

การลดของเสียในกระบวนการผลิตฟิล์มพลาสติกบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว

Defective Reduction in Flexible Packaging Film Production Process

สุกานดา พรหมเทพ และ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย

Sukanda Promthep and Damrong Thawesaengskulthai

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 0-2218-6814-6 โทรสาร 0-2251-3969, 0-2218-6813

E-mail: spromtep@hotmail.com, damrong.t@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวทางการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกมา DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) เพื่อการลดของเสียในกระบวนการผลิตฟิล์มพลาสติกบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตฟิล์มโพลีโพรพิลีน (Biaxial oriented Polypropylene film ; BOPP) ในปี 2553 ปริมาณของเสียจากการคืนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง 122,340.58 กิโลกรัมเป็นมูลค่า 8,563,840.6 ล้านบาทส่วนใหญ่เกิดจาก 6 ข้อบกพร่องหลักซึ่งได้แก่ข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน (SG) 2.58% โดยน้ำหนัก ข้อบกพร่องความหนาผิดปกติ (BT) 1.91% โดยน้ำหนัก ข้อบกพร่องคราบ (ST) 2.3% โดยน้ำหนัก ข้อบกพร่องฟิล์มสไลด์ (LW) 5.29% โดยน้ำหนัก ข้อบกพร่องฟิล์มยับ (WR) 1.72% โดยน้ำหนัก และข้อบกพร่องฟิล์มเป็นร่อง (CO) 5.23% หลังปรับปรุงกระบวนการผลิตทำการประเมิน FMEA ตามหลักการ SOD ตั้งเป้าหมายเพื่อลดปริมาณของเสียลงประมาณ 50% จากปริมาณของเสียในปี 2553 ซึ่งเป็นมูลค่า 4,281,920.3 ล้านบาท

Abstract

This research is applied Six Sigma methodology according to DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) to defective reduction in flexible packaging film production process from Biaxial oriented Polypropylene film (BOPP).

In 2010 there was a product rejection from defective problem about 122,340.58 kg or 8,563,840.6 million baht. Regarding, to the 6 major defections. There were saggy film (SG) 2.58% wt, bad thickness (BT) 1.91% wt, stain (ST)

2.3% wt, loosen winding (LW) 5.29% wt, wrinkle film (WR) 1.72% wt and corrugation (CO) 5.23% wt. After improvement evaluation by FMEA according to SOD. It's achieved to reduce the major defect about 50% reduction which saved 4,281,920.3 million baht.

1. บทนำ

พลาสติกเป็นวัสดุประเภทหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ในงานสำหรับบรรจุภัณฑ์ซึ่งหนึ่งในชนิดของพลาสติกที่ยิมนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายซึ่งมีความเหมาะสมทั้งในด้านราคา คุณสมบัติเชิงกล คือ โพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) และเมื่อนำมาสู่กระบวนการผลิตฟิล์มพลาสติกจะเรียกว่าฟิล์มโพลีโพรพิลีน (Biaxial oriented Polypropylene film ; BOPP) ในกระบวนการผลิตฟิล์มพลาสติกบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวนั้นเป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process) มีขนาดหน้ากว้างของการผลิตประมาณ 7 เมตรและผลิตออกมาในรูปของม้วนฟิล์มที่มีความยาวประมาณ 30,000 เมตร ดังนั้นเมื่อมีข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นจะไม่สามารถพบข้อบกพร่องได้ทันที จะสามารถตรวจพบเมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลิตหรือกระบวนการตัด สำหรับโรงงานกรณีศึกษาในปี 2553 ที่ผ่านมามีปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้าที่เกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดข้อบกพร่องนั้นพบมากสุดในกระบวนการผลิตฟิล์มโพลีโพรพิลีนพบข้อบกพร่อง 243 ครั้งจากการร้องเรียนปัญหาของลูกค้าทั้งหมด 369 ครั้งคิดเป็นปริมาณของเสียจากการคืนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง 122,340.58 กิโลกรัมเป็นมูลค่า 8,563,840.6 ล้านบาท การลดของเสียในอุตสาหกรรมการผลิตนั้นได้มีการนำเทคนิคหรือ

