วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 ม.ค.–เม.ย. 2560
The Journal of KMUTNB., Vol. 27, No. 1, Jan.–Apr. 2017

บทความวิจัย

การประยุกต์หลักการ 3Rs สำหรับอุตสาหกรรมถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก

อัมพิกา ไกรฤทธิ์* และ เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-9095-3711 อีเมล: profampika@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2016.05.005
รับเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2559 ตอบรับเมื่อ 26 มีนาคม 2559 เผยแพร่ออนไลน์ 14 กันยายน 2559
© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นปัจจัยหลักในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ผู้วิจัยได้นำหลักการ 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) มาประยุกต์ใช้กับโรงงานผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก การ Reduce ด้วยการลดปริมาณของเสียในการผลิต โดยใช้หลักการ DOE แก้ปัญหาเรื่องความหนาและน้ำหนักของถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่เครื่องเป่าถังน้ำมัน ส่วนการ Reuse นำเหล็กขันล็อค (E-ring) กลับมาใช้ซ้ำ และการ Recycle ด้วยการนำเศษพลาสติก Regrind นำมาผสมใหม่ ผลการวิจัยพบว่า สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าเป็นปริมาณสูงถึง 475.48 ตัน CO_2eq/ปี และลดค่าใช้จ่ายได้สูงถึง 51,694,025.90 บาท/ปี

คำสำคัญ: 3Rs, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า, ถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก

การอ้างอิงบทความ: อัมพิกา ไกรฤทธิ์ และ เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ, "การประยุกต์หลักการ 3Rs สำหรับอุตสาหกรรมถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 27, ฉบับที่ 1, หน้า 101–110, ม.ค.–เม.ย. 2560

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 ม.ค.–เม.ย. 2560
The Journal of KMUTNB., Vol. 27, No. 1, Jan.–Apr. 2017

Research Article

Application of 3Rs for Plastic Fuel Tank Industry

Ampika Krairit* and Pensuda Phanritdum
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering at Sri Racha, Kasetsart University, Sriracha Campus, Chon Buri, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08-9095-3711, E-mail: profampika@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2016.05.005
Received 12 February 2016; Accepted 26 March 2016; Published online: 14 September 2016
© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The release of greenhouse gases is the main factor causing global warming. This research aims to reduce the release of carbon dioxide (CO_2), which is one of the greenhouse gases to the atmosphere. The researcher applies the 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) Principle to the production of a plastic fuel tank factory. To reduce production waste, DOE methodology is used to eliminate the thickness and weight of the plastic fuel tank and to reduce electricity energy, the blow molding machine is covered with insulation. E–rings are brought back to use in the process of reuse; while regrind plastic scraps are remixed in the process of recycling. The results show that the amount of carbon dioxide release can be reduced up to 475.48 ton CO_2eq/year, and the expenses can be reduced to 51,694,025.90 baht/year.

Keywords: 3Rs, CO_2eq, Plastic Fuel Tank

Please cite this article as: A. Krairit and P. Phanritdum, "Application of 3Rs for plastic fuel tank industry," *The Journal of KMUTNB.*, vol. 27, no. 1, pp. 101–110, Jan.–Apr. 2017 (in Thai).

1. บทนำ

สืบเนื่องมาจากกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดยุทธศาสตร์ในการพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมและสังคม โดยมุ่งเน้นให้เป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืน กำหนดให้สถานประกอบการทั่วประเทศใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อม สู่การเป็น "อุตสาหกรรมสีเขียว"

หัวใจของการบรรลุสู่อุตสาหกรรมสีเขียวได้จะต้องมีการอนุรักษ์พลังงานในกระบวนการผลิต การใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าโดยใช้หลัก 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) [1] ผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity: GP) [2] การลดมลพิษ และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

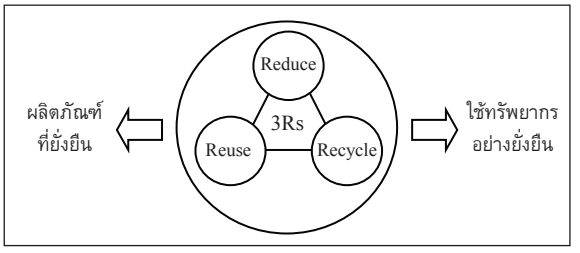
ผู้วิจัยได้ตอบสนองยุทธศาสตร์ของกระทรวงอุตสาหกรรมด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้หลักการ 3Rs ในเรื่องของการจัดการของเสียในกระบวนการผลิต และการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพให้กับโรงงานผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก ซึ่งกำลังจะขอสนับสนุนให้เป็นโรงงานสีเขียวโดยหลักการ 3Rs แสดงดังรูปที่ 1

