Received: Nov 23, 2021 **Revised:** May 15, 2022 **Accepted:** May 25, 2022

การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อนโดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า : กรณีศึกษา โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แห่งหนึ่ง

WASTE REDUCTION IN PLASTIC THERMOFORMING PROCESS THROUGH SIX SIGMA TECHNIQUES: CASE STUDY A PACKAGING FACTORY THE BUILDING ENERGY

กิตติภพ ปิ่นเทศ[1] เพ็ญศิรินทร์ สุขสมกิจ[2] และฑิฆัมพร ทวีเดช[3]
บ.ดีเอสจี อินเตอร์เนชั่นเนล จำกัด(มหาชน)[1]
สาขาวิชาบริหารธุรกิจอุตสาหกรรมและการค้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ[2,3]
Kittiphop Pintes[1], Phensirin Suksomkit[2] and Thikamporn Thaweedech[3]
[1]DSG International (Thailand) Public Company Limited
[2,3]Department of Industrial Business Administration and Trade,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok.
E-mail : phensirins.s@bas.kmutnb.ac.th[2]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์วิจัยเพื่อหาวิธีการลดจำนวนของเสียประเภทงานบางและงานรั่ว ในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อนของงานที่ผลิตจากเครื่องรุ่น NEW 1205 ดำเนินการวิจัยด้วยหลักการ DMAIC ของซิกซ์ซิกม่าและการทดลองแฟคทอเรียลแบบเต็มทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า การตั้งอุณหภูมิความร้อนโดยการตั้งอุณหภูมิความร้อนบน ตั้งแต่ 240-330 ° C ความร้อนล่าง ตั้งแต่ 230-320° C และระยะเวลาในการขึ้นรูป 2 วินาที ส่งผลให้ของเสียประเภทงานบางและงานรั่วลดลง ความสามารถของกระบวนการเดิม ≥1.17 เปลี่ยนเป็น ≥1.33 และระดับซิกม่าเดิม ≥3.5 เปลี่ยนเป็น ≥4 ลดต้นทุนของเสียจากเดิม 66,797 บาท เหลือเพียง 10,320 บาท คิดเป็นร้อยละ 15.45

คำสำคัญ: การลดของเสีย การขึ้นรูปพลาสติก ซิกซ์ซิกม่า

Abstract

Objective was reduced of waste (thin tray and leak tray) form machine New 1205. Analyze by DMAIC of six sigma techniques and simulate by general full factorial design for experimenting. Finding that reducing thin tray and leak tray in plastic thermoforming process was setting heating temperature at the upper heater from 240-330 ° C, the lower heater from 230-320 ° C and Forming time is setting for 2 second. Then process capability index from ≥ 1.17 to ≥ 1.33. The level of sigma increase from ≥ 3.5 sigma to ≥ 4 sigma. Reducing cost of waste form 66,797 Bath to 10,320 Bath. Or 15.45% reduction.

Keywords: Waste Reduction, Plastic Thermoforming Process, Six Sigma

บทนำ

รายได้กิจการทราบกันโดยทั่วไปคือการเพิ่มขึ้นด้านการตลาด แต่อีกวิธีหนึ่งในการเพิ่มขึ้นของรายได้กิจการโดยเฉพาะท่ามกลางการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันคือการบริหารจัดด้านต้นทุน ซึ่งฝ่ายการผลิตโรงงานมีบทบาทสำคัญยิ่งในภารกิจนี้ กิจการที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปพลาสติกแห่งหนึ่งได้ขยายสายการผลิตโดยติดตั้ง

เครื่องจักรใหม่ที่ทันสมัย แต่เมื่อผลิตแล้วกับพบปัญหาของเสียจำนวนมากและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลพบว่าเครื่องรุ่น New 1205 ของเสียมีลักษณะงานบาง งานรั่ว เป็นจีบ และขึ้นรูปไม่เต็ม ดังแสดงในตารางที่ 1 ของเสียที่เกิดขึ้นเฉลี่ยรวมทั้งสามเดือนมีค่าเท่ากับ 21,515 ต่อล้านชิ้น

ตารางที่ 1 ลักษณะของเสียจากเครื่องรุ่น New 1205 ระหว่างเดือนมกราคม –มีนาคม พ.ศ. 2562

เดือน	จำนวนที่ผลิต	ลักษณะของเสีย				ร้อยละ	ของเสียต่อล้านชิ้น
		ขึ้นรูปไม่เต็ม	เป็นจีบ	บาง	รั่ว		
ม.ค.	107,040	350	183	1,130	764	2.27	22,674
ก.พ.	161,476	344	402	2,560	545	2.38	23,849
มี.ค.	287,624	875	655	2,260	869	1.63	16,292
รวม	364,391	986	803	4,443	1,608	2.15	21,515

ดังนั้นเพื่อลดต้นทุนให้กิจการจากจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังทำให้สินค้าที่ผลิตและส่งออกสามารถเป็นไปตามแผนสร้างความพอใจให้กับลูกค้าได้ การศึกษาครั้งนี้จึงได้นำหลัก DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกให้สามารถช่วยลดของเสียได้ โดยตั้งเป้าหมายให้อยู่ในระดับซิกซ์ซิกม่าที่ต่ำกว่า 4 (ระดับ 4 จำนวนของเสียต่อล้านชิ้นเท่ากับ 6,209.6843153386 :Issa Bass.2007)

