รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การลดต้นทุนการใช้วัสดุสิ้นเปลืองในการทำตัวเรือนในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ

Cost Reduction in Microsection Inspection Processes

นางสาวกุลนิษฐ์ วิจิตรโอฬาร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การลดต้นทุนการใช้วัสดุสิ้นเปลืองในการทำตัวเรือนในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ

Cost Reduction in Microsection Inspection Processes

นางสาวกุลนิษฐ์ วิจิตรโอฬาร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การลดต้นทุนการใช้วัสดุสิ้นเปลืองในการทำตัวเรือนในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวกุลนิษฐ์ วิจิตรโอฬาร

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมอุตสาหการ

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน คุณจินตนา บุญส่ง และคุณแสงเดือน หวังนิบิง

สถานประกอบการ บริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

ตามข้อมูลของต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองภายในห้องปฏิการตรวจสอบคุณภาพในปี 2561 พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นและมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 120,000 บาท/เดือน จึงทำให้เกิดโครงงานสหกิจศึกษาเรื่อง การลดต้นทุนการใช้วัสดุสิ้นเปลืองในการทำตัวเรือนในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการแก้ไขเพื่อนำไปสู่การลดต้นทุนโดยรวม โดยผู้วิจัยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ อีพอกซีและกระดาษทราย ตามกฎ 80:20 ของแผนภูมิพาเรโต ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนรวมสูงขึ้นโดยใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการประกอบกับการใช้แนวความคิดอย่างเป็นระบบในการวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขปัญหา ผลจากการปรับปรุงด้วยการออกแบบเครื่องมือที่ช่วยในการทำงานและลดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า พบว่า สามารถลดปริมาณการทิ้งอีพอกซีได้จาก 39.90 % เป็น 6.44 % คิดเป็น 18,000 บาท/เดือนโดยการพัฒนาเครื่องตัดท่อ และได้พัฒนาเครื่องต้นแบบ 1 เพื่อปรับปรุงคุณภาพของการตัดท่อให้สูงขึ้นในอนาคต อีกทั้งยังสามารถลดการทิ้งอีพอกซีจากการผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1 ได้ถึง 67.84 % และสามารถเพิ่มผลิตภาพในการใช้กระดาษทรายเฉลี่ยได้ถึง 13.83 % ซึ่งบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ : วัสดุสิ้นเปลือง, ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ, อีพอกซี, กระดาษทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Cost Reduction in Microsection Inspection Processes
Student intern name: Ms. Kulanit Wichitaolan
Faculty: Engineering **Department:** Industrial Engineering
Advisor name: Assoc.Prof.Dr. Tossapol Kiatcharoenpol
Mentor name: Ms. Jintana Bunsong and Ms. Sangdoen Wangnibing
Company: KCE Electronics Public Company Limited

ABSTRACT

According to the data in 2018, the total cost of materials consumed in the QA-Laboratory has found a likely higher and higher standard set forth is 120,000 baht/month. Then, researcher chooses this problem to be a project; Cost Reduction in Microsection Inspection Processes. This project is a study to find the solution to lead to reduce total costs. By dividing the project studies into two sections, they are epoxy and sandpaper, according to rule 80:20 of the Pareto Diagram. Researcher has used tools combining with the concept of Industrial Engineering to analyze the causes of the problem that make rising total costs and find the solution to improve them. Result from improved by design pipe cutting machine that helps in the functioning and reduces activities cause waste that can reduce the amount of disposable epoxy from 39.90% to 6.44%, representing 18,000 baht/month from developing of the pipe cutting machine. And the Prototype 1 is developed to improve the quality of the cut pipe to increase productivity in the future. It can also reduce the disposal by reducing the wrong mixing the epoxy of 1:1 ratio in 67.84%. The productivity in the use of sandpaper is increased to 13.83% achieving the objectives set.

Keywords: Microsection consumables, QA.-Physical Laboratory, Epoxy, Sandpaper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานสหกิจศึกษา “การลดต้นทุนการใช้วัสดุสิ้นเปลืองในการทำตัวเรือนในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ” สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่อง จนโครงงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้สละเวลาในการให้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่างๆ และแก้ไขข้อบกพร่องระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจ ทำให้โครงงานฉบับนี้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.พลชัย โชติปรายนกุล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและนายกำธร สุขพิมาย ที่ได้สละเวลาในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องต้นแบบ 1 ทำให้โครงงานฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณแสงเดือน หวังนิบิง และคุณจินตนา บุญส่ง จากส่วนงานการตรวจสอบคุณภาพของบริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) ที่คอยชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหา ให้ข้อมูลที่จำเป็น และตรวจสอบความถูกต้อง ระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจ จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษาและดำเนินงานวิจัย และขอขอบพระคุณพนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาเป็นอย่างดียิ่ง จนกระทั่งการศึกษาวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และสุดท้าย ขอขอบพระคุณบุคลากรอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ผู้ซึ่งคอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำจนทำให้โครงงานสหกิจศึกษาสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กุลนิษฐ์ วิจิตรโอฬาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.6 นิยามศัพท์	6
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 กระบวนการแก้ปัญหา (Problem Definition)	7
2.2 ความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Waste)	11
2.3 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools)	14
2.4 การปรับปรุงงานโดยอาศัยหลักอีซีอาร์เอส (ECRS)	24
2.5 แนวคิดวงจรคุณภาพ PDCA (Plan-Do-Check-Act)	26
2.6 แนวคิดการวิเคราะห์ปัญหาโดยหลักการทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis)	28
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 บริษัทกรณีศึกษาและสภาพปัจจุบัน	31
3.1 ประวัติและผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา	31
3.2 จุดประสงค์ในการทำ Microsection	33
3.3 ชั่วโมงการทำงานและจำนวนพนักงาน	34
3.4 กระบวนการตรวจสอบภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ	35
3.5 การศึกษาสภาพปัจจุบันของต้นทุนรวมภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การลดต้นทุนอีพอกซี	**39**
4.1 สาเหตุรากเหง้าของปัญหาการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง	39
4.2 การศึกษาสภาพปัจจุบันของการตัดท่อพีวีซีเพื่อใช้ในการทำตัวเรือนไม่ได้ระนาบ	42
4.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาการตัดท่อพีวีซีไม่ได้ระนาบ	48
4.4 การศึกษาสภาพปัจจุบันของระยะเวลาในการผสมอีพอกซีไม่เท่ากัน	59
4.5 การศึกษาสภาพปัจจุบันของการผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1	64
4.6 แนวทางการแก้ไขปัญหาการผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1	68
4.7 ดัชนีชี้วัดและเป้าหมายของอีพอกซี	70
บทที่ 5 การลดต้นทุนกระดาษทราย	**71**
5.1 การศึกษาสภาพปัจจุบันของการใช้กระดาษทราย	71
5.2 สาเหตุรากเหง้าของปัญหาการใช้กระดาษทรายอย่างสิ้นเปลือง	72
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาใช้กระดาษทรายอย่างสิ้นเปลือง	74
5.4 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไข	77
5.5 ดัชนีชี้วัดและเป้าหมายของกระดาษทราย	77
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	**79**
6.1 สรุปผลการวิจัย	79
6.2 ข้อเสนอแนะ	81
บรรณนานุกรม	**82**
ประวัติผู้วิจัย	**84**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินการวิจัย ปี พ.ศ. 2561	5
1.2	นิยามศัพท์	6
3.1	ชั่วโมงการทำงานและจำนวนพนักงานต่อกะภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ	34
3.2	รายการวัสดุสิ้นเปลืองและการใช้งานต่าง ๆ	37
3.3	ต้นทุนรวมของกระดาษทรายและอีพอกซีในเดือน มกราคมถึงกรกฎาคม 2561	38
4.1	ตัวอย่างตารางการเก็บข้อมูลผลการทดลองท่อไม่ได้ระนาบ	45
4.2	ผลการทดสอบความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซี (ก่อนปรับปรุง)	46
4.3	ราคาชุดอุปกรณ์ในการตัดท่อพีวีซีทางเลือกที่ 1	50
4.4	ผลการทดสอบความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซีโดยใช้เครื่องตัดท่อ	51
4.5	ราคาชุดอุปกรณ์ในการตัดท่อพีวีซีทางเลือกที่ 2	55
4.6	ผลการทดสอบความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซีโดยใช้เครื่องต้นแบบ 1	56
4.7	ข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์การตัดท่อทั้ง 2 ทางเลือก	58
4.8	ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีของพนักงานในปัจจุบัน	60
4.9	ผลการทดลองระยะเวลาในการผสมอีพอกซีและน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย	61
4.10	ผลการทดลองระยะเวลาในการผสมอีพอกซีและอีพอกซีที่สูญเสียเมื่อท่อพีวีซีได้ระนาบ	62
4.11	น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสียจากการผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1 (ก่อนปรับปรุง)	66
4.12	น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสียจากการผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1 (หลังปรับปรุง)	69
4.13	หลักการ ECRS ที่นำมาประยุกต์ใช้กับการผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1	70
5.1	การเปลี่ยนกระดาษทรายของพนักงานภายในและภายนอกแผนกโดยเฉลี่ย	71
5.2	การใช้กระดาษทรายของพนักงานนอกแผนกในปัจจุบันและเป้าหมายการใช้กระดาษทราย	74
5.3	แนวทางการแบ่งกระดาษทรายแก่พนักงานแต่ละกะ	75
5.4	ผลทดลองการใช้กระดาษทรายก่อนและหลังปรับปรุง	77
5.5	จำนวนตัวเรือนที่ขัดได้ต่อกระดาษทราย 1 แผ่นก่อนและหลังปรับปรุง	77
6.1	การเปรียบเทียบตัวชี้วัดก่อนและหลังปรับปรุงของอีพอกซี	80
6.2	ตัวชี้วัดรองจำนวนตัวเรือนที่ขัดได้ต่อกระดาษทราย 1 แผ่น	80
6.3	ตัวชี้วัดรองผลิตภาพของการใช้กระดาษทราย	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองต่อเดือนภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพในปี 2561	2
2.1	กราฟแท่งแสดงปริมาณยอดขายในแต่ละไตรมาส	15
2.2	ตัวอย่างกราฟวงกลมในการจำแนกประเภทของสินค้าที่ดำเนินการผลิต	16
2.3	ตัวอย่างกราฟวงกลมในการจำแนกประเภทของสินค้าที่ดำเนินการผลิต	16
2.4	ตัวอย่างกราฟจุดแสดงจำนวนบุตรในแต่ละครอบครัว	17
2.5	แผนภาพพาเรโตแสดงชนิดของสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง	17
2.6	หลักการสร้างแผนผังแสดงเหตุและผลแบบสาเหตุใหญ่ – สาเหตุย่อย	19
2.7	หลักการสร้างแผนผังแสดงเหตุและผลแบบ 4M 1E	20
2.8	ลักษณะของฮิสโทแกรม	21
2.9	ความสัมพันธ์ของแผนผังการกระจายในลักษณะต่าง ๆ	22
2.10	แผนภูมิควบคุม	23
2.11	ลักษณะของแผนภูมิควบคุม	23
2.12	วงจรย่อยที่อยู่ในขั้นตอนการปฏิบัติตามแผน	26
2.13	กระบวนการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่องด้วยวงจรคุณภาพ PDCA	27
3.1	แผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบ 2 หน้าเคลือบรู	32
3.2	แผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบหลายชั้น	32
3.3	ลำดับการทำงานของส่วนงาน Microsection	35
3.4	พาเรโตต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคมปี 2561	36
4.1	แผนผังแสดงเหตุและผลของการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง	40
4.2	แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram) ของปัญหาการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง	41
4.3	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองท่อไม่ได้ระนาบ	42
4.4	การนำจุดที่ต่ำที่สุดของท่อเทียบกับ Gauge box	43
4.5	การหาจุดอ้างอิงในการวัดระนาบของท่อ	43
4.6	การวัดความไม่ได้ระนาบของท่อ	44
4.7	การเทอีพอกซีและนำไปชั่งน้ำหนัก	44
4.8	ท่อพีวีซีที่ถูกตกแต่งแล้วและนำไปชั่งน้ำหนักครั้งสุดท้าย	45
4.9	แผนภาพการกระจายระหว่างความไม่ได้ระนาบของท่อและน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10	กลไกการตัดท่อของเครื่องตัดท่อ	48
4.11	เครื่องตัดท่อพีวีซี (เครื่องเจียรและใบตัดสแตนเลส)	49
4.12	กลไกการตัดท่อของเครื่องต้นแบบ 1	53
4.13	เครื่องต้นแบบ 1	54
4.14	อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลระยะเวลาในการผสมอีพอกซีในปัจจุบัน	59
4.15	ความหนืดของอีพอกซีในระยะเวลาการผสมที่แตกต่างกัน	60
4.16	การผสมอีพอกซีให้ได้อัตราส่วน 1:1 ในปัจจุบัน	65
4.17	การผสมอีพอกซีให้ได้อัตราส่วน 1:1 ก่อนและหลังปรับปรุง	68
5.1	แผนผังแสดงเหตุและผลการใช้กระดาษทรายอย่างสิ้นเปลือง	73
5.2	คู่มือการปฏิบัติงาน เรื่อง มาตรฐานการเปลี่ยนกระดาษทราย	75
5.3	เครื่องขัดกระดาษทรายภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญ

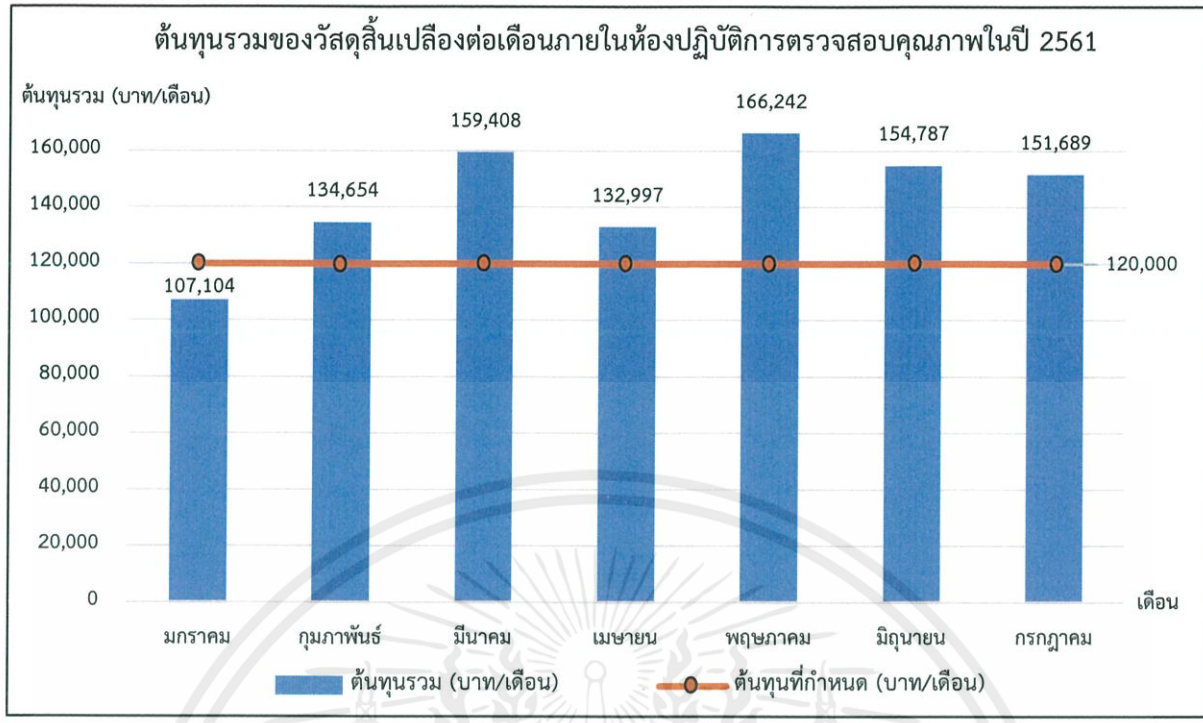
เนื่องจากอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีการเติบโตอย่างก้าวกระโดดเป็นอย่างมากในปัจจุบันและถือว่าเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อภาคเศรษฐกิจของประเทศไทย ส่งผลให้ความต้องการแผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ [Printed Circuit Board (PCB)] ทั้งภายในและนอกประเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะเป็นชิ้นส่วนสำคัญขั้นพื้นฐานที่มีทางเดินของวงจรไฟฟ้าสำหรับต่อเข้ากับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ด้วยเหตุผลนี้จึงเป็นผลโดยตรงที่ทำให้กำลังการผลิตของบริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) มีจำนวนเพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองการเติบโตของภาคอุตสาหกรรมนี้

บริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายแผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยเป็นแผ่น Epoxy Glass ที่มีสื่อนำไฟฟ้า เช่น ตะกั่ว ทองแดง เคลือบอยู่ ภายใต้เครื่องหมายการค้า “KCE” ซึ่งก่อนที่แผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์จะสมบูรณ์และสามารถส่งต่อไปยังผู้สั่งซื้อได้นั้น ผลิตภัณฑ์ทุกหมายเลขชิ้นงาน (Part Number) จะต้องผ่านการตรวจสอบการรับประกันคุณภาพ (Quality Assurance)

การตรวจสอบการรับประกันคุณภาพ เป็นการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคภายในหรือเพื่อดูผิวสำเร็จรวมไปถึงตรวจสอบความหนาของทองแดง หมึกคาร์บอน การพิมพ์สีเคลือบลายวงจร (Solder Mask) ความกว้างลายวงจรของแผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตว่าเป็นไปตามข้อกำหนด (Specification) ของผู้สั่งซื้อหรือไม่ เป็นต้น

จากข้อมูลการสั่งซื้อและการเบิกวัสดุสิ้นเปลืองต่าง ๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบการรับประกันคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ (QA-Physical Lab.) พบว่าจากกำลังการผลิตที่สูงขึ้นส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองที่ต้องเพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้และมีแนวโน้มสูงมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในแต่ละเดือน ดังแสดงในรูปที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 ต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองต่อเดือนภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพในปี 2561

จากรูปที่ 1.1 สังเกตเห็นได้ว่าต้นทุนรวมวัสดุสิ้นเปลืองในแต่ละเดือนของปี 2561 มีแนวโน้มผิดปกติและเกินจากมาตรฐานที่ทางบริษัทตั้งไว้ จึงทำให้ผู้วิจัยเลือกเป็นหัวข้อกรณีศึกษาและเก็บข้อมูลกระบวนการทำงานภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ (QA-Physical Lab.) เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขจัดการเพื่อการนำไปสู่การลดต้นทุนการใช้วัสดุสิ้นเปลืองโดยใช้ความรู้ทางวิศวกรรมอุตสาหการประกอบกับความรู้ด้านการจัดการมาประยุกต์เข้าด้วยกัน

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันเบื้องต้นผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงปัญหาหลายประการในการทำงานของพนักงานภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ ส่วนงาน Microsection ที่นำไปสู่การเพิ่มต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองในกระบวนการผลิต อาทิเช่น การใช้อีพอกซี กระดาษทราย ซิลิโคนหล่อลื่น (Silicon Grease) ผงขัดอลูมินา (Alumina Powder) รวมไปถึงท่อพีวีซี [Poly Vinyl Chloride (PVC)] อย่างไม่เหมาะสมกับการทำงาน อีกทั้งยังพบกระบวนการทำงานที่เป็นการกระทำที่สูญเปล่าและอาจส่งผลต่อต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองที่สูงขึ้นได้โดยตรง อาทิเช่น การตัดท่อที่ไม่ได้ระนาบ การผสมอีพอกซีเกินความจำเป็น เป็นต้น

โดยสามารถสรุปเป็นข้อความแสดงปัญหา (Statement of Problem) คือ “ต้นทุนวัสดุสิ้นเปลืองสูงขึ้นมากกว่ามาตรฐานที่บริษัทกำหนดไว้ในแต่ละเดือน”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังที่ผู้วิจัยได้กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นจึงเป็นเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยทำการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อลดต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองในการทำตัวเรือนภายในบริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) โดยใช้หลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการช่วยในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อลดต้นทุนวัสดุสิ้นเปลืองในการทำ Microsection ต่อเดือน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- ระยะเวลาการดำเนินงาน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 รวมทั้งสิ้น 16 สัปดาห์

- ขอบเขตการศึกษา คือ แผนกการรับประกันคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพส่วนงาน Microsection ตั้งแต่กระบวนการตัดท่อพีวีซีจนถึงกระบวนการขัดมันหน้างานด้วยผ้ากำมะหยี่ของแผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยไม่เปลี่ยนตราสินค้าของอีพอกซีและเบอร์ (ความหยาบ/ละเอียด) ของกระดาษทรายที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษาภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ ส่วนงาน Microsection

2) ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่พบ

3) กำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการ และเป้าหมายของโครงการ

4) ศึกษาสภาพปัจจุบันของการใช้วัสดุสิ้นเปลืองของพนักงานภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ ส่วนงาน Microsection

5) วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น และเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ ส่วนงาน Microsection

6) ปฏิบัติตามแผนการดำเนินงานที่วางไว้

7) เปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุงของการใช้งานวัสดุสิ้นเปลืองของพนักงาน ภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ ส่วนงาน Microsection โดยใช้ตัวชี้วัดหลักในการเปรียบเทียบผลการดำเนินงาน คือ การสูญเสียอีพอกซีจากการทำงานลดลง และตัวชี้วัดรอง คือ จำนวนตัวเรือนที่สามารถขัดได้ต่อกระดาษทราย 1 แผ่น

8) สรุปผลการดำเนินงาน มาตรฐานในการทำงาน และข้อเสนอแนะการใช้งานวัสดุสิ้นเปลืองของพนักงานที่เหมาะสมที่สุดให้แก่ทางบริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน)

ระยะเวลาและวิธีการดำเนินการวิจัย เป็นไปตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการวิจัย ปี พ.ศ. 2561

วิธีการดำเนินงาน	บทที่	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.			
1) กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา	1,3																				
2) ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2																				
3) กำหนดตัวชี้วัด และเป้าหมาย	3																				
4) ศึกษาสภาพปัจจุบัน	3																				
5) วิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหา	4																				
6) ปฏิบัติตามแผนการดำเนินงาน	4																				
7) เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน	5																				
8) สรุปผลการดำเนินงาน มาตรฐานในการทำงาน และข้อเสนอแนะ	6																				

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ขอสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การผลิตซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือรูปแบบอื่นใดก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ประโยชน์ต่อสถานประกอบการ

- ปรับปรุงรูปแบบการทำงานให้ดียิ่งขึ้นและลดความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Waste)
- พนักงานพึงพอใจในการทำงานที่คล่องแคล่ว รวดเร็วมากยิ่งขึ้น
- สามารถรองรับกำลังการผลิต (Capacity) ที่จะเพิ่มขึ้นได้อีกในอนาคต
- ลดค่าใช้จ่าย (Total Cost) โดยรวมของสถานประกอบการ

2) ประโยชน์ต่อผู้วิจัย

- เพิ่มประสบการณ์ในการเรียนรู้จากการทำงานในสถานประกอบการจริง
- ฝึกการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า และการรับมือกับแรงกดดันในการทำงาน
- ฝึกทักษะทางด้านการนำเสนอ ทักษะการพูด และทักษะความคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ

3) ประโยชน์ต่อสถานศึกษา

- เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยการทำสหกิจศึกษาแก่นักศึกษาปีการศึกษาถัดไป

1.6 นิยามศัพท์

นิยามคำศัพท์ แสดงดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 นิยามศัพท์

คำศัพท์	ความหมาย
Epoxy	เรซินสังเคราะห์ แข็งตัวหลังผ่านการให้ความร้อน
Foreman	หัวหน้าพนักงานระดับปฏิบัติการ
Laboratory	ห้องปฏิบัติงานทดสอบคุณภาพ
Microsection	การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค
Printed Circuit Board	แผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์
Work Instruction	คู่มือการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงงานสหกิจศึกษา เรื่องการลดต้นทุนการใช้วัสดุสิ้นเปลืองในการทำตัวเรือนในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ มีเอกสาร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับใช้เป็นแนวทางการวิจัย ดังนี้

1) กระบวนการแก้ปัญหา (Problem Definition)

2) ความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Waste)

3) เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools)

4) การปรับปรุงงานโดยอาศัยหลักอีซีอาร์เอส (ECRS)

5) แนวคิดวงจรคุณภาพ PDCA (Plan-Do-Check-Act)

6) แนวคิดการวิเคราะห์ปัญหาโดยหลักการทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis)

7) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการแก้ปัญหา (Problem Definition)

ในการศึกษางานเพื่อนำไปสู่การออกแบบวิธีการทำงาน (Work Methods Design) และพัฒนาวิธีการทำงานให้ดีขึ้น (Work Improvement) ต้องอาศัยทักษะทางด้านการแก้ปัญหา (Problem Solving Skill) ซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานในการเข้าใจโจทย์เชิงเทคนิคและการคิดแบบเชิงวิเคราะห์มาเป็นส่วนประกอบสำคัญ หากผู้ปฏิบัติมีการฝึกฝนและคิดแก้ปัญหาจะช่วยทำให้มีแนวคิดที่เป็นระบบและความคิดในเชิงตรรกะสมเหตุสมผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการแก้ปัญหาโดยทั่วไปประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การกำหนดขอบเขตของปัญหา (Preliminary Study)

เป็นการค้นหาว่าปัญหานั้นเป็นปัญหาที่ควรศึกษาหรือไม่ และให้คำอธิบายปัญหานั้นอย่างชัดเจนสำหรับงานที่กำลังจะศึกษา เช่น “ต้นทุนการผลิตสูง” “ต้องการปรับปรุงผลิตภาพ” “ความต้องการผลผลิตมีแนวโน้มสูงขึ้น” “มีปัญหาในการจัดส่งสินค้าให้ทัน” “มีข้อร้องเรียนจากลูกค้าในด้านคุณภาพ” เป็นต้น ทั้งนี้โจทย์ในการออกแบบวิธีการทำงานใหม่ต้องมีความชัดเจนว่า ปัญหาที่กำลังวิเคราะห์คืออะไร มาจากสาเหตุอะไร และเมื่อแก้ไขแล้วจะนำไปสู่ผลสำเร็จในลักษณะใด ณ ขั้นตอนนี้ควรพิจารณาเงื่อนไขหรือเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจ (Criteria) ไปพร้อมกัน เพื่อให้ทราบว่าผลที่ต้องการนั้นคืออะไร [1]

2.1.2 การศึกษาสภาพการณ์ปัจจุบัน (Stating the Problem)

เป็นขั้นตอนการสำรวจสภาพปัจจุบันก่อนทำการแก้ไขหรือปรับปรุง ศึกษาเอกสารขั้นตอนวิธีการทำงานรวมทั้งการจับเวลาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Observation) เพื่อให้เห็นถึงเวลาต่อรอบการทำงาน เวลาที่เครื่องจักรทำงานและเวลาที่เครื่องจักรไม่ทำงาน ประสิทธิภาพปัจจุบันของพนักงานและเครื่องจักร กำหนดเป้าหมายของสถานีงานนั้น ๆ งานที่ทำคืออะไร ทำไมต้องทำ และอะไรคือสิ่งที่ลูกค้าต้องการ [2]

2.1.3 การวิเคราะห์ปัญหาและรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง (Analysis of Problem)

เป็นขั้นตอนของการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาตลอดจนข้อจำกัดที่จำเป็นต้องคำนึงถึงในการออกแบบวิธีการทำงาน ควรมีข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ จำนวนพนักงานในสายการผลิตนั้น ๆ เวลาที่ใช้ในการเดินสายการผลิต และระยะเวลาของโครงการหรือเวลาสำหรับการแก้ปัญหานั้น

2.1.4 การพิจารณาค้นหาลู่ทางการแก้ไขที่เป็นไปได้ (Search for Possible Solutions)

ขั้นตอนนี้เป็นการหาคำตอบที่เป็นไปได้ภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่ อาจตั้งเป็นคณะทำงานเพื่อช่วยกันระดมความคิดสร้างสรรค์ การวิเคราะห์เหตุและผลอย่างเป็นระบบหรือโดยช่วยกันระดมความคิด (Brainstorming) ของบุคคลในคณะทำงานนั้น ในขั้นตอนนี้ยังไม่มีการประเมินผลใด ๆ เครื่องมืออื่น ๆ ที่ใช้ในการพิจารณาหาทางเลือกมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เทคนิคการระดมกำลังสมอง (Brainstorming)

- แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram)

- การใช้ตารางตรวจเช็ค (Check Sheet)

- การวิเคราะห์โดยใช้ผัง (Decision Tree)

- การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ [Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)]

- การวิเคราะห์ Fault Tree Analysis (FTA)

- การวิเคราะห์สนามพลัง (Force-Field Diagram)

2.1.5 การประเมินข้อเปรียบเทียบต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด (Evaluation of Alternatives)

ในการประเมินคำตอบที่ดีที่สุด นักออกแบบวิธีการทำงานมีข้อที่จะต้องคำนึงถึง ดังนี้

1) ไม่มีคำตอบใดที่ “ถูกต้องที่สุด” แต่จะมีคำตอบหลาย ๆ คำตอบซึ่งเป็นคำตอบที่ดีและสามารถนำไปปฏิบัติได้ การพิจารณาตัดสินใจนั้นอาจใช้วิธีเชิงประมาณผสมผสานกับองค์ประกอบอื่นสำหรับคำตอบที่ตรงกับเกณฑ์พิจารณา แต่หากข้อกำหนดเปลี่ยนไปเป็นคำตอบที่ดีกว่าได้ก็ควรนำมาพิจารณาร่วมด้วย ดังนั้นในการประเมินเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดนั้นจึงมักจะเลือกคำตอบไว้ 3 ประเภท คือ คำตอบในอุดมคติ คำตอบที่นำไปใช้ได้ทันที และ คำตอบที่อาจใช้ได้ในอนาคต

2) พิจารณาถึงผลที่จะตามมาในอนาคต เช่น เวลาและต้นทุนในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องจักรที่ติดตั้งใหม่ ต้นทุนในการเปลี่ยนแบบของผลิตภัณฑ์ หากต้องใช้เครื่องจักรที่สามารถผลิตสินค้าได้หลายขนาดและหลายชนิดมาแทนเครื่องจักรแบบเก่า

3) พิจารณาถึงปฏิกิริยาตอบรับของผู้ทำงาน วิธีการทำงานที่พิจารณาและเลือกเป็นวิธีที่ดีกว่าควรจะได้รับความเห็นชอบจากหัวหน้าแผนก หัวหน้างาน ตลอดจนให้ผู้เกี่ยวข้องยอมรับ เพราะวิธีการทำงานที่วิศวกรออกแบบได้ประเมินว่าดีที่สุดนั้นอาจใช้ไม่ได้ผลถ้าผู้ที่ทำงานโดยตรงเหล่านี้ไม่ยอมรับไปปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เปรียบเทียบคำตอบในเชิงเศรษฐศาสตร์โดยวิเคราะห์ด้านการเงินทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ซึ่งในการวิเคราะห์จำเป็นต้องรู้ต้นทุนเริ่มแรก ต้นทุนดำเนินงานต่อปี อายุการใช้งานที่คาดหวังของเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้และมูลค่าซาก

หนึ่งในวิธีการคำนวณเชิงเศรษฐศาสตร์คือ การคำนวณจากอัตราผลตอบแทนเงินลงทุน (Rate of Return on Investment) เป็นเปอร์เซ็นต์ต่อปี หรือระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period)

ในบางครั้งคำตอบที่ต้องการคือวิธีการทำงานที่ดีกว่า และช่วยให้ต้นทุนค่าแรงทางตรงต่ำที่สุด ซึ่งในการออกแบบงานยังไม่ได้มีการดำเนินการผลิตจริง ดังนั้น ข้อมูลเวลาที่จะสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกับวิธีการทำงานเดิมได้ สามารถคำนวณได้จากการวิเคราะห์โดยการใช้วิธี Predetermined Motion Time ได้

5) ในกรณีที่มีความจำเป็นอาจต้องสร้างห้องทำงานจำลองขึ้น เพื่อทำการทดลองว่าวิธีการทำงานที่เสนอใหม่เมื่อปฏิบัติจริงแล้วจะมีผลตามที่คำนวณไว้หรือไม่ ห้องปฏิบัติการจำลองนี้นอกจากใช้ทดสอบวิธีการทำงานที่เสนอใหม่แล้ว ยังสามารถใช้เพื่อทดสอบการผลิตในเชิงมวล (Mass Volume) ก่อนการนำไปผลิตจริงต่อไป

2.1.6 การให้คำแนะนำและติดตามผล (Recommendation for Action)

ในการปรับปรุงงานในอุตสาหกรรม เมื่อได้รับอนุมัติให้ปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่แล้ว ควรมีการติดตามว่าวิธีการใหม่ที่นำไปใช้นั้นสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิผล ควรมีการตรวจสอบเป็นระยะเพื่อจะได้ทราบปัญหาตลอดเวลา และสามารถประเมินผลโดยรวมจากวิธีการทำงานใหม่ได้ในระยะเริ่มแรกของการนำวิธีการทำงานใหม่ไปใช้นั้นมักจะมีปัญหาของการปรับเปลี่ยนการเรียนรู้ การแก้ไขความเคยชินเก่า ๆ อุปกรณ์ที่ออกแบบไว้ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิผล และระยะเวลาการเรียนรู้ของพนักงานที่แตกต่างกัน อาจส่งผลให้เกิดความไม่เชื่อมั่นในวิธีการใหม่ที่คิดขึ้นซึ่งเมื่อมีการติดตามดูแลอย่างใกล้ชิดจะทำให้แก้ไขข้อบกพร่องได้อย่างทันท่วงที [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Waste)

ความสูญเปล่า 7 ประการ คือ กิจกรรมที่ดำเนินอยู่ไม่ว่าจะเป็นการผลิตหรือบริการ ย่อมมีความสูญเปล่า (Waste) เกิดขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ได้ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม แต่จะก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้ผลิตจะต้องกำจัดความสูญเปล่าเพื่อปรับปรุงผลิตภาพ [3]

2.2.1 ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนไหว

ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนไหว คือ ความสูญเปล่าอันเนื่องมาจากการออกแบบสภาพการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น โต๊ะทำงาน หรือวิธีการทำงานของพนักงานเกิดความเมื่อยล้าและความเครียด อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งมีสาเหตุจากการเกิดความเมื่อยล้า ทำให้ร่างกายไม่สมบูรณ์ และขาดความระมัดระวังในการทำงาน ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนไหวอาจเกิดระยะทางในการเคลื่อนที่ในกระบวนการผลิตที่มากเกินไป ทำให้เสียเวลา เสียแรงงานในการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าซึ่งจาเป็นต้องขจัดความสูญเปล่าที่เกิดจากความเคลื่อนไหว ได้แก่ ศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study) เพื่อปรับปรุงท่าทางการทางานให้เหมาะสม ตามหลักการทำงานของมนุษย์กับเครื่องจักร ลดระยะการเดินของพนักงาน จัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการทำงาน

2.2.2 ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตของเสียหรือแก้ไขงานเสีย

ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตของเสียหรือแก้ไขงานเสีย คือ ความสูญเปล่าที่เกิดจากผลผลิตที่ไม่ได้เพิ่มมูลค่า หรือของเสียที่ไม่ได้มาตรฐาน ก่อให้เกิดความสูญเปล่าอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าไม่สามารถตรวจพบว่าเป็นของเสียตั้งแต่เริ่มต้น จึงก่อให้เกิดผลเสียมาก อีกทั้งในกรณีที่ผลิตปริมาณมากนั้น จะมีงานสะสมอยู่ระหว่างกระบวนการค่อนข้างมาก มีผลทำให้การตรวจพบงานเสียกระทำได้ช้า นอกจากนี้ความสูญเปล่ายังรวมไปถึงความสูญเปล่าของการซ่อมงาน ซึ่งทำให้เกิดความสูญเปล่าเวลาในการผลิต ซึ่งจำเป็นต้องขจัดความสูญเปล่าที่เกิดจากการผลิตของเสียหรือการแก้ไขงานเสีย ซึ่งได้แก่ ตั้งเป้าหมายที่ของเสียเป็นศูนย์ (Zero Defect) กำหนดมาตรฐานการทำงาน การตรวจสอบ การแก้ไขปัญหา การสร้างระบบเพื่อแจ้งข้อมูลย้อนหลังกรณีของเสียและดำเนินการแก้ไขอย่างรวดเร็ว สร้างจิตสำนึกในการทางานให้กับพนักงานใช้อุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด (Poka-Yoke)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3. ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย

ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย ส่วนใหญ่เกิดจากตัวพนักงานเอง และความไม่พร้อมของวัสดุอุปกรณ์ ทำให้เกิดการรอคอยขึ้น ซึ่งในกระบวนการผลิตที่ขาดสมดุล ความสูญเปล่าสามารถเกิดขึ้นได้จากงานรอคน หรือคนรองาน ปัญหาดังกล่าวส่งผลให้เสียเวลาในการทำงาน และเกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส ซึ่งจำเป็นต้องขจัดความสูญเปล่าที่เกิดจากการรอคอย ได้แก่ จัดหาวัสดุ เช่น อุปกรณ์จับยึด หรืออุปกรณ์ต่างที่เหมาะสม และทำการลำดับงานให้ดี บำรุงรักษาเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน จัดสมดุลสายการผลิต ฝึกให้พนักงานมีทักษะหลากหลายด้าน เพื่อโยกย้ายงานกรณีที่มีปัญหาในการผลิต ใช้ประโยชน์จากเวลาว่าง เช่น ฝึกอบรม ช่วยเหลือแผนกอื่น ๆ เป็นต้น

2.2.4 ความสูญเปล่าเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลังไม่จำเป็น

ความสูญเปล่าเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลังไม่จำเป็น เป็นความสูญเปล่าที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการทำงานของพนักงานในสายการผลิต แต่เป็นความสูญเปล่าแอบแฝง จากการที่เก็บชิ้นส่วนประกอบ หรือผลผลิตสำเร็จรูป แล้วส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อการควบคุมดูแลรักษาค่าพื้นที่จัดเก็บ และค่าแรงต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น จึงจำเป็นต้องขจัดความสูญเปล่าที่เกิดจากการเก็บวัสดุคงคลังที่ไม่จำเป็น ได้แก่ กำหนดปริมาณมาตรฐานในการจัดเก็บ (จุดสั่งซื้อสูงสุด-ต่ำสุด) ตัวชี้บ่งการควบคุมด้วยแนวคิดการควบคุมด้วยสายตา (Visual Control) ใช้ระบบเข้าก่อน-ออกก่อน [First in First out (FIFO)] ปรับปรุงเพื่อลดความไม่แน่นอนในการจัดส่งจากผู้ส่งมอบ ปรับปรุงกระบวนการผลิตและการวางแผนการผลิต เพื่อลดความไม่แน่นอนของการผลิต

2.2.5 ความสูญเปล่าเนื่องจากการขนย้าย

ความสูญเปล่าเนื่องจากการขนย้าย มักเกิดจากการขนส่งหรือการขนย้ายผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการกับกระบวนการ โรงงานหนึ่งไปอีกโรงงานหนึ่ง หรือการขนส่งขนย้ายชั่วคราวณ ที่ใดไปที่หนึ่ง รวมไปถึงการขนวาง ซ้อน เปลี่ยน และการขนผลิตภัณฑ์ขึ้นลงในแนวดิ่ง ทั้งหมดนี้เป็นความสูญเปล่าเนื่องจากการขนย้าย ได้แก่ ปรับปรุงผังโรงงาน (Layout) เครื่องจักร วัตถุดิบงานระหว่างการผลิต [Work in Process (WIP)] สินค้าสำเร็จรูป และของเสีย เพื่อลดระยะทางขนส่งลดการขนส่งซ้ำซ้อน ศึกษาและวางมาตรฐานเส้นทางการขนส่ง ใช้อุปกรณ์ขนถ่ายและการดูแลรักษาที่เหมาะสม (คน รถลาก พาเลต สายลำเลียง รถยก เป็นต้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตที่มากเกินไป

ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตที่มากเกินไป เหตุผลหลักที่ทำการผลิตมากเกินไป คือ ต้องการใช้ปัจจัยการผลิตให้คุ้มค่าที่สุด ใช้ระบบสายพานการผลิตเพื่อผลิตมากๆ และผลิตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดความไม่สมดุลในสายการผลิต มีสินค้ารอการผลิตมาก [Work in Process (WIP)] ซึ่งมุมมองและความคิดในอดีตว่าการมีสินค้าที่รอการผลิตมากทำให้เกิดความมั่นใจว่าการผลิตจะไม่ขาดการต่อเนื่องจากการที่มีงานสำรองในระดับหนึ่ง แต่ในความเป็นจริงแล้วเป็นตัวที่ทำให้เกิดปัญหาในสายการผลิตเป็นอย่างมาก เช่น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลังสูงขึ้น เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องขจัดความสูญเปล่าที่เกิดจากการผลิตที่มากเกินไป ได้แก่ ผลิตเฉพาะสิ่งที่ต้องการตามปริมาณ และเวลาที่ต้องการเท่านั้น กำจัดจุดคอขวด (Bottle Neck) ของสายการผลิต บำรุงรักษาเครื่องจักรให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ ลดเวลาการตั้งเครื่องจักร (Set Up Time) พร้อมกับกำหนดปริมาณการผลิตแต่ละล็อตให้เล็กลง

2.2.7 ความสูญเปล่าเนื่องจากการกรรมวิธีที่ไม่มีประสิทธิภาพ

ความสูญเปล่าเนื่องจากการกรรมวิธีที่ไม่มีประสิทธิภาพ เกิดจากกระบวนการผลิตขาดการพัฒนาเพื่อการปรับปรุงในทุก ๆ ด้าน เนื่องจากความเคยชินกับการทำงานในอดีต ทำให้กระบวนการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ การทำงานในอดีตเป็นเช่นใด ปัจจุบันก็เป็นเช่นนั้น ปัญหาเดิมสามารถแก้ไขโดยวิธีเดิม ขณะที่ปัญหาใหม่แฝงตัวและแสดงออกมา ทำให้เกิดความสูญเสียมากมาย ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องขจัดความสูญเปล่าที่เกิดจากกรรมวิธีที่ไม่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ ศึกษาลำดับขั้นตอนการทำงาน วิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการ โดยใช้หลักการ 5W1H ในการตั้งคำถาม ปรับปรุงโดยใช้หลักการ ECRS เพื่อหากระบวนการมาทดแทนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์งานอย่างเดียวกันหรือดีกว่า ปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์ และการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools)

ความหมายของคุณภาพที่นักวิชาการได้เสนอไว้ อาจสรุปได้ว่าคุณภาพ หมายถึง การที่สามารถผลิตสินค้าหรือบริการที่มีลักษณะตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ สร้างความพึงพอใจแก่ผู้ใช้หรือผู้ที่รับบริการได้ ปัจจุบันเครื่องมือและเทคนิคในการจัดการคุณภาพมีจำนวนมาก เพราะมีการศึกษาเรื่องคุณภาพมาเป็นเวลานาน เช่น ตำราเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ (Statistical Quality Control) หลักการ 5W 1H (5W 1H Principle) วงจรเดมมิ่ง (Deming Cycle) เป็นต้น [4]

เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด หรือ 7 QC Tools เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่นำมาแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพ โดยเริ่มตั้งแต่การระบุปัญหา การหาสาเหตุ การตั้งเป้าหมาย รวมถึงการติดตามผลการแก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ มีวิธีการใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน แต่หากสามารถนำมาใช้ร่วมกันได้อย่างเหมาะสมได้ก็จะสามารถเข้าถึงและช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เครื่องมือคุณภาพทั้ง 7 ชนิดจะช่วยให้เกิดแนวความคิด การวางแผนการแก้ไข โดยมีทั้งหมด 7 ชนิด ดังต่อไปนี้

2.3.1 ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

ใบตรวจสอบเป็นเครื่องมือตัวแรกในการแก้ปัญหา ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้น ณ เวลาที่สนใจในสถานที่ที่ต้องการศึกษา โดยผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการผลิตจะเป็นผู้บันทึก ใบตรวจสอบข้อมูลนั้นมีหลายประเภท ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน ตั้งแต่การตรวจสอบวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ตลอดจนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

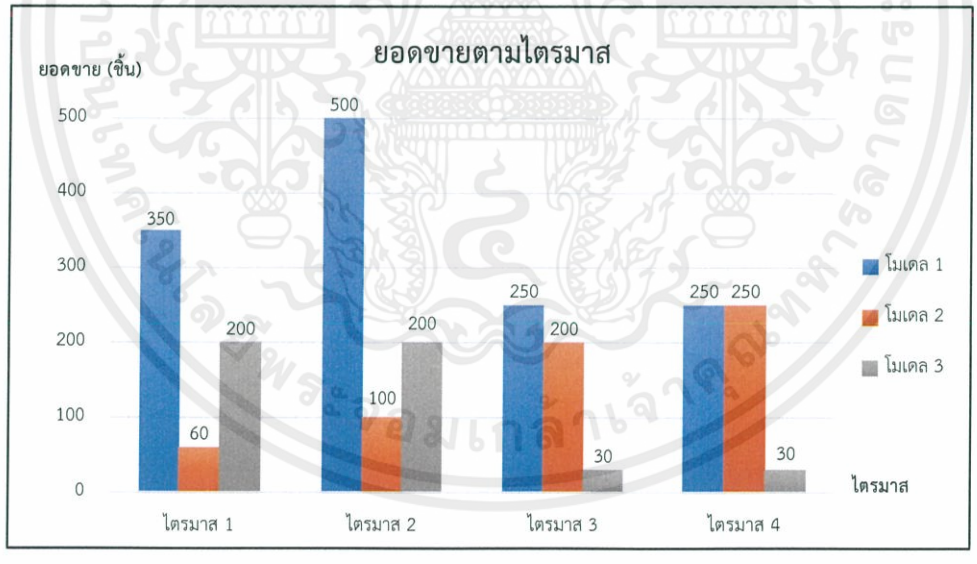
ขั้นตอนเริ่มต้นในการเลือกเก็บข้อมูล คือ การออกแบบแผ่นบันทึกข้อมูล (Data Sheet) ไว้ใช้ในการเก็บข้อมูลทั้งที่เป็นตัวเลขและไม่เป็นตัวเลข แผ่นบันทึกข้อมูลที่ได้จะได้จากประสบการณ์จากการทำงานจริง จากนั้นจึงออกแบบเป็นใบตรวจสอบ (Check Sheet) ซึ่งต้องมีองค์ประกอบหลัก คือ รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ ผู้ตรวจสอบ วันและเวลาที่ตรวจ จำนวนตัวอย่างที่ต้องตรวจสอบ และตารางหรือรูปแสดงข้อมูล เป็นต้น การออกแบบใบตรวจสอบที่เหมาะสมต้องเก็บข้อมูลได้รวดเร็ว ง่ายและไม่ยุ่งยาก ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลได้อย่างชัดเจน นอกจากนั้นการออกแบบต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญต่อการควบคุมกระบวนการ เพื่อที่จะสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ตรงตามความต้องการจริง โดยใช้เพื่อวัตถุประสงค์เพื่อให้แน่ใจว่าคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการนั้นวายังคงเป็นไปตามที่ต้องการอยู่เสมอและเมื่อเกิดปัญหาก็สามารถนำข้อมูลที่บันทึกมาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและการแก้ไขปรับปรุงในลำดับต่อไป [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 กราฟ (Graph)

กราฟเป็นเครื่องมือทางสถิติที่ช่วยในการแสดงผลของข้อมูลให้สามารถเข้าใจได้ง่ายและช่วยให้ตีความหมายของข้อมูลได้รวดเร็ว และสามารถเปรียบเทียบข้อมูลหลาย ๆ แหล่งให้เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนขึ้น นอกจากนี้กราฟยังเป็นเครื่องมือในการแสดงผลหรือแสดงรูปแบบของข้อมูลและเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ สรุปผลข้อมูล เพื่อจะได้เห็นแนวโน้มของปริมาณของสิ่งที่สนใจหรือประเด็นปัญหาว่าจะมีแนวโน้มหรือทิศทางไปในลักษณะเพิ่มขึ้น ลดลง หรือคงที่ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและใช้เพื่อตัดสินใจดำเนินการเพื่อระบุปัญหาที่มีความสำคัญเร่งด่วนมาทำการแก้ไข ปรับปรุง โดยกราฟที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและเป็นที่คุ้นเคยกันได้ได้แก่ กราฟแท่ง กราฟวงกลม กราฟเส้น และกราฟจุด [6]

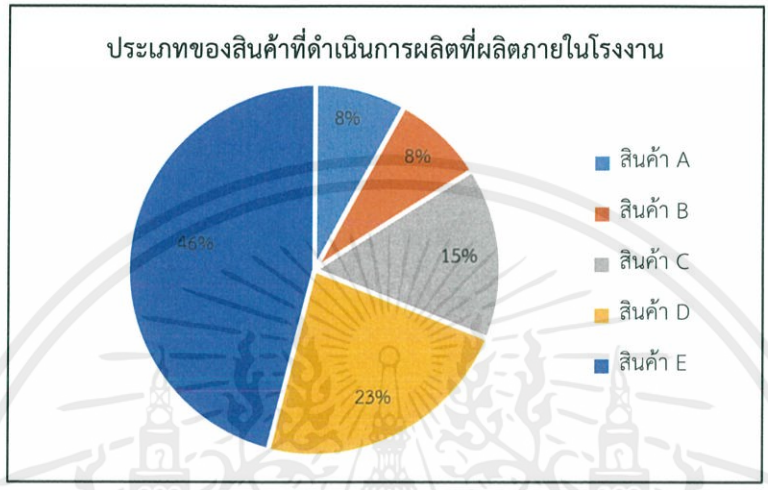
กราฟแท่ง (Bar Graphs) นิยมใช้เพื่อเปรียบเทียบขนาดของข้อมูลประเภทต่างๆ เช่น รูปที่ 2.1 เป็นกราฟแท่งที่ใช้เปรียบเทียบยอดขายสินค้า 3 ชนิด ในแต่ละไตรมาส จากการนำเสนอทำให้เห็นแนวโน้มของยอดขายสินค้าทั้ง 3 ชนิด ในแต่ละไตรมาสนำมาพิจารณาหาแนวโน้มและหาสาเหตุของยอดขายที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงว่าเกิดจากสาเหตุอะไรเพื่อกำหนดกลยุทธ์ด้านการขายของแต่ละผลิตภัณฑ์ [7]



รูปที่ 2.1 กราฟแท่งแสดงปริมาณยอดขายในแต่ละไตรมาส

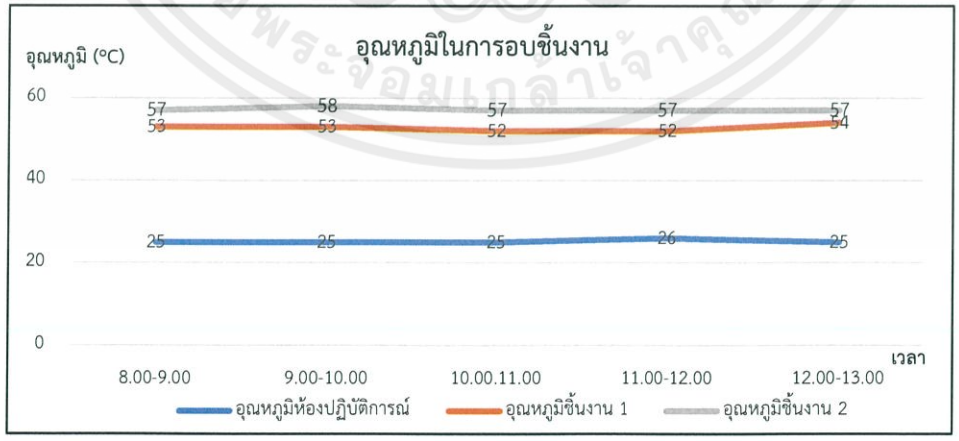
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟวงกลม (Pie Graphs) ใช้เพื่อจำแนกองค์ประกอบของสิ่งที่กำลังสนใจ ตัวอย่างเช่น เราต้องการทราบว่าสินค้าที่มีการผลิตภายในโรงงานมีสินค้าที่ถูกผลิตแบ่งตามประเภทของสินค้าแล้วประกอบด้วยประเภทใดบ้างและมีสัดส่วนแต่ละประเภทเท่าไร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มและเป้าหมายของแต่ละสินค้าที่ดำเนินการผลิตเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนก็จะแสดงด้วยกราฟวงกลม แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างกราฟวงกลมในการจำแนกประเภทของสินค้าที่ดำเนินการผลิต

กราฟเส้น (Line Graphs) ใช้เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป เช่น การบันทึกความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในห้องอบกาวบนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตตั้งแต่เวลา 8.00 น. – 13.00 น. ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งการประยุกต์ใช้กราฟเส้นนี้ถ้าหากมีการนำขอบเขตที่ยอมรับได้มาประกอบเข้าไปจะเรียกว่าแผนภูมิควบคุม



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างกราฟวงกลมในการจำแนกประเภทของสินค้าที่ดำเนินการผลิต

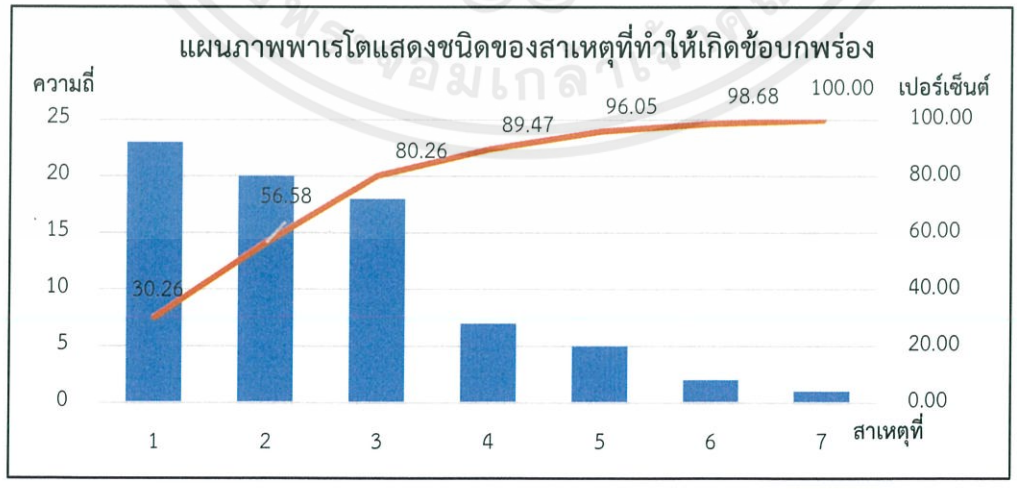
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟจุด (Dot Plot) ใช้ในการนำเสนอปริมาณของข้อมูลที่เป็นแท่งสี่เหลี่ยมให้เป็นจุด สามารถแสดงข้อมูลในปริมาณมากได้ กราฟจุดจะช่วยให้เห็นถึงสิ่งที่ไม่เป็นปกติ ช่องว่างหรือความแตกต่างที่เกิดขึ้นในกลุ่มของข้อมูล รูปที่ 2.4 แสดงจำนวนแนวโน้มการมีบุตรของแต่ละครอบครัว สังเกตได้ว่าจากครอบครัวกลุ่มตัวอย่างมีแนวโน้มการมีบุตรอยู่ที่ 1 ถึง 2 คน

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างกราฟจุดแสดงจำนวนบุตรในแต่ละครอบครัว

2.3.3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภูมิพาเรโต มีลักษณะเป็นกราฟแท่งที่แบ่งแยกข้อมูลเป็นช่วง ๆ จากมากไปน้อยและจากซ้ายไปขวา โดยแกนตั้งมี 2 แกนคือ แกนซ้ายมือแทนความถี่ เช่น จำนวนจุดบกพร่อง จำนวนคำร้องเรียน จำนวนอุบัติเหตุ เป็นต้น และแกนขวามือแทนเปอร์เซ็นต์ แกนนอนแทนสาเหตุ เช่น ในเรื่องปัญหาของจุดบกพร่องอาจจำแนกสาเหตุได้จาก พนักงาน เครื่องจักรกล วิธีการทำงาน ชนิดวัตถุดิบ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยแผนภูมิพาเรโตต่างจากฮิสโทแกรมที่แกนนอนของแผนภูมิพาเรโตเป็นประเภทของข้อมูล แต่แกนนอนของฮิสโทแกรมเป็นตัวเลข