1.1 หลักการ 3Rs เพื่อการจัดการของเสียในโรงงานอุตสาหกรรม

การจัดการของเสียตามหลัก 3Rs หมายถึง การจัดการของเสียให้เหลือน้อยที่สุดเป็นลำดับแรก โดยมุ่งเน้นการใช้วัตถุดิบ หรือทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ แต่เมื่อเกิดของเสียแล้วต้องพยายามหาแนวทางในการนำกลับมาใช้ซ้ำให้ได้มากที่สุด โดยพิจารณาถึงศักยภาพใช้ประโยชน์ของของเสียแต่ละประเภท และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เหลือของเสียที่จะต้องบำบัดหรือกำจัดในปริมาณน้อยที่สุด [3]

1.2 รายละเอียดของหลักการ 3Rs

1.2.1 การลดการใช้ (Reduce) คือ การลดปริมาณการใช้วัตถุดิบ หรือทรัพยากรที่ไม่จำเป็น โดยเฉพาะทรัพยากรประเภทใช้แล้วหมดไป วิธีลดการใช้ เช่น ปิดไฟหรือเครื่องปรับอากาศทุกครั้งที่ไม่ได้ใช้ หรือเปิดเฉพาะจุดที่ใช้งาน



รูปที่ 1 หลักการ 3Rs

1.2.2 การใช้ซ้ำ (Reuse) การใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าด้วยการนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น นำขวดที่ใช้แล้วมาล้างเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ หรือการนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ใหม่

1.2.3 การนำกลับมาใช้ใหม่ด้วยการแปรรูป (Recycle) เช่น การนำพลาสติกมาหลอมใหม่ การนำน้ำนึ่งปลาในโรงงานผลิตทูน่ากระป๋องมาทำซอสปรุงรส

1.3 หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

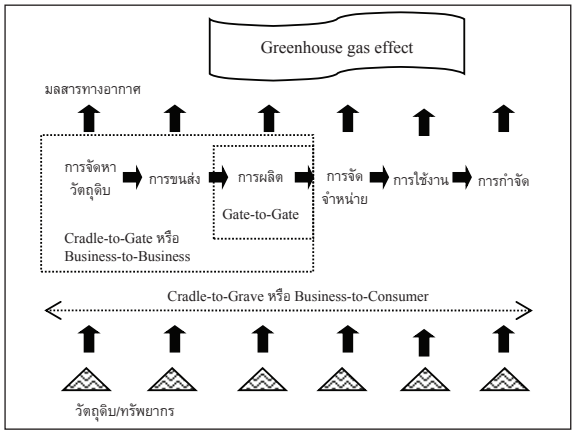
การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ใช้หลักการของการประเมินชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) [4] โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การจัดจำหน่าย การใช้งาน และการจัดการของเสียหลังจากการใช้งาน ซึ่งสามารถคำนวณเป็นค่าของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อเทียบออกมาในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีชื่อเรียกสากลว่า คาร์บอนฟุตปริ้นท์ (Carbon Footprint: CF)

สูตรคำนวณการปลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าขององค์กร

CO_2 emission = Activity data × Emission Factor

เมื่อ CO_2 emission คือปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Activity Data คือข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



รูปที่ 2 รูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ [5]

Emission Factor คือค่าสัมประสิทธิ์ในการทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรม

1.3.1 รูปแบบการประเมิน

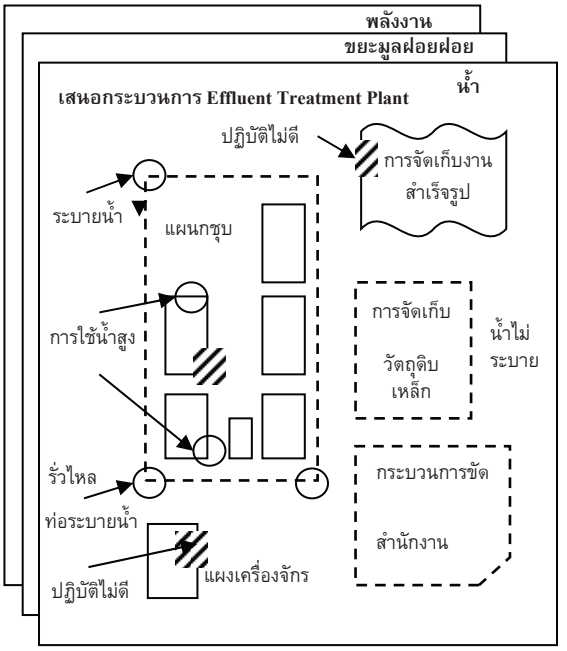
1. แบบ Cradle to Grave (Business to Consumer: B2C) ต้องประกอบด้วยทุกขั้นตอนที่มีอยู่ในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่กระบวนการที่ได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง กระบวนการผลิต การจัดจำหน่าย การใช้งาน และการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน ดังรูปที่ 2