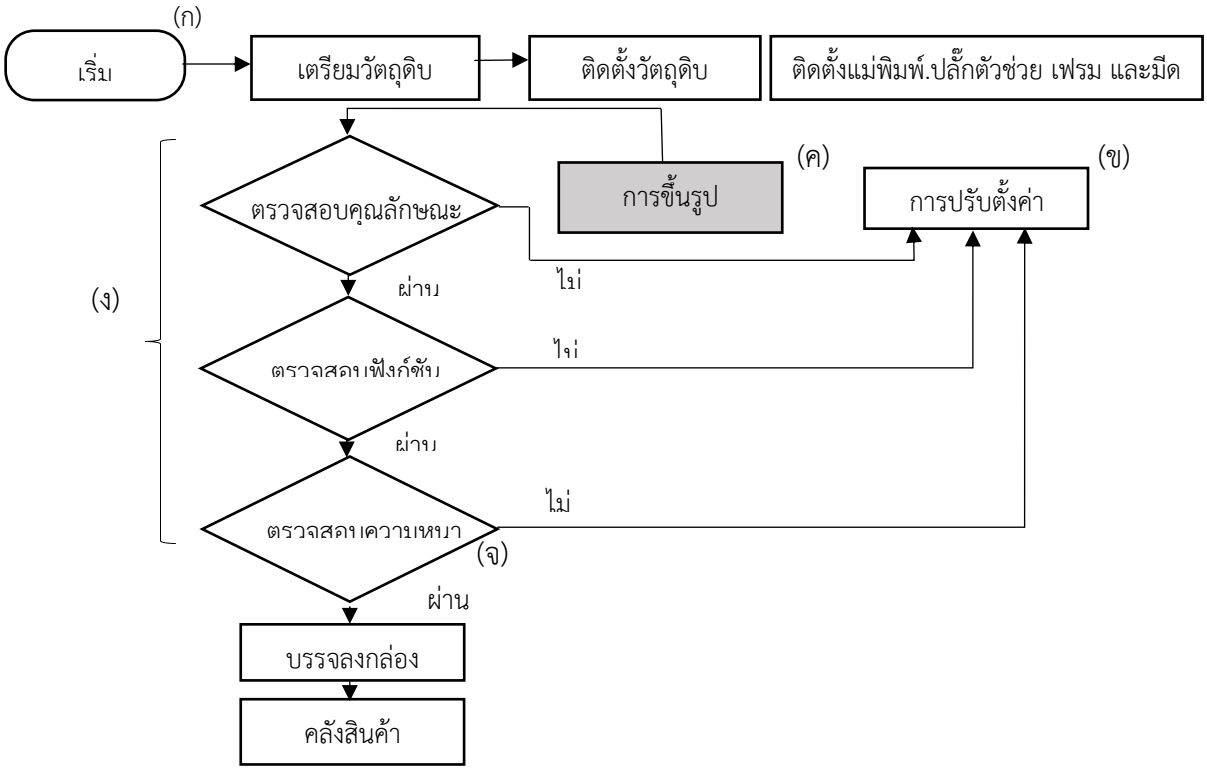
วัตถุประสงค์

เพื่อหาวิธีการลดจำนวนของเสียประเภทงานบางและงานรั่ว ในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อนของเครื่องรุ่น NEW 1205 ให้ไม่เกิน3,000 ชิ้นต่อล้านชิ้น ระดับซิกม่า ≥4 ความสามารถของกระบวนการ≥1.33

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ซิกม่า(Six Sigma) ออกแบบมาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลลัพธ์กระบวนการโดยเน้นการใช้วิธีการทางสถิติ สำหรับแนวทางการวิเคราะห์ปัญหาและกิจกรรมการแก้ปัญหา(DMAIC)ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ คือ 1). D-Define คือ การกำหนดขั้นตอนโครงการ ได้แก่ การบรรยายปัญหา (Problem Statement) กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ (Business Goal) รายละเอียดของโครงการ (Project Charter) 2). M-Measure คือ ขั้นตอนการวัดมีไว้เพื่อยืนยันและหาจำนวนปัญหา โดยกำหนดการวิเคราะห์ความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด (MSA) ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันว่ามีข้อผิดพลาดใดที่อาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล เครื่องมือ และการตรวจทดสอบของพนักงาน และคำนวนความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันเพื่อนำมาเปรียบเทียบว่าอยู่ในระดับซิกม่าใด 3). A-Analyze คือ การวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยจะเจาะลึกในรายละเอียดและวิเคราะห์ครอบคลุมถึง คน เครื่องจักร วัตถุดิบ วิธีการ การวัด แม่พิมพ์ สิ่งแวดล้อม แล้วทำการวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) ของปัจจัยนำเข้า (KPIV) เพื่อประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) 4). I - Improve คือ การปรับปรุงโดยเน้นที่ต้นเหตุของปัญหา และแนะนำถึงแนวทางในการปฏิบัติเพื่อการปรับปรุง โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ General Full Factorial Design ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลาย ๆ ปัจจัย และแต่ละปัจจัยมีระดับที่แตกต่างกัน เพื่อหาความสัมพันธ์และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัย และนำ ปัจจัยดังกล่าวมาทำ การทดสอบสมมติฐานเพื่อยืนยันต้นเหตุที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ 5). C-Control คือ กำหนดมาตรการต่าง ๆ เพื่อเป็นตัวควบคุมตัวแปรที่สำคัญ ให้อยู่ในช่วงมาตรฐานใหม่ที่ระดับการทำงานที่ได้รับการปรับปรุงแล้วในขั้นตอนของการปรับปรุง จนมั่นใจว่าความสำเร็จต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากการปรับปรุงกระบวนการจริง ๆ (วชิรพงษ์ สาลีสิงห์.2549).

โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์กรณีศึกษา มีกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อนประกอบด้วย (ก) การเตรียมวัตถุดิบแผ่นพลาสติกสำหรับการขึ้นรูปด้วยความร้อน (ข) การปรับตั้งค่าเครื่องขึ้นรูป ซึ่งจะทำการติดตั้งแม่พิมพ์ สายน้ำหล่อเย็น ปลั๊กตัวช่วย เฟรมแม่พิมพ์ เฟรมปลั๊กตัวช่วย ติดตั้งมีด และทำการเลือกโปรแกรมรุ่นที่จะทำการผลิต (ค) การขึ้นรูปพลาสติกประกอบด้วยสามขั้นตอนหลัก คือ การให้ความร้อนแผ่นเทอร์โมพลาสติก การทำให้เป็นสุญญากาศและแรงดันอากาศในการขึ้นรูป การระบายความร้อนออกจากชิ้นงาน (ง) การตรวจสอบชิ้นงาน มีสามขั้นตอนหลัก คือ การตรวจสอบคุณลักษณะภายนอก การตรวจสอบฟังชั่นการทำงาน การตรวจสอบความหนาชิ้นงาน (จ) การบรรจุชิ้นงานสำเร็จรูป ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อน

การดำเนินวิจัย

ดำเนินการวิจัยด้วยหลัก DMAIC ของซิกซ์ซิกม่า ประกอบด้วยห้าขั้นตอนได้แก่

1) การกำหนดปัญหา (Define):เก็บข้อมูลของเสียระหว่างเดือนม.ค.-มี.ค.2562 ของเครื่องรุ่น NEW 1205 จัดประเภทของเสียและใช้ผังพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่จะนำไปวิจัย

2) การวัด (Measure) 2.1) การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA) เป็นการวัดกระบวนการตรวจสอบสินค้าด้วยสายตาและการส่องไฟมีความแม่นยำและเที่ยงตรง โดยการนำข้อมูลการทำงานของพนักงานตรวจสอบคุณภาพเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ ประกอบด้วย (ก) ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) หมายถึง ความแตกต่างของระบบการวัดที่กำหนดเงื่อนไขต่างกัน (ข) ความสามารถในการทำเหมือน(Reproductability) หรือความไม่ลำเอียงหมายถึงความแตกต่างของระบบการวัดที่กำหนดเงื่อนไขต่างกัน โดยตัวชี้วัด คือเปอร์เซ็ตน์ประสิทธิผลด้านทำซ้ำ และเปอร์เซ็นน์ประสิทธิผลด้านความไม่เอนเอียง ซึ่งทั้ง 2 ตัวชี้วัด ใช้เกณฑ์ดังนี้