รูปที่ 2.5 แผนภาพพาเรโตแสดงชนิดของสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของพาเรโต (Pareto Principle) คือ “80-20” ซึ่งหมายความว่า “ปัญหาหรือความสูญเสียที่มีความสำคัญมากจำนวน 80 เปอร์เซ็นต์ มักจะมีสาเหตุมาจากประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของสาเหตุทั้งหมด (The Vital Few) ในขณะที่อีกประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของสาเหตุจะมีผลต่อปัญหาที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยอีกจำนวน 20 เปอร์เซ็นต์ของปัญหาเท่านั้น (The Trivial Many)” เช่น ยอดขายกว่า 80 เปอร์เซ็นต์เกิดจากยอดสั่งซื้อเพียงไม่กี่บัญชี เป็นต้น ดังนั้น แผนภูมิพาเรโตจะเป็นเครื่องมือที่ชี้ให้เห็นว่า ปัญหาสำคัญจริง ๆ นั้นมาจากไม่กี่สาเหตุและปัญหาที่มีความสำคัญน้อยเกิดจากสาเหตุมากมาย สรุปว่าในการแก้ปัญหาไม่จำเป็นต้องแก้ทุกสาเหตุแต่ให้เลือกแก้เฉพาะสาเหตุที่สำคัญ กล่าวคือ ปัญหาใดเป็นปัญหาสำคัญมากก็ควรเร่งแก้ไขก่อน และปัญหาใดเป็นปัญหาสำคัญน้อยให้แก้ไขทีหลัง [5]

ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิพาเรโต

1) ตัดสินใจว่าจะศึกษาปัญหาอะไร และแยกสาเหตุของการเกิดปัญหา

2) ออกแบบใบบันทึกข้อมูล (กำหนดช่วงเวลา ระยะเวลา และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3) ทำการจดบันทึกในช่วงเวลาที่กำหนด จากสถานที่ที่ต้องการวิเคราะห์ปัญหา และคำนวณหายอดรวมและเปอร์เซ็นต์สะสมของแต่ละสาเหตุที่ได้จากการบันทึกข้อมูล

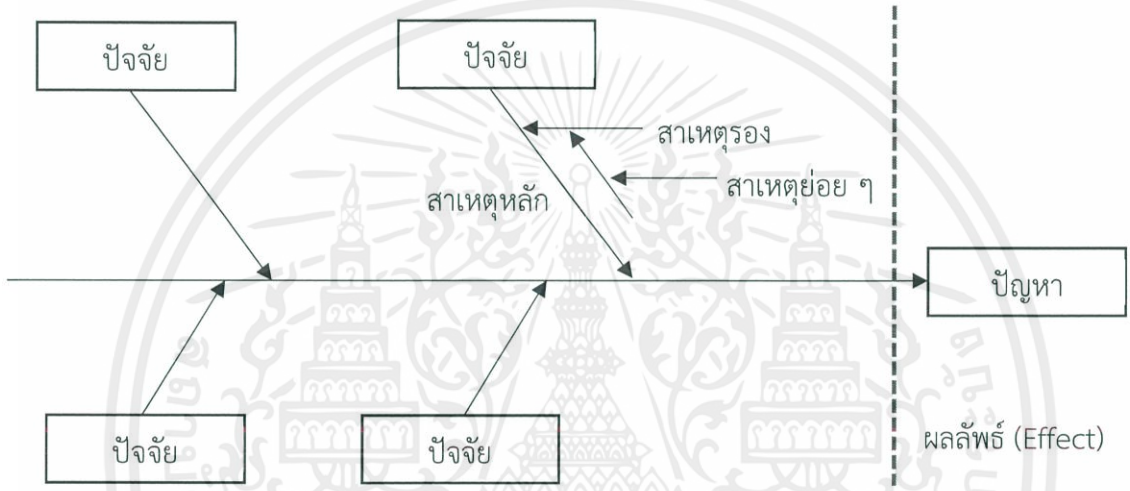
4) เขียนแกนนอนและแกนตั้ง แกนนอนเขียนจากสาเหตุที่มีความถี่สูงไว้ด้านซ้าย และสาเหตุที่มีความถี่ต่ำไว้ด้านขวา โดยต้องให้แท่ง “อื่น ๆ” (ความถี่ไม่ควรเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ของเปอร์เซ็นต์สะสม) อยู่ด้านขวาสุด ส่วนแกนตั้งเขียนแกนความถี่และแกนเปอร์เซ็นต์

5) เขียนกราฟแท่งที่มีความกว้างเท่ากัน ประมาณ 6-10 แท่งเท่านั้น และลากเส้นความถี่สะสมจากซ้ายไปขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram)

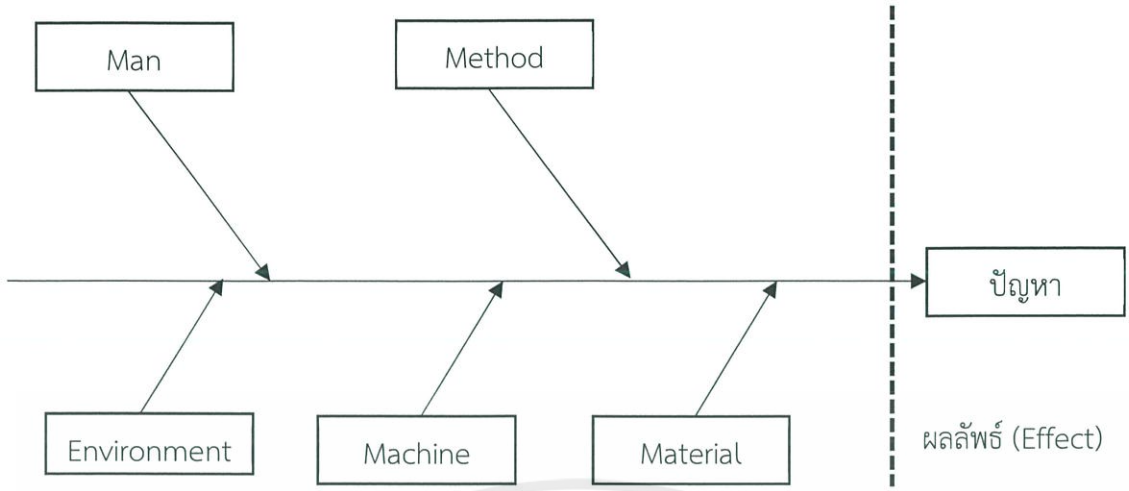
แผนผังแสดงเหตุและผล หรือเรียกเป็นทางการว่า แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือเรียกว่าแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) เป็นสิ่งที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) แผนผังก้างปลาจะแจกแจงปัญหาออกมาโดยปัญหาที่เกิดขึ้นอาจเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ จึงควรแจกแจงสาเหจุออกมาให้ชัดเจน โดยจำแนกเป็นสาเหตุหลัง สาเหตุย่อย เพื่อการศึกษา วิเคราะห์ ทำความเข้าใจและหาแนวทางแก้ไขให้ตรงประเด็น [8] โดยตัวอย่างการสร้างแผนผังแสดงเหตุและผล แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 หลักการสร้างแผนผังแสดงเหตุและผลแบบสาเหตุใหญ่ – สาเหตุย่อย

การกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ ซึ่งหากกำหนดประโยคปัญหาไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกแล้วจะทำให้ใช้เวลามากในการค้นหา สาเหตุ และจะใช้เวลานานในการทำแผนผังก้างปลา การกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดหัวข้อปัญหาในเชิงลบ เทคนิคการระดมความคิดเพื่อจะได้ก้างปลาที่ละเอียดสวยงาม คือ การถาม ทำไม ทำไม ในการเขียนแต่ละก้างย่อย ๆ ซึ่งสามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยปัญหา แต่ต้องมั่นใจว่ากลุ่มที่กำหนดไว้เป็นปัจจัยนั้นสามารถที่จะช่วยให้แยกแยะและกำหนดสาเหตุต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบและเป็นเหตุผล โดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M 1E นี้มาจาก Man (M) คนงาน พนักงาน หรือบุคลากร Machine (M) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก Material (M) วัตถุดิบหรืออะไหล่อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในกระบวนการ Method (M) กระบวนการทำงาน Environment (E) อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน แต่ไม่ได้หมายความว่า การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M 1E เสมอ ซึ่งแสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 หลักการสร้างแผนผังแสดงเหตุและผลแบบ 4M 1E

ข้อดีของแผนผังก้างปลา

1) ไม่ต้องเสียเวลาแยกความคิดต่าง ๆ ที่กระจัดกระจายของแต่ละสมาชิก

2) ทำให้ทราบสาเหตุหลัก ๆ และสาเหตุย่อย ๆ ของปัญหา ทำให้ทราบสาเหตุแท้จริงของปัญหา ซึ่งทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ถูกวิธี

ข้อเสียของแผนผังก้างปลา

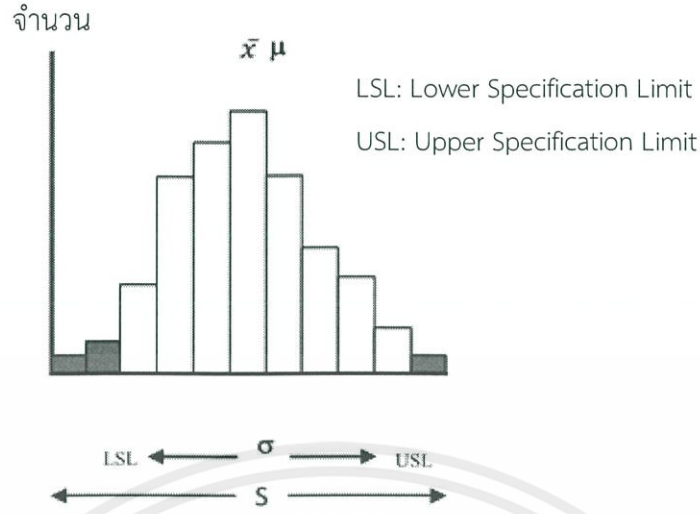
1) ความคิดไม่อิสระเนื่องจากมีแผนภูมิก้างปลาเป็นตัวกำหนดซึ่งความคิดของสมาชิกในทีม

2) ต้องอาศัยผู้ที่มีความสามารถสูง จึงจะสามารถใช้แผนภูมิก้างปลาในการระดมความคิด

2.3.5 ฮิสโตแกรม (Histogram)

เป็นกราฟที่ใช้ในการสรุปข้อมูลในลักษณะเป็นกลุ่มข้อมูล เพื่อจะร่วมกันวิเคราะห์ว่ากลุ่มข้อมูลที่ได้มานั้นมีลักษณะอย่างไร ซึ่งฮิสโตแกรมจะทำให้เราเห็นความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการได้ การสร้างฮิสโตแกรมสามารถทำได้จากการสุ่มตัวอย่างแล้วนำข้อมูลมาแจกแจงเป็นความถี่โดยการแบ่งเป็นอันตรภาคชั้น (Interval) โดยใช้ข้อมูลอย่างน้อย 30 ข้อมูลขึ้นไป แล้วนำมาทำเป็นกราฟแท่งแสดงปริมาณตามความถี่ของแต่ละอันตรภาคชั้น [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ลักษณะของฮิสโทแกรม [10]

จากรูปที่ 2.8 μ คือ ค่าเฉลี่ยที่ต้องการตามค่าเป้าหมาย (Spec) กำหนด

σ คือ การประมาณค่าความแปรปรวนที่ยอมรับ (Tolerance)

$\overline{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่สุ่มมา

S คือ การประมาณค่าความแปรปรวนของกระบวนการ

2.3.6 แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

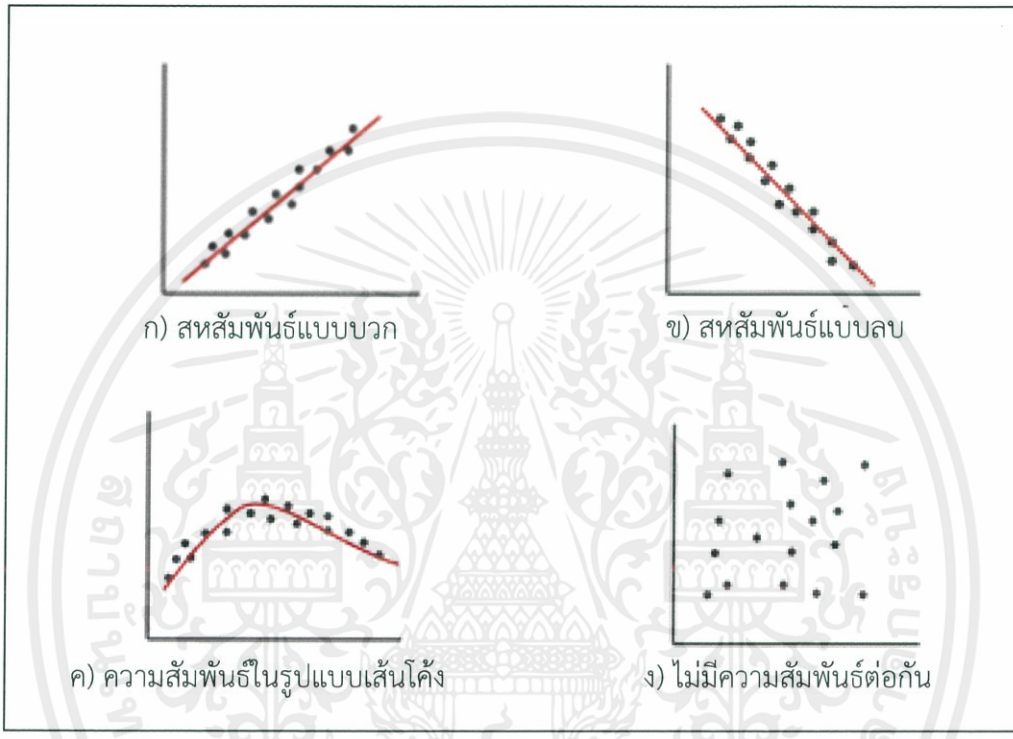
แผนภาพการกระจายเป็นแผนภาพที่แสดงการมีความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว ว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางใด โครงสร้างของผังการกระจายประกอบด้วย 2 ตัวแปรคือตัวแปร X หรือตัวแปรต้น เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไป และตัวแปร Y หรือตัวแปรตามเป็นผลที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวแปรต้น วิธีการสร้างแผนผังการกระจายสามารถทำตามขั้นตอนโดยสร้างตารางการเก็บข้อมูลของตัวแปรต้นและตัวแปรตามเพื่อบันทึกข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นผังการกระจาย จากนั้นทำการแปรผลของผังการกระจาย โดยความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามจะมีความสัมพันธ์เป็นกลุ่มดังแสดงในรูปที่ 2.9 [9], [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ซึ่งการกระจายจะมีความสัมพันธ์เป็นไปได้ 2 ทาง คือ สหสัมพันธ์แบบบวก คือ ตัวแปรมีความสัมพันธ์แปรผันตามกัน และสหสัมพันธ์แบบลบ คือ ตัวแปรมีความสัมพันธ์ผกผันต่อกัน

2) ค่าความสัมพันธ์ในรูปแบบเส้นโค้ง

3) ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ของแผนผังการกระจายในลักษณะต่าง ๆ

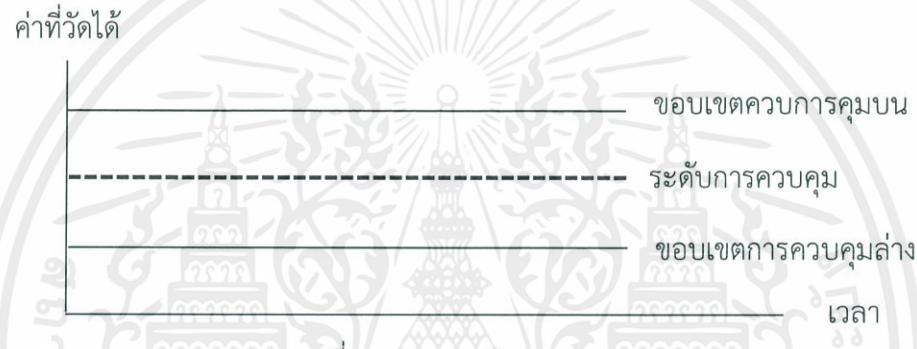
2.3.7 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

เป็นเครื่องมือที่มีวัตถุประสงค์ในการควบคุมกระบวนการโดยลักษณะของแผนภูมิจะควบคุมสิ่งที่สนใจเทียบกับช่วงเวลา เพื่อติดตามหรือตรวจสอบตามช่วงเวลาที่กำหนดและทบทวนกระบวนการได้ว่า สิ่งที่เราควบคุมนั้นเกิดความผิดปกติขึ้นหรือไม่ ใช้ในการเฝ้าติดตามกระบวนการผลิตที่กำลังดำเนินการผลิตอยู่ (On-line Process) เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตให้กลับสู่สภาวะปกติและช่วยในการทบทวนตามช่วงเวลาที่กำหนดว่ากระบวนการนั้นยังคงไว้ซึ่งเสถียรภาพของกระบวนการเดิมที่ได้ดำเนินงานไว้ตั้งแต่การปรับตั้ง โดยกราฟสำหรับแผนภูมิควบคุมจะมีลักษณะเป็นเส้นกราฟแสดงขอบเขตของค่าการวัดที่สนใจ ซึ่งจะมีขอบเขตการควบคุมบน [Upper Control Limit (UCL)] ขอบเขตควบคุมล่าง [Lower Control Limit (LCL)] และระดับการควบคุม [Centerline (CL)] ดังรูปที่ 2.10 และข้อมูลการวัดจะถูก

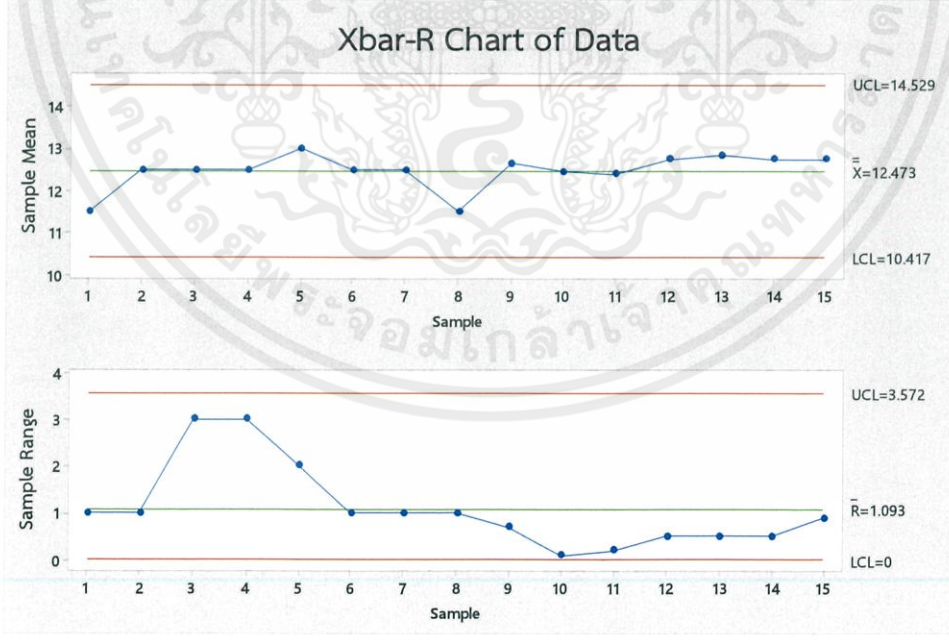
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกลงในแผนภูมิตามช่วงเวลาที่กำหนดให้ดำเนินการวัด เพื่อติดตามว่าค่าที่สนใจนั้นกำลังดำเนินการไปในทิศทางใดและมีแนวโน้มอย่างไรเพื่อจะได้แก้ไขได้ทันเวลาก่อนที่จะเกิดปริมาณของเสียจำนวนมาก โดยแสดงลักษณะของแผนควบคุมดังรูปที่ 2.11

เนื่องจากฮิสโตแกรมไม่สามารถแปรเปลี่ยนได้ตามเวลา และเนื่องจากทุกกระบวนการผลิตต้องมีความผันแปรที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ (Chance Cause) ซ่อนอยู่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ขณะที่การประยุกต์แผนภูมิควบคุมจะทำให้ทราบถึงความแปรผันที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ (Assignable Cause) และสามารถกำจัดความแปรผันดังกล่าวได้ การปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องจากความแปรผันของส่วนต่าง ๆ อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพเท่านั้น ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตตรงตามความต้องการของลูกค้า [5], [10]



รูปที่ 2.10 แผนภูมิควบคุม



รูปที่ 2.11 ลักษณะของแผนภูมิควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การปรับปรุงงานโดยอาศัยหลักอีซีอาร์เอส (ECRS)

ECRS คือ คำย่อที่เกิดจากการผสมอักษรแรกของกลุ่มคำ ซึ่งเกิดขึ้นจากพยัญชนะตัวแรกของคำว่า “Eliminate (ขจัด)” “Combine (รวม)” “Rearrange (จัดเรียง)” และ “Simplify (ทำให้ง่ายขึ้น)” คำเหล่านี้สามารถถูกนำมาพิจารณางานตามลำพัง หรือสามารถใช้ร่วมกันได้ เพื่อเพิ่มผลลัพธ์ในการปรับปรุงงานใดๆ โดยลำดับของตัวอักษรภาษาอังกฤษจะเป็นลำดับของการพิจารณาปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน โดยจะเริ่มจาก Eliminate (E) ซึ่งแนวคิดของการปรับปรุงกระบวนการมีดังต่อไปนี้ [12]

2.4.1 ขจัดงานที่ไม่จำเป็นทั้งหมด (Eliminate All Unnecessary Work)

หลักการของการขจัดงานที่ไม่จำเป็นเกิดขึ้นเนื่องจากการวิเคราะห์งานโดยการตั้งคำถามแล้วพบว่าไม่มีความจำเป็นต้องทำอีกต่อไปเนื่องจากวัตถุประสงค์ได้เปลี่ยนไปจากเดิม หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมของการทำงานต่างๆ จนทำให้วัตถุประสงค์เดิมของงานไม่มีความจำเป็นอีกต่อไป เช่น การเก็บวัตถุดิบกองไว้ตรงประตูหน้าทางเข้าภายในโรงงาน ซึ่งทำมาตั้งแต่โกดังเก็บสินค้ายังสร้างไม่เสร็จสมบูรณ์และทำต่อมาแม้ว่าโกดังจะเสร็จแล้ว ก่อให้เกิดปัญหาการเคลื่อนย้ายวัสดุ เมื่อผ่านกระบวนการวิเคราะห์งานอย่างเป็นระบบและการตั้งคำถามแล้วทำให้สามารถตัดขั้นตอนการขนย้ายวัสดุที่ต้องขนลงจากรถบรรทุกเพื่อกองตรงประตูโรงงาน มาเป็นการส่งวัสดุเข้าสู่คลังสินค้าโดยตรงและสามารถเคลื่อนย้ายเข้าสายการผลิตได้ทันที

2.4.2 รวมขั้นตอนการปฏิบัติงานเข้าด้วยกัน (Combine Operations or Elements)

ในกระบวนการผลิตโดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนการปฏิบัติงานย่อย ๆหลายขั้นตอนรวมเข้าด้วยกัน หลักการนี้เกิดขึ้นในกระบวนการออกแบบวิธีการทำงานเพื่อให้งานในแต่ละสถานีมีขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งงานตามความชำนาญของคนงาน แต่บางครั้งการแตกขั้นตอนการปฏิบัติงานออกมากจนเกินความจำเป็นทำให้เกิดปัญหาอื่นตามมา เช่น ปริมาณงานที่ไม่สมดุลกันในสายการผลิตเพราะการวางแผนการผลิตไม่เหมาะสม มีงานล่าช้าอันเกิดจากความแตกต่างในทักษะของพนักงานในขั้นตอนการปฏิบัติงานต่างๆ การรวมงานอาจเกิดขึ้นได้หลายระดับ ดังนี้

- การรวมการเคลื่อนไหว เช่น การหยิบจับตั้งแต่ 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน
- การรวมกิจกรรมตั้งแต่ 2 ขั้นตอนเข้าด้วยกัน
- การรวมงานของสถานีงานตั้งแต่สองสถานีเข้าด้วยกัน
- การรวมชิ้นส่วนงานเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 สลับสับเปลี่ยนลำดับการปฏิบัติงาน (Change the Sequence of Operations, Rearrange)

ในการผลิตสินค้าใหม่มักเริ่มต้นการผลิตในปริมาณน้อยค่อยๆขยายปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นจนเต็มประสิทธิภาพ เมื่อสายการผลิตมีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น ลำดับขั้นตอนของการปฏิบัติงานแบบเดิมอาจไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากสภาพแวดล้อมการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาในเรื่องการเคลื่อนย้ายวัสดุเนื่องจากระยะทางที่ยาวไกล การตรวจสอบด้วยวิธีการตั้งคำถามอย่างละเอียดเพื่อดูว่าจะสามารถสลับสับเปลี่ยนลำดับขั้นตอนของการปฏิบัติงานใหม่ได้หรือไม่ เพื่อให้งานง่ายและรวดเร็วขึ้น การใช้แผนภูมิต่างๆ บันทึกการทำงานจะช่วยชี้ให้เห็นว่ามีการเสียเวลาและ รอคอยในขั้นตอนใด และสมควรจะเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างไร เพื่อลดการเคลื่อนย้ายวัสดุ และทำให้การไหลของงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว

2.4.4 ทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify the Necessary Operations)

ในการวิเคราะห์โดยตั้งคำถามเพื่อปรับปรุงงาน เริ่มตั้งแต่ขจัดงานที่ไม่จำเป็น รวมขั้นตอนการปฏิบัติงานและสลับสับเปลี่ยนลำดับการปฏิบัติงาน ท้ายที่สุดจะเหลือแต่งานที่จำเป็นต้องทำ แต่โอกาสในการปรับปรุงงานนั้น คือ การพิจารณาหาวิธีการทำงานอื่นที่ง่ายกว่าและสะดวกรวดเร็วกว่า การตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การทำงานให้ง่ายขึ้น ควรเริ่มต้นจากคำถามในทุกเรื่องที่เกี่ยวกับงานนั้น เช่น วิธีการทำงาน วัตถุดิบที่ใช้ เครื่องมือ สภาพแวดล้อมในการทำงาน การออกแบบผลิตภัณฑ์โดยตั้งสมมติฐานว่างานที่กำลังวิเคราะห์อยู่นั้นยังไม่สมบูรณ์ คำถามที่ตั้งจะขึ้นต้นด้วย “อะไร ที่ไหน เมื่อใด ใคร อย่างไร และทำไม” [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แนวคิดวงจรคุณภาพ PDCA (Plan-Do-Check-Act)

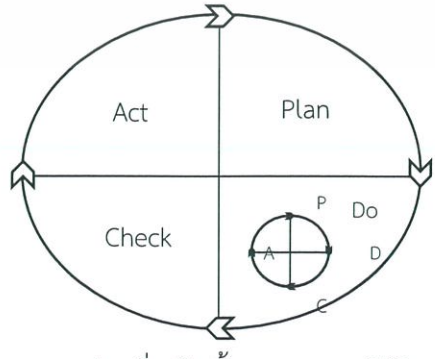
การทำงานตามวงจรคุณภาพ PDCA เป็นกิจกรรมพื้นฐานในการพัฒนาประสิทธิภาพและคุณภาพของการดำเนินงาน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติตามแผน (Do) การตรวจสอบ (Check) การดำเนินการให้เหมาะสม (Act) การดำเนินกิจกรรม PDCA อย่างเป็นระบบให้ครบวงจรอย่างต่อเนื่องหมุนเวียนไปเรื่อย ๆ ย่อมส่งผลให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพและมีคุณภาพเพิ่มขึ้น วงจร PDCA นี้ได้ถูกพัฒนาโดย ดร. ชิวฮาร์ท (Dr. Walter A. Shewhart) ต่อมา ดร. เดมมิ่ง (Dr. William Edwards Deming) ได้นำมาเผยแพร่จนเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ขั้นตอนของวงจร PDCA มีรายละเอียด ดังนี้ [13]

2.5.1 การวางแผน (Plan)

