007	0.003	0.024	0.03	0.011	0.069	0.016	0.024	0.023	0.445	99.555
ไตรมาศที่ 2	กก.	1.38	13.51	20.84	1.86	2.4	0.67	2.4	5.39	16.34	9.65	30.01	2.27	6.53	17.24	6.09	6.14	2.14	144.88	32,579
	%	0.004	0.041	0.064	0.006	0.007	0.002	0.007	0.016	0.05	0.03	0.092	0.007	0.02	0.053	0.019	0.019	0.007	0.443	99.557
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	8.37	24.11	0.97	10.49	0.7	3.71	6.41	10.92	9.46	15.82	2.97	5.59	18.75	8.08	7.8	0.42	134.57	43,402.5
	%	0	0.019	0.055	0.002	0.024	0.002	0.009	0.015	0.025	0.022	0.036	0.007	0.013	0.043	0.019	0.018	0.001	0.309	99.691
ไตรมาศที่ 4	กก.	0.42	8.39	23.64	7.95	15.97	2.83	3.58	1.28	3.8	13.86	3.55	25.14	4.72	61.67	21.87	46.48	0.26	245.43	55,534.73
	%	0.001	0.015	0.042	0.014	0.029	0.005	0.006	0.002	0.007	0.025	0.006	0.045	0.008	0.111	0.039	0.083	0	0.44	99.56
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.01	-0.08	0.003	-0.019	-0.011	0.003	-0.002	-0.008	-0.001	0.022	-0.017	0.015	-0.002	0.042	0.024	0.059	-0.022	-0.005	0.005
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-93.1	-84.1	7.35	-56.9	-27.39	211.44	-25.8	-78.61	-7.24	734.3	-72.9	49.09	-20.4	60.62	150.27	240.48	-97.95	-1.11	0.005
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.005	0.037	0.011	0.014	0.013	0.002	0.001	0.006	0.02	0.012	0.037	0.019	0.005	0.03	0.011	0.032	0.01	0.067	0.067

ตารางที่ ข.4 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 4 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 4																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	1.2	15.44	58.62	21.62	31.67	0.26	1.01	6.57	6.97	77.9	0.59	25.62	10.47	73.87	0	14.92	26.19	372.91	69,000.8
	%	0.002	0.022	0.084	0.031	0.046	0	0.001	0.009	0.01	0.112	0.001	0.037	0.015	0.106	0	0.022	0.038	0.538	99.462
ไตรมาศที่ 2	กก.	0.76	25	51.76	26.19	21.46	1.94	15.59	5.39	8.64	19.34	6.53	20.8	10.31	47.56	11.69	55.91	2.57	331.44	89,514.09
	%	0.001	0.028	0.058	0.029	0.024	0.002	0.017	0.006	0.01	0.022	0.007	0.023	0.011	0.053	0.013	0.062	0.003	0.369	99.631
ไตรมาศที่ 3	กก.	0.09	42.01	76.6	7.19	18.55	3.07	3.24	1.51	62.3	25.42	4.56	8.05	31.4	51.92	4.24	14.18	1.43	355.74	100,480.46
	%	0	0.042	0.076	0.007	0.018	0.003	0.003	0.001	0.062	0.025	0.005	0.008	0.031	0.051	0.004	0.014	0.001	0.353	99.647
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	29.77	79.07	8.42	10.23	1.67	17.83	6.38	36.6	36.93	2.65	8.34	3.56	47.94	4.52	26	0.09	319.99	94,399.73
	%	0	0.031	0.083	0.009	0.011	0.002	0.019	0.007	0.039	0.039	0.003	0.009	0.004	0.051	0.005	0.027	0	0.338	99.662
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.002	0.009	-0.001	-0.022	-0.035	0.001	0.017	-0.003	0.029	-0.073	0.002	-0.028	-0.011	-0.056	0.005	0.006	-0.038	-0.2	0.2
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-100	41.16	-1.21	-71.5	-76.35	379.08	1190	-28.87	284.8	-65.3	231.1	-76.2	-75.1	-52.5	-	27.63	-99.76	-37.15	0.2
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.001	0.008	0.012	0.013	0.015	0.001	0.009	0.003	0.025	0.043	0.003	0.014	0.012	0.027	0.005	0.021	0.018	0.093	0.093

ตารางที่ ข.5 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 5 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 5																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0.58	35.4	129.56	15.43	52.27	1.11	4.02	6.98	2.59	2.77	3.74	19.54	17.05	68.7	0.77	38.54	9.28	408.34	82,974.9
	%	0.001	0.042	0.155	0.019	0.063	0.001	0.005	0.008	0.003	0.003	0.004	0.023	0.02	0.082	0.001	0.046	0.011	0.49	99.51
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	16.89	75.9	25.91	31.89	0.6	0.11	2.47	15.3	16.3	10.27	17.16	8.59	98.49	62.94	40.95	1.37	425.13	67,220.33
	%	0	0.025	0.112	0.038	0.047	0.001	0	0.004	0.023	0.024	0.015	0.025	0.013	0.146	0.093	0.061	0.002	0.628	99.372
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	25.51	80.74	19.47	26.94	6.33	2.11	2.82	12.77	18.61	1.57	27	19.05	64.29	9.1	47.54	9.79	373.66	92,266.2
	%	0	0.028	0.087	0.021	0.029	0.007	0.002	0.003	0.014	0.02	0.002	0.029	0.021	0.069	0.01	0.051	0.011	0.403	99.597
ไตรมาศที่ 4	กก.	1.62	35	136.01	14.22	29.75	1.16	6.95	2.39	10.69	11.49	0.33	16.61	6.6	34.59	4.22	26.14	6.2	343.99	93,144.6
	%	0.002	0.037	0.145	0.015	0.032	0.001	0.007	0.003	0.011	0.012	0	0.018	0.007	0.037	0.005	0.028	0.007	0.368	99.632
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0.001	-0.005	-0.01	-0.003	-0.031	0	0.003	-0.006	0.008	0.009	-0.004	-0.006	-0.013	-0.045	0.004	-0.018	-0.005	-0.122	0.122
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	150.04	-11.8	-6.37	-17.8	-49.23	-7.081	54.17	-69.42	267.8	269.7	-92.1	-24.2	-65.5	-55.1	391.07	-39.5	-40.43	-24.87	0.122
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.001	0.008	0.031	0.01	0.016	0.003	0.003	0.003	0.008	0.009	0.007	0.005	0.007	0.046	0.044	0.014	0.004	0.116	0.116

ตารางที่ ข.6 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 6 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 6																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	1.96	24.58	76.17	12.15	10.83	1.43	8.07	4.4	15.08	64.33	80.96	8.49	18.45	143.36	23.09	33.86	27.25	554.43	30,079.8
	%	0.006	0.08	0.249	0.04	0.035	0.005	0.026	0.014	0.049	0.21	0.264	0.028	0.06	0.468	0.075	0.111	0.089	1.81	98.19
ไตรมาศที่ 2	กก.	2.16	13.89	10.72	0.12	12.7	4.07	6.06	3.6	10.73	20.02	9.11	6.6	4.04	42.05	14.22	42.02	4.06	206.15	37,842.3
	%	0.006	0.037	0.028	0	0.033	0.011	0.016	0.009	0.028	0.053	0.024	0.017	0.011	0.111	0.037	0.11	0.011	0.542	99.458
ไตรมาศที่ 3	กก.	0	11.2	10.99	0.68	13.37	0.52	4.11	1.67	1.31	10.23	10.18	4.34	4.09	28.31	6.73	24.43	0.53	132.66	35,704.35
	%	0	0.031	0.031	0.002	0.037	0.001	0.011	0.005	0.004	0.029	0.028	0.012	0.011	0.079	0.019	0.068	0.001	0.37	99.63
ไตรมาศที่ 4	กก.	0	5.67	22.49	0.31	6.99	3.79	16.15	2.01	10.38	48.36	21.53	2.19	2.43	109.03	21.26	44.91	0.61	318.11	47,126.25
	%	0	0.012	0.047	0.001	0.015	0.008	0.034	0.004	0.022	0.102	0.045	0.005	0.005	0.23	0.045	0.095	0.001	0.67	99.33
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.006	-0.068	-0.201	-0.039	-0.021	0.003	0.008	-0.01	-0.027	-0.108	-0.219	-0.023	-0.055	-0.238	-0.031	-0.016	-0.088	-1.139	1.139
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-100	-85.1	-80.9	-98.3	-58.31	71.41	29.22	-70.59	-55.5	-51.5	-82.8	-83.3	-91.5	-50.89	-40.55	-14.35	-98.55	-62.95	1.16
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.003	0.029	0.107	0.019	0.01	0.004	0.01	0.005	0.019	0.081	0.116	0.01	0.026	0.176	0.024	0.02	0.042	0.653	0.653

