การลดของเสียในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก กลุ่มถังเก็บน้ำ
: กรณีศึกษาโรงงานผลิต ผลิตภัณฑ์พลาสติก

Waste Reduction in Plastic Tank Production
: A Case Study of Plastic Factory

วินิตา สุวรรณสะอาด

Winita Suwansaard

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Minor Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Industrial Management
Prince of Songkla University
2562

ชื่อสารนิพนธ์ การลดของเสียในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก กลุ่มถังเก็บน้ำ
: กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก
ผู้เขียน นางสาววินิตา สุวรรณสะอาด
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	**คณะกรรมการสอบ**
.....	.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)	(รองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโฉม)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภิสพร มีมงคล)
	.....กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์)

.....

(รองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโฉม)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

ชื่อสารนิพนธ์ การลดของเสียในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก กลุ่มถังเก็บน้ำ
: กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก
ผู้เขียน นางสาววินิตา สุวรรณสะอาด
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

สารนิพนธ์นี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปถังเก็บน้ำพลาสติกด้วยวิธีการผลิตแบบเบ้าหมุน (Rotation Molding) เพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อการทำงานในกระบวนการผลิต มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตถังเก็บน้ำพลาสติก โดยกำหนดการลดปริมาณของเสียลงอย่างน้อย 10% จากปริมาณของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ประเภทถังเก็บน้ำพลาสติก โดยของเสียมีสาเหตุมาจาก มีตามด (ฟองอากาศ) เกินค่ากำหนด ผู้วิจัยเริ่มการศึกษากระบวนการผลิตโดยใช้แผนผังการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียตามด (ฟองอากาศ) มากเกินกำหนดและร่วมกันระดมสมองเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงโดยใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์และคัดกรองปัญหา พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียตามด (ฟองอากาศ) มากเกินกำหนด คือ อุณหภูมิอบแม่พิมพ์และเวลาในการอบขึ้นรูป จากนั้นได้นำเอาเทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เชิงแฟคทอเรียล 2^k มาใช้เพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมโดยทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย จำนวน 6 ซ้ำ เท่ากับ 24 การทดลองในแต่ละผลิตภัณฑ์ถังเก็บน้ำโพลิเอทิลีนรุ่นธรรมดา Buddy ขนาด 600, 1000, 1200, 2000 และ 3000 ลิตร ได้ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแม่พิมพ์อยู่ที่ 250, 300, 350, 350, 400 องศาเซลเซียสและเวลาในการอบขึ้นรูปที่เหมาะสมอยู่ที่ 20, 20, 30, 40, 50 นาที ตามลำดับ ทำการเก็บผลข้อมูลจำนวนชิ้นงานการเกิดตามด (ฟองอากาศ) มากเกินกำหนดในถังเก็บน้ำพลาสติกจำนวน 50 ชิ้นงาน (ถัง) ต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งการเก็บข้อมูลและการตรวจชิ้นงานในหนึ่งเดือน ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า จำนวนของเสียที่เกิดขึ้น โดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์บกพร่องการเกิดตามด (ฟองอากาศ) มากเกินกำหนดในถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีนรวม 600, 1000, 1200, 2000 และ 3000 ลิตร โดยก่อนการปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 11.60 ของจำนวนที่ทำการผลิต หลังการปรับปรุงลดลงเหลือร้อยละ 3.20 พบว่าเมื่อทำการปรับค่าของปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสัดส่วนของเสียประเภทตามด (ฟองอากาศ) มากเกินกำหนดทำให้ค่าสัดส่วนของเสียรวมลดลง จากเดิมมีของเสียรวมร้อยละ 32.80 ลดลงเหลือร้อยละ 12.40

Minor Thesis Title	Waste Reduction in Plastic Tank Production : A Case Study of Plastic Factory
Author	Miss Winita Suwansaard
Major Program	Industrial Management
Academic Year	2018