เป็นส่วนประกอบของวงจรที่มีความสำคัญเนื่องจากการวางแผนจะเป็นจุดเริ่มต้นของงานและเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การทำงานในส่วนอื่นเป็นไปอย่างมีประสิทธิผล การวางแผนในวงจรคุณภาพเป็นการหาองค์ประกอบของปัญหาโดยวิธีการระดมความคิด การเลือกปัญหา การหาสาเหตุของปัญหา การหาวิธีแก้ปัญหา การจัดทำตารางการปฏิบัติงาน การกำหนดวิธีการดำเนินงานการกำหนดวิธีการตรวจสอบและประเมินผล ในขั้นตอนนี้สามารถนำเครื่องมือคุณภาพอื่น ๆ มาใช้งานร่วมด้วย เช่น Flow chart, Why-Why Diagram, 5W Analysis

2.5.2 การปฏิบัติตามแผน (Do)

เป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ในตารางการปฏิบัติงาน ทั้งนี้สมาชิกในกลุ่มต้องมีความเข้าใจถึงความสำคัญและความจำเป็นในแผนนั้น ๆ ความสำเร็จของการนำแผนมาปฏิบัติต้องอาศัยการทำงานด้วยความร่วมมือเป็นอย่างดีของสมาชิกตลอดจนการจัดการทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงานตามแผนนั้น ๆ ในขั้นตอนนี้ขณะที่ลงมือปฏิบัติจะมีการตรวจสอบควบคู่ไปด้วย หากไม่เป็นไปตามแผนอาจจะต้องมีการปรับแผนใหม่และเมื่อแผนนั้นใช้งานได้ก็จะนำไปใช้เป็นแผนและถือปฏิบัติต่อไป โดยทำตามวงจรย่อยที่อยู่ในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 วงจรย่อยที่อยู่ในขั้นตอนการปฏิบัติตามแผน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 การตรวจสอบ (Check)

เป็นการประเมินผลที่ได้รับจากการปฏิบัติงานหรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลง แต่ขั้นตอนนี้มักจะถูกมองข้ามไป การตรวจสอบทำให้เราทราบว่าการปฏิบัติในขั้นที่สองสามารถบรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ สิ่งสำคัญก็คือ เราต้องรู้ว่าจะตรวจสอบอะไรบ้างและบ่อยครั้งแค่ไหน ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบจะเป็นประโยชน์สำหรับขั้นตอนถัดไป ผลลัพธ์เป็นอย่างไร สภาพปัญหาได้รับการแก้ไขตรงตามเป้าหมายที่กลุ่มตั้งใจไว้หรือไม่

2.5.4 การดำเนินการให้เหมาะสม (Act)

เป็นขั้นตอนที่พิจารณาผลที่ได้จากการตรวจสอบ ซึ่งมีอยู่ 2 กรณี คือ ผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามแผนที่วางไว้ หรือไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ หากเป็นไปตามกรณีแรกให้นำแนวทางหรือกระบวนการปฏิบัตินั้นมาจัดทำเป็นมาตรฐาน พร้อมทั้งหาวิธีการที่จะปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นไปอีก ซึ่งอาจหมายถึงสามารถบรรลุเป้าหมายได้เร็วกว่าเดิม หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเดิม หรือทำให้คุณภาพดียิ่งขึ้นก็ได้แต่ถ้าหากเป็นกรณีที่สอง ซึ่งคือผลที่ได้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ตามแผนที่วางไว้ เราควรนำข้อมูลที่รวบรวมไว้มาวิเคราะห์ และพิจารณาว่าควรจะดำเนินการอย่างไรต่อไป เช่น มองหาทางเลือกใหม่ที่น่าจะเป็นไปได้ ใช้ความพยายามให้มากขึ้นกว่าเดิม ขอความช่วยเหลือจากผู้รู้ หรือเปลี่ยนเป้าหมายใหม่

วงจรคุณภาพ PDCA ที่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นเมื่อเรานำผลที่ได้จากขั้นตอนการดำเนินการที่เหมาะสมมาดำเนินการให้เหมาะสมในกระบวนการวางแผนอีกครั้งหนึ่ง (P) และเป็นวงจรอย่างนี้เรื่อย ๆ ไม่มีที่สิ้นสุด จนกระทั่งเราสามารถใช้วงจรนี้กับทุกกิจกรรมที่คล้ายกันได้อย่างเป็นปกติและไม่ยุ่งยากอีกต่อไป ดังรูปที่ 2.13กระบวนการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่องด้วยวงจรคุณภาพ PDCA

รูปที่ 2.13 กระบวนการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่องด้วยวงจรคุณภาพ PDCA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าวงจรคุณภาพ PDCA จะไม่ได้หยุดหรือจบลงเมื่อหมุนครบรอบ แต่วงล้อ PDCA จะหมุนไปข้างหน้าเรื่อย ๆ โดยจะทำการแก้ไขปัญหาในระดับที่ซับซ้อนขึ้นหรือเป็นการเรียนรู้ที่ไม่สิ้นสุด ซึ่งสอดคล้องกับปรัชญาของการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) ในปัจจุบันผู้บริหารมีความรู้เกี่ยวกับ PDCA มากขึ้นทำให้ช่วยพัฒนาคุณภาพได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพ และเห็นผลเป็นรูปธรรมมากขึ้น อย่างไรก็ดีหัวใจสำคัญของวงจรคุณภาพนี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับ PDCA เท่านั้น แต่อยู่ที่คนที่มีคุณภาพและเข้าใจคุณภาพอย่างแท้จริงที่พร้อมจะเปิดใจเรียนรู้และพัฒนาตนเองอยู่เสมออย่างมุ่งมั่นและไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค [14]

2.6 แนวคิดการวิเคราะห์ปัญหาโดยหลักการทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis)

การวิเคราะห์ปัญหาโดยหลักการทำไม-ทำไม เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปัญหาอย่างมีระบบมีขั้นตอน ไม่เกิดการตกหล่น ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์โดยหลักการทำไม-ทำไมต้องไปตรวจสอบดูสถานที่จริงและดูสภาพของงานจริง อันเป็นที่มาของปัญหาเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องและชัดเจน โดยหาสาเหตุที่เกิดขึ้นโดยการตั้งคำถามว่า “ทำไม” และก็จะถามว่าทำไมไปจนกว่าเราจะถึงต้นตอของปัญหา ซึ่งจะปรากฏขึ้นในช่อง “ทำไม” ในช่องสุดท้าย ปัจจัยที่อยู่หลังสุดจะเป็นปัจจัยที่กลายเป็นมาตรการป้องกันที่มีประสิทธิภาพโดยไม่เกิดซ้ำอีก ซึ่งปัญหาแท้จริงในสถานที่ทำงานนั้นไม่ใช่ชิ้นงาน เครื่องมือ หรือเครื่องจักรที่ไม่ดี แต่ส่วนใหญ่จะเป็นแนวคิด วิธีปฏิบัติ หรือวิธีการจัดการที่ไม่ถูกต้อง [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5 วิจัย

กนกวรรณ ตังรัจนพิทักษ์ (2550) ศึกษาการลดความสูญเสียของกระบวนการผลิตลำโพงของโรงงานผลิตลำโพงตัวอย่าง โดยใช้เทคนิคการจัดการงานวิศวกรรม ตามแนวคิดการลดความสูญเสีย 7 ประการ จากการศึกษาพบว่า แหล่งกำเนิดของความสูญเสียมาจากปัญหาทางเทคนิคและการจัดการ ผู้วิจัยจึงทำการ ลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตและปรับปรุงการจัดการระบบสินค้าคงคลัง พบว่ามูลค่าความสูญเสียลดลง 345,163 บาทและค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับร้อยละ 347 ต่อเดือน อย่างไรก็ตาม มูลค่าการลดความสูญเสียรวมที่ประมาณการจากการแผนทั้ง 6 แผนมีค่าเท่ากับ 720,962 บาท และมีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับร้อยละ 1,224ต่อเดือน

ภาวิณี อาจปรุ และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน (2550) ทำการศึกษาการลดความสูญเปล่าในสายการผลิตเบรกเกอร์ โดยขจัดและลดงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อผลิตภัณฑ์ เช่น การรอคอย การเคลื่อนไหวที่เกินจำเป็น งานเสียหรืองานที่ต้องนำกลับมาทำใหม่ ซึ่งสาเหตุที่กล่าวมาทำให้โรงงานมีต้นทุนที่ต้องสูญเสีย 2,000,000 บาทในปี 2550 งานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิค Why-Why Analysis การศึกษาการทำงานโดยใช้แผนภูมิคน-เครื่องจักร เป็นเครื่องมือหลักที่จะช่วยให้หารากเหง้าของปัญหา และวิเคราะห์โดยใช้หลักการ 3 T เวลาที่ใช้ในการผลิตจริง (T1) เวลาที่เป็นเวลาส่วนเกิน (T2) เวลาไร้ประสิทธิภาพ (T3) ซึ่งผลจากการที่ได้ปรับปรุงในส่วนของสายการผลิต พบว่า ความสูญเสียมีแนวโน้มลดลงโดยสามารถลดรอบเวลาการผลิต (Cycle time) ของผลิตภัณฑ์ จาก 51.41 เหลือ 41.97 วินาทีต่อชิ้น จำนวนสถานีงานและสัดส่วนของงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า ลดลง 20 และ 13 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ณัฐกานต์ สุดพรม (2553) การปรับปรุงองค์กรของผู้ขนส่งส่วนประกอบยางรถยนต์ กรณีศึกษาบริษัท สยามมิชลิน จำกัด งานวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อบริหารและจัดการการทำงานของพนักงานให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการในการผลิตจากเดิม 9,500 เส้นต่อวัน เป็น 10,500 เส้นต่อวัน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงองค์กร ได้แก่ หลักการอีซีอาร์เอส (ECRS) เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด การวิเคราะห์ความสูญเปล่า 7 ประการ และหลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการอื่น ๆ เข้ามาเพื่อที่จะควบคุมต้นทุนในด้านการจ้างแรงงานให้มีต้นทุนเท่าเดิม แต่สามารถรองรับการผลิตที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรรณพ สรรพคุณ และ กาญจนา กาญจนสุนทร (2554) ทำการศึกษาการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตยางในรถจักรยานยนต์ ได้นำหลักการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการทางสถิติมาวิเคราะห์ ใช้การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงโดยใช้ Why-Why Chart รวมถึงการใช้ Kaizen เข้ามาช่วยในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่พบ ภายหลังการปรับปรุงพบว่า ของเสียบางรอยพับจากเดิม 1.13% ลดลงเหลือ 0.45% ซึ่งสามารถลดต้นทุนให้กับบริษัทได้ถึง 794,454 บาท/เดือน หรือ 4,234,123 บาท/ปี

อำนาจ มีแสง และ ณฐา คุปตัษเฐียร (2554) งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสูญเสียจากการทิ้งเศษวัตถุดิบในกระบวนการตัดชิ้นส่วนท่อยางสำหรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โดยประยุกต์เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการซึ่งประกอบด้วยใบตรวจสอบ (Check Sheet) กราฟ (Graph) แผนภูมิพาเรโต เครื่องมือกลุ่มควบคุมคุณภาพ (QC) แผนผังต้นไม้ และการลดความสูญเปล่า 7 ประการ (7Waste) และหลักการ ECRS โดยได้มีการออกแบบเครื่องมือสำหรับจับยึดชิ้นงาน ผลการวิจัยสามารถลดความสูญเสียจาก 221,870.43 บาท/เดือน เหลือ 0 บาท/เดือน คิดเป็น 100%

นริสสา พัฒนปรีชาวงศ์ อาเฟนดี ท่าสอน และ ชาญณรงค์ ตระกูลสรณคมน์ (2559) ทำการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษาบริษัท บ่อแสนวิลล่า จำกัด โดยประยุกต์ใช้หลักการทางวิศวกรรมอุตนสาหการ การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา การลดความสูญเปล่าด้วยเทคนิคอีซีอาร์เอส และการดำเนินกิจกรรม 5ส จากผลการศึกษาพบว่า สามารถลดขั้นตอนการปฏิบัติงานได้ 4 ขั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ทำให้เพิ่มความรวดเร็วมากกว่าเดิมร้อยละ 27.19 และสามารถลดต้นทุนได้ คิดเป็นร้อยละ 12.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

บริษัทกรณีศึกษาและสภาพปัจจุบัน

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงประวัติบริษัทกรณีศึกษา สภาพปัจจุบันเบื้องต้นภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพประกอบด้วย จุดประสงค์ในการทำ Microsection ชั่วโมงการทำงานและจำนวนพนักงาน กระบวนการตรวจสอบภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ และต้นทุนรวมภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ

3.1 ประวัติและผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา

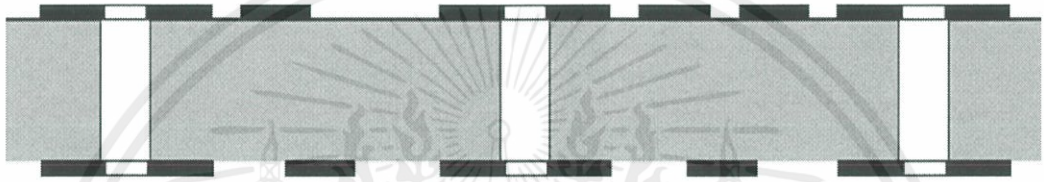
บริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) จดทะเบียนจัดตั้งบริษัท เมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน 2525 ด้วยทุนจดทะเบียนเริ่มแรก 12 ล้านบาท เพื่อประกอบธุรกิจเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายแผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ [Printed Circuit Board (PCB)] โดยช่วงแรกของการดำเนินธุรกิจบริษัทฯสามารถผลิตได้เฉพาะ PCB ชนิด 2 หน้า (Double sided PCB) ต่อมาบริษัทฯได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องจนสามารถผลิตแผ่น PCB ชนิดหลายชั้น (Multilayer PCB) ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้ แผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งสองแบบนี้เป็นชิ้นส่วนพื้นฐานที่สำคัญโดยถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุปกรณ์โทรคมนาคม เครื่องมือทางการแพทย์ โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกประเภท เป็นต้น

แผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ แผ่นฐานหรือซับสเต็รท (Substrate) และส่วนที่เป็นตัวนำ โดยแผ่นฐานเป็นฉนวนบาง ๆ ทำหน้าที่เป็นฐานที่วางและยึดติดตัวอุปกรณ์ ทำจากอีพ็อกซีไฟเบอร์กลาส ซึ่งเป็นการทอใยแก้วเข้าด้วยกันแล้วยึดด้วยอีพ็อกซีเรซิ่น สามารถใช้งานได้กับงานหลายประเภทเพราะทนต่อความชื้นและอุณหภูมิสูง ไม่บิดงอได้ง่าย แผ่นฐานมักเป็นสีเขียวหรือสีฟ้า โดยมีตัวนำไฟฟ้าที่เป็นทองแดงเป็นตัวต่อวงจรให้แก่อุปกรณ์ โดย PCB ที่บริษัทฯ ผลิตมี 2 ประเภท คือ

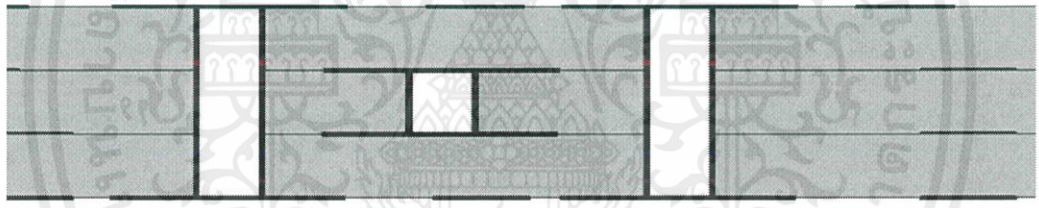
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การผลิตแบบ 2 หน้าเคลือบรู (Double sided Plated-Through Hole PCB) มีเส้นลายวงจรเพื่อเชื่อมสัญญาณไฟฟ้าอยู่ทั้งสองด้าน มีการเจาะรูบนแผ่นฐานเพื่อเป็นที่ไว้สอดขาอุปกรณ์และมีการเคลือบผิวภายในรูด้วยทองแดง เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณไฟฟ้าระหว่างด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นบอร์ด

2) การผลิตแบบหลายชั้น (Multilayer PCB) มีเส้นลายวงจรเพื่อเชื่อมสัญญาณไฟฟ้าระหว่างชั้นใน (Inner Layer) และชั้นนอก (Outer Layer) ซึ่งมีความซับซ้อนกว่า และใช้เทคโนโลยีสูงกว่าการผลิตแผ่นพิมพ์วงจรชนิด 2 หน้า และในปัจจุบันบริษัทฯ มีความสามารถในการผลิตได้ตั้งแต่ 4 ชั้น ถึง 24 ชั้น โดยสินค้าเกือบทั้งหมดเป็นการผลิตเพื่อการส่งออก



รูปที่ 3.1 แผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบ 2 หน้าเคลือบรู



รูปที่ 3.2 แผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบหลายชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 จุดประสงค์ในการทำ Microsection

การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีหลากหลายประเภท เช่น การทดสอบการต้านการตกกระแทก การทดสอบแบบทำลาย หรือการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค เป็นต้น ซึ่งทางบริษัทเคซีอีอีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) ทำการตรวจสอบคุณภาพของแผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคหรือ Microsection เพื่อทำการยอมรับหรือปฏิเสธแผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในล็อตของกระบวนการผลิตนั้น ๆ และส่งผลการตรวจสอบให้แก่ผู้สั่งซื้อเพื่อประเมินคุณภาพของแผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะต้องเตรียมพร้อมเพื่อรองรับในกรณีที่ผู้สั่งซื้อขอเรียกดูผลว่าตรวจสอบแล้วได้ตรงตามข้อกำหนดที่ต้องการหรือไม่ โดยสามารถประเมินผลเกี่ยวกับโครงสร้างจุลภาคภายในแผ่นพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ได้ดังต่อไปนี้

- ความหนาของ Copper Inner, Copper Foil, Copper plated in hole / on surface
- ความหนาของชั้นโครงสร้าง Dielectric, Total Board Thickness
- ความหนาของ Solder Mask, Silk Legend, Carbon Ink
- วัดระยะของ Mis registration ของ Copper Inner Layer ระหว่างชั้น Layer สำหรับงาน Multilayer
- วัดความกว้างของลายวงจร เพื่อหา Etching Factor, Etch Rate
- ตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่กำลังศึกษา
- วัดขนาดของรูเจาะจากกระบวนการ Laser Drill

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ชั่วโมงการทำงานและจำนวนพนักงาน

พนักงานทุกตำแหน่งภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ ส่วนงาน Microsection จะต้องทำงานเพื่อรองรับแผนการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีการวนกะทั้งสิ้น 3 กะต่อวัน และมีพนักงานภายในแผนก 16 คนต่อกะที่มีความรับผิดชอบในการทำตัวเรือนในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพการขัดไมโครโดยในปัจจุบันพนักงานทั้งหมดเป็นพนักงานรับจ้างเหมาช่วง (Subcontract) รวมทั้งสิ้น 20 คน สามารถแจกแจงรายละเอียดจำนวนพนักงานและชั่วโมงการทำงานแต่ละตำแหน่งได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ชั่วโมงการทำงานและจำนวนพนักงานต่อกะภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ

หน้าที่ความรับผิดชอบ	ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	จำนวนพนักงานต่อกะ (คน)	จำนวนกะต่อวัน	จำนวนพนักงานทั้งหมด (คน)
Foreman	24	1	3	3
Ionic Contamination Inspector	24	2	3	6
Microsection for Finished Board	24	1	3	3
Microsection Inspector Operator	24	3	3	9
Microsection for Request	16	1	2	2
Microsection & Report for Shipment	16	1	2	2
Special Test Inspector Operator (SEM)	9	1	1	1
			รวม	26

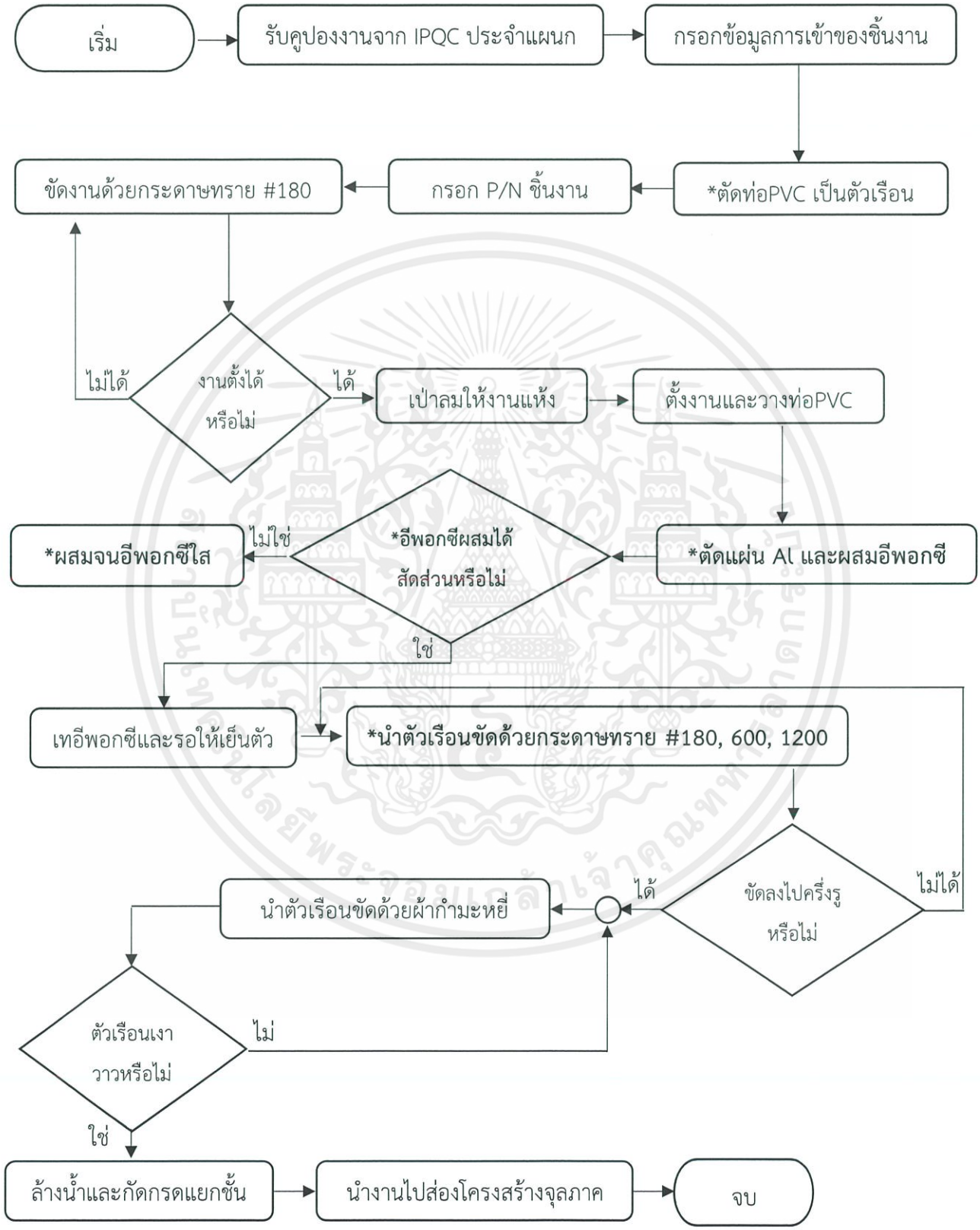
หมายเหตุ: เวลาทำงานของบริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) มีทั้งสิ้น 4 กะ ได้แก่

1) กะสำนักงาน: 08.00-17.00 น. (9 ชม.)
2) กะเช้า: 06.00-14.00 น. (8 ชม.)
3) กะบ่าย: 14.00-22.00 น. (8 ชม.)
4) กะดึก: 22.00-06.00 น. (8 ชม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 กระบวนการตรวจสอบภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ

ส่วนงาน Microsection มีลำดับการทำงานตาม Flow chart ดังรูปที่ 3.3

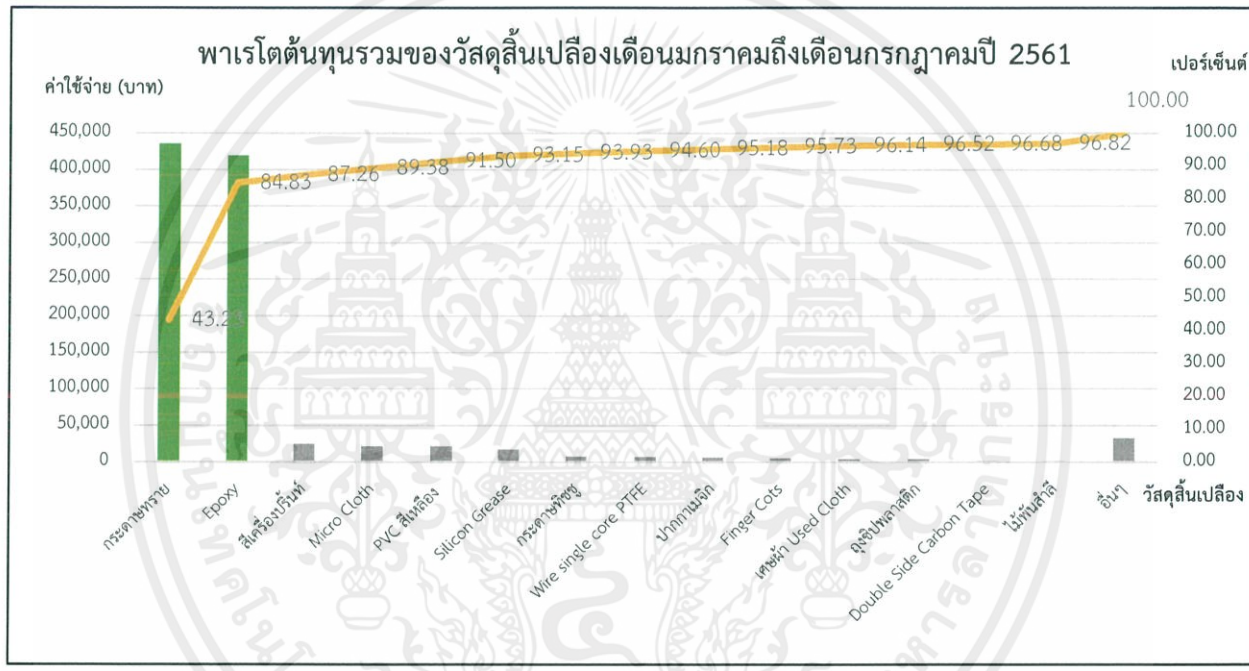


รูปที่ 3.3 ลำดับการทำงานของส่วนงาน Microsection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การศึกษาสภาพปัจจุบันของต้นทุนรวมภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ

จากรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองในแต่ละเดือนของปี 2561 มีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองในเดือนมกราคมถึงกรกฎาคมของปี 2561 โดยใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) ร่วมกับกฎ 80 : 20 เพื่อวิเคราะห์หาวัสดุสิ้นเปลืองจำนวน 20 เปอร์เซ็นต์หรือน้อยกว่าแต่กลับส่งผลทำให้เกิดเป็นต้นทุนรวมมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาเป็นดังรูปที่ 3.4 โดยแกนตั้งทางซ้าย คือ ค่าใช้จ่ายของวัสดุสิ้นเปลืองต่อเดือน (บาท) แกนตั้งทางขวา คือ เปอร์เซ็นต์ของวัสดุสิ้นเปลืองแต่ละชนิด และแกนนอน คือ วัสดุสิ้นเปลืองแต่ละชนิด โดยรายการวัสดุสิ้นเปลืองที่ปรากฏอยู่ในแผนภูมิพาเรโตด้านล่าง มีการใช้งานเป็นไปดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.4 พาเรโตต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคมปี 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 รายการวัสดุสิ้นเปลืองและการใช้งานต่าง ๆ