%การทำซ้ำของพนักงานตรวจสอบ= (จำนวนครั้งที่ตรวจสอบเหมือนกัน / จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ) x 100

เกณฑ์การตัดสินใจ ถ้าเปอร์เซ็นต์การทำซ้ำของพนักงานตรวจสอบน้อยกว่าร้อยเปอร์เซ็นต์ ต้องดำเนินการแก้ไขโดยการฝึกอบรมพนักงานใหม่

%ประสิทธิภาพการทำซ้ำ = (จำนวนพนักงานทุกคนตรวจสอบเหมือนกัน / จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ) x 100

$$\%\text{ความไม่ลำเอียงของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ x 100}}$$

เกณฑ์การตัดสินใจ ถ้าเปอร์เซ็นต์ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบน้อยกว่าหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ต้องดำเนินการแก้ไขโดยการปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่

2.2) การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการหาสิ่งบ่งชี้ถึงความผันแปรของกระบวนการ เพื่อเป็นการพิสูจน์ความสามารถของกระบวนการในสภาพปัจจุบัน ด้วยการวิเคราะห์หาระดับซิกม่าเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดัชนีแสดงความสามารถของ

กระบวนการ(Process Capability Analysis : Cpk) ข้อมูลที่ใช้คือของเสียทั้งหมดตั้งแต่ ม.ค.-มี.ค. จำนวน 7,840 ชิ้น ใช้โปรแกรมมินิแทบเพื่อประมวลผลหาค่าระดับซิกม่าเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ(Process Capability Analysis : Cpk) ดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบระดับซิกม่ากับดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ

Sigma Level	1.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0
Cpk	0.50	1.00	1.17	1.33	1.5	1.67	2.00
ความหมาย	ควรปรับปรุง	คุมได้ยาก ควรปรับปรุง			ดี		

3) การวิเคราะห์ปัญหา (Analyze): ด้วยการระดมสมองของพนักงานตรวจสอบคุณภาพจำนวน 5 คน อายุงานระหว่าง 2-16 ปี ดังนี้3.1) การวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดของเสียประเภทงานบางและงานรั่วด้วยผัง ก้างปลา 3.2)วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ(Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) โดยการนำสาเหตุที่ได้จากการวิเคราะห์ก้างปลามาทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงร่วม ผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นถึงจุดเปราะบางของกระบวนการที่อาจเกิดบกพร่องได้ ข้อมูลที่สำคัญเป็นจุดวิกฤติ(Risk Priority Number : RPN) ประเมินในสามประเด็นคือ ก).ความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากข้อบกพร่อง (S) ข). ความถี่ของโอกาสที่เกิดสาเหตุนั้นบ่อยเพียงใด(O) ค).ความเสี่ยงชี้นำเป็นความสามารถในการตรวจจับและป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องขึ้นได้ดีเพียงใด(D) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

การหาค่า RPN = S x O x D ค่าRPN ยิ่งมีค่ามากหมายถึงมีความเสี่ยงที่จะเกิดข้อบกพร่องสูง

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้ค่าคะแนน ความรุนแรง โอกาสที่เกิดขึ้นและการตรวจสอบ

คะแนน	**คำอธิบาย**
ความรุนแรงของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น (Severity : S)	
1	ไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผลิตภัณฑ์ ลูกค้าไม่สามารถตรวจสอบได้
2 - 3	มีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อผลิตภัณฑ์ ลูกค้าอาจจะสังเกตเห็นถึงความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นได้
4 - 6	มีผลกระทบปานกลางต่อผลิตภัณฑ์ เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจได้ ซึ่งนำไปสู่การ Degrade ผลิตภัณฑ์ใหม่
7 - 8	มีผลกระทบค่อนข้างมากต่อผลิตภัณฑ์ เป็นเหตุให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก ซึ่งอาจนำไปสู่การผลิตที่หยุดชะงักได้ แต่ในระดับนี้ยังไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยและกฎหมายข้อบังคับของรัฐบาล
9 - 10	มีผลกระทบอย่างมากต่อผลิตภัณฑ์ มีผลโดยตรงต่อความปลอดภัยกฎหมายข้อบังคับของรัฐบาล
ความถี่ของโอกาสที่เกิดขึ้น (Occurrence : O)	
1	แทบไม่มี หรือโอกาสที่จะเกิดขึ้นมีเพียงแค่ประมาณ 1 ใน 1,000,000
2	เกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่น้อยมาก คือจะอยู่ในช่วง 1 ใน 20,000
3	เกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่น้อยมาก คือจะอยู่ในช่วง 1 ใน 4,000
4 - 6	เกิดความผิดพลาดขึ้นในระดับปานกลาง คือจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 ใน 1,000 ถึง 1 ใน 80
7 - 8	เกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่สูง คือจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 ใน 40 ถึง 1 ใน 20
9 - 10	เกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่ในระดับที่สูงมาก คือสูงกว่า 1 ใน 20
ความสามารถในการตรวจสอบ (Detection : D)	
1	สูงมาก สามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้อย่างชัดเจน
2 - 5	สูงมาก มีโอกาสที่จะตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้
6 - 8	ปานกลาง มีโอกาสที่จะตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้ในบางส่วน
9	น้อย ไม่สามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้เลย
10	น้อยมาก ไม่มีโอกาสที่จะสามารถตรวจสอบหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความผิดพลาดได้เลย

4) การปรับปรุง(Improve): กำหนดวิธีกำจัดปัญหาและทดสอบดำเนินการ ด้วยการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบเต็มทั่วไป(General full factorial designs) ตัวอย่างในการทดลองกลุ่มละ 641 ความเชื่อมั่นระดับร้อยละ 95 กำหนดปัจจัย

นำเข้า การปรับตั้งค่า อุณหภูมิในการให้ความร้อน กับค่าระยะเวลาในการขึ้นรูป โดยตั้งสมมติฐานในการทดลองของปัจจัยอุณหภูมิการให้ความร้อน (ปัจจัย A) คือ

H0 : $\mu 1=\mu 2$ อุณหภูมิการให้ความร้อนต่ำกับความร้อนสูงส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบาง-รั่วไม่มีความแตกต่างกัน

H1 : $\mu 1<\mu 2$ อุณหภูมิการให้ความร้อนต่ำส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบาง-รั่วน้อยกว่าอุณหภูมิการให้ความร้อนสูง