2. แบบ Cradle to Gate (Business to Business: B2B) ในกรณีที่ไม่สามารถทำการประเมินได้ตลอดช่วงวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีการศึกษาเพียงในช่วงการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง กระบวนการผลิต จนถึงหน้าโรงงานพร้อมส่งออก หรือจนถึงเป็นสารขาเข้าของผู้ผลิตที่มารับต่อไป ดังรูปที่ 2

1.4 Eco-Mapping

เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์การดำเนินงานทางด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน โดยใช้แผนภาพแสดงพื้นที่ทำงานที่เกิดปัญหาในแต่ละส่วนงานทำให้แก้ปัญหาได้ตรงจุด โดยจะใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการแสดง คือ

วงกลมเส้นทึบ ◯ หมายถึงพื้นที่ที่ต้องมีการดำเนินการก่อนเป็นลำดับแรก



รูปที่ 3 ตัวอย่างการทำ Eco-Mapping [6]

วงกลมเส้นประ ◌ หมายถึงพื้นที่ที่มีปัญหาหรือความเสี่ยงในการเกิดปัญหาน้อยกว่า

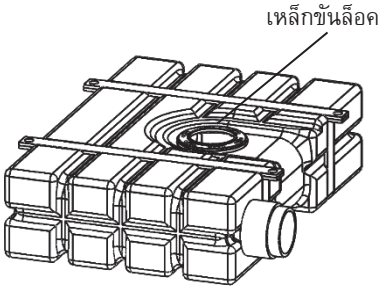
เส้นแถบ ▨ หมายถึงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในด้านสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังติดตามและทบทวนในอนาคต

จากรูปที่ 3 ตัวอย่างการทำ Eco-Mapping ของกระบวนการ Effluent Treatment Plant วิเคราะห์ได้ว่าปัญหาที่สำคัญที่ต้องการปรับปรุงจะประกอบด้วย การใช้พลังงาน การใช้ไฟฟ้า การปล่อยน้ำเสีย อากาศ กลิ่น เสียง และฝุ่นละออง ขยะปนเปื้อนอันตราย ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมที่มีความเสี่ยง

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 อุปกรณ์

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการ 3Rs ที่โรงงานผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก ในจังหวัดชลบุรี ถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก (Plastic Fuel Tank) แสดงดังรูปที่ 4 มีหน้าที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิง มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้



รูปที่ 4 ตัวอย่างถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก

2.1.1 ตัวถังบรรจุน้ำมัน สามารถบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงได้คราวละ 30,40,50 ลิตร หรือแล้วแต่ลูกค้าจะออกแบบ

2.1.2 สายรัดถังและจุดยึดติดกับโครงสร้างของรถเพื่อความแข็งแรง

2.1.3 ชุดส่งสัญญาณวัดระดับปริมาณน้ำมันในถัง ซึ่งรถยนต์รุ่นเก่าใช้กลไกลูกลอยในการทำงาน ต่อมาพัฒนาเป็นอุปกรณ์เซนเซอร์แบบต่าง ๆ

2.1.4 คอช่องเติมน้ำมัน เป็นท่อที่เชื่อมต่อระหว่างถังน้ำมันเชื้อเพลิงมาจนถึงปากช่องเติมน้ำมัน บริเวณด้านข้างตัวถัง

2.1.5 ฝาถังน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับเปิด-ปิด ถังน้ำมัน ซึ่งจะมีเหล็กขันล็อค (E-ring) ประกอบอยู่ด้วย