ABSTRACT

This minor thesis is studying the factors affecting waste generation in the process of forming a plastic water storage tank using a rotational molding method (Rotation Molding) in order to find the appropriate level of factor in the production process. The objective of the research is to reduce the amount of waste that occurs in the production process of plastic water tanks defining the amount of waste to be reduced by at least 10% from the total amount of waste generated in the product of plastic tank water storage. The waste is caused by air bubble exceeding the setting. The researcher began to study the production process using the flow process chart exploring factors affecting waste (Bubble Air) and brainstorm to find real cause of problem by fishbone map analyze the solution. The result show that the factor affecting for the waste product (Bubble Air) exceeding than experiment setting that is the temperature and time of molding baking. After the improvement by using technique of design of experiment factorial 2^k to find the optimal level of two factors for twenty four times in experiment for each product in Polyethylene plastic water tank Buddy size as 600, 1000, 1200, 2000 and 3000 liters in optimal temperature and time of molding baking are 250, 300, 350, 350 and 400 degree Celsius and 20, 20, 30, 40 and 50 minutes respectively. The data collected of number of product Bubble Air 50 tanks in one month can be concluded that the average of waste product (Bubble Air) in size of Polypropylene plastic water tank sizes 600, 1000, 1200, 2000 and 3000 liters before improvements is 11.60% of production proportions after improvement the waste product decrease to 3.20 %. When adjust the significant affecting factors to waste product (Bubble Air) exceeding than setting effect the amount of waste product decrease from 32.80 to 12.40

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณา และความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์ ที่กรุณาเสียสละเวลาในการให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ รศ.สมชาย ชูโฉม และ ผศ.ดร.นภิสพร มีมงคล คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อสารนิพนธ์ฉบับนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ในการทำสารนิพนธ์ครั้งนี้ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับท่านที่มีส่วนช่วยให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยเฉพาอย่างยิ่ง บิดา มารดา และเพื่อนๆหลักสูตรการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษาสารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หรือผู้สนใจทั่วไป หากส่วนใดส่วนหนึ่งของการศึกษางานวิจัยนี้มีข้อผิดพลาดผู้วิจัยขอน้อมรับ และกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้

วินิตา สุวรรณสะอาด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญรูป	(11)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(14)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	11
1.3 ขอบเขตการวิจัย	11
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย	11
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	14
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
2.2 ทฤษฎีและหลักการ	18
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	
3.1 การศึกษาข้อมูลและสภาพปัญหา	58
3.2. กระบวนการผลิตถังเก็บน้ำโพลิเอทิลีน	63
3.3 รายละเอียดขั้นตอนกระบวนการขึ้นรูปถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทีลีนรุ่นธรรมดา Buddy ขนาด 600, 1000, 1200, 2000, 3000 ลิตร	66
3.4 หาสาเหตุของการเกิดตามด (ฟองอากาศ) มากเกินกำหนดในถังเก็บน้ำพลาสติก	73
3.5 การวิเคราะห์สาเหตุที่น่าจะส่งผลต่อการเกิด ตามด (ฟองอากาศ) ที่มากเกินกำหนดในถังเก็บน้ำพลาสติก	75
3.6 การออกแบบการทดลอง	77
3.7 ทำการยืนยันผลการทดลอง	80
3.8 การวางแผนควบคุมระดับปัจจัย	80
บทที่ 4 ผลการดำเนินวิจัย	
4.1 ขั้นตอนการทดลอง	81
4.2 ผลการออกแบบการทดลอง	84

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3 สรุปผลการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม	102
4.4 การยืนยันผลการทดลอง	103
4.5 แผนการควบคุมระดับปัจจัย	115
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	116
5.2 ข้อเสนอแนะ	117
บรรณานุกรม	118
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การลดของเสียโดยการออกแบบการทดลอง	120
ประวัติผู้เขียน	131