วิธีการต่างๆ มาประยุกต์ใช้ซึ่งแนวคิดหนึ่งที่มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย คือ ซิกซ์ ซิกมา เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพ โดยได้นำแนวทางการดำเนินงานวิจัยตามกรอบ DMAIC ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนซึ่งได้แก่ ขั้นตอนการนิยามปัญหา ขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ขั้นตอนวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการปรับปรุงและขั้นตอนสุดท้ายคือ ขั้นตอนการติดตามควบคุม นอกจากนี้ยังนำหลักการทางสถิติมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการ เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของ ซิกซ์ ซิกมา

ในการดำเนินงานวิจัยจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามระยะของ ซิกซ์ ซิกมา [5] เริ่มจากขั้นตอนการนิยามปัญหา เพื่อศึกษาสภาพความเป็นจริงของปัญหาเพื่อกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของปัญหาที่จะทำการศึกษาจากการใช้พาเรโตต่อจากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาได้จัดตั้งทีมงานปรับปรุงคุณภาพการผลิตซึ่งประกอบไปด้วยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและมีความชำนาญในสายการผลิต ทำการระดมสมองโดยนำเครื่องมือทางด้านคุณภาพคือแผนภาพเหตุและผลมาใช้ในการหาสาเหตุของปัญหา ต่อจากนั้นทำการหาปัจจัยนำเข้า (KPIV) จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต (PFMEA) ตามหลักการ SOD ของ FMEA เวอร์ชัน 4 [1] เนื่องจากผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษาเป็นฟิล์มพลาสติกสำหรับใช้ในงานบรรจุภัณฑ์จึงต้องใช้หลักการที่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ต่อจากนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ต่อข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทั้ง 6 ข้อบกพร่อง ในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการทำการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ระดับปัจจัยที่ดีที่สุดในขั้นตอนการติดตามควบคุมได้ทดสอบยืนยันผลเป็นระยะเวลา 1 เดือนและ

ประยุกต์ใช้เครื่องมือทางคุณภาพให้เหมาะสมในการตรวจติดตามเพื่อรักษามาตรฐานหลังการปรับปรุง

2.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

ปารเมศ [3] กล่าวว่า การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาผลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป เช่น การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) ซึ่งเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพ การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น เช่น กรณี 2 ปัจจัยถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับและปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับในการทดลอง 1 เรพลีเกต (Replicate) จะประกอบด้วย การทดลองทั้งหมด ab การทดลองเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปของแฟกทอเรียลจะกล่าวได้ว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน Montgomery [6] ได้อธิบายรูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลที่สำคัญได้แก่

- 1) 2^k แฟกทอเรียลใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่กำหนดระดับของปัจจัยเพียง 2 ระดับเท่านั้นในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย
- 2) 3^k แฟกทอเรียลใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับใน k ปัจจัย

3. ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษาและผลิตภัณฑ์

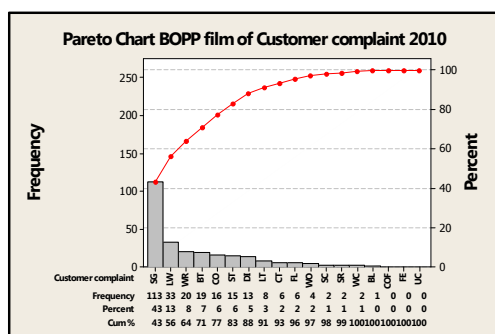
โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานที่ประกอบธุรกิจผลิตฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุภัณฑ์เพื่อส่งออกและขายในประเทศ โดยผลิตภัณฑ์จะถูกส่งขายให้กับบริษัทที่เป็นโรงพิมพ์และลามิเนตของบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ในสินค้าอุปโภคและบริโภคสำหรับผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษาเพื่อทำการลดของเสียมาจากกระบวนการผลิตฟิล์มโพลิโพรพิลีน (Biaxial Oriented Polypropylene : BOPP)



4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4.1 ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase)

การนิยามปัญหา เริ่มต้นจากการศึกษาปัญหาข้อร้องเรียนของ
ลูกค้าในเรื่องข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ในปี 2553 พบว่า
ผลิตภัณฑ์ฟิล์มโพลิโพรพิลีน (Biaxial Oriented
Polypropylene: BOPP) พบการร้องเรียนจำนวน 243 ครั้งเมื่อ
นำมาพิจารณาโดยการใช้เครื่องมือทางคุณภาพคือ แผนภูมิพา
เรโต ในการจำแนกปัญหาพบ 6 ข้อบกพร่องหลักที่ต้อง
ดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดของเสียซึ่งได้แก่ข้อบกพร่องฟิล์ม
หย่อน (SG) ข้อบกพร่องฟิล์มเกิดคราบขาว(ST) ข้อบกพร่อง
ฟิล์มความหนาผิดปกติ(BT)ข้อบกพร่องมีวนสไลด์
(LW)ข้อบกพร่องมีวนยับ(WR)และข้อบกพร่องมีวนยับเป็น
ร่อง(CO)



