



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การจัดสมดุลสายการผลิตกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนเตาแก๊สด้วยหลักการอีซีอาร์เอส กรณีศึกษา บริษัทตัวอย่าง

Production line balancing gas stove parts forming process with ECRS principles case study: a sample company

ยุทธณรงค์ จงจันทร^{1*} ณัฐภาค พลพะพันธ์²

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

² สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000

Yuthanarong Jongjun^{1*} Nattapak Palaphan²

¹ Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University, Muang, Chachoengsao 24000

² Department of Logistics Management, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, 34000

* Corresponding author.

E-mail: yuthanarong@techno.rru.ac.th; Telephone: 0626945770

วันที่รับบทความ 8 สิงหาคม 2565; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 13 ตุลาคม 2565; วันที่ตอบรับบทความ 23 ตุลาคม 2565

บทคัดย่อ

โรงงานตัวอย่างเป็นผู้รับช่วงต่อในการผลิตชิ้นส่วนไส้เตาแก๊ส เพื่อส่งต่อให้แผนกประกอบของบริษัทผลิตหัวเตาแก๊ส เนื่องจากการผลิตภายในไม่สามารถส่งงานให้ลูกค้าได้ตามเวลาที่กำหนด ปัจจุบันโรงงานตัวอย่างมีวันทำงาน 26 วันต่อเดือน มียอดการสั่งผลิตรับช่วงต่ออยู่ที่ 7,500 ชิ้นต่อเดือน หรือประมาณ 289 ชิ้นต่อวัน แต่กำลังการผลิตสามารถผลิตได้เพียง 226 ชิ้นต่อวัน หรือประมาณ 5,876 ชิ้นต่อเดือน ในเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลให้ต้องเปิดการทำงานล่วงเวลาเพิ่มวันละ 2 ชั่วโมง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดชั่วโมงการทำงานล่วงเวลาโดยใช้เทคนิคการสมดุลสายการผลิต เริ่มจากการเก็บข้อมูลการผลิตด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต คำนวณค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าที่เวลาปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน ใช้เปรียบเทียบเพื่อค้นหารอบเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนที่มีค่าเกิน วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพแบบใหม่เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางการแก้ไข จากนั้นจัดสมดุลสายการผลิตด้วยหลักการอีซีอาร์เอส ผลการดำเนินงานพบว่าสามารถควบคุมรอบเวลาการผลิตให้ต่ำกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้าได้ทุกสถานีงาน ลดจำนวนสถานีงานได้ 2 สถานีงาน คิดเป็นร้อยละ 22.22 ลดจำนวนพนักงานได้ 8 คน คิดเป็นร้อยละ 38.09 ลดรอบเวลาการผลิตรวมได้ 1.71 นาที คิดเป็นร้อยละ 14.39 สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ 7,696 ชิ้นต่อเดือน ในเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 33.04 และสามารถเพิ่มผลผลิตภาพการผลิตได้ 1.47 ชิ้น/ชั่วโมง/คน คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 106.52

คำสำคัญ

ผลิภาพการผลิต สมดุลสายการผลิต ประสิทธิภาพสายการผลิต รอบเวลาการผลิต

Abstract

The sample factory has taken over the production of gas burner components to pass on to the assembly department of the company due to the work that cannot be delivered to customers on time. The sample factory now has 26 working days per month and a total production order of 7,500 pieces per month, or approximately 289 pieces per day, but its production capability can only create 226 pieces per day, or approximately 5,876 pieces per month, on a typical 8-hour

workday. They must therefore add 2 hours of additional extra work each day. The objective of this research is to improve the production process to reduce overtime hours by implementing the production line balancing technique. The process begins with gathering production information using process flow charts to determine the standard time, which is 8 hours each day. Utilize the comparison to determine the production cycle time at each stage, and if the value is exceeded, conduct a root cause analysis with the help of new quality control tools. Finally, balance the production line by applying the ECRS concept. The results demonstrated that it is possible to control the production cycle time to be less than the rate of takt time at each workstation. A production capacity increase of 7,696 pieces per month during regular working hours of eight hours per day is possible by reducing the number of workstations by two, or 22.22%, the number of personnel by eight, or 38.09%, and the total production cycle time by 1.71 minutes, or 14.39%. Production line efficiency grew by 33.04%, while productivity increased by 1.47% piece/hour/person, amounting to an increase of 106.52%.