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ผลิตภัณฑ์ประเภทถังเก็บน้ำบนดินของโรงงานกรณีศึกษา	4
2.1	ผลกระทบของความหนาแน่น, อัตราการหลอมไหลเมื่อหลอมเหลวและการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลต่อคุณสมบัติของ LDPE	26
2.2	ความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน	48
2.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวน	57
3.1	ปริมาณการผลิตและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น (เดือนมกราคม พ.ศ. 2562) ของโรงงานกรณีศึกษา	59
3.2	ปริมาณการผลิตและปริมาณของเสียของถังเก็บน้ำพลาสติก (เดือนมกราคม 2562) ของโรงงานกรณีศึกษา	60
3.3	สาเหตุการเกิดของเสีย เดือนมกราคม 2562 กลุ่มผลิตภัณฑ์ถังเก็บน้ำพลาสติก	61
3.4	ค่าการตั้งปัจจัยในการขึ้นรูป เครื่องขึ้นรูป Rotational Molding	69
3.5	เหตุผลของปัจจัยที่ไม่ได้เลือกมาทำการทดลอง	75
3.6	ค่าปัจจัยที่สามารถควบคุมได้และทำการปรับเปลี่ยนค่าการทำงาน (Vary)	78
3.7	ค่าปัจจัยที่สามารถควบคุมได้และทำการกำหนดค่าไว้ (Fix)	79
4.1	ผลการทดลอง 2 ปัจจัย 2 ระดับ ถังเก็บน้ำพลาสติกรุ่นธรรมดา ขนาด 600 ลิตร สรุปมาจาก ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.5	84
4.2	ผลการทดลอง 2 ปัจจัย 2 ระดับ ถังเก็บน้ำพลาสติกรุ่นธรรมดา ขนาด 1000 ลิตร สรุปมาจาก ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.6	85
4.3	ผลการทดลอง 2 ปัจจัย 2 ระดับ ถังเก็บน้ำพลาสติกรุ่นธรรมดา ขนาด 1200 ลิตร สรุปมาจาก ภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.7	85
4.4	ผลการทดลอง 2 ปัจจัย 2 ระดับ ถังเก็บน้ำพลาสติกรุ่นธรรมดา ขนาด 2000 ลิตร สรุปมาจาก ภาคผนวก ก. ตารางที่ ก.8	85
4.5	ผลการทดลอง 2 ปัจจัย 2 ระดับ ถังเก็บน้ำพลาสติกรุ่นธรรมดา ขนาด 3000 ลิตร สรุปมาจาก ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.9	86
4.6	ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เกิดของเสียน้อยที่สุดในกระบวนการผลิตถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน	103
4.7	ผลการทดลองจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน รุ่นธรรมดา ขนาด 600 ลิตร	103

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.8 การเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต ถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน 600 ลิตร 104
4.9 แสดงค่าการตั้งปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน 600 ลิตร ใหม่ 105
4.10 ผลการทดลองจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน รุ่นธรรมดา ขนาด 1000 ลิตร 105
4.11 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต ถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน 1000 ลิตร 106
4.12 แสดงค่าการตั้งปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน 1000 ลิตร ใหม่ 107
4.13 ผลการทดลองจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน รุ่นธรรมดา ขนาด 1200 ลิตร 107
4.14 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต ถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน 1200 ลิตร 108
4.15 แสดงค่าการตั้งปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน 1200 ลิตร ใหม่ 109
4.16 ผลการทดลองจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน รุ่นธรรมดา ขนาด 2000 ลิตร 109
4.17 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต ถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน 2000 ลิตร 110
4.18 แสดงค่าการตั้งปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน 2000 ลิตร ใหม่ 111
4.19 ผลการทดลองจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน รุ่นธรรมดา ขนาด 3000 ลิตร 111
4.20 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต ถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน 3000 ลิตร 112
4.21 แสดงค่าการตั้งปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน 3000 ลิตร ใหม่ 113
4.22 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต ถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีนรวม 600, 1000, 1200, 2000 และ3000 ลิตร 114

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ก.1 ปริมาณการผลิตและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น (เดือนมกราคม พ.ศ. 2562) ของโรงงานกรณีศึกษา 121

ก.2 ปริมาณการผลิตและปริมาณของเสียของถังเก็บน้ำพลาสติก (เดือนมกราคม 2562) ของโรงงานกรณีศึกษา 122

ก.3 สาเหตุการเกิดของเสีย เดือนมกราคม 2562 กลุ่มผลิตภัณฑ์ถังเก็บน้ำพลาสติก 123

ก.4 การเก็บข้อมูลการเกิดของเสียในการตรวจชิ้นงานถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน รุ่นธรรมดา ขนาด 600, 1000, 1200, 2000 และ 3000 ลิตร (ก่อนปรับปรุง) 124

ก.5 ตารางการออกแบบและผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 22 ถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 600 ลิตร 125

ก.6 ตารางการออกแบบและผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 22 ถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 1000 ลิตร 126

ก.7 ตารางการออกแบบและผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 22 ถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 1200 ลิตร 127

ก.8 ตารางการออกแบบและผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 22 ถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 2000 ลิตร 128