รูปที่ 2 แผนภูมิพาเรโตข้อบกพร่องผลิตภัณฑ์ฟิล์ม BOPP
ปี 2553

ในส่วนของคุณภาพของกระบวนการผลิตจึงทำการมองจากภายในบริษัทเพื่อปรับปรุงก่อนสู่ภายนอก ทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากกระบวนการผลิตฟิล์มโพลีโพรพิลีน(BOPP) พบว่าปริมาณของเสียจากกระบวนการหลัก 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการผลิต, กระบวนการตัด และกระบวนการบรรจุหีบห่อ ซึ่งพบว่ามาจากกระบวนการผลิตฟิล์ม 55.5% และจากกระบวนการตัด 43.3% เมื่อนำข้อบกพร่องปริมาณของเสียของผลิตภัณฑ์ฟิล์มโพลีโพรพิลีน(BOPP) มาพิจารณาจำแนกตามแหล่งกำเนิดของ 3 กระบวนการหลัก ผู้วิจัยจึงทำการกำหนดขอบเขตของงานวิจัยที่จะลดของเสียจากกระบวนการผลิตฟิล์มพลาสติกบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวในกระบวนการผลิตฟิล์มโพลีโพรพิลีน(BOPP) ใน 6 ข้อบกพร่องหลักซึ่งกล่าวดังข้างต้น ผู้วิจัยขอนำเสนอการลดของเสียในกระบวนการผลิตฟิล์มพลาสติกบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวจาก 2 ข้อบกพร่องซึ่งได้แก่ข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน(SG) ปัญหาจากกระบวนการผลิต และข้อบกพร่องม้วนสไลด์(LW)ปัญหาจากกระบวนการตัด ทั้งนี้ได้จัดตั้งคณะทำงานซึ่งประกอบด้วยผู้มีส่วนประสมการณ์และผู้เชี่ยวชาญด้านกระบวนการผลิตและกระบวนการตัดเพื่อร่วมดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดของเสียจากกระบวนการผลิต

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เบื้องต้น เพื่อกำหนดให้หาสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาโดยอาศัยเครื่องมือทางคุณภาพเข้ามาช่วย คือ แผนภาพก้างปลาและใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิต(PFMEA) ตามหลักการ SOD ของ FMEA เวอร์ชัน 4 เนื่องจากผลิตภัณฑ์คือฟิล์มพลาสติกสำหรับใช้ในงานบรรจุภัณฑ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการบริโภคและอุปโภคโดยตรงเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อหาปัจจัยนำเข้า (KPIV) พิจารณาปัจจัยตาม 4M1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุพิจารณา ข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน (SG) จากกระบวนการผลิตดังรูปที่ 3 และพิจารณา ข้อบกพร่องม้วนสไลด์ (LW) จากกระบวนการตัดดังรูปที่ 4 ทำการระดมสมองร่วมกับทีมงานเพื่อหาวิเคราะห์หาสาเหตุจากแผนภาพเหตุและผลเพื่อนำปัจจัยหลักที่วิเคราะห์ไปปัจจัย