ตั้งสมมติฐานในการทดลองของปัจจัยเวลาในการขึ้นรูป (ปัจจัย B) คือ

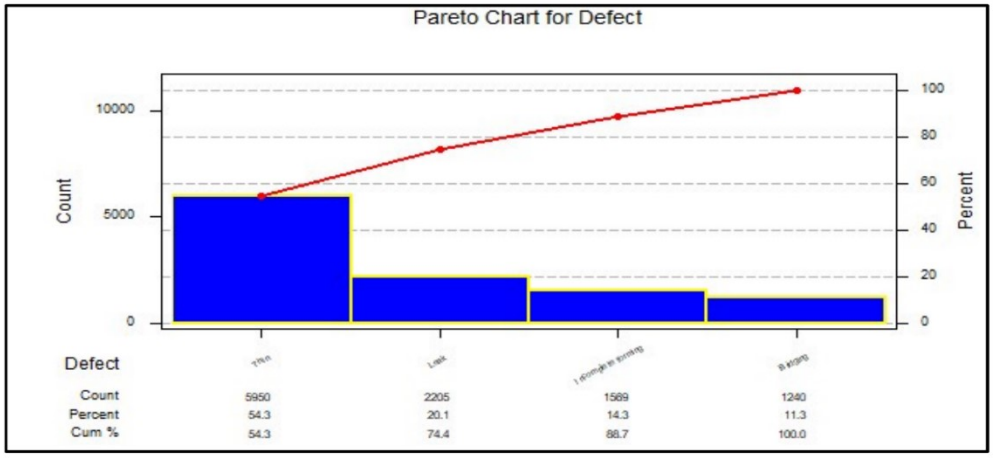
H0 : $\mu 1=\mu 2$ เวลาในการขึ้นรูปสั้นกับการขึ้นรูปนานส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและรั่วไม่มีความแตกต่างกัน

H1 : $\mu 1<\mu 2$ ระยะเวลาในการขึ้นรูปสั้นส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและรั่วน้อยกว่าระยะเวลาในการขึ้นรูปนาน

5) การควบคุม(Control): จัดทำแผนควบคุมและติดตามการดำเนินการโดยการกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน การวิเคราะห์FMEA เพื่อประเมินผลหลังการปรับปรุง ใช้เครื่องมือ C-Chart บันทึกข้อมูลและของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละล็อตการผลิตหลังการปรับปรุง คำนวณระดับซิกม่าโดยใช้ Minitab โดยใช้ข้อมูลการผลิตสินค้าตั้งแต่เดือนสิงหาคมจนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562

ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกปัญหา (Define Phase) นำบันทึกของพนักงานตรวจสอบคุณภาพเกี่ยวกับจำนวนของเสียมาสร้างกราฟพาเรโต พบว่า ของเสียประเภทงานบาง(Thin) มีจำนวนร้อยละ55.35 งานรั่ว(Leak) ร้อยละ20.16 ขึ้นรูปไม่เต็ม (Incomplete Forming) ร้อยละ13.61 และเป็นจีบ (Bridging)ร้อยละ10.88 ดังภาพที่ 2 ผู้วิจัยจึงเลือกปรับปรุงงานจากของเสียประเภทงานบางและรั่ว เพราะมีสัดส่วนของเสียมาก



ภาพที่ 2 กราฟพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

2. การวัด (Measure Phase) ทำการทดสอบการตรวจสอบสินค้าด้วยสายตาและการส่องไฟของพนักงานคุณภาพจำนวน 4 คน ด้วยชิ้นงานสำหรับทดสอบจำนวน 20 ชิ้นงาน ให้พนักงานทดลองตรวจสอบจำนวน 2 ครั้งต่อชิ้นตัวอย่าง พบว่าพนักงานควบคุมคุณภาพทั้งหมดมีประสิทธิผลด้านการทำซ้ำคิดเป็นหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ ประสิทธิผลด้านความไม่ลำเอียงคิดเป็นหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ แสดงว่าข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพในขั้นตอนนี้มีความแม่นยำและเชื่อถือได้ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพการตรวจสอบสินค้าด้วยสายตาและการส่องไฟของพนักงานคุณภาพ

งานที่	คุณภาพงานจริง	พนักงานคนที่ 1		พนักงานคนที่ 2		พนักงานคนที่ 3		พนักงานคนที่ 4	
		ทดสอบ# 1	ทดสอบ# 2	ทดสอบ# 1	ทดสอบ# 2	ทดสอบ# 1	ทดสอบ# 2	ทดสอบ# 1	ทดสอบ# 2
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	G	G	G	G	G	G	G	G	G

3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	G	G	G	G	G	G	G	G	G
6	G	G	G	G	G	G	G	G	G
7	G	G	G	G	G	G	G	G	G
8	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	G	G	G	G	G	G	G	G	G
11	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
13	G	G	G	G	G	G	G	G	G
14	G	G	G	G	G	G	G	G	G
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
16	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	G	G	G	G	G	G	G	G	G
18	G	G	G	G	G	G	G	G	G
19	G	G	G	G	G	G	G	G	G
20	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG

หมายเหตุ : G หมายถึง Good, NG หมายถึง Not Good

3. การวิเคราะห์ (Analyze Phase) การศึกษา ประกอบด้วย 3.1) การวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดของเสียประเภทงานบางและงานรั่ว โดยการระดมสมองของพนักงานตรวจสอบคุณภาพด้วยผังก้างปลา ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องหรือของเสียประเภทงานบาง และงานรั่ว

องค์ประกอบ	**ลักษณะเหตุการณ์**	**รายละเอียดของสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภทงานบางและงานรั่ว(KPIVs)**
คน	การปรับพารามิเตอร์ - พนักงานใหม่ขาดความรู้และประสบการณ์ - พนักงานเก่าไม่ปฏิบัติตามที่เคยผ่านการอบรม	1. พนักงานขาดทักษะ เนื่องจากประสบการณ์น้อย 2. ขาดความชำนาญในการปรับตั้งเครื่องเนื่องจากเป็นพนักงานใหม่
วัตถุดิบ	แผ่นพลาสติกที่มีความหนาไม่คงที่ เกิดขึ้นจากพลาสติกเข้าสกรูไม่สม่ำเสมอในกระบวนการอัดรีด	1. คุณภาพวัตถุดิบไม่ดี เนื่องจากการอัดรีดไม่ได้สเปก 2. ชนิดวัตถุดิบไม่ตรง เนื่องจากใช้วัตถุดิบผิดประเภท
แม่พิมพ์	การออกแบบแม่พิมพ์ไม่ได้ตามขนาดมาตรฐาน	1. แม่พิมพ์ผิดพลาด เนื่องจากแม่พิมพ์ไม่ได้ขนาด
เครื่องจักร	ขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักร เพราะความต้องการของลูกค้าสูงทำให้ผลิตอย่างต่อเนื่องและไม่ได้กำหนดระยะเวลาในการตรวจเช็คและการบำรุงรักษา	1. การทำงานของเครื่องจักรผิดพลาด เนื่องจากขาดการบำรุงรักษา 2. เครื่องจักรชำรุด เนื่องจากไม่กำหนดแผนการบำรุง
วิธีการ	การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการปรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีค่าสเปกกว้าง และไม่ได้กำหนดค่าสเปกคงที่	1. อุณหภูมิความร้อนสูงเกินไป เนื่องจากค่ามาตรฐานไม่ชัดเจน 2. เวลาในการใช้สุญญากาศนานเกินไป 3. เวลาในการให้แรงดันอากานานเกินไป 4. เวลาในการขึ้นรูปนานเกินไป

สิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิและความชื้นในห้องการผลิตมีความผันผวน	1. อุณหภูมิและความชื้นเกินสเปก

ต่อมาประเมินผลทุกรายการ ดังในตารางที่ 5 ผลพบว่าอุณหภูมิการให้ความร้อนสูงเกินไป มีค่า RPN เท่ากับ 210 ระยะเวลาในการขึ้นรูปนานเกินไปมีค่า RPN เท่ากับ 140 ทั้งสองประเด็นมีสาเหตุมาจากวิธีการ

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

KPIVs		**ความผิดผลาดของ KPIVs**	**ผลกระทบต่อ KPIVs**	**S**	**สาเหตุที่ทำให้ KPIVs ผิดพลาด**	**O**	**ระบบการควบคุมในปัจจุบัน**	**D**	**RPN**
คน	ขาดทักษะในการตรวจสอบ	พนักงานปรับตั้งเครื่องไม่ถูกต้อง	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	4	พนักงานขาดการอบบรมก่อนเริ่มงาน	2	อบรมพนักงานใหม่ทุกครั้ง	4	32
	ขาดความชำนาญในการตรวจสอบ	พนักงานปรับตั้งเครื่องไม่ถูกต้อง	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	4	พนักงานขาดการอบรมเพิ่มความรู้	2	มีการฝึกฝนเพื่อเพิ่มความรู้	3	24
เครื่องจักร	เครื่องจักรทำงานผิดพลาด	เครื่องจักรทำงานไม่ตรงค่าที่ตั้งไว้ได้	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	7	บำรุงรักษาเครื่องจักรยังไม่เหมาะสม	3	ตรวจเช็คเครื่องจักรก่อนทำงานทุกครั้ง	3	63
	เครื่องจักรชำรุด	ประสิทธิการทำงานไม่ได้ตามที่กำหนด	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	6	ไม่ได้กำหนดระยะเวลาตรวจเช็คบำรุงรักษา	2	มีแผนบำรุงรักษาทุก ๆ 1 เดือน	4	48
วิธีการ	<u>อุณหภูมิในการให้ความร้อน</u>	ตั้งค่าอุณหภูมิในการให้ความร้อนสูงเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	7	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	6	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี ±	5	<u>210</u>
	ระยะเวลาในการให้สุญญากาศ	เวลาในการให้สุญญากาศนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	4	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	3	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี ±	3	36
	ระยะเวลาในการให้แรงดันอากาศ	เวลาในการให้แรงดันอากาศนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	5	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	4	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี ±	4	80
	<u>ระยะเวลาในการขึ้นรูป</u>	เวลาในการขึ้นรูปนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	7	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	4	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี ±	5	<u>140</u>
วัตถุดิบ	คุณภาพของวัตถุดิบไม่ดี	วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	10	ขาดการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ	1	ดูคุณภาพก่อนเริ่มงานทุกครั้ง	2	20

	ชนิดของวัตถุดิบ	ใช้วัตถุดิบผิดประเภท	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	10	ขาดการตรวจสอบชนิดวัตถุดิบ	1	ตรวจชนิดวัตถุดิบก่อนเริ่มงานทุกครั้ง	2	20
แม่พิมพ์	แม่พิมพ์ไม่ได้ขนาด	ขนาดแม่พิมพ์โตหรือเล็กกว่า	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	5	แบบแม่พิมพ์ไม่ตรงตามขนาด	1	ตรวจสอบแม่พิมพ์ก่อนเริ่มการผลิต	3	15
สิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิและความชื้นเกินสเปก	เย็นเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	3	ขากการตรวจสอบอุณหภูมิ	1	ตรวจคุณภาพก่อนปฏิบัติงานทุกครั้ง	2	6

4. การปรับปรุง (Improve Phase) จากการค้นพบในขั้นตอนที่ 3 จึงนำมาหาแนวทางแก้ไขปัญหา ประกอบด้วย (4.1) ออกแบบการทดลองซึ่งเลือกทดลองแบบแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบทั่วไป เริ่มด้วยการหาจำนวนปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองด้วยการเปรียบเทียบสัดส่วนของ 2 ประชากร (Proportion) ความเชื่อมั่นระดับร้อยละ 95 จากการคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทบ เท่ากับ 0.4 กำลังของการทดสอบมีค่าจริงเท่ากับ 0.9502 และพบว่าตัวอย่างที่เหมาะสมในการทดลอง กลุ่มละ 641 และเพื่อหาปัจจัยในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรที่เหมาะสมที่สุดโดยกำหนด 2 ปัจจัยนำเข้า คือ ค่าอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่มี 2 ระดับ กับค่าระยะเวลาในการขึ้นรูปที่มี 3 ระดับ ดังในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปัจจัยนำเข้าอุณหภูมิ ค่าระยะเวลาในการขึ้นรูปและระดับที่แตกต่างกัน

ปัจจัยนำเข้า	**ระดับ**	**รหัส**
อุณหภูมิในการให้ความร้อน	Set ที่ 1 ฮีตเตอร์บน ตั้งแต่ 250 – 340 ° C, ฮีตเตอร์ล่าง ตั้งแต่ 247-330 ° C	1
	Set ที่ 2 ฮีตเตอร์บน ตั้งแต่ 240-330 ° C, ฮีตเตอร์ล่าง ตั้งแต่ 230-320° C	-1
ระยะเวลาในการขึ้นรูป	2 วินาที	2
	3 วินาที	3
	4 วินาที	4