ตารางที่ ข.7 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 7 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 7																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0.34	7.21	10.6	14.21	10.9	2.05	17.33	3.58	16.86	38.31	31.2	3.26	7.03	39.98	1.9	51.63	1.95	258.36	44,129.5
	%	0.001	0.016	0.024	0.032	0.025	0.005	0.039	0.008	0.038	0.086	0.07	0.007	0.016	0.09	0.004	0.116	0.004	0.582	99.418
ไตรมาศที่ 2	กก.	0.37	16.74	9.25	10.51	19.45	4.11	11.04	2.2	26.54	30.96	4.39	4.36	5.11	15.67	1.86	15.34	0.84	178.72	39,899.78
	%	0.001	0.042	0.023	0.026	0.049	0.01	0.028	0.005	0.066	0.077	0.011	0.011	0.013	0.039	0.005	0.038	0.002	0.446	99.554
ไตรมาศที่ 3	กก.	0.65	16.81	13.87	14.67	8.16	1.68	9.42	1.06	17.32	6.7	17.11	7.47	7.11	26.08	0.91	31.09	0.45	180.55	45,251.19
	%	0.001	0.037	0.031	0.032	0.018	0.004	0.021	0.002	0.038	0.015	0.038	0.016	0.016	0.057	0.002	0.068	0.001	0.397	99.603
ไตรมาศที่ 4	กก.	0.27	15.32	17.45	8.54	11.37	2.19	9.76	0.17	27.59	25.16	6.8	9.49	11.27	61.13	23.77	68.07	2.7	301.04	44,603.55
	%	0.001	0.034	0.039	0.019	0.025	0.005	0.022	0	0.061	0.056	0.015	0.021	0.025	0.136	0.053	0.152	0.006	0.67	99.33
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	0	0.018	0.015	-0.013	0.001	0	-0.017	-0.008	0.023	-0.03	-0.055	0.014	0.009	0.046	0.049	0.035	0.002	0.088	-0.088
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-20.63	110	62.7	-40.6	3.12	5.35	-44.3	-95.37	61.74	-35.1	-78.5	187.9	58.42	51.15	1134.45	30.32	36.87	15.18	-0.09
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0	0.011	0.007	0.006	0.013	0.003	0.008	0.003	0.015	0.032	0.027	0.006	0.005	0.043	0.025	0.05	0.002	0.125	0.125

ตารางที่ ข.8 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 8 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 8																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	3.48	18.94	0.88	24.01	11.16	0.25	14.38	3.31	11.2	26.56	6.48	4.91	21.93	41.07	0.94	27.05	16.4	232.94	48,338.3
	%	0.007	0.039	0.002	0.049	0.023	0.001	0.03	0.007	0.023	0.055	0.013	0.01	0.045	0.085	0.002	0.056	0.034	0.48	99.52
ไตรมาศที่ 2	กก.	2.81	26.19	2.96	4.1	5.73	0.14	9.39	1.24	6.01	8	4.66	6.07	7.69	15.09	0.13	24.96	1.04	126.2	43,858.05
	%	0.006	0.06	0.007	0.009	0.013	0	0.021	0.003	0.014	0.018	0.011	0.014	0.017	0.034	0	0.057	0.002	0.287	99.713
ไตรมาศที่ 3	กก.	1.57	19.74	2.17	4.53	4.61	0.8	8.83	0.04	4.25	10.73	1.94	14.98	30.07	8.3	0.79	12.33	0.05	125.73	43,139.7
	%	0.004	0.046	0.005	0.01	0.011	0.002	0.02	0	0.01	0.025	0.004	0.035	0.07	0.019	0.002	0.028	0	0.291	99.709
ไตรมาศที่ 4	กก.	0.75	16.18	6.93	5.04	8.77	0.51	12.24	0.2	0.42	14.21	4.5	10.07	5.88	31.4	7.66	34.93	0	159.68	50,540.85
	%	0.001	0.032	0.014	0.01	0.017	0.001	0.024	0	0.001	0.028	0.009	0.02	0.012	0.062	0.015	0.069	0	0.315	99.685
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.006	-0.007	0.012	-0.04	-0.006	0	-0.005	-0.006	-0.022	-0.027	-0.004	0.01	-0.034	-0.023	0.013	0.013	-0.034	-0.165	0.165
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-79.33	-18.1	656	-79.9	-24.74	96.62	-18.5	-94.18	-96.4	-48.7	-33.4	96.34	-74.3	-26.8	677.36	23.72	-100	-34.33	0.17
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.003	0.012	0.005	0.02	0.005	0.001	0.004	0.003	0.009	0.016	0.004	0.011	0.027	0.029	0.007	0.017	0.016	0.092	0.092

ตารางที่ ข.9 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 9 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 9																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	0.69	14.23	3.98	9.84	26.47	0.19	10.32	0.62	2.7	8.87	14.14	7.21	44.24	24.7	6.33	33.49	1.5	209.53	46,076.4
	%	0.001	0.031	0.009	0.021	0.057	0	0.022	0.001	0.006	0.019	0.031	0.016	0.096	0.053	0.014	0.072	0.003	0.453	99.547
ไตรมาศที่ 2	กก.	0	17.48	6.48	2.17	8.11	0.09	9.65	0.57	3.48	9.44	2.55	4.22	3.77	12.45	1.09	33.26	2	116.81	42,940.95
	%	0	0.041	0.015	0.005	0.019	0	0.022	0.001	0.008	0.022	0.006	0.01	0.009	0.029	0.003	0.077	0.005	0.271	99.729
ไตรมาศที่ 3	กก.	1.07	14.47	2.86	2.15	4.49	1.17	0.51	0.73	7.54	3.93	1.42	2.22	17.71	8.1	3.73	23.44	1	96.52	48,655.68
	%	0.002	0.03	0.006	0.004	0.009	0.002	0.001	0.001	0.015	0.008	0.003	0.005	0.036	0.017	0.008	0.048	0.002	0.198	99.802
ไตรมาศที่ 4	กก.	0.14	21.26	6.36	7.83	15.57	2.58	14.64	1.29	2.88	10.54	1.24	4.79	8.65	79.48	14.63	28.29	1.23	221.4	48,537.15
	%	0	0.044	0.013	0.016	0.032	0.005	0.03	0.003	0.006	0.022	0.003	0.01	0.018	0.163	0.03	0.058	0.003	0.454	99.546
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.001	0.013	0.004	-0.005	-0.025	0.005	0.008	0.001	0	0.002	-0.028	-0.006	-0.078	0.11	0.016	-0.014	-0.001	0.001	-0.001
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-81.29	41.78	51.5	-24.5	-44.15	1222.8	34.69	98.78	1.29	12.78	-91.7	-36.9	-81.4	205.5	119.37	-19.81	-22.16	0.31	-0.001
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.001	0.007	0.004	0.008	0.021	0.002	0.012	0.001	0.005	0.007	0.013	0.005	0.039	0.067	0.012	0.013	0.001	0.13	0.13