Keywords

productivity; production line balancing; production line efficiency; cycle time

1. บทนำ

ในปัจจุบัน แก๊สแอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas : LPG) มีการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ร้อยละ 36 รองลงมา คือ ภาคครัวเรือนร้อยละ 33 ภาคขนส่ง ร้อยละ 19 และภาคอุตสาหกรรมทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 10 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีในภาคครัวเรือนมีความต้องการสูง โดยเฉพาะร้านอาหาร และ ภัตตาคาร ที่ต้องนำไปใช้กับหัวเตาแก๊สแรงดันสูง ทำให้อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนเตาแก๊สยังเป็นที่ต้องการของตลาด และมีการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1]

โรงงานตัวอย่างเป็นผู้รับช่วงต่อในการผลิตชิ้นส่วนไส้เตาแก๊ส ให้กับบริษัทผู้ผลิตหัวเตาแก๊สแรงดันสูง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชิ้นส่วนไส้เตาแก๊ส

จากรูปที่ 1 แสดงชิ้นส่วนไส้เตาแก๊สที่โรงงานตัวอย่าง รับเหมาช่วงผลิต มีคำสั่งผลิตจากลูกค้าที่ 7,500 ชิ้นต่อเดือน โรงงานตัวอย่างมีวันทำงาน 26 วันต่อเดือน ต้องผลิตให้ได้ 289 ชิ้นต่อวัน ปัจจุบันกำลังการผลิตสามารถผลิตได้สูงสุดแค่ 226 ชิ้นต่อวัน ในเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ต้องเปิดการทำงาน ล่วงเวลา 2 ชั่วโมง จึงจะเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนไส้เตาแก๊สของโรงงานตัวอย่าง โดยมีเป้าหมายและตัวชี้วัดหลังการปรับปรุงด้วยเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต ด้วยหลักการโอซีอาร์เอส สามารถผลิตชิ้นส่วนไส้เตาแก๊สได้ตามความต้องการของลูกค้าภายในเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผนภูมิกระบวนการไหลกระบวนการผลิต

กระบวนการไหลกระบวนการผลิต คือ เครื่องมือในการบันทึกข้อมูล ซึ่งแยกแยะขั้นตอนของกระบวนการผลิตไว้อย่างชัดเจนโดยเริ่มบันทึกตั้งแต่วัตถุดิบเคลื่อนเข้าสู่สายการผลิต และบันทึกขั้นตอนหรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนวัตถุดิบนั้น [2] เพื่อนำมาวิเคราะห์ขั้นตอนการไหลของวัตถุดิบ ชิ้นส่วน พนักงานและอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ไปในกระบวนการพร้อม ๆ กับกิจกรรมต่าง ๆ เป็นแผนที่ใช้จำแนกกิจกรรมออกเป็น 5 ประเภท โดยเริ่มจากกิจกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มไปจนถึงกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า ผ่านสัญลักษณ์ 5 ชนิด กำหนดโดย ASME ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งช่วยให้สามารถแยกแยะกิจกรรมของพนักงานออกจากกิจกรรมที่ทำงานผลิตภัณฑ์ ทำให้มองเห็นจุดสำคัญในการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน สัญลักษณ์ทั้ง 5 ชนิด แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์มาตรฐานสำหรับแผนภูมิกระบวนการไหล [3]