ข้อบกพร่องมวลสไลด์ (LW) เนื่องจากปัจจัยที่เกิดจากคนสามารถปรับปรุงได้ด้วยการจัดการฝึกอบรมและเครื่องจักรป็นปัจจัยที่สามารถตรวจพบได้เช่น หัวชักหลวมหรือผิวนิปโรลเสื่อมสภาพ ส่วนปัจจัยด้านวัตถุดิบนั้นจะมีการตรวจสอบคุณภาพในขั้นตอนการรับจากผู้ผลิต ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้เนื่องจากการจัดเก็บเป็นระบบเปิดไม่ได้ทำการควบคุม ดังนั้นของเสียที่เกิดขึ้นกระบวนการผลิตฟิล์มพลาสติกจึงเกิดจากวิธีการทำงานหรือการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสม จากปัจจัยหลักข้างต้นนำไปสู่การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิต (PFMEA)ตามหลักการ SOD สำหรับเกณฑ์การประเมินในหัวข้อภาวะรุนแรงของผลกระทบ (Severity : S) อ้างอิงมาจาก จาก ชีรพร เสนพรหม(2550) [2] การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา เนื่องจากมีผลิตภัณฑ์ที่นำมาทำการลดของเสียคือเลนส์พลาสติก ซึ่งมีลักษณะการเกิดกระบวนการทางโพลิเมอร์คล้ายคลึงกับฟิล์มพลาสติก จึงนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของอุตสาหกรรมแต่สำหรับในส่วนเกณฑ์การประเมินในหัวข้อความถี่ (Occurrence: O)และความสามารถในการตรวจจับปัญหา (Detection : D)ได้ร่วมกับทีมงานในการพัฒนาขึ้นมาให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงในกระบวนการผลิตฟิล์มพลาสติก

รูปที่ 4 แผนภูมิแก๊งปลาของการเกิดข้อบกพร่องม้วนสไลด์ (LW)

ตารางที่ 1 สรุปปัจจัยนำเข้า (KIPV) ของข้อบกพร่องฟิล์ม
หย่อน (SG)

ข้อบกพร่อง	สาเหตุ	SOD	หมายเหตุ
ข้อบกพร่อง ฟิล์มหย่อน(SG)	Man		
	1. พนักงาน ไม่มีทักษะ ในการปฏิบัติงาน	232	
	2. พนักงาน ไม่มีการบันทึก ข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์	242	
	Machine		
	1. สายพานมอเตอร์ขัดข้อง	426	
	2. ฝักถูกตั้งเสื่อมสภาพ	436	
	Material		
	1. ความชื้นของเม็ดพลาสติก	652	
	Method		
	1. อุณหภูมิที่ใช้รีวิวน MDO ไม่ เหมาะสม	899	KIPV1 บิจัย A
	2. อัตราส่วนการดึงยืดไม่เหมาะสม	675	
	3. การตั้งค่าอุณหภูมิรีวิวนปากัด ไม่เหมาะสม	676	KIPV3 บิจัย C
	4. อัตราการไหลของเม็ดพลาสติกไม่ เหมาะสม	777	KIPV2 บิจัย D

ตารางที่ 2 สรุปปัจจัยนำเข้า (KIPV) ของข้อบกพร่องม้วนสไลด์ (LW)

ข้อบกพร่อง	สาเหตุ	SOD	หมายเหตุ
ข้อบกพร่องม้วนสไลด์(LW)	Man		
	1. พนักงานไม่มีทักษะในการปฏิบัติงานเนื่องจากในการทำงานไม่มีพนักงานประจำเครื่อง	233	
	Machine		
	1. หัวจับ(Chuck)เกิดการขัดข้อง	565	
	2. ตัวลูกกลิ้งเสื่อมสภาพ	566	
	Material		
	1. ผิวของแกนกระดาษที่นำมาใช้ไม่เรียบสม่ำเสมอ	664	
	2. ขบวนการผลิตของฟิล์มที่ตัด	644	
	Method		
	1. การตั้งค่าแรงดึง(Tension)ในการเข้าม้วนไม่เหมาะสม	778	KIPV1 ปัจจัย E
	2. การตั้งค่าแรงกด(Pressure)ในการเข้าม้วนไม่เหมาะสม	777	KIPV2 ปัจจัย F
	3. การตั้งความเร็วในการตัด(Speed)ของเครื่องไม่เหมาะสม	776	KIPV3 ปัจจัย G

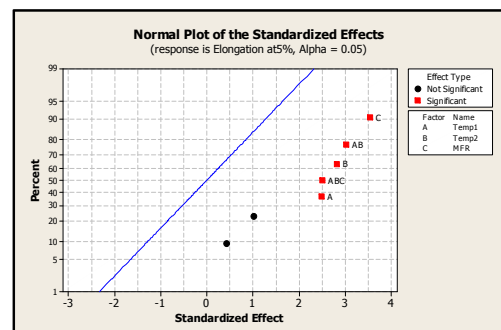
4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