ตารางที่ ข.10 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 10 รายไตรมาส

ปริมาณและร้อยละของของเสีย แผนกเป่าขวดเพท เครื่องที่ 10																				
ประเภทงาน		งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย		หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
ไตรมาศที่ 1	กก.	5.53	9.86	52.93	0.79	17.5	1.04	7.96	2.42	5.05	39.6	53.24	18.13	6.36	51.56	1.61	23.8	3.1	300.47	60,272
	%	0.009	0.016	0.087	0.001	0.029	0.002	0.013	0.004	0.008	0.065	0.088	0.03	0.01	0.085	0.003	0.039	0.005	0.496	99.504
ไตรมาศที่ 2	กก.	4.61	14.34	8.59	0	3.71	2.09	10.89	11.66	0.15	11.31	6.92	6.21	3.42	14.41	5.89	32.3	0.49	136.98	54,017.27
	%	0.009	0.026	0.016	0	0.007	0.004	0.02	0.022	0	0.021	0.013	0.011	0.006	0.027	0.011	0.1	0.001	0.253	99.747
ไตรมาศที่ 3	กก.	2.11	5.1	11.7	0.24	2.92	3.86	9.34	2.09	5.87	10.2	12.84	5.17	2.31	24.67	6.13	30.59	1.38	136.51	61,901.12
	%	0.003	0.008	0.019	0	0.005	0.006	0.015	0.003	0.009	0.016	0.021	0.008	0.004	0.04	0.01	0.049	0.002	0.22	99.78
ไตรมาศที่ 4	กก.	0.22	3.24	2.74	0.57	5	0.53	4.35	3	3.67	28.87	12.63	10.53	8.02	70.93	7.08	46.39	0	207.78	65,713.5
	%	0	0.005	0.004	0.001	0.008	0.001	0.007	0.005	0.006	0.044	0.019	0.016	0.012	0.108	0.011	0.07	0	0.315	99.685
การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของร้อยละของของเสียเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-0.009	-0.011	-0.083	0.000	-0.021	-0.001	-0.007	0.001	-0.003	-0.022	-0.069	-0.014	0.002	0.022	0.008	0.031	-0.005	-0.181	0.181
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเทียบเริ่มต้นและสิ้นสุดการศึกษา	%	-96.33	-69.8	-95.2	-33.9	-73.75	-53.35	-49.8	13.83	-33.2	-33	-78.2	-46.6	16.02	26.41	305.56	79.14	-100	-36.46	0.18
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.004	0.010	0.038	0.001	0.011	0.002	0.006	0.009	0.004	0.023	0.035	0.010	0.004	0.038	0.004	0.013	0.002	0.123	0.123

ภาคผนวก ค

ปริมาณและร้อยละของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสแยกรายเครื่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ค.1 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสที่ 1 รายเครื่อง

ปริมาณของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาศที่ 1																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
เครื่องที่ 1	กก.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องที่ 2	กก.	2.02	1.41	66.89	0	218.57	31.81	4.92	112.73	49.4	13.86	0	9.03	33.09	107.1	1.76	51.23	392.8	1,096.62	44,252.8
เครื่องที่ 3	กก.	0	21.85	117.89	113.4	55.09	23.47	7.26	95.92	31.02	18.23	0	4.35	39.82	220.28	5.47	90.75	461.13	1,305.93	59,291
เครื่องที่ 4	กก.	0	6.72	292.02	0	0	28.45	15.78	0	8.22	17.67	0	0	11.79	90.07	1.95	98.61	296.21	867.49	65,109.5
เครื่องที่ 5	กก.	0	1.09	165.55	0	0	0	6.12	0	38.99	2.78	0	0	23.99	74.96	2.95	58.55	199.56	574.54	38,301
เครื่องที่ 6	กก.	0	11.98	2.56	1.86	0	0	8.2	0	0	16.1	0	32.71	11.22	132.39	7.07	52.18	243.01	519.28	71,856
เครื่องที่ 7	กก.	0.72	19.86	219.53	10.81	33.26	0	17.19	0	69.65	1.77	129.11	2.2	3.68	151.68	11.85	35.82	200.7	907.83	62,994.16
เครื่องที่ 8	กก.	1.65	0	12.3	11.37	0.38	16.56	0.42	0	297.14	5.49	0	16.03	13.69	113.8	12.26	32.35	222.44	755.88	68,625.4
เครื่องที่ 9	กก.	22.01	15.54	8.69	0	15.23	0	14.22	0	167	30.6	0	11.1	38.96	127.96	1.53	45.96	342.35	841.15	27,417
เครื่องที่ 10	กก.	0.92	17.7	111.86	0	0	4.78	8.91	2.09	13.27	0.66	70.18	0	23.82	80.71	0.76	32.9	163.82	532.38	48,694
เครื่องที่ 11	กก.	8.39	7.89	0	0	0	4.96	3.62	0	7.62	28.4	0	15.84	4.95	157.53	6.95	52.34	180.04	478.53	70,655
เครื่องที่ 12	กก.	0	14.45	6.02	29.52	19.27	0	10.65	0	0	7.88	0	21.69	105.22	262.08	1.89	106.43	370.69	955.79	41,942.9
เครื่องที่ 13	กก.	1.23	39.52	6.22	0	0	0	4.05	0	0	20.04	0	0	19.28	45.43	14.99	33.85	73.42	258.03	55,994.4
เครื่องที่ 14	กก.	0	0	26.13	0	0	0	0	0	9.47	8.06	0	0	7.9	44.15	7.84	59.36	102.29	265.2	82,385
เครื่องที่ 15	กก.	0	0	1.56	0	8.69	0	0	1.9	2.71	0.97	0	0	9.41	45.85	1.33	70.46	89.75	232.63	29,847

ร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาศที่ 1																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
เครื่องที่ 1	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องที่ 2	%	0	0	0.009	0	0.028	0.004	0.001	0.015	0.006	0.002	0	0.001	0.004	0.014	0	0.007	0.051	0.141	5.696
เครื่องที่ 3	%	0	0.003	0.015	0.015	0.007	0.003	0.001	0.012	0.004	0.002	0	0.001	0.005	0.028	0.001	0.012	0.059	0.168	7.631
เครื่องที่ 4	%	0	0.001	0.038	0	0	0.004	0.002	0	0.001	0.002	0	0	0.002	0.012	0	0.013	0.038	0.112	8.38
เครื่องที่ 5	%	0	0	0.021	0	0	0	0.001	0	0.005	0	0	0	0.003	0.01	0	0.008	0.026	0.074	4.93
เครื่องที่ 6	%	0	0.002	0	0	0	0	0.001	0	0	0.002	0	0.004	0.001	0.017	0.001	0.007	0.031	0.067	9.248
เครื่องที่ 7	%	0	0.003	0.028	0.001	0.004	0	0.002	0	0.009	0	0.017	0	0	0.02	0.002	0.005	0.026	0.117	8.108
เครื่องที่ 8	%	0	0	0.002	0.001	0	0.002	0	0	0.038	0.001	0	0.002	0.002	0.015	0.002	0.004	0.029	0.097	8.833
เครื่องที่ 9	%	0.003	0.002	0.001	0	0.002	0	0.002	0	0.021	0.004	0	0.001	0.005	0.016	0	0.006	0.044	0.108	3.529
เครื่องที่ 10	%	0	0.002	0.014	0	0	0.001	0.001	0	0.002	0	0.009	0	0.003	0.01	0	0.004	0.021	0.069	6.267
เครื่องที่ 11	%	0.001	0.001	0	0	0	0.001	0	0	0.001	0.004	0	0.002	0.001	0.02	0.001	0.007	0.023	0.062	9.094
เครื่องที่ 12	%	0	0.002	0.001	0.004	0.002	0	0.001	0	0	0.001	0	0.003	0.014	0.034	0	0.014	0.048	0.123	5.398
เครื่องที่ 13	%	0	0.005	0.001	0	0	0	0.001	0	0	0.003	0	0	0.002	0.006	0.002	0.004	0.009	0.033	7.207
เครื่องที่ 14	%	0	0	0.003	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0	0	0.001	0.006	0.001	0.008	0.013	0.034	10.604
เครื่องที่ 15	%	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.006	0	0.009	0.012	0.03	3.842

ตารางที่ ค.2 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสที่ 2 รายเครื่อง

ปริมาณของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาศที่ 2																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
เครื่องที่ 1	กก.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องที่ 2	กก.	0	0	87.82	0	0.44	81	4.1	0	3.99	13.33	0	6.93	21.66	79.71	4.11	62.26	214.7	580.05	27,769
เครื่องที่ 3	กก.	16.94	0.51	205.98	6.86	2.09	0.65	27.97	12.48	28.29	10.75	0	21.9	18.06	177.44	4.4	82.81	452.46	1,069.59	51,463
เครื่องที่ 4	กก.	6.82	0	46.45	0.12	0	0	18.58	0.28	0	3.66	0	0	9.68	54.8	5.1	50.84	193.23	389.56	79,165
เครื่องที่ 5	กก.	15.88	7.04	12.74	14.91	24.26	0	3.69	0	47.96	2	0	0	7.68	93.39	0	34.43	224.06	488.04	61,425
เครื่องที่ 6	กก.	16.92	0	129.76	1.99	0	0	20.36	0	4.02	10.23	0	0	30.02	123.05	3.85	57.63	251.59	649.42	67,987
เครื่องที่ 7	กก.	0	6.9	71.75	0	46.36	24.18	26.14	2.17	24.84	1.45	0	0	16.58	58.7	4.78	39.53	250.32	573.7	46,146
เครื่องที่ 8	กก.	0	0	67.6	3.62	0	2	0.21	3.71	83.3	2.32	0	0	27.08	72.75	8.86	23.47	315.29	610.21	42,329
เครื่องที่ 9	กก.	16.33	7.77	48.14	28.49	20.93	4.74	10.5	0	306.3	1.74	0	0	17.45	89.17	6.08	18.18	184.15	759.97	75,580
เครื่องที่ 10	กก.	0	0	68.54	0	0	0	15.81	0	1.84	0	0	0	16.78	40.55	0	8.1	121.37	272.99	26,720
เครื่องที่ 11	กก.	0	0.32	0	0	0.6	0	27.02	0	21.17	15.64	0	1.44	27.95	65.63	8.17	32.54	118.28	318.76	71,857
เครื่องที่ 12	กก.	0	10.97	19.77	0	22.65	0.91	0	0	1.78	1.25	0	3.55	5.98	51.03	8.55	23.72	97.21	247.37	59,708
เครื่องที่ 13	กก.	0	0.8	34.62	7	0	32.9	12.81	0	73.41	1.08	0	9.33	14.06	84.61	7.02	55.93	235.61	568.98	60,055
เครื่องที่ 14	กก.	0	0	1.78	0	0	0	0	0	5.45	5.86	0	1.32	5.84	35.23	10.85	40.43	66.01	172.77	77,490
เครื่องที่ 15	กก.	20.14	2.49	6.88	0	0	0	0	6.89	0	0	0	0	14.28	30.64	4.52	29.82	64.99	180.65	34,000

ร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาศที่ 2																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
เครื่องที่ 1	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องที่ 2	%	0	0	0.011	0	0	0.01	0.001	0	0.001	0.002	0	0.001	0.003	0.01	0.001	0.008	0.027	0.074	3.521
เครื่องที่ 3	%	0.002	0	0.026	0.001	0	0	0.004	0.002	0.004	0.001	0	0.003	0.002	0.023	0.001	0.011	0.057	0.136	6.526
เครื่องที่ 4	%	0.001	0	0.006	0	0	0	0.002	0	0	0	0	0	0.001	0.007	0.001	0.006	0.025	0.049	10.039
เครื่องที่ 5	%	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0	0	0	0.006	0	0	0	0.001	0.012	0.000	0.004	0.028	0.062	7.789
เครื่องที่ 6	%	0.002	0	0.016	0	0	0	0.003	0	0.001	0.001	0	0	0.004	0.016	0.000	0.007	0.032	0.082	8.621
เครื่องที่ 7	%	0	0.001	0.009	0	0.006	0.003	0.003	0	0.003	0	0	0	0.002	0.007	0.001	0.005	0.032	0.073	5.852
เครื่องที่ 8	%	0	0	0.009	0	0	0	0	0	0.011	0	0	0	0.003	0.009	0.001	0.003	0.04	0.077	5.368
เครื่องที่ 9	%	0.002	0.001	0.006	0.004	0.003	0.001	0.001	0	0.039	0	0	0	0.002	0.011	0.001	0.002	0.023	0.096	9.584
เครื่องที่ 10	%	0	0	0.009	0	0	0	0.002	0	0	0	0	0	0.002	0.005	0.000	0.001	0.015	0.035	3.388
เครื่องที่ 11	%	0	0	0	0	0	0	0.003	0	0.003	0.002	0	0	0.004	0.008	0.001	0.004	0.015	0.04	9.112
เครื่องที่ 12	%	0	0.001	0.003	0	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.006	0.001	0.003	0.012	0.031	7.572
เครื่องที่ 13	%	0	0	0.004	0.001	0	0.004	0.002	0	0.009	0	0	0.001	0.002	0.011	0.001	0.007	0.03	0.072	7.616
เครื่องที่ 14	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0	0	0.001	0.004	0.001	0.005	0.008	0.022	9.827
เครื่องที่ 15	%	0.003	0	0.001	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0.002	0.004	0.001	0.004	0.008	0.023	4.312

ตารางที่ ค.3 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสที่ 3 รายเครื่อง

ปริมาณของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาศที่ 3																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
เครื่องที่ 1	กก.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องที่ 2	กก.	0	0	106.65	67.72	0	0	9.97	0	102.3	4.27	0	0	18.89	148.44	10.57	80.22	389.91	938.94	35,643
เครื่องที่ 3	กก.	152.96	5.39	49.37	17.95	0	0.76	19.81	0	180.61	0	0	0	30.59	159.92	21.06	121.77	526	1,286.19	43,621
เครื่องที่ 4	กก.	27.08	2.87	18.21	0	21.16	0	3.11	0	0	3.21	0	0	22.69	32.18	8.9	63.02	117.06	319.49	18,959
เครื่องที่ 5	กก.	31.03	1.47	14.22	21.28	16.04	0	3.1	0	297.66	0	0	7.32	25.49	150.27	18.75	144.34	318.36	1,049.32	74,035
เครื่องที่ 6	กก.	0	0	0	0	0	0	14.77	0	77.58	3.49	0	21.51	3.02	197.88	6.89	99.8	321.48	746.41	76,765
เครื่องที่ 7	กก.	0	0	24.11	0	0	1.67	14.08	0	230.27	0	0	22.05	22.78	91.71	2.48	82.2	167.94	659.28	44,315
เครื่องที่ 8	กก.	0	20.28	84.45	15.42	0	1.99	0	0	553.61	0	0	17.27	48.8	175.44	12.26	117.07	394.48	1,441.07	59,899.84
เครื่องที่ 9	กก.	0.98	13.64	23.09	25.3	18.32	21.27	1.44	0	556.93	1.52	0	0	19.12	185.57	32.29	39.94	377.7	1,317.1	88,382
เครื่องที่ 10	กก.	0	0.35	7.56	0	16.63	0	10.06	0	248.06	0	0	0	30.16	116	15.62	58.12	446.68	949.24	40,965
เครื่องที่ 11	กก.	0	2.05	6.11	10.1	0	0	38.49	0	200.13	9.26	0	0	29.31	79.31	18.56	50.93	159.41	603.66	73,328
เครื่องที่ 12	กก.	0	0	71.22	0	0	0	13.95	0	205.32	10.14	0	0	21.06	59.95	14.7	35.06	184.05	615.45	47,742.12
เครื่องที่ 13	กก.	0	0	37.67	0	0	7.89	4.15	0	419.13	16.96	0	0	23.35	41.05	14.62	54.76	187.93	807.51	57,254
เครื่องที่ 14	กก.	0	0	5.37	8.67	0	0	0	0	72.37	18.41	0	0	14.09	57.24	12.05	53.78	161.03	403.01	51,555
เครื่องที่ 15	กก.	0	0.24	34.89	0	0	0	0	20.02	235.01	4.46	0	0	13.02	37.97	7.93	50.31	127.81	531.66	49,873