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	คำจำกัดความ
	การปฏิบัติงาน (Operation)	-เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัตถุ -ถอดหรือประกอบชิ้นส่วน
	การตรวจสอบ (Inspection)	-ตรวจสอบคุณลักษณะของวัตถุ -ตรวจสอบคุณภาพหรือปริมาณ
	การเคลื่อนที่ (Transportation)	-การเคลื่อนไหวของวัตถุ -พนักงานกำลังเดิน
	การรอคอย (Delay)	-เก็บวัสดุชั่วคราวระหว่างปฏิบัติงาน -คอยงานเพื่อใช้งานขั้นตอนต่อไป
	การจัดเก็บ (Storage)	-เก็บชิ้นส่วนที่รอเป็นเวลานาน -เก็บชิ้นส่วนเพื่อรอคำสั่ง

2.2 หลักการอีซีอาร์เอส (ECRS)

หลักการอีซีอาร์เอส (ECRS) เป็นหลักการที่นำมาใช้จัดการงานที่ไม่จำเป็นออกจากกระบวนการ (Eliminate) การรวมงานที่คล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน (Combine) การจัดเรียงลำดับกระบวนการทำงานใหม่ (Rearrange) และการปรับปรุงกระบวนการการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่าย ๆ ที่สามารถใช้ในการเริ่มต้นลดความสูญเปล่า (Muda) ลงได้เป็นอย่างดี คล้ายกับงานวิจัยของ [4] ทำการศึกษาและพยายามลดความสูญเปล่าในกระบวนการคลังสินค้าด้วยแนวคิดลีน กรณีศึกษา อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการทำงานด้วยหลักการ ECRS ซึ่งพบว่ามีกิจกรรมการรับ และจัดเก็บสินค้าเข้าด้วยกัน 4 กิจกรรม และจัดลำดับการทำงานใหม่เพื่อลดขั้นตอนการทำงาน และลดเวลาของกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าจากเดิม 4.4 นาที เหลือ 0.7 นาที คิดเป็น 84.09% ลดเวลารวมจากกระบวนการทำงานจากเดิม 6.98 นาที เหลือ 4.12 นาที คิดเป็น 40.97% และกิจกรรมการจ่ายสินค้าออกจากคลังสินค้ามีการรวมกิจกรรมเข้าด้วยกัน ช่วยให้แผนกคลังสินค้านำสินค้ามายังแผนกขนส่งได้เร็วขึ้น ลดรอบเวลากิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าจากเดิม 27 นาที เหลือ 12.25 นาที คิดเป็น 54.62% ลดเวลารวมจากการทำงานเดิม 57.30 นาที เหลือ 32.58 นาที คิดเป็น 43.17% งานวิจัยของ [5] ใช้แผนภูมิกระบวนการไหลแบบที่ 1 ข้อมูลการทำงานในกระบวนการบรรจุชิ้นงานขึ้นรูปพลาสติกของชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ของบริษัท กรุงเทพโด้ แคสซิ่ง แอนด์ อินแจ็กชั่น จำกัด และนำแนวคิดจากหลักการ ECRS เพื่อช่วยลดเวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบรรจุ

ชิ้นงานขึ้นรูปพลาสติกด้านขวาและซ้าย (STEP R/L) โดยการปรับปรุงวิธีการทำงานและการจัดสถานที่ทำงานใหม่ ผลของการปรับปรุงกระบวนการบรรจุชิ้นงานพบว่า ทำให้สามารถลดเวลาในการบรรจุชิ้นงานเฉลี่ยจากเดิม 255 วินาที/20 ชิ้น เหลือ 180 วินาที/20 ชิ้น ลดลง 75 วินาที คิดเป็น 29.41% จำนวนพนักงานลดลงจากเดิม 2 คน เหลือ 1 คน มีผลทำให้ค่าใช้จ่ายแรงงานลดลงได้ 118,000 บาท/ปี

2.3 แผนภูมิต้นไม้ตัดสินใจ (Tree Diagram)