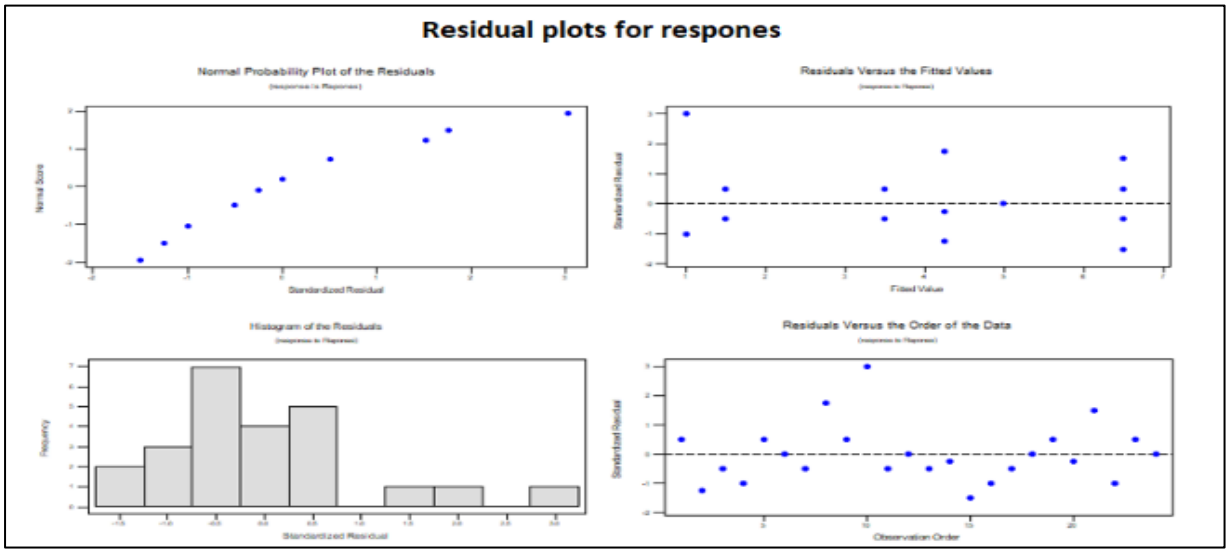
ทำการทดลองการให้อุณหภูมิความร้อนกับระยะเวลาในการขึ้นรูป ผลการทดลองดังในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การทดลองแบบ General Full Factorial Design และผลลัพธ์จากการทดลอง

Std. Order	Run Order	Blocks	Heating temp(Code)	Forming time(Code)	Sample	Response
1	1	1	1	2	641	4
2	2	1	1	3	641	3
3	3	1	1	4	641	6
4	4	1	-1	2	641	0
5	5	1	-1	3	641	2
6	6	1	-1	4	641	5
7	7	1	1	2	641	3
8	8	1	1	3	641	6
9	9	1	1	4	641	7
10	10	1	-1	2	641	4

11	11	1	-1	3	641	1
12	12	1	-1	4	641	5
13	13	1	1	2	641	3
14	14	1	1	3	641	4
15	15	1	1	4	641	5
16	16	1	-1	2	641	0
17	17	1	-1	3	641	1
18	18	1	-1	4	641	5
19	19	1	1	2	641	4
20	20	1	1	3	641	4
21	21	1	1	4	641	8
22	22	1	-1	2	641	0
23	23	1	-1	3	641	2
24	24	1	-1	4	641	5

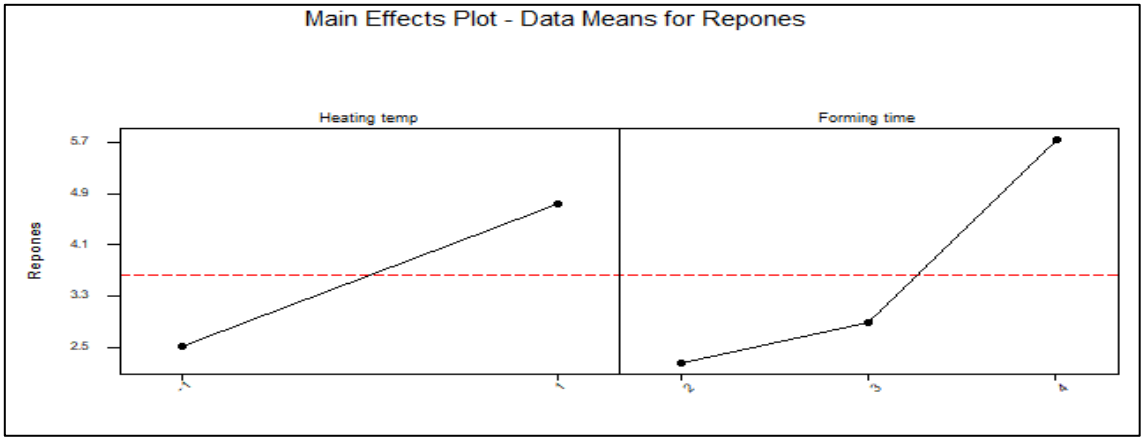
4.2 การทดสอบทางสถิติ เพื่อใช้ในการตัดสินใจหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด แต่ต้องทำการตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลก่อนโดยนำปัจจัยผลการทดลองในตารางที่ 9 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยเริ่มจากการวิเคราะห์อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) พบว่าค่า P-value = 0.527 แสดงว่าอิทธิพลร่วมไม่มีผลกระทบต่อการเกิดงานบางและรั่วอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์อิทธิพลหลัก (Main Effect) พบว่าค่า P-value = 0.000 แสดงว่าอิทธิพลหลักมีผลกระทบต่อการเกิดงานบางและงานรั่วอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล โดยใช้ Residual Plots ดังภาพที่ 3 สรุปได้ว่า ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกันเพราะกราฟ Versus Order ไม่มีแนวโน้มหรือรูปแบบที่แน่นอน และมีความเสถียรภาพของความแปรปรวนเพราะกราฟ Versus Fits ไม่มีแนวโน้มหรือกระจายแบบกรวยปากเปิด



ภาพที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลได้จากการทดลอง

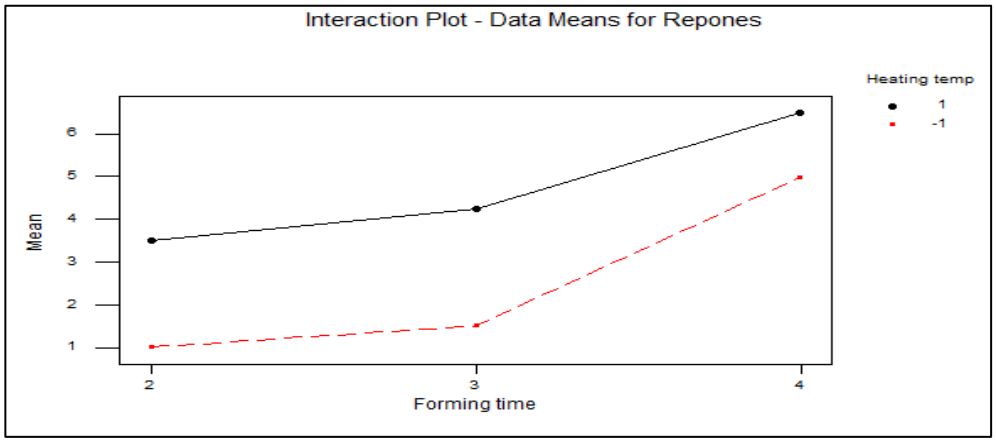
จากกราฟ Main Effect Plots ดังภาพที่ 4 พบว่าอิทธิพลปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและงานรั่ว คือ อุณหภูมิให้ความร้อน ลักษณะเส้นกราฟชันขึ้น หมายความว่าการปรับตั้งค่าอุณหภูมิสูงส่งผลกระทบต่อจำนวนการเกิดงานบางและรั่วเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเวลาในการขึ้นรูปที่ระดับเวลา 2 วินาที กับ 3 วินาที พบว่ากราฟมีลักษณะเกือบเป็น