ร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาศที่ 3																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
เครื่องที่ 1	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องที่ 2	%	0	0	0.014	0.009	0	0	0.001	0	0.013	0.001	0	0	0.002	0.019	0.001	0.010	0.05	0.121	4.605
เครื่องที่ 3	%	0.020	0.001	0.006	0.002	0	0	0.003	0	0.023	0	0	0	0.004	0.021	0.003	0.016	0.068	0.166	5.636
เครื่องที่ 4	%	0.003	0	0.002	0	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0.004	0.001	0.008	0.015	0.041	2.449
เครื่องที่ 5	%	0.004	0	0.002	0.003	0.002	0	0	0	0.038	0	0	0.001	0.003	0.019	0.002	0.019	0.041	0.136	9.565
เครื่องที่ 6	%	0	0	0	0	0	0	0.002	0	0.01	0	0	0.003	0	0.026	0.001	0.013	0.042	0.096	9.918
เครื่องที่ 7	%	0	0	0.003	0	0	0	0.002	0	0.03	0	0	0.003	0.003	0.012	0	0.011	0.022	0.085	5.725
เครื่องที่ 8	%	0	0.003	0.011	0.002	0	0	0	0	0.072	0	0	0.002	0.006	0.023	0.002	0.015	0.051	0.186	7.739
เครื่องที่ 9	%	0	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0	0	0.072	0	0	0	0.002	0.024	0.004	0.005	0.049	0.17	11.419
เครื่องที่ 10	%	0	0	0.001	0	0.002	0	0.001	0	0.032	0	0	0	0.004	0.015	0.002	0.008	0.058	0.123	5.293
เครื่องที่ 11	%	0	0	0.001	0.001	0	0	0.005	0	0.026	0.001	0	0	0.004	0.01	0.002	0.007	0.021	0.078	9.474
เครื่องที่ 12	%	0	0	0.009	0	0	0	0.002	0	0.027	0.001	0	0	0.003	0.008	0.002	0.005	0.024	0.08	6.168
เครื่องที่ 13	%	0	0	0.005	0	0	0.001	0.001	0	0.054	0.002	0	0	0.003	0.005	0.002	0.007	0.024	0.104	7.397
เครื่องที่ 14	%	0	0	0.001	0.001	0	0	0	0	0.009	0.002	0	0	0.002	0.007	0.002	0.007	0.021	0.052	6.661
เครื่องที่ 15	%	0	0	0.005	0	0	0	0	0.003	0.03	0.001	0	0	0.002	0.005	0.001	0.006	0.017	0.069	6.443

ตารางที่ ค.4 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาสที่ 4 รายเครื่อง

ปริมาณของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาศที่ 4																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
เครื่องที่ 1	กก.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องที่ 2	กก.	0	9.78	187.79	18.45	0	0	0	0	889.03	0	0	0	35.48	262.39	54.83	227.69	1,121.89	2,807.33	55,832
เครื่องที่ 3	กก.	0	29.5	18.81	35.49	0	0	9.26	2.94	128.62	0	0	2.9	13.39	49.08	4.05	49	253.76	596.8	36,860.14
เครื่องที่ 4	กก.	7.16	1.55	1.22	0	17.23	3.61	5.51	0	8.66	0	0	5.99	24.83	113.08	3.11	52.65	363.6	608.19	26,606
เครื่องที่ 5	กก.	3.43	95.54	0	64.39	14.01	0.26	52.13	3.11	117.96	4.79	0	5.05	12.19	156.07	3.8	43.1	489.89	1,065.72	60,253.8
เครื่องที่ 6	กก.	0	1.5	0	1.58	0	2.65	2.36	0	229.75	13.1	0	4.19	3.12	176.13	21.32	73.74	422.66	952.1	90,145
เครื่องที่ 7	กก.	0	37.21	7.72	0	0	0	5.14	0	73.45	0	0	0	22.47	23.85	9.68	28.92	119.47	327.91	33,723
เครื่องที่ 8	กก.	0	62.84	53.92	32.16	0	0	0	0	1.14	0.44	0	0	1.96	27.04	10.66	17.53	113.1	320.79	38,051
เครื่องที่ 9	กก.	0	0	10.43	0	0	0	53.73	0	45.99	8.81	0	4.88	29.08	61.27	2.58	8.92	196.28	421.97	21,320
เครื่องที่ 10	กก.	0	0.68	5.41	0	0.83	1.12	1.84	0	8.18	5.09	0	0.37	4.49	28.88	0	19.75	129.21	205.84	10,520
เครื่องที่ 11	กก.	0	0	6.24	0	1.11	0	0	0	121.48	0	0	0	7.17	80.57	4.53	89.65	181.47	492.22	83,290
เครื่องที่ 12	กก.	0	6.76	5.35	79.58	0	0.15	0	0	161.26	0	0	1.01	0	65.05	5.51	44.94	140.69	510.3	65,476
เครื่องที่ 13	กก.	0	3.45	39.62	30.39	0	0	30.08	0	46.88	0	0	0	22.66	40.9	6.25	62.2	173.89	456.32	32,103
เครื่องที่ 14	กก.	0	6.46	0	0	0.37	0.49	23.03	0	161.11	0	0	16.56	9.46	63.26	5.11	35.08	179.72	500.65	70,969
เครื่องที่ 15	กก.	0	1.8	0	0	4.97	0	34.28	0	6.43	4.41	0	6.37	19.53	15.83	4.52	38.73	95.8	232.67	41,690

ร้อยละของของเสีย แผนกฉีดพรีฟอร์ม ไตรมาศที่ 4																				
ประเภทของเสีย		งานอบเม็ด PET	งานให้ความร้อนเม็ด PET		งานฉีดพรีฟอร์ม					งานหล่อเย็นพรีฟอร์ม	งานลำเลียงพรีฟอร์มและบรรจุลงหีบห่อ		ไม่ระบุประเภทงาน						ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
		หลอดขาวขุ่น	จุดดำ	หลอดไหม้	ก้นแน่น	ฟองอากาศ	เกทยาว	ปากไม่เต็ม	ก้นใส	หลอดร้าว	เก็บตก	ปากเบี้ยว	อื่นๆ	SET UP ตามแผนการผลิต	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP ไฟฟ้าดับ	เศษก้อน	ปรับแต่ง		
เครื่องที่ 1	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องที่ 2	%	0	0.001	0.028	0.003	0	0	0	0	0.131	0	0	0	0.005	0.039	0.008	0.034	0.166	0.415	8.255
เครื่องที่ 3	%	0	0.004	0.003	0.005	0	0	0.001	0	0.019	0	0	0	0.002	0.007	0.001	0.007	0.038	0.088	5.45
เครื่องที่ 4	%	0.001	0	0	0	0.003	0.001	0.001	0	0.001	0	0	0.001	0.004	0.017	0	0.008	0.054	0.09	3.934
เครื่องที่ 5	%	0.001	0.014	0	0.01	0.002	0	0.008	0	0.017	0.001	0	0.001	0.002	0.023	0.001	0.006	0.072	0.158	8.909
เครื่องที่ 6	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.034	0.002	0	0.001	0	0.026	0.003	0.011	0.062	0.141	13.328
เครื่องที่ 7	%	0	0.006	0.001	0	0	0	0.001	0	0.011	0	0	0	0.003	0.004	0.001	0.004	0.018	0.048	4.986
เครื่องที่ 8	%	0	0.009	0.008	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004	0.002	0.003	0.017	0.047	5.626
เครื่องที่ 9	%	0	0	0.002	0	0	0	0.008	0	0.007	0.001	0	0.001	0.004	0.009	0	0.001	0.029	0.062	3.152
เครื่องที่ 10	%	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0	0	0.001	0.004	0	0.003	0.019	0.03	1.555
เครื่องที่ 11	%	0	0	0.001	0	0	0	0	0	0.018	0	0	0	0.001	0.012	0.001	0.013	0.027	0.073	12.315
เครื่องที่ 12	%	0	0.001	0.001	0.012	0	0	0	0	0.024	0	0	0	0	0.01	0.001	0.007	0.021	0.075	9.681
เครื่องที่ 13	%	0	0.001	0.006	0.004	0	0	0.004	0	0.007	0	0	0	0.003	0.006	0.001	0.009	0.026	0.067	4.747
เครื่องที่ 14	%	0	0.001	0	0	0	0	0.003	0	0.024	0	0	0.002	0.001	0.009	0.001	0.005	0.027	0.074	10.493
เครื่องที่ 15	%	0	0	0	0	0.001	0	0.005	0	0.001	0.001	0	0.001	0.003	0.002	0.001	0.006	0.014	0.034	6.164