2.1.6 ช่องท่อส่งน้ำมัน

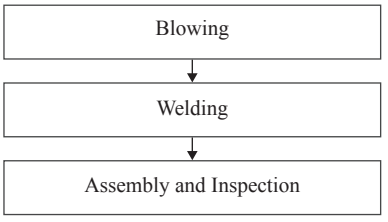
ถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก จะประกอบด้วยวัตถุดิบหลักคือ HDPE (High Density Polyethylene) และ Regrind (พลาสติกที่นำไปแปรสภาพโดยการบดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่)

2.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้สำรวจภาพรวมของโรงงาน และดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังรูปที่ 5

กระบวนการผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก แสดงดังรูปที่ 6 โดยเริ่มจาก 1) กระบวนการเป่า (Blowing) เป่าขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ถังน้ำมัน 2) กระบวนการเชื่อม (Welding) เชื่อมชิ้นส่วนต่าง ๆ ของถังน้ำมัน เช่น อุปกรณ์เติมน้ำมัน ชิ้นส่วนระบายอากาศและควบคุมระดับน้ำมันในถัง และ

รูปที่ 5 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย



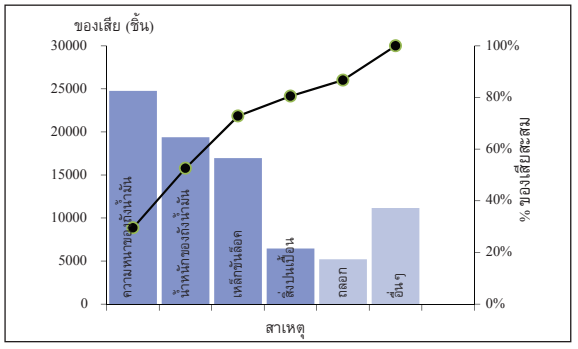
รูปที่ 6 กระบวนการผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก

3) กระบวนการประกอบและตรวจสอบคุณภาพ (Assembly and Inspection) ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้ายของการผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก โดยจะประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของถังน้ำมัน เช่น ปั๊มส่งน้ำมัน ท่อส่งน้ำมัน กรองน้ำมัน แผ่นเหล็กกันความร้อน มาประกอบเข้ากับถังน้ำมัน ตรวจสอบรอยรั่วและอื่น ๆ ก่อนส่งลูกค้า

การเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียจากกระบวนการผลิตในปี 2557 พบว่า มีของเสีย 83,934 ชิ้น/ปี จากจำนวนยอดการผลิต 441,760 ชิ้น/ปี โดยของเสียสูงสุด 5 อันดับ เกิดจากสาเหตุ

1. ของเสียที่เกิดจากความหนาถังน้ำมันพลาสติกน้อยกว่าค่าควบคุม 3 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 29.5 ของของเสียทั้งหมด

2. ของเสียที่เกิดจากน้ำหนักถังน้ำมันพลาสติกไม่ได้ตามช่วงที่กำหนดไว้ (4.5 ± 0.2 กิโลกรัม) คิดเป็นร้อยละ 23.1 ของของเสียทั้งหมด



รูปที่ 7 กราฟพาเรโตแสดงสาเหตุของเสียในปี 2557

3. ของเสียเหล็กขันล็อค เป็นของเสียจากถังน้ำมันไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของบริษัท คิดเป็นร้อยละ 20.2 ของของเสียทั้งหมด

4. ของเสียที่เกิดจากสิ่งปนเปื้อนในถังน้ำมัน คิดเป็นร้อยละ 7.7 ของของเสียทั้งหมด

5. ของเสียที่เกิดจากถังน้ำมันเป็นรอยถลอก คิดเป็นร้อยละ 6.2 ของของเสียทั้งหมด

ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาของเสีย 3 อันดับแรก เนื่องจากมีจำนวนของเสียสูงถึงร้อยละ 72.8 ของของเสียทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 7

ตารางที่ 1 ข้อมูลของเสียที่เกิดจากการผลิตในปี 2557

ลำดับ	สาเหตุ	ของเสีย/ปี (ชิ้น)	ร้อยละของเสีย
1	ความหนาของถังน้ำมัน	24,761	29.5
2	น้ำหนักของถังน้ำมัน	19,389	23.1
3	เหล็กขันล็อค	16,955	20.2
4	สิ่งปนเปื้อน	6,462	7.7
5	ถลอก	5,204	6.2
6	อื่นๆ	11,163	13.3
	รวม	83,934	100

2.3 การนำหลักการ 3Rs มาปรับปรุงกระบวนการผลิต

ในการแก้ปัญหาในเรื่องความหนาและน้ำหนักของถังน้ำมันพลาสติกที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ผู้วิจัยได้ใช้หลักการของการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) เพื่อหาการปรับตั้งค่าเครื่องจักรที่เหมาะสม เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