ในขั้นตอนนี้ได้ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าที่คัดเลือกเข้ามาจากขั้นตอนการทำ PFMEA ข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน (SG) คือ Elongation at 5% (ระยะดึงยืด5%ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนทดสอบเมื่อให้ความเค้น) และสำหรับข้อบกพร่องม้วนสไลด์ (LW) คือ Hardness (ความแน่นหรือแข็งที่วัดจากการเข้าม้วน)เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของทรัพยากรที่มีราคาสูงซึ่งก็คือม้วนฟิล์มที่ผลิตได้โดยเฉลี่ย 1 ม้วนที่ผลิตได้จะมีน้ำหนักต่อม้วนประมาณ 300 kg. ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่สามารถทำการทดลองได้มากพอจึงกำหนดจำนวนซ้ำของการทดลองเพียง 2 ซ้ำเพื่อความน่าเชื่อถือในการทดลอง ผู้วิจัยได้เลือกการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับโดยกำหนดระดับปัจจัยเป็น 2 ระดับคือแบบสูง (1) และแบบต่ำ (-1) ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเชิงแฟกทอเรียลของข้อบกพร่องปัญหาฟิล์มหย่อน (SG) และข้อบกพร่องม้วนสไลด์ (LW) ได้ดังต่อไปนี้

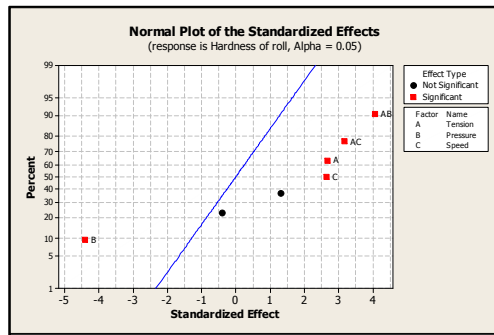
ตารางที่ 3 ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2 ระดับ

สัญลักษณ์ของปัจจัย	ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		หน่วย
			ต่ำ (-)	สูง (+)	
A	อุณหภูมิที่ใช้ใน MDO (Machine direction orienter)	Temp1	135	145	°C
B	อุณหภูมิที่ใช้บริเวณปากไค (Die lip)	Temp2	240	260	°C
C	อุณหภูมิของตัวอ่านค่าความหนา (Thickness gauge)	Temp3	40	50	°C
D	อัตราความเร็วของเม็ดรีไซเคิลพลาสติก	MFR	3.5	4.5	g/10min
E	แรงดึงในการเก็บม้วน(Tension)	Tension	120	140	N/m
F	แรงกดในการเก็บม้วน(Pressure)	Pressure	300	350	N/m
G	ความเร็วของเครื่องตัด(Speed)	Speed	600	650	m/min

จากตารางที่ 3 เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab จะพบว่าต้องทำการเก็บข้อมูลการทดลองทั้งหมด $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$ หน่วยการทดลองของทั้ง 2 ข้อบกพร่องที่ต้องการทำการลดของเสียจากกระบวนการผลิต ในการวิเคราะห์ผลการทดลองจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลองแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง[3],[4] พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ0.05ปัจจัยนำเข้าที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนอง Elongation at 5% ของข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน (SG) คืออุณหภูมิที่ MDO(A) อุณหภูมิของปากไค(B)อัตราความเร็วของเม็ดพลาสติก(D)อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับตัวแปรตอบสนองHardnessของข้อบกพร่องม้วนสไลด์(LW)คือแรงดึง(Tension) (E) แรงกดในการเก็บม้วน(Pressure) (F) และความเร็วของเครื่องตัด(Speed) (F) อย่างมีนัยสำคัญ



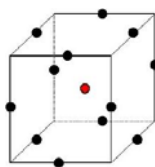
รูปที่ 5 Normal plotแสดงปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง Elongation at 5% ของข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน (SG)



รูปที่ 6 Normal plotแสดงปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง Hardness ของข้อบกพร่องม้วนสไลด์ (LW)

4.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

หลังจากที่ได้มีการหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ (ซึ่งไม่มีจุดศูนย์กลาง) พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง Elongation at 5% ของข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน(SG)ที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรม Minitab คือ ปัจจัยหลักทั้งหมดซึ่งได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ใน MDO(A) อุณหภูมิที่ใช้บริเวณปากได(Die lip) (B)อัตราการผลิตของเม็ดรีไซเคิลพลาสติก (D) สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง Hardness ของข้อบกพร่องม้วนสไลด์(LW)ที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรม Minitab คือแรงดึง(Tension)(E) แรงกดในการเก็บม้วน(Pressure)(F) และความเร็วของเครื่องตัด(Speed)(G) ซึ่งปัจจัยทั้งหมดเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ปรับตั้งค่าได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยเลือกทำการทดลองแบบพื้นผิวผลตอบ(Response surface design) แบบ Box- Behnken Design [4]