เส้นตรง แสดงว่าไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนการเกิดงานบางและรั่วอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าเวลา 4 วินาที มีลักษณะเส้นกราฟชันขึ้น แสดงว่าถ้าปรับตั้งค่าเวลาที่ 4 วินาทีส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและรั่วเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์อิทธิพลหลักที่มีผลต่อการเกิดงานบางและรั่ว

จากการพิจารณากราฟอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย ดังภาพที่ 5 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิให้ความร้อนและเวลาในการขึ้นรูปส่งผลกระทบต่อจำนวนการเกิดงานบางและรั่วอย่างมีนัยสำคัญอย่างชัดเจน เนื่องจากการปรับตั้งค่าอุณหภูมิให้ความร้อนต่ำและเวลาในการขึ้นรูปสั้นจะส่งผลให้จำนวนการเกิดงานบางและรั่วอยู่ในระดับต่ำ แต่เมื่อการปรับตั้งค่าอุณหภูมิให้ความร้อนสูงและเวลาในการขึ้นรูปนานจะส่งผลกระทบต่อจำนวนการเกิดงานบางและรั่วอยู่ในระดับสูง



ภาพที่ 5 การวิเคราะห์อิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย

4.3 การทดสอบสมมติฐาน ตัวอย่างที่ทำการทดลองและของเสียที่เกิดขึ้นในการทดลองของทั้งสองสมมติฐาน ดังในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ข้อมูลผลการทดลองและของเสียที่เกิดขึ้นในการทดสอง 2 ครั้ง

ปัจจัย	รหัส	ชนิดเครื่องจักร	จำนวน	ของดี	ของเสีย
A	P1	RDKP72	641	639	3
	P2	RDKP72	641	630	11
B	P1	RDKP72	641	641	2
	P2	RDKP72	641	634	7

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นแบบสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องกรณีประชากรสองชุด จึงต้องนำไปวิเคราะห์ต่อด้วยโปรแกรมมินิแทบ โดยกำหนดกลุ่ม (P1) คือ สภาวะของอุณหภูมิการให้ความร้อนต่ำกับระยะเวลาในการขึ้นรูปสั้น และกลุ่ม (P2) คือ สภาวะของอุณหภูมิการให้ความร้อนสูงกับระยะเวลาในการขึ้นรูปนาน เลือกค่าระยะเวลาในการขึ้นรูปที่ระดับ 2 วินาที เพื่อใช้ในการทดลองผลิต เนื่องจากส่งผลต่อรอบการผลิตอยู่ที่ 6.4 วินาที ซึ่งต่ำกว่ารอบการผลิตของ 3 วินาที อยู่ที่ 7 วินาที

วิเคราะห์การทดลองปัจจัย A : จากการเปรียบเทียบจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตที่สภาวะอุณหภูมิการให้ความร้อนต่ำกับอุณหภูมิการให้ความร้อนสูง ได้ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมมินิแทบ พบว่าค่า P-value = 0.016 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานรอง (H1 : $\mu 1 < \mu 2$) ดังนั้นสามารถยืนยันได้ว่าปัจจัยอุณหภูมิการให้ความร้อนต่ำส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและรั่วน้อยกว่าอุณหภูมิการให้ความร้อนสูงอย่างมีนัยสำคัญ

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	3	641	0.004680
2	11	641	0.017161

Estimate for p(1) - p(2): -0.0124805
95% upper bound for p(1) - p(2): -0.00294893
Test for p(1) - p(2) = 0 (vs < 0): Z = -2.15 P-Value = 0.016

ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะหจากโปรแกรมมินิแทบ ปจจัย A

วิเคราะห์การทดลองปัจจัย B :การเปรียบเทียบจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตที่ระยะเวลาในการขึ้นรูปสั้นกับระยะเวลาในการขึ้นรูปนาน พบว่าค่า P-value = 0.028 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานรอง (H1 : $\mu_1 < \mu_2$) ดังนั้นสามารถยืนยันได้ว่าปัจจัยระยะเวลาในการขึ้นรูปสั้นส่งผลกระทบต่อการเกิดงานบางและรั่วน้อยกว่าระยะเวลาในการขึ้นรูปนานอย่างมีนัยสำคัญ

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	2	641	0.003120
2	8	641	0.012480

Estimate for p(1) - p(2): -0.00936037
95% upper bound for p(1) - p(2): -0.00128889
Test for p(1) - p(2) = 0 (vs < 0): Z = -1.91 P-Value = 0.028

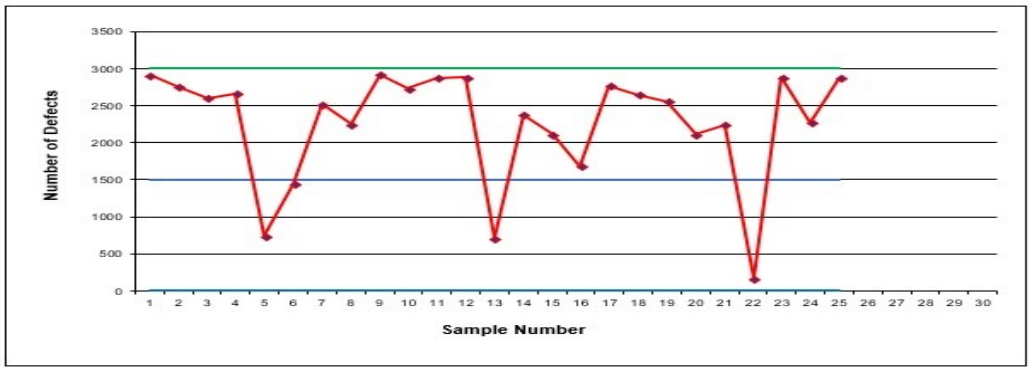
ภาพที่ 7 ผลการวิเคราะหจากโปรแกรมมินิแทบ ปจจัย B