General Linear Model: Result versus Temperature, Pressure, Speed

Factor	Type	Levels	Values
Temperature	fixed	3	180, 200, 220
Pressure	fixed	3	380, 400, 420
Speed	fixed	3	20, 25, 30

Analysis of Variance for Result, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperature	2	0.07407	0.07407	0.03704	1.00	0.375
Pressure	2	2.07407	2.07407	1.03704	28.0	0.000
Speed	2	2.74074	2.07407	1.37037	37.00	0.000
Temperature*Pressure	4	0.07407	0.07407	0.01852	0.50	0.736
Temperature*Speed	4	0.07407	0.07407	0.01852	0.50	0.736
Pressure*Speed	4	2.96296	2.96296	0.74074	20.00	0.000
Temperature*Pressure* Speed	8	0.22222	0.22222	0.02778	0.75	0.647
Error	54	2.00000	2.00000	0.03704		
Total	80	10.22222				

S = 0.192450 R–Sq = 80.43% R–Sq(adj) = 71.01%

รูปที่ 8 ผลลัพธ์จากโปรแกรม Minitab

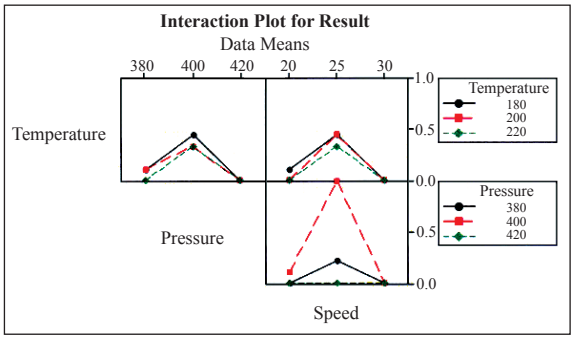
ในการออกแบบการทดลองจะใช้ Factorial Factorial Design โดยกำหนดปัจจัยในการศึกษาที่ทำให้ถังน้ำมันไม่มีคุณภาพ (ความหนาและน้ำหนักของถังน้ำมันไม่เป็นไปตามข้อกำหนด) จำนวน 3 ปัจจัย และแต่ละปัจจัยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

1) อุณหภูมิในการหลอมเม็ดพลาสติก: 180, 200 และ 220°C

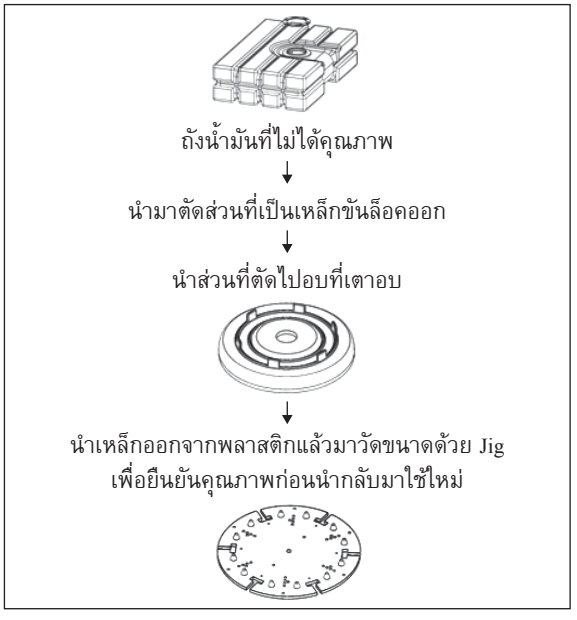
2) แรงดันในการอัดเม็ดพลาสติก: 380, 400 และ 420 บาร์

3) ความเร็วในการป้อนเม็ดพลาสติก: 20, 25 และ 30 เมตรต่อวินาที

จากการใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยวิเคราะห์พบว่าแรงดันในการอัดเม็ดพลาสติก และความเร็วในการป้อนเม็ดพลาสติก มีผลต่อคุณภาพของถังน้ำมัน (ความหนาและน้ำหนักของถังน้ำมัน) แสดงผลดังรูปที่ 8 และจากรูปที่ 9 แสดงค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย สามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิในการหลอมเม็ดพลาสติก อยู่ที่ 180ºC แรงดันในการอัดเม็ดพลาสติก อยู่ที่ 400 บาร์ และความเร็วในการป้อนเม็ดพลาสติก อยู่ที่ 25 เมตรต่อวินาที เป็นค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ถังน้ำมันมีคุณภาพ (ความหนาและน้ำหนักของถังน้ำมันเป็นไปตามข้อกำหนด) ทำให้สามารถ Reduce ของเสียในกระบวนการผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติกลงได้