วัสดุสิ้นเปลือง	การใช้งาน
กระดาษทราย	ใช้ขัดตั้งงานและขัดงานประกอบด้วยเบอร์ 180 600 และ 1200
Epoxy	อีพอกซีที่ใช้ในการทำตัวเรือน ประกอบด้วย Resin และ Hardener
PVC สีเหลือง	ท่อพีวีซีที่นำมาใช้เป็นตัวเรือนในการขัดไมโคร
Micro Cloth	ผ้าไมโครใช้สำหรับเช็ดน้ำหรือเช็ดสิ่งสกปรกภายในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน
Silicon Grease	ทาก่อนวางงานและท่อพีวีซีเพื่อป้องกันการติดหรือละลายของท่อติดกับเตา
Finger Cots	ถุงมือนิ้วใช้ในเวลาขัดงานเพื่อป้องกันนิ้วของผู้ขัด
กระดาษทิชชู	ใช้หลังจากกัดกรดแยกชั้นงานเสร็จโดยต้องเช็ดทันทีเพื่อไม่ให้ตัวงานเกิดออกไซด์
ปากกาเมจิก	ใช้เพื่อเขียน Part No.งาน เอกสารต่าง ๆ รวมไปถึงผลการทดสอบ
เศษผ้า Used Cloth	เศษผ้าที่นำมาใช้ในการเช็ดพื้นที่ในการทำงาน
ถุงซิปพลาสติก	ใช้เมื่อส่งงานพร้อมตัวเรือนที่ทำการทดสอบแล้วให้กับลูกค้าหรือผู้ที่นำงานมาทดสอบ
ไม้พันสำลี	ใช้ในขั้นตอนการกัดกรดแยกชั้นโดยใช้ม้พันสำลีในการจุ่มน้ำยาแยกชั้นทาบนตัวเรือน
Double Side Carbon Tape	เทปที่แปะบนตัวเรือนที่สมบูรณ์แล้วเพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์บนชิ้นงาน
Wire single core PTFE	สายไฟที่ใช้ต่อกับบอร์ดภายในห้อง QA-Center Lab.
สีเครื่องปริ้นท์	ใช้ในการพิมพ์ใบการตรวจสอบคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4 แนวโน้มของต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองในแต่ละเดือนเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ต้นทุนวัสดุสิ้นเปลืองร้อยละ 80 ของทุกเดือน ประกอบด้วยกระดาษทรายและอีพอกซีโดยสลับกันเป็นอันดับที่ 1 และ 2 ในทุก ๆ เดือน แสดงข้อมูลเป็นผลการใช้วัสดุสิ้นเปลืองทั้ง 2 ประเภทในแต่ละเดือนออกมาเป็นดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ต้นทุนรวมของกระดาษทรายและอีพอกซีในเดือนมกราคมถึงกรกฎาคม 2561

เดือน	ต้นทุนวัสดุสิ้นเปลือง (บาท/เดือน)		เปอร์เซ็นต์ต้นทุนวัสดุสิ้นเปลือง		
	กระดาษทราย	อีพอกซี	กระดาษทราย	อีพอกซี	รวม
มกราคม	54,109	35,700	50.52	33.33	83.85
กุมภาพันธ์	65,049	50,400	48.31	37.43	85.74
มีนาคม	71,400	62,596	44.79	39.27	84.06
เมษายน	43,930	66,675	33.03	50.13	83.16
พฤษภาคม	73,809	70,875	44.39	42.63	87.03
มิถุนายน	67,502	68,775	43.61	44.43	88.04
กรกฎาคม	68,236	55,125	44.98	36.34	81.32

จากรูปที่ 3.4 และตารางที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าต้นทุนรวมของวัสดุสิ้นเปลืองภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ประกอบด้วยวัสดุสิ้นเปลือง 2 ชนิด คือ อีพอกซีและกระดาษทราย ทำให้ผู้วิจัยแบ่งส่วนของการศึกษา วิธีการดำเนินงาน และค้นหาแนวทางการแก้ไขเป็น 2 ส่วนที่แยกต่อกันอย่างชัดเจนเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้อ่าน คือ อีพอกซีและกระดาษทราย โดยจากการวิเคราะห์หาว่าทำไมจึงมีการใช้อีพอกซีและกระดาษทรายสิ้นเปลือง พบว่ามีการทิ้งอีพอกซีและกระดาษทรายโดยสูญเปล่าเป็นจำนวนมาก ซึ่งวิธีการแก้ไขปัญหาจะกล่าวอย่างละเอียดในบทที่ 4 และ 5 ต่อไป โดยผู้วิจัยได้กำหนดดัชนีชี้วัดความสำเร็จ 4 ดัชนี คือ ปริมาณการสูญเสียอีพอกซีจากการที่ท่อไม่ได้ระนาบ น้ำหนักอีพอกซีที่ทิ้งเมื่อผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1 จำนวนตัวเรือนที่ขัดได้ต่อกระดาษทราย 1 แผ่น และผลิตภาพ (Productivity) ของการใช้กระดาษทราย โดยมีเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนของวัสดุสิ้นเปลืองในการทำ Microsection ต่อเดือน ดังวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

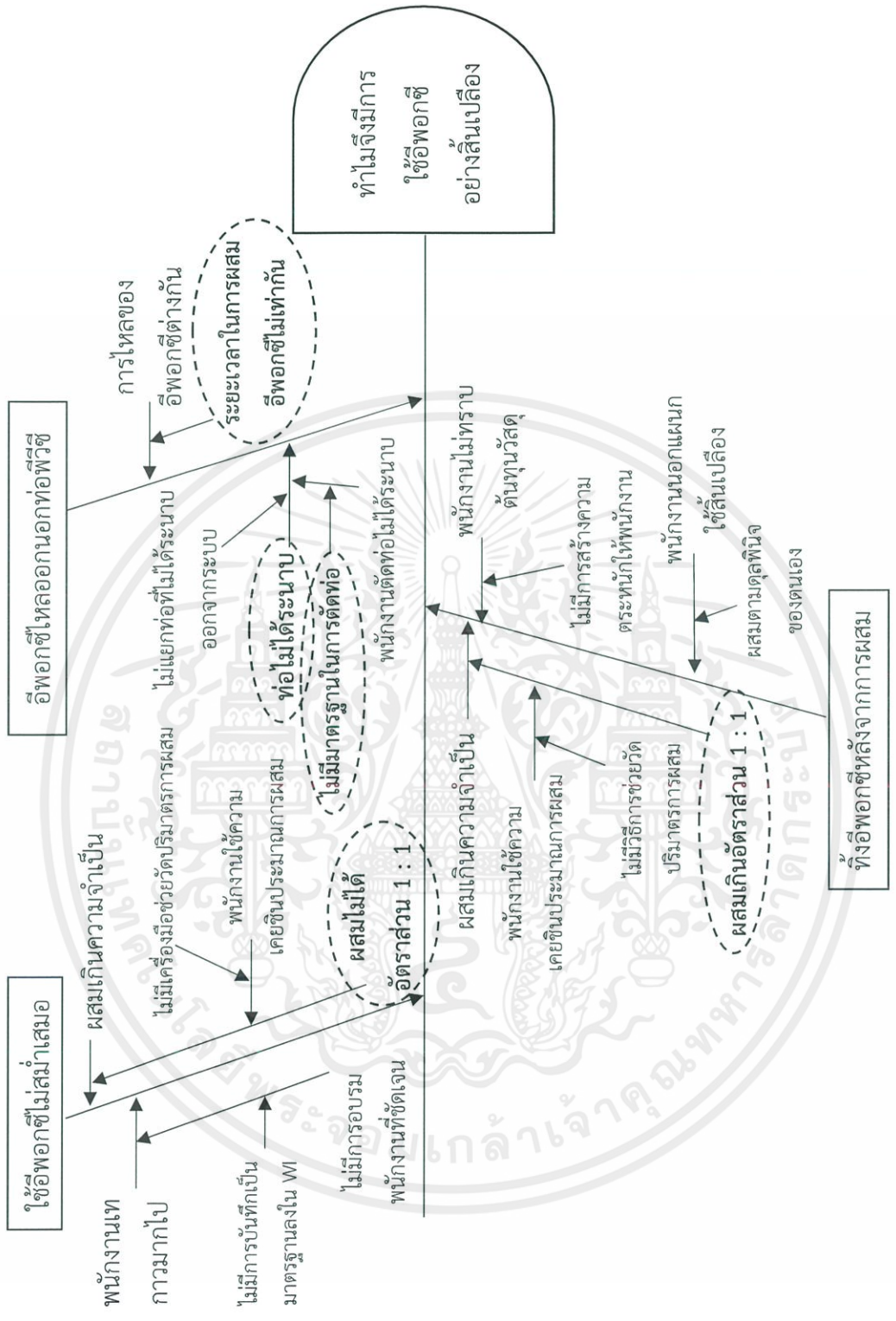
การลดต้นทุนอีพอกซี

เนื้อหาในบทนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการหาสาเหตุรากเหง้าและการแก้ไขปัญหาของการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง โดยเนื้อหาแบ่งออกเป็นหัวข้อ ๆ โดยมีการศึกษาสภาพปัจจุบัน สาเหตุรากเหง้า และแนวทางการแก้ไขของปัญหาที่พบ

4.1 สาเหตุรากเหง้าของปัญหาการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และศึกษาถึงสาเหตุรากเหง้า (Root Causes) ที่ส่งผลให้เกิดปัญหา **“การใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง”** โดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) พบว่าสาเหตุรากเหง้าของการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง ได้แก่ **“ท่อพีวีซีในการทำตัวเรือนไม่ได้ระนาบ” “ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีไม่เท่ากัน” และ “การผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1”** แสดงดังรูปที่ 4.1 ผู้วิจัยแบ่งการศึกษาสภาพปัจจุบัน แนวทางการแก้ไขปัญหา เป็นหัวข้อตามลำดับสาเหตุรากเหง้าทั้ง 3 หัวข้อ ตามลำดับ

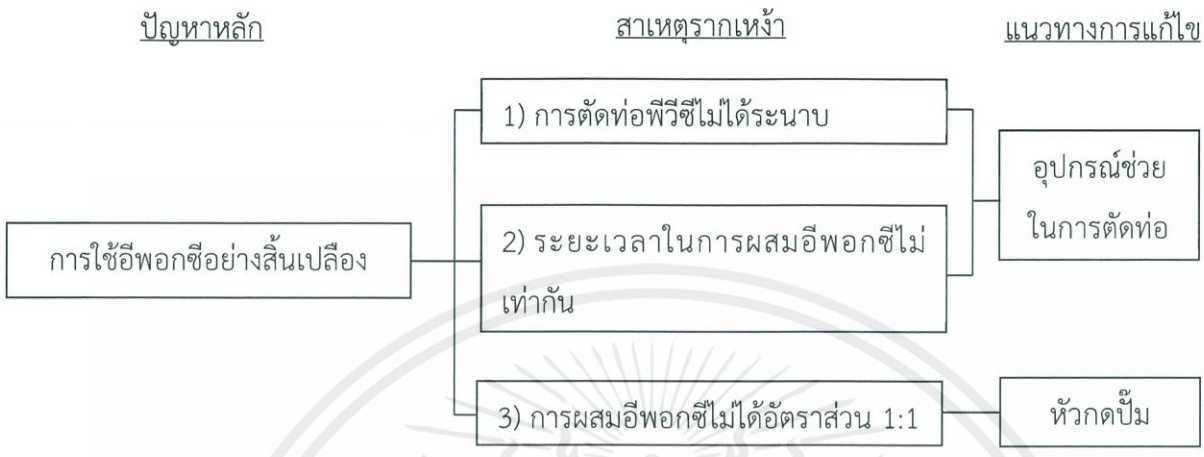
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงเหตุและผลของการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 แผนผังแสดงเหตุและผลของปัญหาการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลืองพบสาเหตุรากเหง้า 3 สาเหตุ ผู้วิจัยจึงได้ทำการคิดหาแนวทางแก้ไขเบื้องต้นเพื่อลดการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง เป็นไปตามแผนผังต้นไม้ (Tree Diagram) ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram) ของปัญหาการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจผู้วิจัยจึงแบ่งเนื้อหาออกเป็นหัวข้อใหญ่ตามสาเหตุรากเหง้าทั้ง 3 ประการตามลำดับคือ การตัดท่อพีวีซีเพื่อใช้ในการทำตัวเรือนไม่ได้ระนาบ ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีไม่เท่ากัน และการผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1 โดยในแต่ละหัวข้อประกอบด้วยการศึกษาสภาพปัจจุบัน แนวทางการแก้ไข และผลหลังจากการนำวิธีแก้ไขเหล่านั้นไปใช้ว่าเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นหรือแย่ลงอย่างไร ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาสภาพปัจจุบันของการตัดท่อพีวีซีเพื่อใช้ในการทำตัวเรือนไม่ได้ระนาบ

เนื่องจากการตัดท่อพีวีซีเพื่อทำตัวเรือนขัดไมโครในปัจจุบันใช้คีมตัดท่อ ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า **“หากท่อที่ได้จากคีมตัดท่อไม่ได้ระนาบ จะส่งผลให้สูญเสียอีพอกซี”** เนื่องจากไม่มีการจับท่อพีวีซีที่มั่นคง ไม่มี Stopper ใช้ในการหยุดท่อเพื่อตัดให้ได้ขนาดที่เท่ากันทุกครั้ง จึงอาจส่งผลให้ท่อพีวีซีไม่ได้ระนาบทำให้อีพอกซีไหลออกนอกท่อจนนำไปสู่การทิ้งอีพอกซีจากการตกแต่งตัวเรือน เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ว่าถูกต้องหรือไม่ จึงทำให้ผู้วิจัยคิดออกแบบการทดลองเพื่อหาคำตอบของสมมติฐานดังกล่าว โดยวิธีการทดลองเป็นไปตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ในการทำการทดลองให้พร้อม ได้แก่ Gauge box, หินแกรนิต, ท่อพีวีซีที่ตัดโดยพนักงานแต่ละกะ, แท่นวางเครื่องมือ และLayer Type Dial Indicator ดังแสดงในรูปที่ 4.3

(ก) Gauge box

(ข) หินแกรนิต

(ค) ท่อพีวีซีที่ตัดโดยพนักงานแต่ละกะ

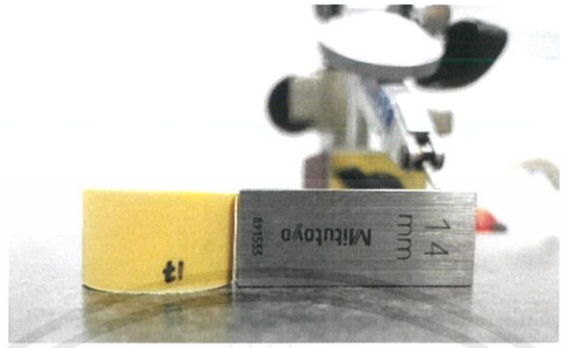
(ง) แท่นวางเครื่องมือและ Layer Type Dial Indicator

รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองท่อไม่ได้ระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

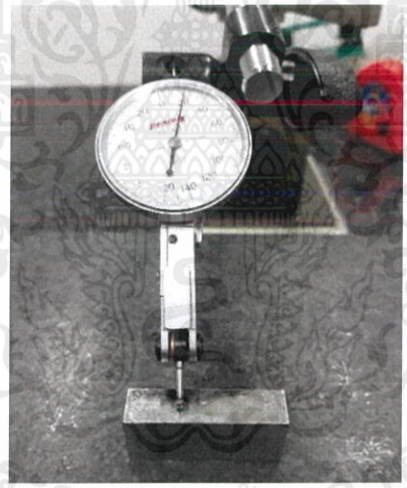
2) ทำการปรับตั้งให้หน้าปัดเข็มวัดอยู่ที่จุดศูนย์ (Set zero) และทำการล็อค (Fixed) ตำแหน่งนั้นไว้

3) วัดระดับความสูงของท่อพีวีซีโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ (หรือใช้การคาดคะเนจากสายตา) จากนั้นนำจุดที่ต่ำที่สุดของท่อเทียบกับ Gauge box ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การนำจุดที่ต่ำที่สุดของท่อเทียบกับ Gauge box

4) นำ Layer Type Dial Indicator มาวัดระดับความสูงพื้นฐานกับ Gauge box ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3) โดยค่าที่อ่านได้ในขั้นตอนนี้เป็นค่าอ้างอิงในการวัดระนาบของท่อในขั้นตอนต่อไป (ค่าที่อ่านได้เป็นการกำหนดให้เครื่องมือหาจุดอ้างอิงที่เป็นศูนย์อีกครั้ง) ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การหาจุดอ้างอิงในการวัดระนาบของท่อ

5) นำท่อพีวีซีตัวอย่างที่สุ่มจากแต่ละกะมาวัดเพื่อดูระนาบของท่อพีวีซีแต่ละอัน (โดย 1 ช่องของ Layer Type Dial Indicator = 0.002 มิลลิเมตร) แล้วบันทึกผลเมื่อเข็ม (Probe) วนกลับมายังจุดเริ่มต้นที่กำหนดไว้ โดยบันทึกค่าความไม่ได้ระนาบที่มากที่สุดของท่อแต่ละท่อ ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 การวัดความไม่ได้ระนาบของท่อ

6) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3 จนบันทึกผลความไม่ได้ระนาบของท่อพีวีซีครบทั้ง 30 ท่อ

7) นำท่อทั้ง 30 ท่อ ชั่งน้ำหนักท่อเปล่า เพื่อเป็นน้ำหนักอ้างอิง

8) เทอีพอกซีที่ผสมโดยใช้อัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร (2 กรัม) จากนั้นนำท่อที่มีอีพอกซีที่แข็งตัวแล้วไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง และบันทึกผล ดังรูปที่ 4.7

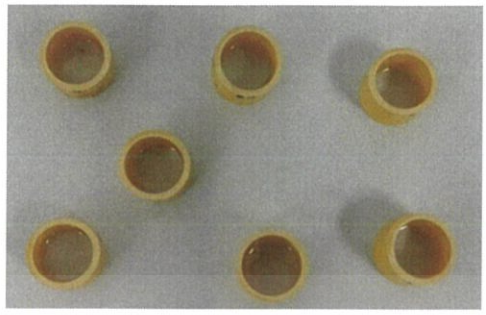
(ก) เทอีพอกซีลงในท่อพีวีซี

(ข) ชั่งน้ำหนักท่อพร้อมอีพอกซี

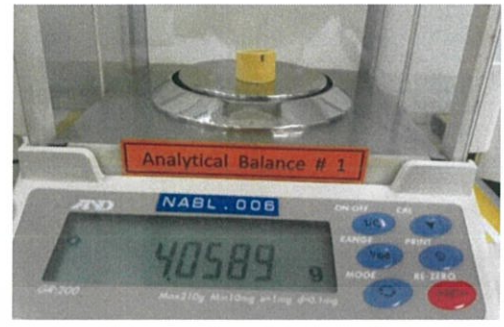
รูปที่ 4.7 การเทอีพอกซีและนำไปชั่งน้ำหนัก

9) ตกแต่งตัวเรือนโดยตัดอีพอกซีที่ล้นออกนอกท่อ แล้วนำท่อไปชั่งน้ำหนักครั้งสุดท้าย บันทึกผล ดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ท่อพีวีซีที่ถูกตัดแต่งแล้ว



(ข) ชั่งน้ำหนักท่ออีกครั้ง

รูปที่ 4.8 ท่อพีวีซีที่ถูกตกแต่งแล้วและนำไปชั่งน้ำหนักครั้งสุดท้าย

10) นำผลที่ได้จากการทดลองคือ น้ำหนักท่อเปล่า, น้ำหนักท่อเมื่ออีพอกซีแข็งตัว, น้ำหนักท่อหลังการตกแต่ง, ความไม่ได้ระนาบของท่อทั้ง 30 ท่อ เพื่อนำไปหาสัดส่วนของการสูญเสียอีพอกซี โดยตารางเก็บข้อมูลและผลการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างตารางการเก็บข้อมูลผลการทดลองท่อไม่ได้ระนาบ

ลำดับ	ความไม่ได้ระนาบ (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)					สูญเสียอีพอกซี (เปอร์เซ็นต์)
		ท่อเปล่า	ท่อหลังเทอีพอกซี	ท่อหลังตัดอีพอกซี	อีพอกซีที่สูญเสีย	น้ำหนักอีพอกซี	

การบันทึกผลการคำนวณในตารางที่ 4.1 เป็นไปตามสมการที่ 4.1 และ 4.2

น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย (กรัม) = น้ำหนักท่อหลังเทอีพอกซี – น้ำหนักท่อหลังตัดอีพอกซี 4.1

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียอีพอกซี = (น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย/น้ำหนักอีพอกซี) × 100 4.2

หมายเหตุ: ใช้ท่อพีวิซีในการทดลอง 30 ท่อ โดยสุ่มจาก 3 กะ กะละ 10 ท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซี (ก่อนปรับปรุง)

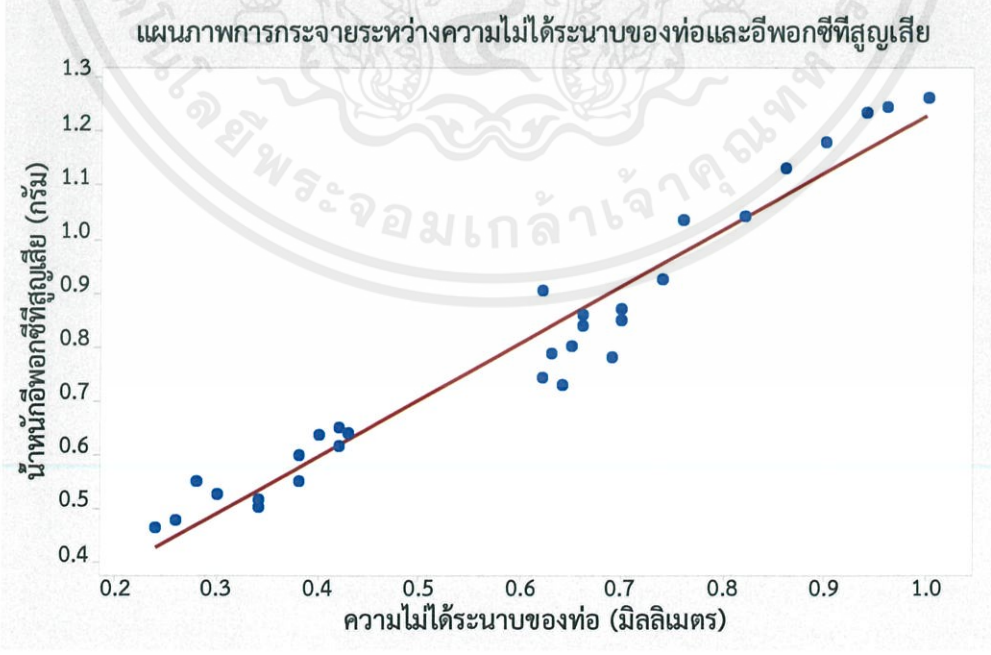
ลำดับ	ความไม่ได้ระนาบ (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)					สูญเสียอีพอกซี (เปอร์เซ็นต์)
		ท่อเปล่า	ท่อหลังเทอีพอกซี	ท่อหลังตัดอีพอกซี	อีพอกซีที่สูญเสีย	อีพอกซี	
1	1.00	3.5701	5.5701	4.3099	1.2602	2.00	63.01
2	0.94	3.3345	5.3345	4.1012	1.2333	2.00	61.67
3	0.96	3.0127	5.0127	3.7696	1.2431	2.00	62.16
4	0.90	2.8047	4.8047	3.6246	1.1801	2.00	59.01
5	0.86	2.7833	4.7833	3.6539	1.1294	2.00	56.47
6	0.82	2.7643	4.7643	3.7225	1.0418	2.00	52.09
7	0.76	2.7402	4.7402	3.7042	1.0360	2.00	51.80
8	0.74	2.7300	4.7300	3.8058	0.9242	2.00	46.21
9	0.70	2.5915	4.5915	3.7225	0.8690	2.00	43.45
10	0.70	2.5488	4.5488	3.7009	0.8479	2.00	42.40
11	0.69	2.5367	4.5367	3.7545	0.7822	2.00	39.11
12	**0.66**	**2.4846**	**4.4846**	**3.6245**	**0.8601**	**2.00**	**43.01**
13	**0.66**	**2.4410**	**4.4410**	**3.6019**	**0.8391**	**2.00**	**41.96**
14	**0.65**	**2.4159**	**4.4159**	**3.6141**	**0.8018**	**2.00**	**40.09**
15	0.64	2.3830	4.3830	3.6540	0.7290	2.00	36.45
16	0.63	2.3520	4.3520	3.5631	0.7889	2.00	39.45
17	0.62	2.3335	4.3335	3.5899	0.7436	2.00	37.18
18	**0.62**	**2.3054**	**4.3054**	**3.4000**	**0.9054**	**2.00**	**45.27**
19	0.43	2.2905	4.2905	3.6521	0.6384	2.00	31.92
20	0.42	2.2850	4.2850	3.6698	0.6152	2.00	30.76
21	**0.42**	**2.2674**	**4.2674**	**3.6180**	**0.6494**	**2.00**	**32.47**
22	0.40	2.2268	4.2268	3.5919	0.6349	2.00	31.75
23	0.38	2.2195	4.2195	3.6200	0.5995	2.00	29.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซี (ก่อนปรับปรุง) (ต่อ)

ลำดับ	ความไม่ได้ระนาบ (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)					สูญเสียอีพอกซี (เปอร์เซ็นต์)
		ท่อเปล่า	ท่อหลังเทอีพอกซี	ท่อหลังตัดอีพกอซี	อีพอกซีที่สูญเสีย	อีพอกซี	
24	0.38	2.1690	4.1690	3.6200	0.5490	2.00	27.45
25	0.34	2.1567	4.1567	3.6394	0.5173	2.00	25.87
26	0.34	2.1430	4.1430	3.6424	0.5006	2.00	25.03
27	0.30	2.1380	4.1380	3.6120	0.5260	2.00	26.30
28	0.28	2.1158	4.1158	3.5642	0.5516	2.00	27.58
29	0.26	2.0478	4.0478	3.5713	0.4765	2.00	23.83
30	0.24	2.0254	4.0254	3.5600	0.4654	2.00	23.27
เฉลี่ย	0.59					เฉลี่ย	39.90

จากผลการทดลองนำความไม่ได้ระนาบของท่อพีวีซี (แกน X) และน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย (แกน Y) มาพล็อตแผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) เพื่อตรวจสอบว่า “ความไม่ได้ระนาบของท่อพีวีซี (ตัวแปรต้น) และน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย (ตัวแปรตาม) มีความสัมพันธ์กันหรือไม่” โดยแผนภาพการกระจายแสดงได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แผนภาพการกระจายระหว่างความไม่ได้ระนาบของท่อและน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย

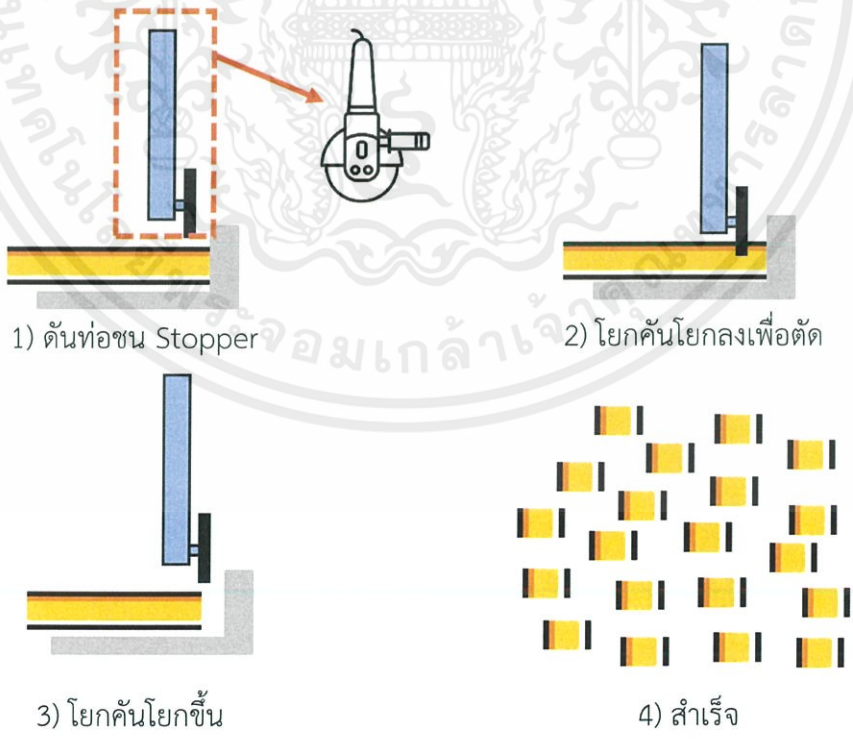
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 เห็นได้ว่าแผนภาพการกระจายระหว่างความไม่ได้ระนาบของท่อและน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย มีความสัมพันธ์แบบสหสัมพันธ์บวก (Positive Correlation) แปลความหมายได้ว่า ถ้าความไม่ได้ระนาบของท่อ (ตัวแปรต้น) มีค่าสูงขึ้นส่งผลให้น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย (ตัวแปรตาม) มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นการแปรผันโดยตรงซึ่งกันและกัน สามารถตอบสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ได้ คือ การใช้คีมตัดท่อในปัจจุบันทำให้ท่อไม่ได้ระนาบและส่งผลทำให้สูญเสียอีพอกซีนั่นเอง