ก.9 ตารางการออกแบบและผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 22 ถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 3000 ลิตร 129

ก.10 การเก็บข้อมูลการเกิดของเสียในการตรวจชิ้นงานถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีน รุ่นธรรมดา ขนาด 600, 1000, 1200, 2000 และ 3000 ลิตร (หลังปรับปรุง) 130

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แนวโน้มอุตสาหกรรมพลาสติก ภาพรวมปี 2561 มูลค่าการส่งออกและการนำเข้า	1
1.2	ผลิตภัณฑ์ประเภทถังขยะของโรงงาน	2
1.3	ผลิตภัณฑ์ประเภทเรือพลาสติกและอุปกรณ์อื่นๆ เช่น งานจราจรของโรงงาน	3
1.4	ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องออกกำลังกายกลางแจ้งและเครื่องเล่นสนามกลางแจ้ง	3
1.5	ผลิตภัณฑ์ประเภทถังแช่ของโรงงาน	3
1.6	ผลิตภัณฑ์ประเภทถังบำบัดน้ำเสีย	4
1.7	ผลิตภัณฑ์ประเภทถังเก็บน้ำใต้ดิน	4
1.8	ผลิตภัณฑ์ประเภทถังเก็บน้ำบนดินของโรงงาน	5
1.9	เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตถังเก็บน้ำพลาสติกโดยวิธีการผลิตแบบเบ้าหมุน (Rotation Molding)	7
1.10	แผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตของถังเก็บน้ำพลาสติก	8
1.11	ขั้นตอนกระบวนการผลิตถังเก็บน้ำพลาสติก	9
1.12	แผนภูมิพาเรโตแสดงการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาแยกตามสาเหตุการเกิดของเสีย เดือน มกราคม พ.ศ.2562	11
1.13	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	12
2.1	แผนผังกระบวนการผลิตแบบ Rotation Molding	19
2.2	รายละเอียดแต่ละขั้นตอนของการแปรรูปพลาสติกด้วยเทคนิคเบ้าหมุน	20
2.3	การทำงานในเครื่องแปรรูปพลาสติกด้วยเทคนิคเบ้าหมุน	20
2.4	การทำงานของเครื่องแปรรูปเบ้าหมุนแบบเกวียนสี่ล้อเลื่อน	21
2.5	การทำงานของเครื่องแปรรูปเบ้าหมุนแบบแขนเดียว	22
2.6	การถ่ายของเครื่องแปรรูปเบ้าหมุนแบบสามแขน	22
2.7	ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการแปรรูปแบบเบ้าหมุน	23
2.8	โครงสร้างโมเลกุลของ LDP	25
2.9	โครงสร้างโมเลกุลของ LLDPE	26
2.10	ใบตรวจสอบสำหรับความไม่กลมกลืนกันของสี	32
2.11	ฮิสโตแกรมสำหรับตำแหน่งของหลุม	32
2.12	ชนิดของความผิดพลาด	33
2.13	แผนผังเหตุและผล	34
2.14	แผนผังกระบวนการไหลเวียนสำหรับลำดับการเข้ามาของกระบวนการผลิต	35
2.15	แผนผังการกระจาย	36
2.16	แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ และ R แสดงการปรับปรุงคุณภาพ	37
2.17	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการหรือระบบที่สนใจ	37