รูปที่ 7 การออกแบบการทดลองแบบ Box- Behnken Design

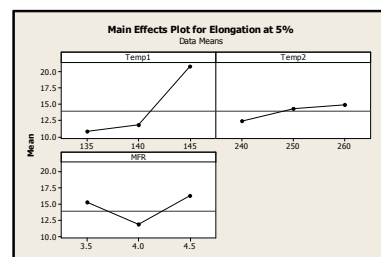
เนื่องจากการทดลองที่กำหนดให้มีการทดสอบที่ระดับของปัจจัยตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไปซึ่งไม่สิ้นเปลืองในด้าน

ทรัพยากรของการทดสอบที่ค่อนข้างจำกัด และสามารถหาค่าของปัจจัยปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุดได้ซึ่งค่าที่ใช้ในการปรับตั้งของแต่ละปัจจัยในการออกแบบการทดลองเพิ่มเติมของข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน (SG) และ ข้อบกพร่องม้วนสไลด์ (LW) แสดงความสัมพันธ์ในตารางที่ 4

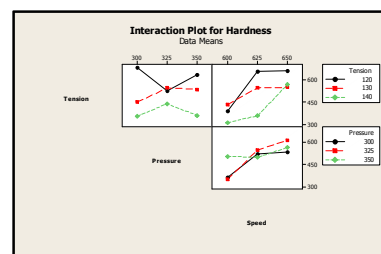
ตารางที่ 4 ค่าที่ใช้ในการปรับตั้งของแต่ละปัจจัยในการออกแบบการทดลองเพิ่มเติม

สัญลักษณ์ของปัจจัย	ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย			หน่วย
			ต่ำ (-)	กลาง(0)	สูง(+)	
A	อุณหภูมิที่ใช้ใน MDO	Temp1	135	140	145	°C
B	อุณหภูมิที่ใช้บริเวณDie lip	Temp2	240	250	260	°C
D	อัตราการผลิตเม็ดรีไซเคิลพลาสติก	MFR	3.5	4	4.5	g/10min
E	แรงดึงในการเก็บม้วน(Tension)	Tension	120	130	140	N/m
F	แรงกดในการเก็บม้วน(Pressure)	Pressure	300	325	350	N/m
G	ความเร็วของเครื่องตัด(Speed)	Speed	600	625	650	m/min

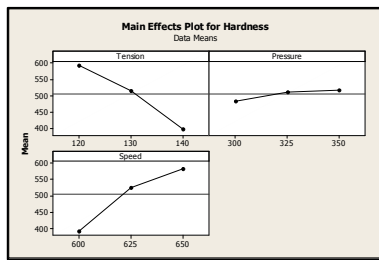
ทำการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้าโดยการพิจารณา Main Effect plot และ Interaction Effect plot ของข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน (SG) สัมพันธ์ดังรูปที่ 8 ถึง 9 และของข้อบกพร่องม้วนสไลด์ (LW) สัมพันธ์ดังรูปที่ 10 ถึง 11



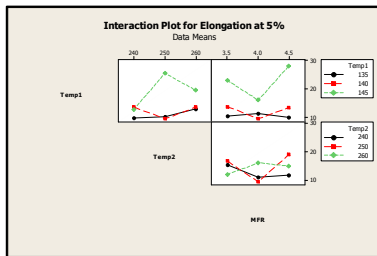
รูปที่ 8 Main Effect plot ของ Elongation at 5%



รูปที่ 9 Interaction Effect plot ของ Elongation at 5%



รูปที่ 10 Main Effect plot ของค่า Hardness



รูปที่ 11 Interaction Effect plot ของค่า Hardness

สำหรับการหาระดับปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยนำหลักการ Optimization โดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimization ของโปรแกรม Minitab ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 5 ผลการหาค่าตัวแปรตอบสนองที่เหมาะสมที่สุด (Response Optimization) ของข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน (SG)