4.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาการตัดท่อพีวีซีไม่ได้ระนาบ

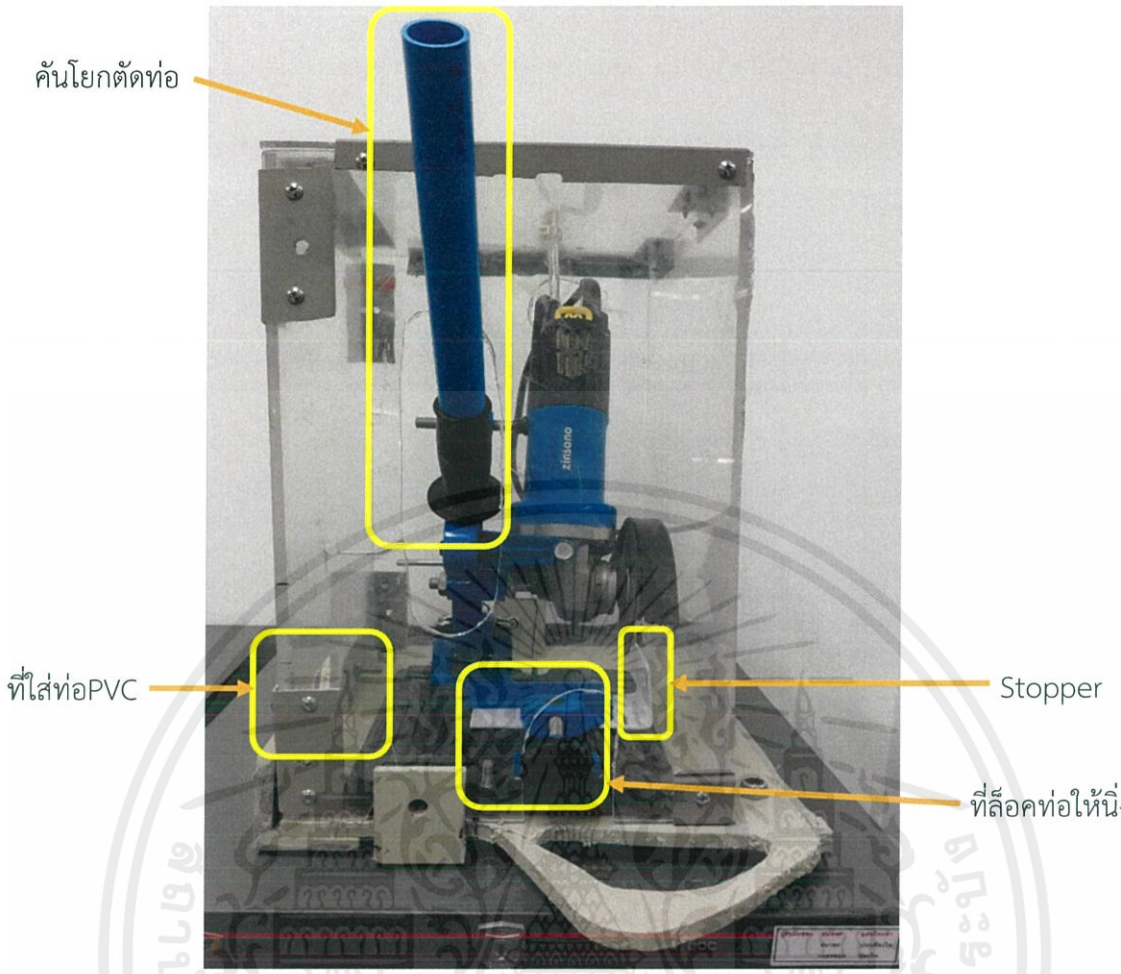
จากรูปที่ 4.9 แผนภาพการกระจายระหว่างความไม่ได้ระนาบของท่อและน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย มีความสัมพันธ์แบบสหสัมพันธ์บวก หมายความว่าหากท่อพีวีซีที่ถูกตัดโดยคีมตัดท่อมีความไม่ได้ระนาบสูงขึ้นจะทำให้สูญเสียอีพอกซีสูงขึ้น ผู้วิจัยจึงคิดหาแนวทางการแก้ไขปัญหานี้ โดยสรุปเป็นแนวทางการแก้ไข 2 ทางเลือก ดังนี้

<u>ทางเลือกที่ 1</u> จัดซื้อเครื่องเจียร แท่นจับเครื่องเจียรโดยทำ Stopper ติดไปกับแท่นจับ ใช้ใบตัดสแตนเลสแบบบาง มีกลไกในการตัดท่อดังรูปที่ 4.10 และติดตั้งระบบเก็บฝุ่นและเสียงให้กับอุปกรณ์ ดังรูปที่ 4.11 โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ มีต้นทุนราคาและผลการทดลองความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซีโดยใช้เครื่องตัดท่อ เป็นดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

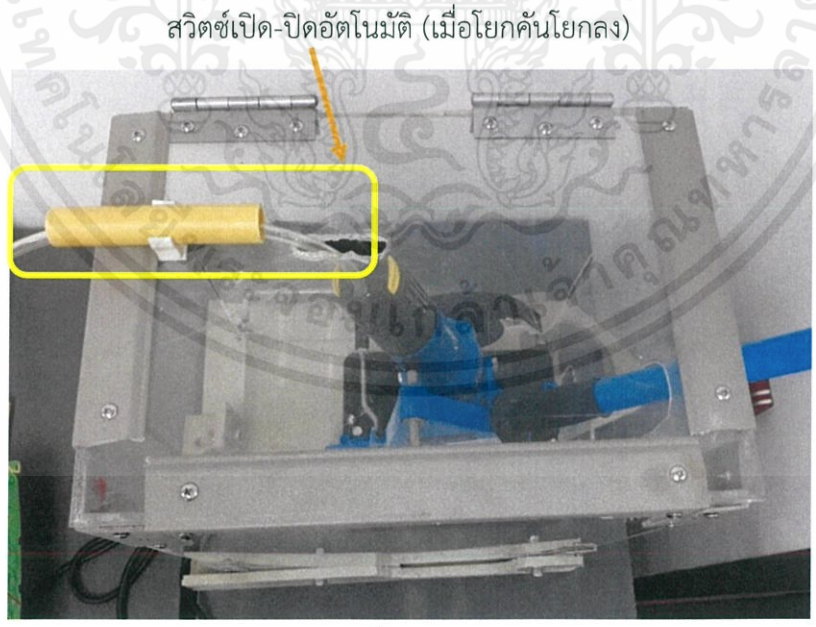


รูปที่ 4.10 กลไกการตัดท่อของเครื่องตัดท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) ด้านหน้า



ข) ด้านบน

รูปที่ 4.11 เครื่องตัดท่อพีวีซี (เครื่องเจียรและใบตัดสแตนเลส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ราคาชุดอุปกรณ์ในการตัดท่อพีวีซีทางเลือกที่ 1

อุปกรณ์	ราคา (บาท/ชิ้น)
เครื่องเจียร 750 วัตต์	1,050
แท่นจับเครื่องเจียร	950
ใบตัดสแตนเลส	13
Stopper ติดกับแท่นจับเครื่องเจียร	-
ระบบเก็บฝุ่นและเสียง	(ใช้อุปกรณ์ภายในบริษัท)
รวม	2,013

การคิดค่าไฟฟ้าต่อเดือน เป็นไปตามสมการ 4.3 และ 4.4 โดยค่าไฟฟ้าต่อเดือนเป็น 739.83 บาท ตามวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

หน่วยการใช้ไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) X จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อเดือน 4.3

= (0.75 kW) X (28 ชั่วโมง/เดือน) = 21 หน่วย/เดือน

กำลังไฟฟ้า (kW) = 750 วัตต์ / 1000 = 0.75 kW

จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อเดือน = $\left(1 \frac{\text{ชั่วโมง}}{\text{วัน}}\right) \text{X} \left(7 \frac{\text{วัน}}{\text{สัปดาห์}}\right) \text{X} \left(4 \frac{\text{สัปดาห์}}{\text{เดือน}}\right)$ = 28 ชั่วโมง/เดือน

ค่าไฟฟ้าต่อเดือน = ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย X หน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อเดือน 4.4

= (35.23 บาท/หน่วย) X 21 หน่วย/เดือน = 739.83 บาท/เดือน

ต้นทุน : 2,013 บาท/เครื่อง + 739.83 บาท/เดือน

ข้อดี : จัดหาอุปกรณ์ได้ง่ายเพราะมีรูปแบบสำเร็จรูปมาจากทางบริษัท ราคาไม่สูงมาก

ตัดท่อได้รวดเร็ว สะดวก ไม่เกิดการเมื่อยล้า

หากมีการชำรุดของเครื่องมือสามารถให้พนักงานซ่อมบำรุงแก้ไขปัญหาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย : เกิดเสียงในการตัดและฝุ่นเกิดจากอุปกรณ์การตัดท่อ รบกวนสมาธิในการทำงาน

ในการตัดท่อให้ได้ระนาบมือของพนักงานต้องมีความนิ่งในระดับหนึ่ง

ฝุ่นจากการตัดท่ออาจเข้าไปติดในเครื่องเจียร ทำให้เครื่องเกิดการชำรุดได้

ข้อเสนอแนะ ในการออกแบบที่ครอบกันฝุ่น เสียง และออกแบบ Stopper ในวิจัยเล่มนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาและแสดงให้เห็นว่าเครื่องตัดท่อสามารถทำงานได้จริง โดยใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีภายในบริษัทจึงอาจทำให้เครื่องไม่สมบูรณ์ หากอนาคตทางบริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) มีการใช้เครื่องตัดนี้อย่างถาวรต้องติดตั้งระบบดูดฝุ่น รางสอดท่อ รางรองรับท่อ ให้คงทนถาวรเพื่อให้เครื่องตัดท่อมีความสมบูรณ์และไม่ก่อให้เกิดมลพิษแก่พนักงาน

ผู้วิจัยทำการทดลองเพื่อทดสอบว่าท่อพีวีซีที่ได้จากเครื่องตัดท่อมีความได้ระนาบมากกว่าคีมตัดท่อที่ใช้ในปัจจุบันหรือไม่ โดยทำการทดลองเหมือนหัวข้อที่ 4.2 แต่เปลี่ยนท่อที่ใช้ในการทดลองเป็นท่อที่ได้จากเครื่องตัดท่อ ผลการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซีโดยใช้เครื่องตัดท่อ

ลำดับ	ความไม่ได้ระนาบ (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)					สูญเสียอีพอกซี (เปอร์เซ็นต์)
		ท่อเปล่า	ท่อหลังเทอีพอกซี	ท่อหลังตัดอีพกอซี	อีพอกซีที่สูญเสีย	อีพอกซี	
1	0.23	2.0243	4.0243	3.7070	0.3173	2.00	15.87
2	0.22	2.0241	4.0241	3.6985	0.3256	2.00	16.28
3	0.22	2.0242	4.0242	3.7450	0.2792	2.00	13.96
4	0.21	2.0237	4.0237	3.7780	0.2457	2.00	12.29
5	0.20	2.0238	4.0238	3.7869	0.2369	2.00	11.85
6	0.20	2.0237	4.0237	3.7620	0.2617	2.00	13.09
7	0.20	2.0235	4.0235	3.7567	0.2668	2.00	13.34
8	0.18	2.0240	4.0240	3.8706	0.1534	2.00	7.67
9	0.16	2.0244	4.0244	3.8674	0.1570	2.00	7.85
10	0.16	2.0245	4.0245	3.8659	0.1586	2.00	7.93

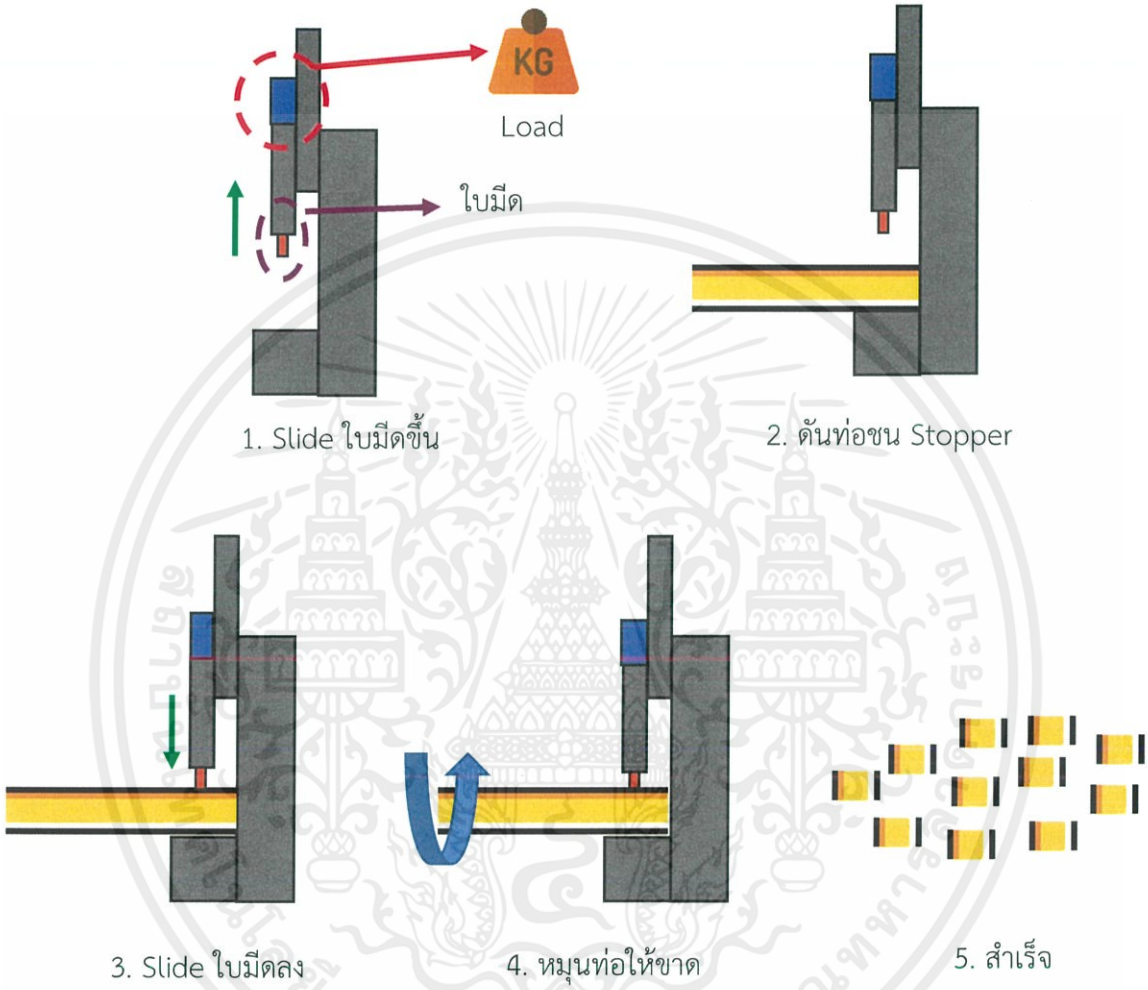
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซีโดยใช้เครื่องตัดท่อ (ต่อ)

ลำดับ	ความไม่ได้ระนาบ (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)					สูญเสียอีพอกซี (เปอร์เซ็นต์)
		ท่อเปล่า	ท่อหลังเทอีพอกซี	ท่อหลังตัดอีพกอซี	อีพอกซีที่สูญเสีย	อีพอกซี	
11	0.14	2.0230	4.0230	3.8832	0.1398	2.00	6.99
12	0.13	2.0310	4.0310	3.8830	0.1480	2.00	7.40
13	0.13	2.0316	4.0316	3.8900	0.1416	2.00	7.08
14	0.13	2.0400	4.0400	3.8790	0.1610	2.00	8.05
15	0.12	2.0500	4.0500	3.8921	0.1579	2.00	7.89
16	0.10	2.0567	4.0567	3.9020	0.1547	2.00	7.74
17	0.10	2.0321	4.0321	3.9019	0.1302	2.00	6.51
18	0.10	2.1020	4.1020	3.9672	0.1348	2.00	6.74
19	0.08	2.0850	4.0850	4.0021	0.0829	2.00	4.14
20	0.08	2.0765	4.0765	4.0321	0.0444	2.00	5.25
21	0.08	2.0930	4.0930	3.9880	0.1050	2.00	2.22
22	0.07	2.0120	4.0120	3.9521	0.0599	2.00	3.00
23	0.06	2.0987	4.0987	4.0987	0.0000	2.00	0.00
24	0.05	2.0321	4.0321	4.0320	0.0001	2.00	0.00
25	0.05	2.0522	4.0522	4.0522	0.0000	2.00	0.00
26	0.04	2.0412	4.0412	4.0412	0.0000	2.00	0.00
27	0.04	2.1240	4.1240	4.1240	0.0000	2.00	0.00
28	0.03	2.0650	4.0650	4.0650	0.0000	2.00	0.00
29	0.00	2.0800	4.0800	4.0800	0.0000	2.00	0.00
30	0.00	2.0554	4.0554	4.0554	0.0000	2.00	0.00
เฉลี่ย	0.12					เฉลี่ย	6.44

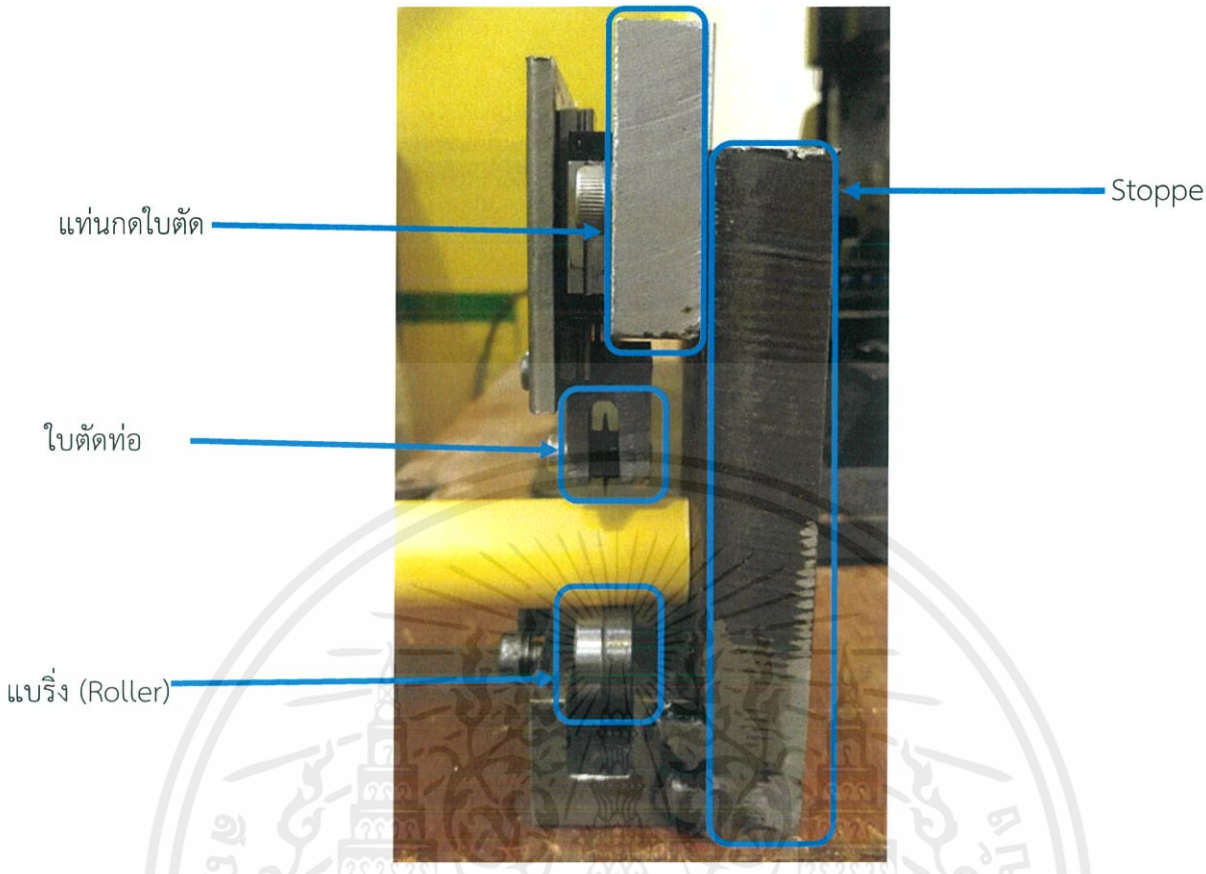
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเลือกที่ 2 ประดิษฐ์เครื่องต้นแบบ 1 ช่วยในการตัดท่อพีวีซี ซึ่งกลไกในการตัดท่อเป็นไปตามรูปที่ 4.12 ลักษณะรูปลักษณ์ของเครื่องต้นแบบ 1 เป็นไปตามดังรูปที่ 4.13 โดยออกแบบขึ้นมาเพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น เครื่องต้นแบบ 1 มีต้นทุนราคาและผลการทดลองความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซี เป็นดังตารางที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.12 กลไกการตัดท่อของเครื่องต้นแบบ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) ด้านข้าง

ข) ด้านหน้า

รูปที่ 4.13 เครื่องต้นแบบ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ราคาชุดอุปกรณ์ในการตัดท่อพีวีซีทางเลือกที่ 2

อุปกรณ์	ราคา (บาท/ชิ้น)
เหล็ก	500
รางสไลด์ใบมีด	200
ใบมีดตัดท่อทองแดง	60
ค่าแรงในการทำ	300
รวม	1,060

ต้นทุน : 1,060 บาท/เครื่อง

ข้อดี : สามารถปรับเข้ากับหน้างานจริงได้ง่ายและกำหนดรูปแบบตัวเครื่องได้ตามที่ต้องการ

ไม่เกิดเสียงและฝุ่นจากการตัดท่อพีวีซี เป็นวิธีการตัดท่อที่ได้ระนาบมากที่สุด

เครื่องเล็กกะทัดรัด สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย

ข้อเสีย : ต้องประยุกต์ใช้ความรู้ในการออกแบบอุปกรณ์และอาจต้องมีการปรับแก้เครื่องมือ

เป็นการตัดท่อที่ใช้ระยะเวลามากกว่าทางเลือกอื่น ๆ

หากเกิดการชำรุดของเครื่องมือต้องได้รับการซ่อมจากบุคคลที่เข้าใจอุปกรณ์

<u>ข้อเสนอแนะ</u> ในอนาคตเครื่องต้นแบบ 1 สามารถปรับให้เป็นระบบอัตโนมัติได้โดยใช้มอเตอร์ร่วมกับระบบนิวเมติกส์ (กระบอกสูบ) จะทำให้พนักงานปฏิบัติงานโดยใส่ท่อและดันให้ชิดเหล็กที่ทำหน้าที่เป็น Stopper เท่านั้น จากนั้นระบบนิวเมติกส์จะดันใบมีดลงเพื่อตัดท่อพร้อมกันกับมอเตอร์ที่จะทำการหมุนท่อเพื่อให้ใบมีดตัดท่อให้ขาด

ผู้วิจัยทำการทดลองเพื่อทดสอบว่าท่อพีวีซีที่ได้จากเครื่องต้นแบบ 1 มีความได้ระนาบมากกว่าคีมตัดท่อที่ใช้ในปัจจุบันหรือไม่ โดยทำการทดลองเหมือนหัวข้อที่ 4.2 แต่เปลี่ยนท่อที่ใช้ในการทดลองเป็นท่อที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องต้นแบบ 1 ผลการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซีโดยใช้เครื่องต้นแบบ 1

ลำดับ	ความไม่ได้ระนาบ (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)					สูญเสียอีพอกซี (เปอร์เซ็นต์)
		ท่อเปล่า	ท่อหลังเทอีพอกซี	ท่อหลังตัดอีพกอซี	อีพอกซีที่สูญเสีย	อีพอกซี	
1	0.07	2.0344	4.0344	4.0344	0.0000	2.00	0.00
2	0.07	2.0400	4.0400	4.0400	0.0000	2.00	0.00
3	0.07	2.0390	4.0390	4.0390	0.0000	2.00	0.00
4	0.06	2.0401	4.0401	4.0401	0.0000	2.00	0.00
5	0.06	2.1200	4.1200	4.1200	0.0000	2.00	0.00
6	0.05	2.0640	4.0640	4.0640	0.0000	2.00	0.00
7	0.05	2.0553	4.0553	4.0553	0.0000	2.00	0.00
8	0.04	2.0438	4.0438	4.0438	0.0000	2.00	0.00
9	0.04	2.0522	4.0522	4.0522	0.0000	2.00	0.00
10	0.03	2.0691	4.0691	4.0691	0.0000	2.00	0.00
11	0.03	2.0341	4.0341	4.0341	0.0000	2.00	0.00
12	0.03	2.1097	4.1097	4.1097	0.0000	2.00	0.00
13	0.03	2.0661	4.0661	4.0661	0.0000	2.00	0.00
14	0.03	2.0753	4.0753	4.0753	0.0000	2.00	0.00
15	0.02	2.0490	4.0490	4.0490	0.0000	2.00	0.00
16	0.02	2.0346	4.0346	4.0346	0.0000	2.00	0.00
17	0.02	2.0199	4.0199	4.0199	0.0000	2.00	0.00
18	0.02	2.0311	4.0311	4.0311	0.0000	2.00	0.00
19	0.02	2.0650	4.0650	4.0650	0.0000	2.00	0.00
20	0.02	2.0333	4.0333	4.0333	0.0000	2.00	0.00
21	0.01	2.0711	4.0711	4.0711	0.0000	2.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความไม่ได้ระนาบของท่อและการสูญเสียอีพอกซีโดยใช้เครื่องต้นแบบ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ความไม่ได้ระนาบ (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)					สูญเสียอีพอกซี (เปอร์เซ็นต์)
		ท่อเปล่า	ท่อหลังเทอีพอกซี	ท่อหลังตัดอีพกอซี	อีพอกซีที่สูญเสีย	อีพอกซี	
22	0.01	2.0396	4.0396	4.0396	0.0000	2.00	0.00
23	0.00	2.0671	4.0671	4.0671	0.0000	2.00	0.00
24	0.00	2.0556	4.0556	4.0556	0.0000	2.00	0.00
25	0.00	2.0490	4.0490	4.0490	0.0000	2.00	0.00
26	0.00	2.0341	4.0341	4.0341	0.0000	2.00	0.00
27	0.00	2.0769	4.0769	4.0769	0.0000	2.00	0.00
28	0.00	2.0412	4.0412	4.0412	0.0000	2.00	0.00
29	0.00	2.0646	4.0646	4.0646	0.0000	2.00	0.00
30	0.00	2.0561	4.0561	4.0561	0.0000	2.00	0.00
เฉลี่ย	0.03					เฉลี่ย	0.00