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.1	แผนภูมิพาเรโตแสดงการเกิดของเสียของโรงงานกรณีศึกษาแยกตามสาเหตุการเกิดของเสีย	61
3.2	ตัวอย่างถังเก็บน้ำพลาสติกโพลิเอทิลีนรุ่นธรรมดาBuddy ขนาด 1000 และ 2000 ลิตร	62
3.3	แผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตของถังเก็บน้ำพลาสติก	63
3.4	ขั้นตอนกระบวนการผลิตถังเก็บน้ำพลาสติก	64
3.5	ผงโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ M70 GMT-90เกรด LL9641U สำหรับชั้นที่ 1	66
3.6	ผงโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ RUP 3804 ผสมผงสีน้ำตาลแดงผสมสำหรับชั้นที่ 2	67
3.7	ผงโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ RUP 3804 ชั้นที่ 3	67
3.8	ติดตั้งแม่พิมพ์ในการขึ้นรูปและทำการตรวจสอบผิวด้านในของแม่พิมพ์	68
3.9	ชุดควบคุมเครื่องขึ้นรูป Rotational Molding	68
3.10	เทผงโพลิเอทิลีนลงในแม่พิมพ์	70
3.11	การอบขึ้นรูปโดยให้ความร้อนในการอบขึ้นรูป	71
3.12	การหมุนแขนเครื่อง (Arm) อัตโนมัติ ในแนวสองแกน	71
3.13	แสดงการใช้ลมเย็น Precool ให้แม่พิมพ์เย็นตัวลง	72
3.14	การนำผลิตภัณฑ์ออกจากแม่พิมพ์	72
3.15	การตกแต่งผลิตภัณฑ์	73
3.16	แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุและผลเพื่อให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุทั้งหมด	74
3.17	แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่น่าจะส่งผลต่อการเกิดตามด (ฟองอากาศ) มากเกินกำหนด	77
4.1	เทผงโพลิเอทิลีนลงในแม่พิมพ์ในชั้นแรกในการทดลอง	81
4.2	ทำการอบแม่พิมพ์ตามสภาวะต่างๆที่ได้กำหนดในแผนการทดลอง	82
4.3	เทผงโพลิเอทิลีน RUP 3804 ในชั้นที่ 2 และ ชั้นที่ 3 พร้อมให้ความร้อนในการทดลอง	82
4.4	ทำการเย็นตัวด้วยลมเป่า (Precool) ในการทดลอง	83
4.5	ถอดแม่พิมพ์และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองออกจากแม่พิมพ์	83
4.6	นำไปตรวจสอบและบันทึกผลการทดลอง	84
4.7	ผลการวิเคราะห์การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 600 ลิตร	86
4.8	Pareto Chart การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 600 ลิตร	87
4.9	Normal Probability Plot การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 600 ลิตร	87
4.10	กราฟอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิอบแม่พิมพ์และเวลาในการอบขึ้นรูป ถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 600 ลิตร	88
4.11	กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยของถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 600 ลิตร	89
4.12	ผลการวิเคราะห์การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 1000 ลิตร	89
4.13	Pareto Chart การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 1000 ลิตร	90

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.14	Normal Probability Plot การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 1000 ลิตร	91
4.15	กราฟอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิอบแม่พิมพ์และเวลาในการอบขึ้นรูป ถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 1000 ลิตร	91
4.16	กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยของถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 1000 ลิตร	92
4.17	ผลการวิเคราะห์การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 1200 ลิตร	93
4.18	Pareto Chart การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 1200 ลิตร	93
4.19	Normal Probability Plot การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 1200 ลิตร	94
4.20	กราฟอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิอบแม่พิมพ์และเวลาในการอบขึ้นรูป ถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 1200 ลิตร	95
4.21	กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยของถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 1200 ลิตร	95
4.22	ผลการวิเคราะห์การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 2000 ลิตร	96
4.23	Pareto Chart การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 2000 ลิตร	97
4.24	Normal Probability Plot การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 2000 ลิตร	97
4.25	กราฟอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิอบแม่พิมพ์และเวลาในการอบขึ้นรูป ถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 2000 ลิตร	98
4.26	กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยของถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดาขนาด 2000 ลิตร	99
4.27	ผลการวิเคราะห์การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดาขนาด 3000 ลิตร	99
4.28	Pareto Chart การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดาขนาด 3000 ลิตร	100
4.29	Normal Probability Plot การทดลอง 2 ระดับ 2 ปัจจัย ถังเก็บน้ำ รุ่นธรรมดา ขนาด 3000 ลิตร	101
4.30	กราฟอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิอบแม่พิมพ์และเวลาในการอบขึ้นรูป ถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดา ขนาด 3000 ลิตร	101
4.31	กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยของถังเก็บน้ำพลาสติก รุ่นธรรมดาขนาด 3000 ลิตร	102
4.32	กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียก่อนและหลังการเปลี่ยนสภาวะทำงาน	114

ตัวย่อและสัญลักษณ์

^{o}C	=	องศาเซลเซียส
min	=	นาที
PE	=	โพลิเอทิลีน
Psi	=	หน่วยวัดความดัน ปอนด์ต่อตารางนิ้ว