Response Optimization						
Parameters						
	Goal	Lower Target	Upper Target	Weight	Import	
Elongation a	Target	11.82	15	19.54	1	1
Starting Point						
Temp1	=	135				
Temp2	=	240				
MFR	=	3.5				
Global Solution						
Temp1	=	135.000				
Temp2	=	240.000				
MFR	=	3.50372				
Predicted Responses						
Elongation a	=	15.0000				desirability = 1.000000
Composite Desirability = 1.000000						

ตารางที่ 6 ผลการหาค่าตัวแปรตอบสนองที่เหมาะสมที่สุด (Response Optimization) ของข้อบกพร่องม้วนสไลด์ (LW)

Response Optimization						
Parameters						
	Goal	Lower Target	Upper Target	Weight	Import	
Hardness	Target	510	530	550	1	1
Starting Point						
Tension	=	120				
Pressure	=	300				
Speed	=	600				
Global Solution						
Tension	=	120				
Pressure	=	302.555				
Speed	=	611.913				
Predicted Responses						
Hardness	=	530.000				desirability = 1.000000
Composite Desirability = 1.000000						

จากตารางที่ 5 และ 6 สามารถหาค่าที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยนำเข้าที่สามารถนำไปใช้ในขั้นตอนการควบคุมของข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน (SG) และม้วนสไลด์ (LW)

4.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

โดยขั้นตอนนี้จะเป็นการควบคุมเพื่อรักษาสภาพของการปรับปรุง โดยมีการดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น(FMEA) เพื่อประเมินผลหลังการติดตามควบคุมต่อนั้นจึงดำเนินการจัดทำมาตรฐานการผลิตในรูปแบบของเอกสารเพื่อสำหรับการใช้ในการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ภายในทีมงานได้ร่วมกันเสนอความคิดในการจัดทำเป้าหมายเพื่อควบคุมไม่ให้ของเสียจากกระบวนการผลิตเกินเป้าหมายที่กำหนดไว้โดยจัดทำในรูปแบบของรายงานวัตถุประสงค์ในแต่ละเดือนเพื่อให้บุคคลที่เกี่ยวข้องสามารถทราบถึงสถานการณ์ปัจจุบันว่าในแต่ละวันมีของเสียประเภทใด และเกิดขึ้นเป็นจำนวนเท่าไร โดยมอบหมายให้ฝ่ายผลิตเป็นผู้ดำเนินการและจัดให้มีการประชุม อีกทั้งโรงงานกรณีศึกษามีแนวความคิดที่จะเริ่มทำ TPM จึงเสนอให้ฝ่ายผลิตดำเนินการจัดทำใบตรวจสอบ(Check list) ก่อนที่จะดำเนินการปฏิบัติงานโดยให้ทำการตรวจเช็คก่อนส่งมอบกะของพนักงาน เพื่อตรวจเช็คความพร้อมก่อนการปฏิบัติงาน

5. สรุปผลงานวิจัย

การลดของเสียในกระบวนการผลิตฟิล์มพลาสติกบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตฟิล์มโพลีโพรพิลีน (Biaxial oriented Polypropylene film ; BOPP) ใช้แนวทางการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC) โดยการระดมสมองจากทีมงานที่มีประสบการณ์และชำนาญด้านการผลิตในขั้นตอนการนิยามปัญหา(Define Phase) ได้เริ่มจากศึกษาข้อมูลการร้องเรียนจากลูกค้าที่ได้รับจากการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง ต่อมาในระบะการวิเคราะห์หาสาเหตุ(Measure Phase)ได้นำเทคนิควิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)ตามหลักการ SOD ของ FMEA เวอร์ชัน 4 ที่คำนึงด้านความปลอดภัยเข้ามาใช้ เพื่อประเมินหาปัจจัยนำเข้า(KIPV)ที่อาจมีผลต่อกระบวนการผลิต ต่อจากนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)ได้นำเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ระดับเพื่อทำการศึกษปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง ต่อจากนั้นในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ(Improve Phase) ได้นำปัจจัยที่มีผลที่ทำการประเมินในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหามาดำเนินการวิเคราะห์โดยการออกแบบการทดลองแบบ Box- Behnken Designเนื่องจากเป็นการทดลองที่กำหนดให้มีการทดสอบที่ระดับของปัจจัยตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไปซึ่งไม่สิ้นเปลืองในด้านทรัพยากรของการทดสอบที่ค่อนข้างจำกัดซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถหาปัจจัยและระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อบกพร่องฟิล์มหย่อน(SG)คือปัจจัยA อุณหภูมิที่ใช้ใน MDO คือ 135 องศาเซลเซียส ปัจจัยB อุณหภูมิที่ใช้บริเวณปากได(Die lip) คือ 240 องศาเซลเซียส และปัจจัย D อัตราการไหลของเม็ดรีไซเคิลพลาสติก คือ 3.50372 กรัมต่อ 10 นาที สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง Hardness ของข้อบกพร่องม้วนสไลด์(LW)ที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรม Minitab คือปัจจัยE แรงดึง (Tension) คือ 120 นิวตันต่อเมตรปัจจัย F แรงกดในการเก็บม้วน(Pressure) คือ 302.555 และปัจจัย G ความเร็วของเครื่องตัด (Speed) คือ 611.913 เมตรต่อนาที สำหรับในขั้นตอนสุดท้ายคือขั้นตอนการติดตามควบคุม(Control Phase) ได้นำนำเทคนิควิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