ผู้วิจัยได้ทดลองแก้ไข **"ท่อพีวีซีไม่ได้ระนาบ"** ซึ่งเป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหาการสูญเสียอีพอกซีจากการทำงานโดยใช้ทั้ง 2 ทางเลือก คือ เครื่องตัดท่อและเครื่องต้นแบบ 1 ตามลำดับ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ทางเลือกที่ 1 เมื่อทดลองใช้เครื่องเจียรในการตัดท่อพีวีซีพบว่าท่อที่ได้จากการตัดเรียบเป็นระนาบเดียวกันทั้งหมด แต่จะเกิดเศษขุยพลาสติกของท่อจากการตัด แต่ท่อที่ได้จะมีความได้ระนาบมากกว่าการใช้คีมตัดท่อที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ส่งผลให้การเทอีพอกซีในขั้นตอนถัดไปสิ้นเปลืองลดลง เนื่องจากท่อที่ตัดมีระนาบมากขึ้นทำให้อีพอกซีไหลออกจากท่อลดลง ดังผลในตารางที่ 4.4 เห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์อีพอกซีที่สูญเสียเหลือเพียง 6.44 จาก 39.90 และทำให้การตัดท่อของพนักงานง่ายและเร็วยิ่งขึ้นเพราะใช้แค่การโยกคันโยกในการตัดเท่านั้น แต่ก็พบปัญหาจากเครื่องตัดท่อเช่นกัน คือ การเกิดเสียงดังและฝุ่นรบกวนการทำงานของพนักงานซึ่งต้องมีการพัฒนาต่อยอดเครื่องตัดท่อนี้ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเลือกที่ 2 ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องต้นแบบ 1 ร่วมกับทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อทดลองตัดท่อพีวีซีแล้วพบว่าท่อที่มีความได้ระนาบมากที่สุด ซึ่งเกิดจากการปรับแก้การออกแบบจนได้คำตอบที่ดีที่สุดซึ่งดูได้จากการผลการทดลองในตารางที่ 4.6 เห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียอีพอกซีเป็น 0.00 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถกำจัดงานในบางขั้นตอนได้ คือ การตกแต่งอีพอกซีที่ล้นออกมานอกท่อก่อนการขัดกระดาษทรายและไม่ทำให้เกิดฝุ่นและเสียงรบกวนการปฏิบัติงานของพนักงาน แต่เครื่องต้นแบบ 1 มีข้อเสียอยู่ 1 ประการคือ พนักงานอาจเกิดการเมื่อยล้าจากการหมุนท่อเพื่อให้ใบมีดตัดท่อให้ขาด

ทางเลือกในการปรับปรุงการตัดท่อพีวีซีที่ใช้ในการทำตัวเรือนทั้ง 2 ทางเลือก สามารถสรุปมีข้อดีข้อเสียต่าง ๆ เปรียบเทียบกันได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์การตัดท่อทั้ง 2 ทางเลือก

หัวข้อเปรียบเทียบ	คีมตัดท่อ	ทางเลือกในการแก้ปัญหา	
		เครื่องตัดท่อ	เครื่องต้นแบบ 1
ค่าไฟฟ้า	-	739.83 บาท/เดือน	-
เวลาที่ใช้ในการตัดท่อ 1 ท่อ	7 วินาที	3 วินาที	15 วินาที
ความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์	ทุก ๆ 1 เดือน	มากกว่า 6 เดือน	มากกว่า 6 เดือน
ข้อเสียของอุปกรณ์	- เมื่อยล้าจากการใช้คีม - ท่อไม่ได้ระนาบ - สูญเสียอีพอกซีมากที่สุด - หากชำรุดต้องซื้อใหม่	- เกิดฝุ่นและเสียง - อุปกรณ์ต้องใช้ไฟฟ้า	- เมื่อยล้าจากการหมุนท่อ - หากชำรุดอาจไม่สามารถซ่อมเองได้
ข้อดีของอุปกรณ์	- ไม่เกิดฝุ่นพลาสติก - อุปกรณ์ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า	- ตัดท่อเร็วและง่าย - ท่อได้ระนาบเป็นอันดับที่ 2 - อุปกรณ์หาซื้อได้ทั่วไป	- ไม่เกิดฝุ่นและเสียง - ท่อได้ระนาบมากที่สุด - อุปกรณ์ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า
ระนาบของท่อเฉลี่ย	0.59 มิลลิเมตร	0.12 มิลลิเมตร	0.03 มิลลิเมตร
การสูญเสียอีพอกซีเฉลี่ย	39.90 %	6.44 %	0.00 %
ราคา	450 บาท/อัน	2,013 บาท/เครื่อง	1,060 บาท/เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาสภาพปัจจุบันของระยะเวลาในการผสมอีพอกซีไม่เท่ากัน

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความไม่ได้ระนาบของท่อและน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย จะเห็นได้ว่าข้อมูลดิบบางชุดมีความผิดปกติ คือ ความไม่ได้ระนาบของท่อลดลงแต่พบว่าอีพอกซีที่สูญเสียกลับมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงขึ้น (แสดงเป็นตัวหนาในตารางที่ 4.2) จากการศึกษาหาข้อมูลและวิเคราะห์หาถึงสาเหตุ พบว่าระยะเวลาในการผสมอีพอกซีให้เข้ากันมีผลต่อความหนืดของอีพอกซีเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย ผู้วิจัยจึงศึกษาสภาพปัจจุบันของระยะเวลาในการผสมอีพอกซีของพนักงานว่ามีระยะเวลาเฉลี่ยในการผสมนานเท่าใด อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดเป็นดังรูปที่ 4.14 และได้ผลระยะเวลาเฉลี่ยในการผสมอีพอกซี ตามตารางที่ 4.8

ก) นาฬิกาจับเวลา

ข) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบมือถือ

ค) ท่อจากคีมตัดท่อ

รูปที่ 4.14 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลระยะเวลาในการผสมอีพอกซีในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีของพนักงานในปัจจุบัน

ครั้งที่	อุณหภูมิแผ่นอลูมิเนียม (°C)	ระยะเวลาในการผสมอีพอกซี (วินาที)
1	80.2	64.28
2	73.4	70.05
3	77.3	65.79
4	76.8	56.77
5	92.1	47.14
6	82.5	62.02
7	71.2	71.65
8	81.9	59.01
9	94.4	47.46
10	87.6	54.38
เฉลี่ย	81.74	59.86

ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า “ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีให้เข้ากันมีผลต่อความหนืดของอีพอกซี ส่งผลโดยตรงต่อน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย” โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 สภาวะ โดยเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการผสมอีพอกซีเป็น 30 60 และ 90 วินาทีตามลำดับ ทดลองสภาวะละ 5 ตัวอย่าง ใช้อัตราส่วนอีพอกซีทั้งสองชนิด ชนิดละ 1 มิลลิลิตร และกำหนดอุณภูมิในการผสมอยู่ที่ 70 - 80 องศาเซลเซียส โดยท่อที่ใช้ในการทดลองเป็นท่อที่ตัดจากคีมตัดท่อและถูกคัดเลือกมาแล้วว่าได้ระนาบอยู่ในระดับหนึ่ง คือ มีความไม่ได้ระนาบน้อยกว่า 0.35 มิลลิเมตร การทดลองเป็นไปตามวิธีการทดลองในหัวข้อที่ 4.2 ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ก) 30 วินาที ข) 60 วินาที ค) 90 วินาที

รูปที่ 4.15 ความหนืดของอีพอกซีในระยะเวลาการผสมที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองระยะเวลาในการผสมอีพอกซีและน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย

ลำดับ	ระยะเวลาในการผสมอีพอกซี	ความไม่ได้ระนาบ (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)					สูญเสียอีพอกซี (เปอร์เซ็นต์)
			ท่อเปล่า	ท่อหลังเทอีพอกซี	ท่อหลังตัดอีพอกซี	อีพอกซีที่สูญเสีย	น้ำหนักอีพอกซี	
1	30 วินาที	0.35	2.1432	4.1432	3.5201	0.6231	2.00	31.16
2		0.32	2.1428	4.1428	3.5570	0.5858	2.00	29.29
3		0.30	2.1444	4.1444	3.6530	0.4914	2.00	24.57
4		0.28	2.1397	4.1397	3.5600	0.5797	2.00	28.99
5		0.28	2.1543	4.1543	3.6419	0.5124	2.00	25.62
							เฉลี่ย	27.92
6	60 วินาที	0.34	2.1430	4.1430	3.6417	0.5013	2.00	25.07
7		0.30	2.1987	4.1987	3.7600	0.4387	2.00	21.94
8		0.30	2.1425	4.1425	3.6422	0.5003	2.00	25.02
9		0.28	2.1396	4.1396	3.6200	0.5196	2.00	25.98
10		0.25	2.1300	4.1300	3.7650	0.3650	2.00	18.25
							เฉลี่ย	23.25
11	90 วินาที	0.34	2.1429	4.1429	4.1424	0.0005	2.00	0.02
12		0.32	2.1470	4.1470	4.1470	0.0000	2.00	0.00
13		0.30	2.1423	4.1423	4.1423	0.0000	2.00	0.00
14		0.26	2.1380	4.1380	4.1380	0.0000	2.00	0.00
15		0.22	2.1360	4.1360	4.1360	0.0000	2.00	0.00
							เฉลี่ย	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.9 สามารถตอบสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ได้ คือ ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีมีผลต่อน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย สรุปได้เป็น 3 กรณี คือ 1) เวลาในการผสมน้อยเกินไป 2) เวลาการผสมที่พอดี และ 3) เวลาในการผสมมากเกินไป จากการทดลองพบว่าการผสม 90 วินาที จะทำให้ไม่สูญเสียอีพอกซีจากขั้นตอนการตกแต่งเพราะอีพอกซีมีความหนืดสูงนั่นเอง จึงทำให้ผู้วิจัยออกแบบการทดลองอีกชุดหนึ่งโดยใช้ท่อพีวีซีที่ตัดจากเครื่องตัดท่อ (ทางเลือกที่ 1 ในหัวข้อ 4.3) เพื่อกำจัดปัจจัยท่อไม่ได้ระนาบออกไป ทำการทดลองโดยเปลี่ยนระยะเวลาในการผสมอีพอกซีเป็น 50 60 และ 70 วินาที โดยมี**สมมติฐาน คือ "ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีไม่มีผลต่อการสูญเสียอีพอกซี ถ้าท่อพีวีซีมีความได้ระนาบ"** ผลการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองระยะเวลาในการผสมอีพอกซีและอีพอกซีที่สูญเสียเมื่อท่อพีวีซีได้ระนาบ

ลำดับ	ระยะเวลาในการผสมอีพอกซี	ความไม่ได้ระนาบ (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)					สูญเสียอีพอกซี (เปอร์เซ็นต์)
			ท่อเปล่า	ท่อหลังเทอีพอกซี	ท่อหลังตัดอีพอกซี	อีพอกซีที่สูญเสีย	น้ำหนักอีพอกซี	
1	50 วินาที	0.21	2.0980	4.0980	3.7753	0.3227	2.00	16.14
2		0.20	2.0786	4.0786	3.7540	0.3246	2.00	16.23
3		0.18	2.0564	4.0564	3.9420	0.1144	2.00	5.72
4		0.17	2.0321	4.0321	3.9421	0.0900	2.00	4.50
5		0.05	2.0878	4.0878	4.0878	0.0000	2.00	0.00
							เฉลี่ย	8.52
6	60 วินาที	0.18	2.1230	4.1230	3.8500	0.2730	2.00	13.65
7		0.12	2.0659	4.0659	3.9210	0.1449	2.00	7.25
8		0.10	2.1300	4.1300	3.8600	0.2700	2.00	13.50
9		0.08	2.0500	4.0500	4.0000	0.0500	2.00	2.50
10		0.04	2.0210	4.0210	4.0210	0.0000	2.00	0.00
							เฉลี่ย	7.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองระยะเวลาในการผสมอีพอกซีและอีพอกซีที่สูญเสียเมื่อท่อพีวีซีได้ระนาบ (ต่อ)

ลำดับ	ระยะเวลาในการผสมอีพอกซี	ความไม่ได้ระนาบ (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)					สูญเสียอีพอกซี (เปอร์เซ็นต์)
			ท่อเปล่า	ท่อหลังเทอีพอกซี	ท่อหลังตัดอีพอกซี	อีพอกซีที่สูญเสีย	น้ำหนักอีพอกซี	
11	70 วินาที	0.20	2.1240	4.1240	3.9840	0.1400	2.00	7.00
12		0.18	2.0930	4.0930	3.9700	0.1230	2.00	6.15
13		0.16	2.0522	4.0522	3.9500	0.1022	2.00	5.11
14		0.10	2.0850	4.0850	4.0200	0.0650	2.00	3.25
15		0.08	2.0554	4.0554	4.0554	0.0000	2.00	0.00
							เฉลี่ย	4.30
							รวมเฉลี่ย	6.73

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.9 ผู้วิจัยใช้ท่อที่ได้จากคีมตัดท่อซึ่งถือว่ามีความไม่ได้ระนาบที่สูง ประกอบกับใช้ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีที่แตกต่างกันเพื่อสังเกตว่า ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีมีผลต่อการไหลของอีพอกซีออกนอกท่อหรือไม่ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้ ถ้าระยะเวลาในการผสมอีพอกซีน้อยจะทำให้อีพอกซีเหลว ใสคล้ายน้ำเปล่าจึงทำให้อีพอกซีไหลออกนอกท่อได้อย่างรวดเร็ว ดังผลการทดลอง คือ ถ้าผสมอีพอกซีเป็นระยะเวลา 30 และ 60 วินาที จะมีการสูญเสียอีพอกซีเฉลี่ย 27.92 และ 23.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่หากใช้ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีที่มากจะทำให้อีพอกซีหนืดเป็นผลให้ไหลออกนอกท่อน้อยกว่าอีพอกซีที่เหลว ซึ่งจากผลการทดลองหากใช้ระยะเวลาผสม 90 วินาที การสูญเสียอีพอกซีเฉลี่ยเป็น 0.00 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่เกิดการสูญเสียอีพอกซี

ผู้วิจัยจึงออกแบบการทดลองอีกชุดหนึ่งโดยใช้ท่อที่ได้จากเครื่องตัดท่อซึ่งมีความได้ระนาบมากกว่าการใช้คีมตัดท่อเพื่อกำจัดตัวแปรความไม่ได้ระนาบของท่อออกไป โดยเปลี่ยนระยะเวลาในการผสมอีพอกซีเป็น 50 60 และ 70 วินาทีเพื่อให้อีพอกซีมีความเหลวและหนืดไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป จากผลการทดลองในตารางที่ 4.10 เห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการผสมอีพอกซีเป็น 50 60 และ 70 วินาที เกิดการสูญเสียอีพอกซีเป็น 8.52 7.38 และ 4.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยรวม 6.73 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 4.4 ที่พบว่ามีอีพอกซีที่สูญเสีย 6.44 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ท่อที่ได้จากเครื่องตัดท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการทดลองทั้งหมดได้ว่า “**ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีไม่มีนัยสำคัญต่ออีพอกซีที่สูญเสียหากท่อพีวีซีที่ใช้ในการทำตัวเรือนมีความได้ระนาบ**” สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ และสามารถกำจัดสาเหตุรากเหง้า “ระยะเวลาในการผสมอีพอกซีไม่เท่ากัน” ได้ด้วยการทำให้ท่อที่ใช้ในการทำตัวเรือนมีความได้ระนาบโดยใช้แนวทางการแก้ไขของการตัดท่อพีวีซีไม่ได้ระนาบดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.3 เช่นกัน

4.5 การศึกษาสภาพปัจจุบันของการผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1

จากแผนผังแสดงเหตุและผลในหัวข้อ 4.1 แสดงให้เห็นว่าการผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1 เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียอีพอกซี การผสมอีพอกซีทั้ง 2 ชนิด คือ Resin และ Hardener ในปัจจุบันพนักงานใช้การคาดคะเนด้วยสายตาโดยอาศัยความเคยชินประกอบกับปริมาณงานที่มีอยู่ ณ ขณะนั้นในการบีบอีพอกซีทั้ง 2 ชนิดให้ได้อัตราส่วน 1:1 ซึ่งหากพนักงานบีบอีพอกซีชนิดหนึ่งมากเกินไปจะต้องทำการบีบอีพอกซีอีกชนิดเพิ่มเข้าไปเพราะหากผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1 จะทำให้อีพอกซีไม่แข็งตัวเมื่อเจอความร้อน ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้มีอีพอกซีเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากเนื่องจากการผสมเกินความจำเป็น ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่เพิ่มต้นทุนโดยรวมให้แก่ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ ดังรูปที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) งานที่เข้ามาภายในแผนก

(ข) การเทอีพอกซีให้ได้อัตราส่วน 1:1 ในปัจจุบัน

(ค) การผสมอีพอกซีในปัจจุบัน

(ง) อีพอกซีเหลือทิ้งจากการทำตัวเรือน

รูปที่ 4.16 การผสมอีพอกซีให้ได้อัตราส่วน 1:1 ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บข้อมูลการทิ้งอีพอกซีที่เหลือจากการผสม มีข้อมูลดังตารางที่ 4.11 โดยใช้ความสัมพันธ์และการคำนวณต่าง ๆ ดังสมการที่ 4.5 4.6 และ 4.7

$$m = DV \qquad 4.5$$

โดย D คือ ความหนาแน่นของชิ้นงาน (g/cm^3)

ความหนาแน่นของอะลูมิเนียม มีค่าเป็น 2.7 g/cm^3

m คือ มวลของชิ้นงาน (g)

V คือ ปริมาตรของชิ้นงาน (cm^3)

ปริมาตร (V) = ความกว้าง X ความยาว X ความหนา 4.6

น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย (g) = น้ำหนักอะลูมิเนียมพร้อมอีพอกซี (g) - น้ำหนักอะลูมิเนียม (g) 4.7

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสียจากการผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1 (ก่อนปรับปรุง)

ครั้งที่	ขนาดของแผ่นอะลูมิเนียม (cm)			น้ำหนักอะลูมิเนียม (g)	น้ำหนักอะลูมิเนียมพร้อมอีพอกซี (g)	น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย (g)
	กว้าง	ยาว	หนา	m = DV		
1	12.75	20.40	0.0135	9.4806	14.0300	4.5494
2	12.80	19.20		8.9580	13.4200	4.4620
3	12.80	19.60		9.1446	14.9300	5.7854
4	12.90	21.80		10.2505	15.7500	5.4995
5	12.80	19.10		8.9113	12.8100	3.8987
6	12.80	17.60		8.2115	13.2600	5.0485
7	10.50	19.90		7.6162	12.8000	5.1838
8	10.70	18.80		7.3323	11.8100	4.4777
9	12.60	22.80		10.4714	16.8500	6.3786
10	12.60	22.50		10.3336	14.8600	4.5264

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสียจากการผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1 (ก่อนปรับปรุง) (ต่อ)

ครั้งที่	ขนาดของแผ่นอะลูมิเนียม (cm)			น้ำหนักอะลูมิเนียม (g) m = DV	น้ำหนักอะลูมิเนียมพร้อมอีพอกซี (g)	น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย (g)
	กว้าง	ยาว	หนา			
11	12.60	22.00	0.0135	10.1039	13.3000	3.1961
12	11.90	22.60		9.8029	13.9600	4.1571
13	11.80	26.10		11.2259	18.1300	6.9041
14	12.50	20.10		9.1581	17.8200	8.6619
15	12.50	22.20		10.1149	18.6900	8.5751
16	12.60	20.30		9.3232	14.7500	5.4268
17	14.90	12.00		6.5173	13.4500	6.9327
18	12.00	16.10		7.0421	14.8300	7.7879
19	12.50	16.10		7.3356	13.8700	6.5344
20	12.40	15.60		7.0509	12.9500	5.8991
					เฉลี่ย	5.6943

ตัวอย่างการคำนวณในตารางที่ 4.11 แสดงได้ดังต่อไปนี้

<u>ครั้งที่ 1</u> วัดความกว้าง ยาว หนาของแผ่นอะลูมิเนียมได้เป็น 12.75, 20.40 และ 0.0135 เซนติเมตรตามลำดับ แทนลงในสมการ 4.6 ได้เป็น ปริมาตร (V) = 12.75 X 20.40 X 0.0135 = 3.5113 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นนำ V แทนลงในสมการ 4.5 ได้เป็น m = DV = (2.7 g/cm^3) X 3.5113 cm^3 = 9.4806 กรัม ได้น้ำหนักของแผ่นอะลูมิเนียมเป็น 9.4806 กรัม (ตามทฤษฎี) จากนั้นนำแผ่นอะลูมิเนียมที่มีอีพอกซีติดอยู่ไปชั่งน้ำหนักได้น้ำหนัก 14.0300 กรัม และนำน้ำหนักที่คำนวณได้ตามทฤษฎีลบออกจากน้ำหนักจริงที่ชั่งแผ่นอะลูมิเนียมที่มีพอกซีติดอยู่ เพื่อหาน้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสียจากการผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1 ตามสมการ 4.7 ได้เป็น 14.0300 - 9.4806 = 4.5494 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 แนวทางการแก้ไขปัญหาการผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1

การผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1 เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง จึงทำให้ผู้วิจัยเลือกศึกษาโดยนำหลักการการวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis) โดยตั้งคำถามว่า **"ทำไม"** เพื่อหาสาเหตุของรากเหง้าปัญหาอย่างเป็นระบบจนเจอสาเหตุที่เราสามารถลงมือแก้ไขได้เพื่อนำไปแก้ไขต่อไป แสดงเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

ทำไมจึงมีการใช้อีพอกซีอย่างสิ้นเปลือง เพราะมีอีพอกซีเหลือทิ้งจากการผสมเป็นจำนวนมาก

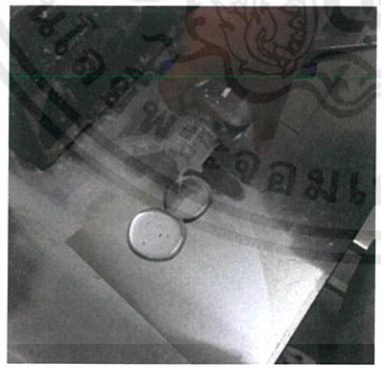
ทำไมจึงมีอีพอกซีเหลือทิ้งจากการผสมมาก เพราะพนักงานผสมเกินความจำเป็นที่ต้องการใช้

ทำไมพนักงานผสมเกินความจำเป็น เพราะผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1

ทำไมจึงผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1 เพราะใช้การคาดคะเนปริมาตรจากสายตา

ทำไมจึงใช้การคาดคะเนปริมาตรจากสายตา เพราะไม่มีเครื่องมือช่วยในการวัดปริมาตร 1:1

จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการทำไม-ทำไม เห็นถึงสาเหตุรากเหง้า คือ **"ไม่มีเครื่องมือช่วยในการวัดปริมาตร 1:1"** ผู้วิจัยจึงนำหลักการ ECRS โดยเน้นการขจัดงานที่ไม่จำเป็นไม่ให้เกิดความสูญเปล่าในการทำงานและทำให้งานง่ายขึ้น โดยให้เปลี่ยนมาใช้เป็นหัวปั๊มแทนการบีบอีพอกซีในปัจจุบัน ดังรูปที่ 4.17 ซึ่งผสมโดยกด Resin และHardener 1 และ 2 ปั๊มตามลำดับต่องาน 5 คูปอง เมื่อทดลองใช้หัวปั๊มแทนการบีบทำให้การทิ้งอีพอกซีจากการผสมไม่ได้ 1:1 เป็นไปตามตารางที่ 4.12



ก) ก่อนปรับปรุง

ข) หลังปรับปรุง

รูปที่ 4.17 การผสมอีพอกซีให้ได้อัตราส่วน 1:1 ก่อนและหลังปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสียจากการผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1 (หลังปรับปรุง)

ครั้งที่	ขนาดของแผ่นอะลูมิเนียม (cm)			น้ำหนักอะลูมิเนียม (g) m = DV	น้ำหนักอะลูมิเนียมพร้อมอีพอกซี (g)	น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสีย (g)
	กว้าง	ยาว	หนา			
1	12.40	17.65	0.0135	7.9774	9.6700	1.6926
2	12.40	16.30	0.0135	7.3673	9.5300	2.1627
3	12.40	15.55	0.0135	7.0283	9.8900	2.8617
4	12.65	14.80	0.0135	6.8242	8.5300	1.7058
5	12.65	14.70	0.0135	6.7781	7.9300	1.1519
6	10.90	18.40	0.0135	7.3104	9.6500	2.3396
7	10.90	17.40	0.0135	6.9131	8.5500	1.6369
8	10.90	15.80	0.0135	6.2774	8.5300	2.2526
9	12.60	14.45	0.0135	6.6365	8.7600	2.1235
10	11.80	15.60	0.0135	6.7097	8.8900	2.1803
11	11.80	15.85	0.0135	6.8172	9.1200	2.3028
12	13.10	16.40	0.0135	7.8309	8.1200	0.2891
13	12.85	15.70	0.0135	7.3536	9.5400	2.1864
14	12.85	16.20	0.0135	7.5878	7.6000	0.0122
15	11.75	15.30	0.0135	6.5528	7.3900	0.8372
16	11.75	15.40	0.0135	6.5956	9.3200	2.7244
17	11.40	16.30	0.0135	6.7731	8.9600	2.1869
18	11.40	15.45	0.0135	6.4199	9.2000	2.7801
19	13.20	17.90	0.0135	8.6124	10.3300	1.7176
20	13.20	18.60	0.0135	8.9492	10.3100	1.3608
					เฉลี่ย	1.8252

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.12 พบว่าเมื่อใช้หัวปั๊มแทนการบีบสามารถลดปริมาณการทิ้งอีพอกซีจากการผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1 จาก 5.6943 กรัม/ครั้ง เป็น 1.8252 กรัม/ครั้ง คิดเป็น 67.84 % โดยการผสมแต่ละครั้งใช้ Resin และHardener 1 และ 2 ปั๊มตามลำดับ เพียงพอต่องาน 5 คูปอง หากมีคูปองเข้ามาเป็น 10 15 หรือ 20 คูปอง ก็สามารถกดปั๊มเป็นเท่าตามลำดับเพื่อให้เพียงพอต่องานที่เข้ามาได้นั่นเอง

ตารางที่ 4.13 หลักการ ECRS ที่นำมาประยุกต์ใช้กับการผสมอีพอกซีไม่ได้อัตราส่วน 1:1

หลักการ ECRS	ขั้นตอนการทำงานที่ถูกปรับปรุง
การขจัดงานที่ไม่จำเป็น (Eliminate)	- กำจัดการคาดคะเนปริมาตรทางสายตา - กำจัดการบีบอีพอกซีซ้ำซ้อนเมื่อไม่ได้อัตราส่วน 1:1
การรวมงานเข้าด้วยกัน (Combine)	-
การสับเปลี่ยนลำดับการทำงาน (Rearrange)	-
การทำให้งานง่ายขึ้น (Simplify)	- ทำให้การผสมอีพอกซีในอัตราส่วน 1:1 ง่ายยิ่งขึ้น - ทำให้การตกแต่งตัวเรือนง่ายขึ้น

4.7 ดัชนีชี้วัดและเป้าหมายของอีพอกซี

จากการศึกษาปัญหาดังกล่าวข้างต้น สามารถกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพการปรับปรุงงานหลัก [Key Performance Indicator (KPI)] และตัวชี้วัดประสิทธิภาพการปรับปรุงงานรอง [Performance Indicator (PI)] ได้ดังนี้

1) ตัวชี้วัดหลัก (KPI) คือ ปริมาณการสูญเสียอีพอกซีจากการที่ท่อไม่ได้ระนาบ

- ค่าปัจจุบัน : 39.90 % (คีมตัดท่อ)

- ค่าหลังปรับปรุง : 6.44 % (เครื่องตัดท่อ)

0.00 % (เครื่องต้นแบบ 1)

2) ตัวชี้วัดรอง (PI) ตัวที่ 1 คือ น้ำหนักอีพอกซีที่ทิ้งเมื่อผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1

- ค่าปัจจุบัน : 5.69 กรัม/ครั้ง

- ค่าหลังปรับปรุง : 1.83 กรัม/ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การลดต้นทุนกระดาษทราย

5.1 การศึกษาสภาพปัจจุบันของการใช้กระดาษทราย

จากการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนกระดาษทรายของพนักงานภายในและภายนอกแผนกเพื่อการขัดงานในปัจจุบัน ทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 7 วัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ได้ผลดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การเปลี่ยนกระดาษทรายของพนักงานภายในและภายนอกแผนกโดยเฉลี่ย

กระดาษทราย	พนักงานภายนอกแผนก	พนักงานภายในแผนก QA-Lab	ความแตกต่าง
เบอร์ 180 (9.40 บาท/แผ่น)	10 ชิ้น/แผ่น	14 ชิ้น/แผ่น	4 ชิ้น/แผ่น
เบอร์ 600 (9.40 บาท/แผ่น)	8 ชิ้น/แผ่น	13 ชิ้น/แผ่น	5 ชิ้น/แผ่น
เบอร์ 1200 (13.25 บาท/แผ่น)	6 ชิ้น/แผ่น	11 ชิ้น/แผ่น	5 ชิ้น/แผ่น