รูปที่ 9 Interaction Plot ของปัจจัย



รูปที่ 10 กระบวนการนำเหล็กขันล็อคกลับมาใช้ซ้ำ

การ Reuse ของเสีย ได้แก่ เหล็กขันล็อค ถังน้ำมันที่เป็นของเสียจะถูกนำมาตัดส่วนที่เป็นเหล็กออก จากนั้นนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 260ºC เพื่อละลายเอาเนื้อพลาสติกออก E-ring ที่ได้จะนำมาเช็คขนาดด้วย Inspection Jig ก่อนที่จะไป Reuse ดังแสดงในรูปที่ 10

ผลจากการปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องจักร จากการเก็บข้อมูลการผลิตของปี 2558 พบว่าของเสียที่เกิดจากสาเหตุความหนาและน้ำหนักของถังน้ำมันไม่เป็นไปตามข้อกำหนดนั้นได้ถูกกำจัดหมดไป และของเสียเหล็กขันล็อค สามารถนำกลับมาใช้ได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงทำให้สามารถประหยัดได้ 36,306,781 บาท/ปี แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการ Reduce และ Reuse

รายการ	ความหนาของถังน้ำมันพลาสติกไม่ได้ตามกำหนด	น้ำหนักของถังน้ำมันพลาสติกไม่ได้ตามกำหนด	เหล็กขันล็อคระหว่างปั๊มน้ำมันกับถังน้ำมัน
ของเสีย/ปี (ชิ้น)	24,761	19,389	16,955
ราคา (บาท/ชิ้น)	800	800	58.20
มูลค่าของเสีย/ปี (บาท)	19,808,800	15,511,200	986,781
รวมมูลค่าของเสียที่ประหยัด/ปี (บาท)	36,306,781		

การนำของเสียที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ด้วยการแปรรูปของเสียที่เป็นถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติกจะนำมาบดกลายเป็น Regrind เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โรงงานนี้มี Regrind มาก จึงต้องไปเช่าโกดังเพื่อจัดเก็บ

จากการระดมสมองกับพนักงาน ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการในการผลิตโดยทดลองหาอัตราส่วน Regrind ต่อ HDPE ที่เหมาะสมที่ทำให้ถังน้ำมันมีคุณภาพตามที่กำหนดโดยการทดสอบแรงกระแทกของถังน้ำมันว่าสามารถทนต่อแรงกระแทกได้หรือไม่ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราส่วน Regrind ต่อ HDPE และผลการทดสอบคุณภาพถังน้ำมัน

อัตราส่วน Regrind ต่อ HDPE	จำนวนถังที่ผ่านการทดสอบ (ถัง)
40 : 50	9
45 : 55	9
50 : 50	9
51 : 49	6
52 : 48	2
53 : 47	0
54 : 46	0
55 : 45	0

หมายเหตุ: จำนวนถังที่ทดสอบในแต่ละอัตราส่วน 9 ถัง

ตารางที่ 4 สรุปผลการนำหลักการ 3Rs มาปรับปรุงกระบวนการผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก

หลักการ 3Rs	หลักการแก้ไขปัญหา		
	ความหนาของถังน้ำมันพลาสติกไม่ได้ตามกำหนด	น้ำหนักของถังน้ำมันพลาสติกไม่ได้ตามกำหนด	เหล็กขันล็อคระหว่างปั๊มน้ำมันกับถังน้ำมัน
Reduce	หลักการ DOE	หลักการ DOE	-
Reuse	-	-	การนำเหล็กขันล็อค (E-ring) กลับมาใช้ใหม่
Recycle	การนำของเสียกลับมาใช้ใหม่	การนำของเสียกลับมาใช้ใหม่	-

จากการทดสอบพบว่าการเพิ่มปริมาณการใช้ Regrind จากเดิมที่ใช้ร้อยละ 40 ไปเป็นร้อยละ 50 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสม ทำให้ลดการใช้ HDPE เฉลี่ย 0.63 กิโลกรัมต่อถังน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ถัง คิดเป็นค่าใช้จ่าย 53.89 บาท ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง 33.91 บาทต่อถัง ดังนั้นในปี 2558 มีปริมาณการผลิต 426,201 ถัง คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ 426,201 × 33.91 = 14,452,475.90 บาท/ปี