ภาคผนวก ง

ปริมาณและร้อยละของเสีย แผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสแยกรายเครื่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ง.1 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสที่ 1 รายเครื่อง

ปริมาณของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาศที่ 1																			
ประเภทงาน	งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย	หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.
เครื่องที่ 1	2.93	41.75	17.82	3.21	6.59	0.28	5.73	1.25	15.21	53.28	0.94	6.41	28.17	38	3.25	22.43	0	247.24	39,671.33
เครื่องที่ 2	2.66	40.57	21.75	10.1	7.9	0.3	25.26	1.79	1.01	45.92	3.32	28.85	9.63	59.76	16.12	33.32	2.91	311.15	42,862.21
เครื่องที่ 3	5.32	46.08	19.23	16.1	19.21	0.79	4.21	5.23	3.58	1.45	11.45	14.73	5.18	33.53	7.63	11.92	11.08	216.72	48,489.45
เครื่องที่ 4	1.2	15.44	58.62	21.62	31.67	0.26	1.01	6.57	6.97	77.9	0.59	25.62	10.47	88.81	0	14.92	26.19	387.86	69,000.78
เครื่องที่ 5	0.58	35.4	104.92	15.43	46.81	1.11	4.02	6.98	2.59	2.77	3.74	13.89	17.05	68.7	0.77	38.54	9.28	372.59	82,974.9
เครื่องที่ 6	1.96	24.58	76.17	12.15	10.83	1.43	8.07	4.4	15.08	64.33	80.96	8.49	18.45	143.36	23.09	33.86	27.25	554.43	30,079.8
เครื่องที่ 7	0.34	7.21	10.6	14.21	10.9	2.05	17.33	3.58	16.86	38.31	31.2	3.26	7.03	39.98	1.9	51.63	1.95	258.36	44,129.48
เครื่องที่ 8	3.48	18.94	0.88	24.01	11.16	0.25	14.38	3.31	11.2	26.56	6.48	4.91	21.93	41.07	0.94	27.05	16.4	232.94	48,338.33
เครื่องที่ 9	0.69	14.23	3.98	9.84	26.47	0.19	10.32	0.62	2.7	8.87	14.14	7.21	44.24	24.70	6.33	33.49	1.5	209.53	46,076.4
เครื่องที่ 10	5.53	9.86	52.93	0.79	17.5	1.04	7.96	2.42	5.05	39.6	53.24	18.13	6.36	51.56	1.61	23.8	3.1	300.47	60,271.95

ร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาศที่ 1																				
ประเภทงาน	งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย	หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
เครื่องที่ 1	0.001	0.008	0.003	0.001	0.001	0	0.001	0	0.003	0.01	0	0.001	0.005	0.007	0.001	0.004	0	0.048	7.703
เครื่องที่ 2	0.001	0.008	0.004	0.002	0.002	0	0.005	0	0	0.009	0.001	0.006	0.002	0.012	0.003	0.006	0.001	0.06	8.323
เครื่องที่ 3	0.001	0.009	0.004	0.003	0.004	0	0.001	0.001	0.001	0	0.002	0.003	0.001	0.007	0.001	0.002	0.002	0.042	9.416
เครื่องที่ 4	0	0.003	0.011	0.004	0.006	0	0	0.001	0.001	0.015	0	0.005	0.002	0.017	0	0.003	0.005	0.075	13.399
เครื่องที่ 5	0	0.007	0.02	0.003	0.009	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.013	0	0.007	0.002	0.072	16.112
เครื่องที่ 6	0	0.005	0.015	0.002	0.002	0	0.002	0.001	0.003	0.012	0.016	0.002	0.004	0.028	0.004	0.007	0.005	0.108	5.841
เครื่องที่ 7	0	0.001	0.002	0.003	0.002	0	0.003	0.001	0.003	0.007	0.006	0.001	0.001	0.008	0	0.01	0	0.05	8.569
เครื่องที่ 8	0.001	0.004	0	0.005	0.002	0	0.003	0.001	0.002	0.005	0.001	0.001	0.004	0.008	0	0.005	0.003	0.045	9.386
เครื่องที่ 9	0	0.003	0.001	0.002	0.005	0	0.002	0	0.001	0.002	0.003	0.001	0.009	0.005	0.001	0.007	0	0.041	8.947
เครื่องที่ 10	0.001	0.002	0.01	0	0.003	0	0.002	0	0.001	0.008	0.01	0.004	0.001	0.01	0	0.005	0.001	0.058	11.704

ตารางที่ ง.2 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสที่ 2 รายเครื่อง

ปริมาณของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาศที่ 2																			
ประเภทงาน	งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย	หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.
เครื่องที่ 1	0.36	26.57	31.91	3.99	8.58	0.16	7.8	1.44	6.65	4.5	2.71	6.58	22.46	13.38	3.71	20.4	2.95	164.14	42,824.58
เครื่องที่ 2	0.82	8.9	15.65	3.41	8.89	1.72	4.33	0.56	1.3	3.9	6.49	3.49	4.59	6.34	2.51	26.75	0.28	99.93	37,446.9
เครื่องที่ 3	1.38	13.51	20.84	1.86	2.4	0.67	2.4	5.39	16.34	9.65	30.01	2.27	6.53	17.24	6.09	6.14	2.14	144.88	32,579
เครื่องที่ 4	0.76	25	51.76	26.19	21.46	1.94	15.59	5.39	8.64	19.34	6.53	20.8	10.31	47.56	11.69	55.91	2.57	331.44	89,514.09
เครื่องที่ 5	0	16.89	75.9	25.91	31.89	0.6	0.11	2.47	15.3	16.3	10.27	17.16	8.59	98.49	62.94	40.95	1.37	425.13	67,220.33
เครื่องที่ 6	2.16	13.89	10.72	0.12	12.7	4.07	6.06	3.6	10.73	20.02	9.11	6.6	4.04	42.05	14.22	42.02	4.06	206.15	37,842.3
เครื่องที่ 7	0.37	16.74	9.25	10.51	19.45	4.11	11.04	2.2	26.54	30.96	4.39	4.36	5.11	15.67	1.86	15.34	0.84	178.72	39,899.78
เครื่องที่ 8	2.81	26.19	2.96	4.1	5.73	0.14	9.39	1.24	6.01	8	4.66	6.07	7.69	15.09	0.13	24.96	1.04	126.2	43,858.05
เครื่องที่ 9	0	17.48	6.48	2.17	8.11	0.09	9.65	0.57	3.48	9.44	2.55	4.22	3.77	12.45	1.09	33.26	2	116.81	42,940.95
เครื่องที่ 10	4.61	14.34	8.59	0	3.71	2.09	10.89	11.66	0.15	11.31	6.92	6.21	3.42	14.41	5.89	32.30	0.49	136.98	54,017.27