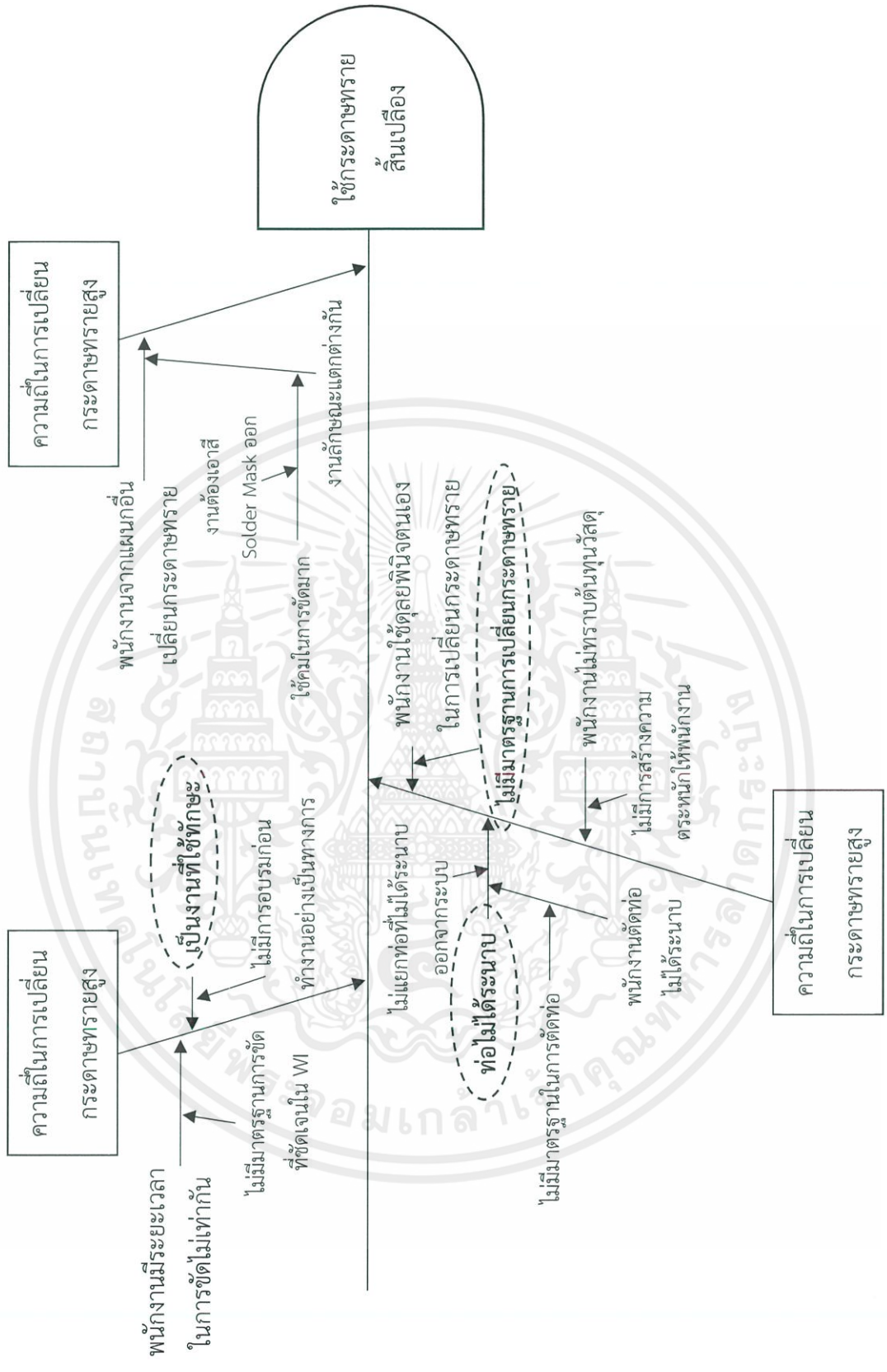
จากข้อมูลในตารางที่ 5.1 เห็นได้ว่าพนักงานภายนอกแผนกมีการเปลี่ยนกระดาษทรายที่ค่อนข้างถี่กว่าพนักงานภายในแผนก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าต้นทุนวันสดุสิ้นเปลืองจำนวนหนึ่งมาจากวิธีการทำงานที่สูญเปล่าของพนักงานภายนอกแผนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 สาเหตุรากเหง้าของปัญหาการใช้กระดาษทรายอย่างสิ้นเปลือง

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และศึกษาถึงสาเหตุรากเหง้า (Root Causes) ที่ส่งผลให้เกิดปัญหา **"การใช้กระดาษทรายอย่างสิ้นเปลือง"** โดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) แสดงดังรูปที่ 5.1 สามารถสรุปสาเหตุรากเหง้าได้ คือ **"ความถี่ในการเปลี่ยนกระดาษทรายสูง"** เนื่องจาก **"ท่อพีวีซีไม่ได้ระนาบ"** เพราะการขัดตัวเรือนต้องขัดงานพร้อมท่อพีวีซี หากท่อไม่ได้ระนาบจะต้องเสียคมกระดาษทรายในการขัดท่อมากกว่าปกติกว่าจะขัดไปถึงเนื้องานจริง จึงทำให้กระดาษทรายหมดคมเร็วกว่าที่ควรจะเป็น **"การขัดตัวเรือนโดยใช้กระดาษทรายเป็นงานที่อาศัยทักษะของพนักงาน"** โดยปกติแล้วเมื่อมีพนักงานใหม่ในแผนกการตรวจสอบคุณภาพจะได้รับการสอนงานจากผู้เชี่ยวชาญในการทำงานของแผนกก่อนลงขัดงานจริงเพราะเป็นงานที่อาศัยทักษะและเป็นงานประจำ (Routine) ของพนักงานแตกต่างกับพนักงานนอกแผนกที่เข้ามาขัดงานนั้นจะไม่ได้ถูกสอนงาน และ**"การไม่มีมาตรฐานในการเปลี่ยนกระดาษทราย"** ในปัจจุบันการเปลี่ยนกระดาษทรายใช้ดุลพินิจของพนักงานซึ่งไม่มีข้อกำหนดตายตัว จึงทำให้ในหลายครั้งกระดาษทรายเหล่านั้นอาจยังสามารถใช้งานได้อยู่แต่พนักงานกลับทิ้งโดยคิดว่าหมดคมแล้ว ซึ่งถือเป็นความสูญเปล่าจากการทำงานอย่างหนึ่งที่นำไปสู่การเพิ่มต้นทุนของวัสดุสิ้นเปลืองเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แผนผังแสดงเหตุและผลการใช้กระดาษทรายอย่างสิ้นเปลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาใช้กระดาษทรายอย่างสิ้นเปลือง

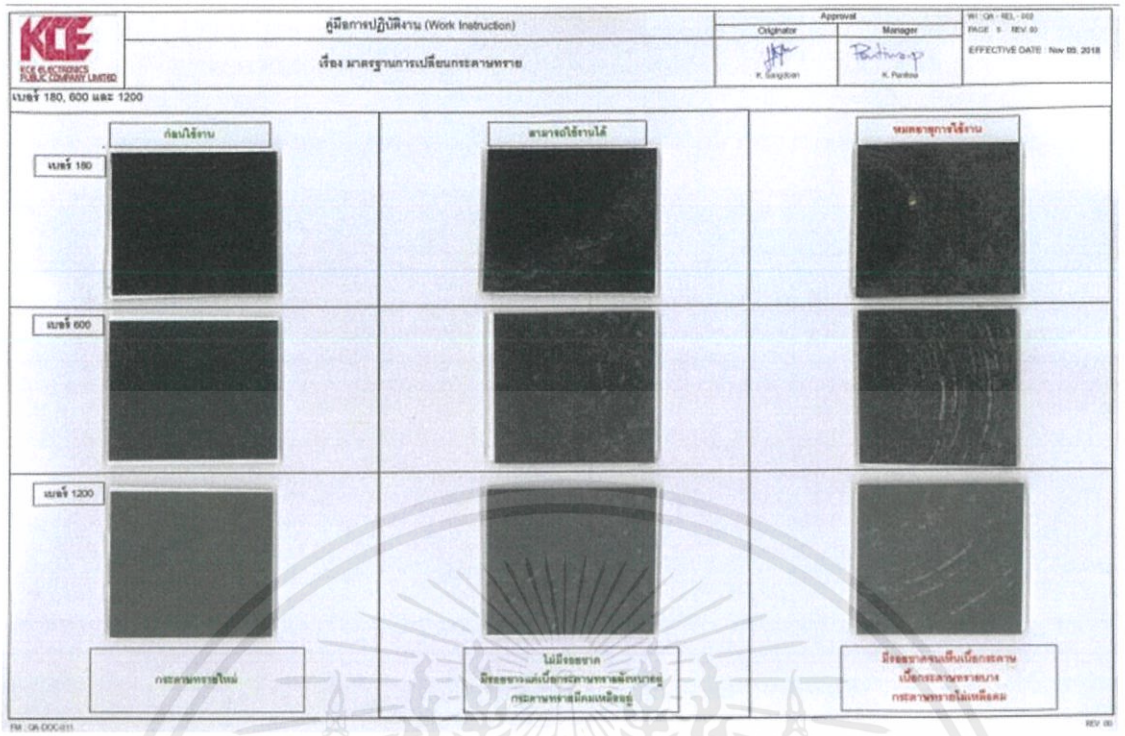
ผู้วิจัยคิดหาแนวทางการแก้ไขปัญหาการใช้กระดาษทรายอย่างสิ้นเปลือง สรุปเป็นแนวทางได้ดังนี้

<u>แนวทางที่ 1</u> จัดการฝึกอบรม (Training) ให้กับพนักงานภายนอกแผนกที่เข้ามาขัดไมโครภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้มีทักษะ (Skill) ในการขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทรายเทียบเท่าพนักงานภายในแผนก โดยหลังจากการฝึกอบรมต้องมีการวัดผล โดยทดสอบการขัดงานโดยใช้กระดาษทรายเบอร์ละ 1 แผ่น ว่าสามารถขัดงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ ดังตารางที่ 5.2 และจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เรื่อง มาตรฐานการเปลี่ยนกระดาษทราย ควบคู่ไปกับการฝึกอบรมเพื่อให้พนักงานมีความตระหนักและตรวจสอบกระดาษทรายอีกครั้งก่อนทิ้ง ดังรูปที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 การใช้กระดาษทรายของพนักงานนอกแผนกในปัจจุบันและเป้าหมายการใช้กระดาษทราย

กระดาษทราย	การใช้กระดาษทรายของพนักงานภายนอกแผนก	เป้าหมายการใช้กระดาษทรายหลังจากการฝึกอบรม
เบอร์ 180	10 – 12 ชิ้น/แผ่น	13 – 15 ชิ้น/แผ่น
เบอร์ 600	7 – 10 ชิ้น/แผ่น	12 – 14 ชิ้น/แผ่น
เบอร์ 1200	5 – 7 ชิ้น/แผ่น	10 – 12 ชิ้น/แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 คู่มือการปฏิบัติงาน เรื่อง มาตรฐานการเปลี่ยนกระดาษทราย

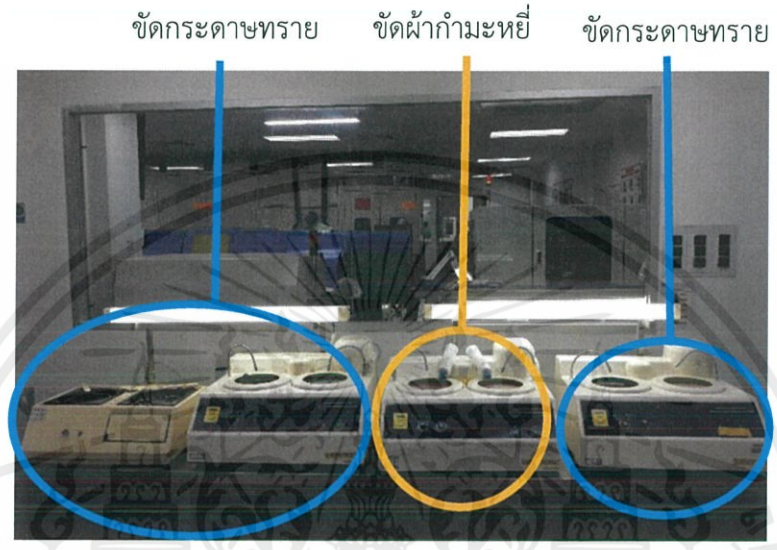
<u>แนวทางที่ 2</u> ทำการแบ่งกระดาษทรายเป็นกะ กะละเท่า ๆ กันเพื่อทำให้พนักงานมีความตระหนักในการใช้กระดาษทรายให้คุ้มค่ามากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ผู้วิจัยวางแผนการเบิกกระดาษทรายให้แก่ Foreman ประจำกะเพื่อเบิกเป็นจำนวน 4 ครั้ง/เดือน (สัปดาห์ละ 1 ครั้ง) ตามตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แนวทางการแบ่งกระดาษทรายแก่พนักงานแต่ละกะ

กระดาษทราย	จำนวนที่สามารถเบิกได้ (แผ่น/เดือน)	การเบิกต่อครั้ง (แผ่น/ครั้ง)	กระดาษทรายของพนักงานแต่ละกะ (แผ่น/ครั้ง)	จัดสรรให้พนักงานภายนอกแผนก (แผ่น/ครั้ง)	Safety Stock (แผ่น/ครั้ง)
เบอร์ 180	2280	570	150	20	20
เบอร์ 600	1820	455	111		
เบอร์ 1200	2000	500	126		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางที่ 3 ภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ ส่วนงาน Microsection มีเครื่องขัดกระดาษทรายทั้งหมด 3 เครื่อง ดังรูปที่ 5.3 โดยอาจบังคับให้พนักงานภายนอกแผนกที่เข้ามาขัดไมโครเองใช้เครื่องขัดกระดาษทรายฝั่งซ้ายเพียงเครื่องเดียวเท่านั้น และจำกัดปริมาณการใช้กระดาษทรายเบอร์ละ 20 แผ่น/กะ/สัปดาห์ (รวม 60 แผ่น/กะ/สัปดาห์) หากพนักงานนอกแผนกมีการใช้งานเกินที่จัดสรรไว้จะต้องได้รับการยอมรับจาก Foreman ประจำกะนั้นก่อนที่จะทำการหยิบกระดาษทรายใหม่เสมอ



รูปที่ 5.3 เครื่องขัดกระดาษทรายภายในห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ

แนวทางที่ 4 ในอนาคตหากมีพนักงานแผนกอื่นเข้ามาขัดไมโครด้วยตนเอง จะต้องนำกระดาษทรายมาเองโดยในปัจจุบันมีแผนกที่ทำลักษณะนี้ คือ แผนก Electrical Test (ET) จะมีงบในการเบิกกระดาษทรายเบอร์ 100 เพื่อใช้ในการขัดงานของตนโดยเฉพาะ แต่กระดาษทรายเบอร์ 600 และ1200 ยังคงใช้ของทางแผนก QA อยู่

แนวทางที่ 5 หากทางแผนกอื่น ๆ เช่น Manufacturing Engineer (ME) Production (PD) Technical Development (TD) มีโปรเจคที่ต้องขัดกระดาษทรายให้แจ้งทางแผนก QA เพื่อทำการเบิกกระดาษเผื่อในการทำโปรเจคนั้น ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไข

ผู้วิจัยได้ทดลองนำแนวทางแก้ไขที่ 1 และ 2 ปรับใช้ในแผนกเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ และคิดเปอร์เซ็นต์ผลิตภาพที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยโดยใช้การถ่วงน้ำหนักหลังปรับปรุง โดยให้น้ำหนักพนักงานภายในและภายนอกแผนกเป็น 70 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เป็นไปตามตามตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลทดลองการใช้กระดาษทรายก่อนและหลังปรับปรุง

กระดาษทราย	การใช้กระดาษทรายขัดงานเฉลี่ย (ชิ้น/แผ่น)				ผลิตภาพเพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)		
	พนักงานนอกแผนก		พนักงานในแผนก				
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	พนักงานนอกแผนก	พนักงานในแผนก	เฉลี่ย
เบอร์ 180	10	12	14	16	20.00 %	14.28 %	15.99 %
เบอร์ 600	8	9	13	14	12.50 %	7.69 %	9.13 %
เบอร์ 1200	6	8	11	12	33.33 %	9.09 %	16.36 %

5.5 ดัชนีชี้วัดและเป้าหมายของกระดาษทราย

จากการศึกษาปัญหาดังกล่าวข้างต้น สามารถกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพการปรับปรุงงานรอง [Performance Indicator (PI)] ได้ดังนี้

1) ตัวชี้วัดรอง (PI) ตัวที่ 2 คือ จำนวนตัวเรือนที่ขัดได้ต่อกระดาษทราย 1 แผ่น โดยแบ่งเป็นพนักงานภายในและภายนอกแผนก ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 จำนวนตัวเรือนที่ขัดได้ต่อกระดาษทราย 1 แผ่นก่อนและหลังปรับปรุง

กระดาษทราย	การใช้กระดาษทรายขัดงานเฉลี่ย (ชิ้น/แผ่น)			
	พนักงานนอกแผนก		พนักงานในแผนก	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
เบอร์ 180	10	12	14	16
เบอร์ 600	8	9	13	14
เบอร์ 1200	6	8	11	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ตัวชี้วัดรอง (PI) ตัวที่ 3 ผลิตภาพ (Productivity) ของการใช้กระดาษทรายสูงขึ้น

- ค่าปัจจุบัน : -

- ค่าหลังปรับปรุง : ผลิตภาพการใช้กระดาษทรายโดยรวมสูงขึ้น 13.83 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงงานสหกิจในหัวข้อเรื่อง การลดต้นทุนการใช้วัสดุสิ้นเปลืองในการทำตัวเรือนในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ เมื่อหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำแนวทางเหล่านั้นไปใช้ดำเนินการ สามารถสรุปผลการดำเนินการได้ดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

โครงงานสหกิจในหัวข้อเรื่อง การลดต้นทุนการใช้วัสดุสิ้นเปลืองในการทำตัวเรือนในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ เป็นการศึกษาเพื่อลดความสูญเปล่าจากการทำงานที่นำไปสู่การเพิ่มต้นทุนโดยรวมของห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ (QA-Physical Lab.) โดยใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหการในการคิดวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขปัญหา ซึ่งจะทำให้ข้อมูลเป็นระบบและง่ายต่อการเข้าใจดังนี้

ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตการศึกษาโดยพิจารณาจากต้นทุนของวัสดุสิ้นเปลืองที่คิดเป็นประมาณ 80 % ของทุกเดือน ได้แก่ อีพอกซีและกระดาษทราย เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุที่แท้จริงที่นำไปสู่การเพิ่มต้นทุนจะต้องเข้าใจวิธีการทำงานของพนักงานก่อน ทางที่ดีที่สุด คือ การลงไปอยู่ในหน้างานจริงใช้การสังเกตและถามจากพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่หน้างาน เพื่อให้เห็นถึงปัญหาและวิธีการแก้ไขของพนักงาน โดยปัญหาที่พบเจอหลัก ๆ เป็นการทิ้งอีพอกซีจากการตกแต่งและผสมเกินความจำเป็น และพบว่ามีการใช้กระดาษทรายอย่างไม่คุ้มค่า จากนั้นผู้วิจัยจึงนำแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) ประกอบกับแนวคิดการวิเคราะห์ปัญหาโดยหลักการทำไม-ทำไม (Why-Why Analysis) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้มีการใช้อีพอกซีและกระดาษทรายอย่างสิ้นเปลือง เมื่อรู้ถึงสาเหตุต่าง ๆ แล้วจึงวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขโดยใช้หลักการ ECRS คู่ควบไปกับการออกแบบเครื่องมือช่วยในการทำงาน เพื่อกำจัดกิจกรรมที่ไม่จำเป็นและทำให้การทำงานง่ายขึ้น และทดลองนำแนวทางแก้ไขปัญหาไปปรับใช้กับหน้างานจริง เมื่อผ่านไปเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งเพื่อยืนยันผล พบว่าสามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่นำไปสู่การเพิ่มต้นทุนโดยรวมของห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพได้ ดังนี้ **“การสูญเสียอีพอกซีเฉลี่ยจากท่อพีวีซีไม่ได้ระนาบ”** พบว่ามีการสูญเสียอีพอกซีเฉลี่ยลดลงจาก 39.90 % เป็น 6.44 % และ 0.00 % จากเครื่องตัดท่อและเครื่องต้นแบบ 1 ตามลำดับ **“น้ำหนักอีพอกซีที่ถูกทิ้งจากการผสมที่ไม่ได้อัตราส่วน 1:1”** ลดลงจาก 5.69 กรัม/ครั้ง เป็น 1.83 กรัม/ครั้ง หรือคิดเป็น 67.84 % และการใช้กระดาษทรายของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พนักงานภายในและภายนอกแผนกมีผลิตภาพสูงขึ้นเฉลี่ย 13.81 % ซึ่งถือว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยสามารถสรุปเป็นตัวชี้วัดหลักและตัวชี้วัดรองเพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 6.1 ถึงตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.1 การเปรียบเทียบตัวชี้วัดก่อนและหลังปรับปรุงของอีพอกซี

หัวข้อ	ค่าก่อนปรับปรุง	ค่าหลังปรับปรุง
ตัวชี้วัดหลัก (KPI) คือ ปริมาณการสูญเสียอีพอกซีจากท่อไม่ได้ระนาบ	39.90 %	- เครื่องตัดท่อ 6.44 % - เครื่องต้นแบบ 1 0.00 %
ตัวชี้วัดรอง (PI) ตัวที่ 1 คือ น้ำหนักอีพอกซีที่สูญเสียจากการผสมไม่ได้อัตราส่วน 1:1	5.69 กรัม/ครั้ง	1.83 กรัม/ครั้ง

ตัวชี้วัดรอง (PI) กระดาษทราย คือ จำนวนตัวเรือนที่ขัดได้ต่อกระดาษทราย 1 แผ่น และผลิตภาพ (Produvtivity) ของการใช้กระดาษทราย ผลก่อนและหลังปรับปรุงเป็นสรุปได้ดังตารางที่ 6.2 และ 6.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.2 ตัวชี้วัดรองจำนวนตัวเรือนที่ขัดได้ต่อกระดาษทราย 1 แผ่น

กระดาษทราย	การใช้กระดาษทรายขัดงานเฉลี่ย (ชิ้น/แผ่น)			
	พนักงานนอกแผนก		พนักงานในแผนก	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
เบอร์ 180	10	12	14	16
เบอร์ 600	8	9	13	14
เบอร์ 1200	6	8	11	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 ตัวชี้วัดรองผลิตภาพของการใช้กระดาษทราย

หัวข้อ	ค่าก่อนปรับปรุง	ค่าหลังปรับปรุง
ตัวชี้วัดรอง (PI) ตัวที่ 3 คือ ผลิตภาพของการใช้กระดาษทราย	-	เพิ่มขึ้น 13.83 %

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการปรับปรุงการตัดท่อพีวีซีไม่ได้ระนาบหากทางบริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) นำเครื่องตัดท่อไปใช้อย่างถาวร ควรมีการออกแบบที่ครอบกันฝุ่นและเสียงพร้อมทั้งระบบกำจัดฝุ่นเพื่อไม่ให้ก่อมลพิษให้แก่พนักงาน แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านเวลาในการทำสหกิจศึกษาจึงทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถพัฒนาเครื่องตัดท่อได้อย่างสมบูรณ์ และทำให้ไม่สามารถประดิษฐ์เครื่องต้นแบบ 1 มาทดลองปรับใช้ในการปฏิบัติงานจริงได้ทันในระยะเวลาการปฏิบัติสหกิจศึกษา

การแก้ไขปัญหาการใช้กระดาษทรายอย่างสิ้นเปลืองของพนักงานซึ่งถือเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขในระยะยาวเพราะในปัจจุบันอัตราพนักงานเข้าและออกภายในบริษัทสูง หากต้องอบรมพนักงานที่เข้ามาใหม่ทุกครั้งอาจไม่คุ้มค่ากับการช่วยประหยัดการใช้กระดาษทรายเพียงเล็กน้อย

ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ต้องอาศัยความร่วมมือจากพนักงานทุกคนทั้งภายในและภายนอกห้องปฏิการตรวจสอบคุณภาพ จึงควรเพิ่มบทบาทหน้าที่ให้แก่ Foreman ในแต่ละกะเพื่อให้นำไปสู่การเกิดเป็นวัฒธรรมภายในแผนกต่อไปในระยะยาว เพราะ Foreman เป็นเหมือนผู้ประสานระหว่างหัวหน้างานและพนักงานระดับปฏิบัติการนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. (2552). การศึกษางานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ท้อป

[2] เรืองยศ กรีวิโรจน์. (2560). IE Basic for Yod Nak kid Project : บริษัท สยามมิชลิน จำกัด

[3] สิทธิพร พิมพ์สกุล. (2559). การจัดการการปฏิบัติการและโซ่อุปทาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด มีน เซอร์วิส ซัพพลาย

[4] ศิริพงษ์ ลดาวัลย์ ณ อยุธยา. (2550). การบริหารคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : ธนุชพริ้นติ้ง

[5] ศุภชัย นาทะพันธ์. (2551). การควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

[6] วิฑูรย์ สิมะโชคดี. (2550). TQM คู่มือพัฒนาองค์กรสู่ความเป็นเลิศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เนชั่นบุ๊คส์

[7] เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. (2557). การควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ท้อป

[8] เรื่องวิทย์ เกษสุวรรณ. (2545). การจัดการคุณภาพ จาก TQC ถึง TQM, ISO 9000 และการประกันคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท บพิธการพิมพ์ จำกัด

[9] ฉันทนา วิริยเวชกุล. (2550). การควบคุมคุณภาพงาน. กรุงเทพฯ : งานตำราและเอกสารการพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[10] สิทธิศักดิ์ พฤกษ์ปิติกุล. (2546). การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดด้วยวิธี Six Sigma. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[11] สายชล สินสมบูรณ์ทอง. (2554). การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติและวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : จามจุรีโปรดักท์

[12] ทศพล เกียรติเจริญผล. (2553). กลยุทธ์เพื่อเพิ่มผลผลิตเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพฯ

[13] วรภัทร์ ภู่เจริญ. (2544). แนวทางการประเมินคุณภาพภายในสถานศึกษา. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการประเมินคุณภาพและมาตรฐานการศึกษาแห่งชาติ

[14] เสกสรรพ์ เพชรธนาลาภ. (2547). แนวความคิดเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15] ฮิโตชิ โอกุระ. (2549). Why - why analysis: เทคนิคการวิเคราะห์อย่างถึงแก่นเพื่อปรับปรุงสถานประกอบการ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[16] กนกวรรณ ตังรัจนพิทักษ์. (2550). การลดความสูญเสียของการผลิตลำโพงในโรงงานตัวอย่างโดยการใช้เทคนิคการจัดการงานวิศวกรรม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ, มหาวิทยาลัยศิลปากร

[17] ภาวิณี อาจปรุ และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. (2550). การลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เบรกเกอร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[18] ณัฐกานต์ สุดพรม. (2553). การปรับปรุงองค์กรของผู้ขนส่งส่วนประกอบยางรถยนต์ กรณีศึกษาบริษัท สยามมิชลิน จำกัด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[19] อรรณพ สรรพคุณ และ กาญจนา กาญจนสุนทร. (2554). การศึกษาการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตยางในรถจักรยานยนต์โดยการใช้ Quality Control Cycle. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[20] อำนาจ มีแสง และ ณฐา คุปตัษเฐียร. (2554). การออกแบบเครื่องมือจับยึดชิ้นงานเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการตัดท่อยาง กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[21] นริสสา พัฒนปรีชาวงศ์ อาเฟนดี ท่าสอน และ ชาญณรงค์ ตระกูลสรณคมน์. (2559). การศึกษากระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษาบริษัท บ่อแสนวิลล่า จำกัด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล : นางสาวกุลนิษฐ์ วิจิตรโอฬาร

รหัสนักศึกษา : 58010113

วัน เดือน ปีเกิด : 24 สิงหาคม พ.ศ.2540

การติดต่อ : rung20121@gmail.com

การศึกษา

มัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ในพระบรมราชูปถัมภ์

มัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ในพระบรมราชูปถัมภ์

ปริญญาตรี : คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้