จากการแก้ไขปัญหาความหนาและน้ำหนักของถังน้ำมันไม่เป็นไปตามข้อกำหนด สามารถคำนวณปริมาณการปล่อย CO_2eq ที่ลดได้ ดังนี้คือ

Total Emission = EF × Material Consumption

เมื่อ EF = Emission Factor (kg CO_2eq/kg)

Material Consumption = ปริมาณ Material ที่ใช้ (kg)

โดยใช้ข้อมูลการคำนวณจาก [7]

EF ของ HDPE = 1.95 kg CO_2eq/kg

EF ของ Regrind = 1.10 kg CO_2eq/kg

น้ำหนักของถังน้ำมัน 1 ถัง หนักเฉลี่ย 4.5 kg (HDPE 50% และ Regrind 50%)

จำนวนของเสียที่เกิดจากความหนาของถังน้ำมันพลาสติกไม่ได้ตามกำหนด 24,761 ถัง/ปี

ดังนั้น น้ำหนัก HDPE ที่ใช้ และน้ำหนัก Regrind ที่ใช้ = 24,761 × 4.5 × 0.5 = 55,712.25 kg

ดังนั้น ปริมาณการปล่อย CO_2eq จากการลดปัญหาความหนาของถังน้ำมันไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

= EF × Material Consumption

= (1.95 × 55,712.25) + (1.10 × 55,712.25)

= 169,922.40 kg CO_2eq = 169.92 ตันCO_2eq

จำนวนของเสียที่เกิดจากน้ำหนักของถังน้ำมันพลาสติกไม่ได้ตามกำหนด 19,389 ถัง/ปี

ดังนั้น น้ำหนัก HDPE ที่ใช้ และน้ำหนัก Regrind ที่ใช้ = 19,389 × 4.5 × 0.5 = 43,625.25 kg

ดังนั้น ปริมาณการปล่อย CO_2eq จากการลดปัญหาน้ำหนักของถังน้ำมันไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

= EF × Material Consumption

= (1.95 × 43,625.25) + (1.10 × 43,625.25)

= 133,057 kg CO_2eq = 133.05 ตัน CO_2eq

จากการนำเหล็กขันล็อค กลับมาใช้ใหม่ จำนวน 16,955 ชิ้น/ปี สามารถคำนวณปริมาณการปล่อย CO_2eq ที่ลดได้ ดังนี้คือ

Total Emission = EF × Material Consumption

= 1.77 × (16,955 × 0.23)

= 6,902.38 kg CO_2eq = 6.90 ตันCO_2eq

เมื่อ EF ของ Steel = 1.77 kg CO_2eq / kg [7]

น้ำหนักของ E-ring = 230 g/ชิ้น = 0.23 kg/ชิ้น

จากการนำหลักการ 3Rs มาปรับปรุงกระบวนการผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4

2.4 การนำหลักการอนุรักษ์พลังงานมาลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

ผู้วิจัยได้จัดทำ Eco-Mapping ทำให้ทราบจุดที่ใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง จากการศึกษาข้อมูลพบว่า 46% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงงาน มาจากเครื่องเป่า

ตารางที่ 5 การประหยัดพลังงานจากมาตรการหุ้มฉนวน

มาตรการ Reduce ของพลังงาน	ประหยัดพลังงาน		เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	การปลดปล่อย (ตัน CO_2eq/ปี)
	kWh/ปี	บาท/ปี			
การหุ้มฉนวนเพื่อลดการสูญเสียความร้อน	284,990.42	934,769	150,000	0.16	165.61

ตารางที่ 6 สรุปจำนวนเงินที่ประหยัดได้ และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

หลักการ 3Rs	รายละเอียดจุดที่พิจารณา	จำนวนของเสีย/ปี	จำนวนเงินที่ประหยัดได้/ปี (บาท)	การปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เทียบเท่า (ตัน CO_2eq/ปี)
Reduce	ความหนาของถังน้ำมันพลาสติกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	24,761 ถัง	19,808,800	169.92
	น้ำหนักของถังน้ำมันพลาสติกไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	19,389 ถัง	15,511,200	133.05
	พลังงานลดจากการหุ้มฉนวน	-	934,769	165.61
Reuse	E-ring	16,955 ชิ้น	986,781	6.90
Recycle	Regrind	-	14,452,475.90	-
รวม			**51,694,025.90**	**475.48**

ถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก ไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อน จากการตรวจสอบพบว่า อุณหภูมิของเปลือกท่ออยู่ระหว่าง 200–220ºC ทำให้สูญเสียความร้อน หลังจากหุ้มฉนวนแล้วความร้อนที่ประหยัดได้เท่ากับ 51.61 kW ซึ่งการประหยัดพลังงานจากการหุ้มฉนวนแสดงดังตารางที่ 5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

พลังงานที่ประหยัดได้ = ความร้อนที่ประหยัดได้ × H × D × CE (บาท/ปี)

เมื่อ H คือจำนวนชั่วโมงการทำงาน = 22 ชั่วโมง/วัน

D คือจำนวนวันทำงาน/ปี = 251 วัน/ปี

CE คือค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย = 3.28 บาท/ kWh

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 51.61 × 22 × 251 = 284,990.42 kWh /ปี และคิดเป็นเงินที่ประหยัดได้จากการประหยัดพลังงานจากการหุ้มฉนวน = 284,990.42 × 3.28 = 934,769 บาท/ปี

ทั้งนี้ต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับฉนวนและค่าติดตั้ง 150,000 บาท แต่สามารถคืนทุนได้ ระยะเวลาคืนทุน = 150,000 ÷ 934,769 = 0.16 ปี และการคำนวณปริมาณการปล่อย CO_2eq ที่ลดได้ สามารถคำนวณจาก

ปริมาณการปล่อย CO_2eq $= EF_{grid} \times E_{save}$

$= 0.5813 \times 284,900.42$

$= 165,612.61$ kg CO_2eq

โดยที่ EF_{grid} = 0.5813 kg CO_2 eq / kWh [7]

E_{save} = ผลต่างพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังปรับปรุง = 284,900.42 kWh

3. ผลการวิจัย

สรุปการใช้หลักการ 3Rs และผลที่ได้รับจากการวิจัย ณ โรงงานผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก แสดงดังตารางที่ 6 โดยมีรายละเอียดดังนี้

Reduce 1) ลดของเสียของถังน้ำมันพลาสติกที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดในเรื่องความหนา และน้ำหนัก

2) ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ด้วยการหุ้มฉนวน

Reuse นำเหล็กขันล็อค นำกลับมาใช้ใหม่

Recycle นำเศษพลาสติก Regrind มาผสมกลับเข้ากระบวนการผลิตในสัดส่วนร้อยละ 50 แทนร้อยละ 40

4. สรุป

การวิจัยนี้มุ่งเน้นที่หลักการ 3Rs ที่นำมาใช้กับโรงงานผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติก ส่งผลในการช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ได้ถึง 475.48 ตัน CO_2eq/ปี นอกจากนี้ยังสามารถลดต้นทุนในเรื่องผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและพลังงานได้ถึง 51,694,025.90 บาท/ปี

งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับโรงงานประเภทอื่นๆ โดยทางโรงงานต้องให้ความรู้กับพนักงานด้วยการฝึกอบรม และให้พนักงานตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมที่จะทำให้โรงงานเป็นโรงงานสีเขียวที่กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดเป็นยุทธศาสตร์ในการพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมและสังคม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณธนพล เหมือนเผ่าพงษ์ และพนักงานของโรงงานผลิตถังน้ำมันเชื้อเพลิงพลาสติกที่ให้ความร่วมมือในเรื่องข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] J. Tian and M. Chen, “Sustainable design for automotive products: Dismantling and recycling of End-of-Life vehicles,” *Waste Management*, vol. 34, pp. 458–467, 2014.

[2] A. M. Deif, “A system model for green manufacturing,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 19, pp. 1553–1559, 2011.

[3] Ministry of Industry. (2011). *Green Industry Manual* [Online]. Available: http://www.iei.or.th/media/www/file/470/15337591401345519.pdf.

[4] Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (2011). *Carbon Footprint for Organization* [Online]. Available: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/download/01_PrincipleofCFforOrganization.pdf

[5] Department of Environmental Quality Promotion. (2011). The Guideline for Carbon Footprint of Product (OTOP).

[6] Asian Productivity Organization. (2006). *Handbook on Green Productivity* [Online]. Available: http://www.apo-tokyo.org/publications/wp-content/uploads/sites/5/gp-hb_gp.pdf.

[7] Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (2014). *Emission Factor Carbon Footprint for Organization* [Online]. Available: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_90c7cf3f24.pdf