ร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาศที่ 2																			
ประเภทงาน	งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย	หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
เครื่องที่ 1	0	0.005	0.007	0.001	0.002	0	0.002	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.003	0.001	0.004	0.001	0.033	8.738
เครื่องที่ 2	0	0.002	0.003	0.001	0.002	0	0.001	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0	0.02	7.641
เครื่องที่ 3	0	0.003	0.004	0	0	0	0.000	0.001	0.003	0.002	0.006	0	0.001	0.004	0.001	0.001	0	0.03	6.648
เครื่องที่ 4	0	0.005	0.011	0.005	0.004	0	0.003	0.001	0.002	0.004	0.001	0.004	0.002	0.01	0.002	0.011	0.001	0.068	18.265
เครื่องที่ 5	0	0.003	0.015	0.005	0.007	0	0	0.001	0.003	0.003	0.002	0.004	0.002	0.02	0.013	0.008	0	0.087	13.716
เครื่องที่ 6	0	0.003	0.002	0	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.002	0.001	0.001	0.009	0.003	0.009	0.001	0.042	7.722
เครื่องที่ 7	0	0.003	0.002	0.002	0.004	0.001	0.002	0	0.005	0.006	0.001	0.001	0.001	0.003	0	0.003	0	0.036	8.142
เครื่องที่ 8	0.001	0.005	0.001	0.001	0.001	0	0.002	0	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0	0.005	0	0.026	8.949
เครื่องที่ 9	0	0.004	0.001	0	0.002	0	0.002	0	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.003	0	0.007	0	0.024	8.762
เครื่องที่ 10	0.001	0.003	0.002	0	0.001	0	0.002	0.002	0	0.002	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	0.007	0	0.028	11.022

ตารางที่ ง.3 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสที่ 3 รายเครื่อง

ปริมาณของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาศที่ 3																			
ประเภทงาน	งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย	หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.
เครื่องที่ 1	0.62	11.39	38.17	0.8	8.89	0.09	5.19	3.61	9.89	23.23	7.21	5.72	16.38	31.86	2.31	15.91	1.44	182.7	53,851.62
เครื่องที่ 2	0	10.55	32.4	1.27	10.45	2.62	0.97	0.57	1.88	9.66	6.41	3.92	8.49	12.99	13.5	18.27	0.64	134.57	37,742.03
เครื่องที่ 3	0	8.37	24.11	0.97	10.49	0.7	3.71	6.41	10.92	9.46	15.82	2.97	5.59	18.75	8.08	7.8	0.42	134.57	43,402.5
เครื่องที่ 4	0.09	42.01	76.6	7.19	18.55	3.07	3.24	1.51	62.3	25.42	4.56	8.05	31.4	51.92	4.24	14.18	1.43	355.74	100,480.46
เครื่องที่ 5	0	25.51	80.74	19.47	26.94	6.33	2.11	2.82	12.77	18.61	1.57	27	19.05	64.29	9.1	47.54	9.79	373.66	92,266.2
เครื่องที่ 6	0	11.2	10.99	0.68	13.37	0.52	4.11	1.67	1.31	10.23	10.18	4.34	4.09	28.31	6.73	24.43	0.53	132.66	35,704.35
เครื่องที่ 7	0.65	16.81	13.87	14.67	8.16	1.68	9.42	1.06	17.32	6.7	17.11	7.47	7.11	26.08	0.91	31.09	0.45	180.55	45,251.19
เครื่องที่ 8	1.57	19.74	2.17	4.53	4.61	0.8	8.83	0.04	4.25	10.73	1.94	14.98	30.07	8.3	0.79	12.33	0.05	125.73	43,139.7
เครื่องที่ 9	1.07	14.47	2.86	2.15	4.49	1.17	0.51	0.73	7.54	3.93	1.42	2.22	17.71	8.1	3.73	23.44	1	96.52	48,655.68
เครื่องที่ 10	2.11	5.1	11.7	0.24	2.92	3.86	9.34	2.09	5.87	10.2	12.84	5.17	2.31	24.67	6.13	30.59	1.38	136.51	61,901.12

ร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาศที่ 3																			
ประเภทงาน	งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย	หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
เครื่องที่ 1	0	0.002	0.007	0	0.002	0	0.001	0.001	0.002	0.004	0.001	0.001	0.003	0.006	0	0.003	0	0.032	9.544
เครื่องที่ 2	0	0.002	0.006	0	0.002	0	0	0	0	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0	0.024	6.689
เครื่องที่ 3	0	0.001	0.004	0	0.002	0	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001	0	0.024	7.692
เครื่องที่ 4	0	0.007	0.014	0.001	0.003	0.001	0.001	0	0.011	0.005	0.001	0.001	0.006	0.009	0.001	0.003	0	0.063	17.808
เครื่องที่ 5	0	0.005	0.014	0.003	0.005	0.001	0	0	0.002	0.003	0	0.005	0.003	0.011	0.002	0.008	0.002	0.066	16.352
เครื่องที่ 6	0	0.002	0.002	0	0.002	0	0.001	0	0	0.002	0.002	0.001	0.001	0.005	0.001	0.004	0	0.024	6.328
เครื่องที่ 7	0	0.003	0.002	0.003	0.001	0	0.002	0	0.003	0.001	0.003	0.001	0.001	0.005	0	0.006	0	0.032	8.02
เครื่องที่ 8	0	0.003	0	0.001	0.001	0	0.002	0	0.001	0.002	0	0.003	0.005	0.001	0	0.002	0	0.022	7.646
เครื่องที่ 9	0	0.003	0.001	0	0.001	0	0	0	0.001	0.001	0	0	0.003	0.001	0.001	0.004	0	0.017	8.623
เครื่องที่ 10	0	0.001	0.002	0	0.001	0.001	0.002	0	0.001	0.002	0.002	0.001	0	0.004	0.001	0.005	0	0.024	10.971

ตารางที่ ง.4 ปริมาณและร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาสที่ 4 รายเครื่อง

ปริมาณของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาศที่ 4																			
ประเภทงาน	งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย	หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.	กก.
เครื่องที่ 1	0.72	21.6	20.48	4.38	8.68	0.51	1.94	0.77	14.21	18.81	15.56	3.18	4.53	37.42	0.59	37.27	1.5	192.15	39,807.61
เครื่องที่ 2	0	1.4	17.73	4.83	5.82	0.54	3.83	0.26	2.3	16.44	0.49	5.87	5.38	17.73	2.57	36.17	0	121.37	41,739.9
เครื่องที่ 3	0.42	8.39	23.64	7.95	15.97	2.83	3.58	1.28	3.8	13.86	3.55	25.14	4.72	61.67	21.87	46.48	0.26	245.43	55,534.73
เครื่องที่ 4	0	29.77	79.07	8.42	10.23	1.67	17.83	6.38	36.6	36.93	2.65	8.34	3.56	47.94	4.52	26	0.09	319.99	94,399.73
เครื่องที่ 5	1.62	35	136.01	14.22	29.75	1.16	6.95	2.39	10.69	11.49	0.33	16.61	6.6	34.59	4.22	26.14	6.2	343.99	93,144.6
เครื่องที่ 6	0	5.67	22.49	0.31	6.99	3.79	16.15	2.01	10.38	48.36	21.53	2.19	2.43	109.03	21.26	44.91	0.61	318.11	47,126.25
เครื่องที่ 7	0.27	15.32	17.45	8.54	11.37	2.19	9.76	0.17	27.59	25.16	6.8	9.49	11.27	61.13	23.77	68.07	2.7	301.04	44,603.55
เครื่องที่ 8	0.75	16.18	6.93	5.04	8.77	0.51	12.24	0.2	0.42	14.21	4.50	10.07	5.88	31.4	7.66	34.93	0	159.68	50,540.85
เครื่องที่ 9	0.14	21.26	6.36	7.83	15.57	2.58	14.64	1.29	2.88	10.54	1.24	4.79	8.65	91.02	14.63	28.29	1.23	232.94	48,537.15
เครื่องที่ 10	0.22	3.24	2.74	0.57	5	0.53	4.35	3	3.67	28.87	12.63	10.53	8.02	70.93	7.08	46.39	0	207.78	65,713.5