(FMEA)ตามหลักการ SOD ของ FMEA เวอร์ชัน 4มาทำการประเมินอีกครั้งเพื่อเป็นการประเมินผลหลังการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียจากกระบวนการผลิตการดำเนินการแก้ไขจากการลดของเสียในกระบวนการผลิตฟิล์มพลาสติกบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตฟิล์มโพลีโพรพิลีน (Biaxial oriented Polypropylene film ; BOPP)ผลการประเมินลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)ตามหลักการ SOD ของ FMEA เวอร์ชัน 4พบว่ามีความถี่ (Occurrence: O)และความสามารถในการตรวจจับปัญหา (Detection : D)มีค่าลดลง นอกจากนี้มีปริมาณของเสียลดลงโดยประมาณ50%โดยนำหน้าจากปริมาณของเสียในปี 2553ซึ่งคิดเป็นมูลค่า 4,281,920.3ล้านบาท

6. ข้อเสนอแนะ

- 6.1 โรงงานกรณีศึกษาควรมีการจัดตั้งทีมงานปรับปรุงคุณภาพอย่างจริงจังเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และคุณภาพของกระบวนการ สามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 6.2 ควรนำเครื่องมือการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ขึ้นทะเบียนเป็นเอกสารควบคุมตามระบบ ISO 9001:2008 เพื่อที่ก่อนทำการเริ่มผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ทุกครั้งเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดของเสียที่อาจเกิดขึ้นและต้องทำการปรับปรุงเอกสารทุกครั้งที่กระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้เอกสารมีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพในการควบคุมกระบวนการผลิตสูงสุด
- 6.3 โรงงานกรณีศึกษาควรฝึกอบรมพนักงานให้มีความรู้ทางด้านการใช้เครื่องมือคุณภาพ เนื่องจากปัจจุบันความรู้ด้านนี้ยังไม่ได้ถูกนำมากระตุ้นในพนักงานรู้จักและนำไปปฏิบัติอย่างชัดเจน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้พนักงานท่านอื่นมีแนวคิดที่จะสามารถพัฒนากระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความรู้ ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ จาก รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย อาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นเห็นต่างๆ ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ขอขอบคุณ หน่วยงานการศึกษาที่ให้โอกาสในการเข้าไปทำการวิจัย ขอขอบคุณ คณะทำงานที่ช่วยในการระดมสมอง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีได้กล่าวไว้ในที่นี้ด้วย ที่คอยให้การสนับสนุนตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

- [1].ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย เอกสารประกอบการเรียนการสอน Advance QC (2104603) เรื่อง Failure Mode Effect Analysis, 2554 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บรรยายเกี่ยวกับเรื่องการประเมินความเสี่ยงด้วยการจัดเรียง S,O, D ตาม FMEA (version4)ปี 2006 ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยหรือเกี่ยวข้องกับอันตราย ความ เป็นพิษ
- [2] ชีรพร เสนพรหม, “การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา”, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550
- [3] ปารเมศ ชูติมา 2545 การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร
- [4] อาทิตย์ หงสพันธ์, “ การลดข้อบกพร่องในกระบวนการพ่นสีตัวถังรถยนต์โดยแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา”, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553
- [5] Breyfogle,F.R.,1999. Implementing Six Sigma, John Wiley & Sons, New York. : 3-27
- [6] Montgomery, D.C.2005. Design and Analysis of Experiment, JohnWiley & Sons, INC., The United States of America.