5) การควบคุม (Control Phase) (5.1) การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน โดยกำหนดการตั้งอุณหภูมิที่ความร้อนบนตั้งแต่ 240-330 ° C ความร้อนล่างตั้งแต่ 230-320 ° C และเวลาในการขึ้นรูปเร็ว 2 วินาทีลงในเลขเอกสารประจำเครื่องจักร จากนั้นแจกจ่ายเอกสารนี้ไปยังหน่วยงานฝ่ายผลิตเพื่อพนักงานควบคุมเครื่องจักรนำไปใช้ในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ให้ถูกต้อง (5.2) การวิเคราะห์FMEA เพื่อประเมินผลหลังการปรับปรุง พบว่า สาเหตุเดิมที่ทำให้เกิดของเสียหายไปแล้วคืออุณหภูมิการให้ความร้อนจากเดิม 210 RPN และระยะเวลาในการขึ้นรูปจากเดิม 140 RPN ปัจจุบันมีค่า 42 RPN ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ FMEA

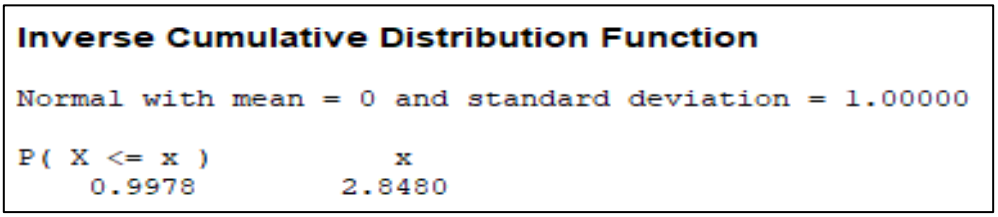
KPIVs		ความผิดผลาดของ KPIVs	ผลกระทบต่อ KPIVs	S	สาเหตุที่ทำให้ KPIVs ผิดพลาด	O	ระบบการควบคุมใน	D	RPN
วิธี	อุณหภูมิในการให้ความร้อน	ตั้งค่าอุณหภูมิในการให้ความร้อนสูงเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	7	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	3	ก่อนตั้งค่าเครื่องจักรอ้างอิงค่ามาตรฐานทุกครั้ง	2	42
	ระยะเวลาในการให้สุญญากาศ	เวลาในการให้สุญญากาศนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	4	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	3	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี ±	3	36
	ระยะเวลาในการให้แรงดันอากาศ	เวลาในการให้แรงดันอากาศนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	5	ขาดการตั้งค่าที่ถูกต้องและเหมาะสม	4	ไม่มีการควบคุมค่าที่มี ±	4	80
	ระยะเวลาในการขึ้นรูป	เวลาในการขึ้นรูปนานเกินไป	ชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน (งานบางรั่ว)	7	พนักงานไม่ได้ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน	3	ก่อนตั้งค่าเครื่องจักรอ้างอิงค่ามาตรฐานทุกครั้ง	2	42

(5.3) ติดตามผลการดำเนินการ เป็นการติดตามจำนวนของเสียหลังจากกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตั้งอุณหภูมิโดยความร้อนบน ตั้งแต่ 240-330 ° C ความร้อนล่าง ตั้งแต่ 230-320 ° C และระยะเวลาในการขึ้นรูป 2 วินาที โดยใช้เครื่องมือ C-Chart บันทึกข้อมูลและของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละล็อตการผลิตหลังการปรับปรุง พบว่ามีค่าไม่เกิน 3,000 ชิ้นต่อล้านชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แผนภูมิ C-chart แสดงข้อมูลของเสียหลังการปรับปรุง

คำนวณระดับซิกม่าโดยใช้ Minitab : หลังจากปรับปรุงกระบวนการใหม่ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการผลิตสินค้าตั้งแต่เดือนสิงหาคมจนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 เป็นจำนวน 542,835 ชิ้น มีจำนวนของเสีย 1,216 ชิ้น คิดเป็น 2,240 ต่อล้านชิ้น นำมาหาค่าสัดส่วนของเสียเทียบกับจำนวนของการผลิตทั้งหมด 1,216/542,835 = 0.0022 นำ 1 ลบกับจำนวนสัดส่วนของเสีย 1-0.0022 = 0.9978 ตามภาพที่ 9 ดังนั้น ระดับซิกม่าจึงเท่ากับ X + 1.5 Sigma หรือ 2.8 + 1.5 Sigma เท่ากับ 4.3 เมื่อนำระดับซิกม่าเปรียบเทียบกับดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ จะได้ค่า Cpk เท่ากับ 1.33



ภาพที่ 9 การคำนวณระดับซิกม่าโดยใช้โปรแกรมมินิแทบ(Minitab)

สรุปการวิจัย

จากการประยุกต์ใช้หลัก DMAIC ของซิกซ์ซิกม่าและการทดลองแฟคทอเรียลแบบเต็มทั่วไป ในการทดลอง พบว่าการลดของเสียประเภทงานบาง งานรั่วทำได้โดยตั้งอุณหภูมิความร้อนบน ตั้งแต่ 240-330 ° C ความร้อนล่าง ตั้งแต่ 230-320 ° C และระยะเวลาในการขึ้นรูป 2 วินาที ด้วยวิธีการนี้ทำให้กิจการสามารถลดต้นทุนของเสียจากเดิม 66,797 บาทเหลือเพียง 10,320 บาท ลดของเสียประเภทงานบางและงานรั่วจากเดิมร้อยละ 0.0215 เหลือเพียงร้อยละ 0.0022 หรือคิดเป็นร้อยละ 84.48 เพิ่มระดับซิกม่าจาก 3.5 ซิกม่า เป็น 4 ซิกม่า หรือดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการจาก 1.17 เป็น 1.33 ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบข้อมูลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรังปรุงกระบวนการ

รายการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
จำนวนการผลิต	364,391 ชิ้น	542,835 ชิ้น
ของเสีย	7,840 ชิ้น	1,216 ชิ้น
ร้อยละ	0.0215	0.0022
Cpk.	$\geq$ 1.17	$\geq$ 1.33
Sigma	$\geq$ 3.5	$\geq$ 4
ค่าความสูญเสีย หรือต้นทุน 8.52 บาทต่อชิ้น	66,797 บาท	10,320 บาท

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ เบญจรัฐพงศ์.(2558). การประยุกต์ใช้ซิกซ์ซิกม่าในกระบวนการผลิตไพวอต. การค้นคว้าอิสระหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ปัญญา ลองนิล. (2557). การปรับปรุงกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้เทคนิคซิกส์ ซิกม่า : กรณีศึกษาโรงงานผู้ผลิตและประกอบแผงวงจรรวม. การค้นคว้าอิสระ วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. (2549). ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์.

เสน่ห์ไวย ครุฑธา.(2558). การลดของเสียจากกระบวนการหยอดกาวแบบกึ่งงอัตโนมัติ โดยวิธีการซิกซ์ซิกม่า. การค้นคว้าอิสระหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

โสภิดา ท้วมมี.(2550). การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง : กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. หลักสูตรวิศวอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Issa Bass. (2007). Six Sigma Statistics with Excel and Minitab. United States of America : The McGraw-Hill Companies.