ร้อยละของของเสียแผนกเป่าขวดเพท ไตรมาศที่ 4																			
ประเภทงาน	งานสไลด์หลอด	งานตอกหลอด		งานให้ความร้อนหลอดพรีฟอร์ม				งานเป่าในแม่พิมพ์						ไม่ระบุประเภทงาน				ของเสียรวม	ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้
ประเภทของเสีย	หลอดติดสไลด์	หลอดเก็บตก	หลอดขาว	ขวดเป็นไต	ขวดขาวบาง	ขวดหนาบาง	ก้นร้อน	ทับหน้าแม่พิมพ์	เกลียวเสีย	ก้นไม่ตรง	เป่าไม่เต็มใบ	เป่าแตก	ลายน้ำ	อื่นๆ	SET UP ซ่อมเครื่องจักร	SET UP เปลี่ยนแม่พิมพ์	SET UP ตามแผนการผลิต		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
เครื่องที่ 1	0	0.004	0.004	0.001	0.001	0	0	0	0.002	0.003	0.003	0.001	0.001	0.006	0	0.006	0	0.033	6.821
เครื่องที่ 2	0	0	0.003	0.001	0.001	0	0.001	0	0	0.003	0	0.001	0.001	0.003	0	0.006	0	0.021	7.152
เครื่องที่ 3	0	0.001	0.004	0.001	0.003	0	0.001	0	0.001	0.002	0.001	0.004	0.001	0.011	0.004	0.008	0	0.042	9.516
เครื่องที่ 4	0	0.005	0.014	0.001	0.002	0	0.003	0.001	0.006	0.006	0	0.001	0.001	0.008	0.001	0.004	0	0.055	16.176
เครื่องที่ 5	0	0.006	0.023	0.002	0.005	0	0.001	0	0.002	0.002	0	0.003	0.001	0.006	0.001	0.004	0.001	0.059	15.961
เครื่องที่ 6	0	0.001	0.004	0	0.001	0.001	0.003	0	0.002	0.008	0.004	0	0	0.019	0.004	0.008	0	0.055	8.075
เครื่องที่ 7	0	0.003	0.003	0.001	0.002	0	0.002	0	0.005	0.004	0.001	0.002	0.002	0.01	0.004	0.012	0	0.052	7.643
เครื่องที่ 8	0	0.003	0.001	0.001	0.002	0	0.002	0	0	0.002	0.001	0.002	0.001	0.005	0.001	0.006	0	0.027	8.66
เครื่องที่ 9	0	0.004	0.001	0.001	0.003	0	0.003	0	0	0.002	0	0.001	0.001	0.016	0.003	0.005	0	0.04	8.317
เครื่องที่ 10	0	0.001	0	0	0.001	0	0.001	0.001	0.001	0.005	0.002	0.002	0.001	0.012	0.001	0.008	0	0.036	11.26

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. การกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://infofile.pcd.go.th/waste/waste_sanitaryLandfill.pdf [2562, มกราคม 25]

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. บัญชีของเสียที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://recycle.dpim.go.th/wastelist/waste-detail.php?id=7 [2562, มกราคม 25]

กรมควบคุมมลพิษ. 2560. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2559. กรุงเทพมหานคร: หัวใหญ่.

กรมควบคุมมลพิษ. 2560. (ร่าง) แผนจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการ (พ.ศ. 2560-2564) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://infofile.pcd.go.th/law/DraftWastePlan60-64.pdf?CFID=1634720&CF TOKEN=72451107 [2562, มกราคม 31]

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2555. บัญชีของเสียที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://recycle.dpim.go.th/wastelist/waste-detail.php?id=7 [2562, มกราคม 25]

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2561. รายงานการศึกษาภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/study_report/packaging_praveera.pdf [2562, มกราคม 31]

ฐิติมาวดี ปานดี. 2559. การกระจายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมเม็ดพลาสติกและการจัดการของเสียอุตสาหกรรม กรณีศึกษา : อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต , สาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ธนกร มาณะวิท. 2553. การลดของเสียในการผลิตขวดพลาสติกชนิดเป่าขึ้นรูป. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนกฤษ ซุ่นเซ่ง. 2557. การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา: ของเสียประเภทจุดดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

Chulalongkorn University

วณิชชา บูรณสิงห์. (2559). ขยะพลาสติก : ภัยใกล้ตัว [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2559/feb2559-7.pdf [2562, กุมภาพันธ์ 8]

ศุลีพร แสงกระจ่าง, ปัทมา พลอยสว่าง และ ปริณดา พรหมหิตาธร. 2556. ผลกระทบของพลาสติกต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม. วารสารพิษวิทยา 28: 41.

ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2552). การวิเคราะห์การไหลของสาร [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.etm.sc.mahidol.ac.th/a8.shtml [2562, มกราคม 28]

สถาบันพลาสติก. 2555, อ้างถึงใน กรมควบคุมมลพิษ. 2560. (ร่าง) แผนจัดการขยะพลาสติกอย่างบูรณาการ (พ.ศ. 2560-2564) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://infofile.pcd.go.th/law/DraftWastePlan60-64.pdf?CFID=1634720&CFTOKEN=72451107 [2562, มกราคม 31]

อภิเชษฐ์ พงษ์ลิขิตตานนท์. 2546. ความเป็นไปได้ของการทดแทนวัตถุดิบในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกใสชนิด PET ด้วย PP เพื่อบรรจุน้ำดื่ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555. คู่มือ 3Rs กับการจัดการของเสียในโรงงาน [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www2.diw.go.th/iwmb/form/iwd040_ผนวก%20ค_คู่มือ 3Rs.pdf [2562, มกราคม 31]

อามิณฑ์ หล้าวงศ์ และ ชาญณรงค์ สายแก้ว. 2557. ปัจจัยและสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพ ของขวดโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเรต. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาษาอังกฤษ

Bai, L., Qiao, Q., Li, Y., Xie, M., Wan, S. and Zhong, Q. (2015). Substance flow analysis of production process: a case study of a lead smelting process. Journal of Cleaner Production*, 104*, 502-512.

Brandau, O. Stretch blow molding. 2nd ed. Great britain: British library, 2012.

Brunner, P. H. and Rechberger, H. Practical handbook of material flow analysis. Florida: Lewis Publishers.

Chompu-inwai, R., Jaimjit, B. and Premsuriyanunt, P. (2015). A combination of Material Flow Cost Accounting and design of experiments techniques in an SME: the case of a wood products manufacturing company in northern Thailand. Journal of

Cleaner Production, *108*, 1352-1364.

Dunuwila, P., Rodrigo, V. and Goto, N. (2018). Financial and environmental sustainability in manufacturing of crepe rubber in terms of material flow analysis, material flow cost accounting and life cycle assessment. Journal of cleaner production, *182*, 587-599.

Gao, T., Shen, L., Shen, M., Liu, L. and Chen, F. (2016). Analysis of material flow and consumption in cement production process. Journal of cleaner production, *112*, 553-565.

Hsieh, Y. and Doan, M. (2018). Research on both the radiation heating and the cooling system inside the stretch blow molding machine CPSB-LSS12. Journal of advanced manufacturing technology, 98, 2357-2364

Lontos, A., & Gregoriou, A. (2019). The effect of the deformation rate on the wall thickness of 1.5 LT PET bottle during ISBM (Injection Stretch Blow Molding) process. *Procedia CIRP*, *81*, 1307-1312.

Manufacturing of Plastic Bottles (PET). 2011. [Online]. Available form: http://newengineeringpractice.blogspot.com/2011/08/manufacturing-of-plastic-bottles.html [2019, January 25]

Thamagasorn, M. and Pharino, C. (2019). An analysis of food waste from a flight catering business for sustainable food waste management: A case study of halal food production process. Journal of Cleaner Production, *228*, 845-855.

Welle, F. (2011). Twenty years of PET bottle to bottle recycling—an overview. Resources, Conservation and Recycling, *55*(11), 865-875.

Yu, C., Li, H., Jia, X., Chen, B., Li, Q. and Zhang, J. (2015). Heavy metal flows in multi-resource utilization of high-alumina coal fly ash: a substance flow analysis. Clean Technologies and Environmental Policy, *17*(3), 757-766.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นาย พีรพล วงศ์บุญนาค
วัน เดือน ปี เกิด	08 กุมภาพันธ์ 2538
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลวชิรพยาบาล
วุฒิการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	29/61 หมู่บ้านวิลล่าคุณาลัย 2 ถ. กาญจนาภิเษก ต.บางคูรัด อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110
ผลงานตีพิมพ์	Wongboonnark, P. and Pharino, C. (2020, JUNE 1-2). Waste Reduction Analysis : A case study of PET Bottles Manufacturing. Proceedings of the 9th National Environmental Conference

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University