แผนภูมิต้นไม้ตัดสินใจ (Tree Diagram) [6] เป็นแผนผังที่ใช้ในการหามาตรการที่ดีที่สุดจากหลาย ๆ มาตรการเพื่อแก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วงช่วยพัฒนากลยุทธ์ให้บรรลุวัตถุประสงค์อย่างมีระบบและมีเหตุผลอีกทั้งเป็นเครื่องมือสำหรับเรียบเรียงความคิด ซึ่งอาจจะเป็นประเด็นปัญหาหรือสาเหตุหรือวิธีการ มาตรการ แนวทาง กลยุทธ์ หลาย ๆ ข้อให้เป็นหมวดหมู่เพื่อนำมาจัดเรียงให้มีรูปร่างลักษณะคล้ายต้นไม้ที่มี "บัตรความคิด" เป็น กิ่ง ก้าน สาขา ดอก ใบ ทำให้มองเห็นภาพเชิงโครงสร้างที่เป็นระบบของหลาย ๆ ความคิดได้อย่างชัดเจน ระบุวิธีการที่จะทำเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ คล้ายกับงานวิจัยของ [7] อาศัยแผนภูมิต้นไม้ตัดสินใจวิเคราะห์ความสูญเปล่าในกระบวนการเคลื่อนย้ายรถยนต์เข้าห้องอบสีซึ่งพบว่าประตูห้องเปิดค้างเป็นเวลานานทำให้พนักงานไม่สามารถเริ่มทำงานพ่นสีได้ สาเหตุมาจากก้านตะรถเข็นล้อเลื่อนไม่เตะลิ้มตสวิทช์เนื่องจากมีลักษณะเสียรูปทรงทำให้รถเข็นไม่ทำงาน และไม่มีสัญญาณแจ้งเตือนให้พนักงานทราบทำให้การแก้ไขล่าช้า แก้ไขปัญหาด้วยการปรับก้านเตะลิ้มตสวิทช์ให้ตรงตามแบบมาตรฐานของรถเข็นล้อเลื่อน และติดตั้งไซเรนไว้ด้านข้างห้องพ่นสีเพื่อแจ้งเตือนให้พนักงานรู้เมื่อเกิดปัญหา ผลการปรับปรุงแก้ไขสามารถสามารถลดจำนวนครั้งของประตูห้องอบสีค้าง และเวลาสูญเสียได้ร้อยละ 100

2.4 ผลิภาพการผลิต (Productivity)

วิทยา อินทร์สอน [8] กล่าวไว้ว่า ผลิภาพการผลิตหมายถึง กระบวนการในการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้สินค้า บริการ หรืองานที่มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ด้วยวิธีการในการลดต้นทุน ลดการสูญเสียทุกรูปแบบ การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม การพัฒนา

ศักยภาพของผู้ปฏิบัติงานในองค์กร และการใช้เทคนิคการทำงานต่าง ๆ เข้ามาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

เกียรติศักดิ์ จันทร์แดง [9] ได้ให้ความหมายของผลิภาพการผลิต หมายถึง จำนวนผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ผลิตได้จากการใช้ทรัพยากรจำนวนหนึ่ง หรือเป็นการวัดประสิทธิผลของการใช้ทรัพยากรแสดงในรูปอัตราส่วนของปัจจัยนำออก (Output) ได้แก่ สินค้าและบริการหารด้วยปัจจัยนำเข้า (Input) หนึ่งประเภทขึ้นไป เช่น แรงงาน และทรัพยากรอื่น ๆ

สรุปโดยรวม ผลิภาพการผลิตหมายถึง การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในการผลิตอย่างคุ้มค่า โดยใช้วิธีการลด ต้นทุนลดการสูญเสีย ปรับปรุงกระบวนการผลิต และมุ่งเน้นการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพซึ่ง คำนวณหาได้จาก สมการที่ 1

$$\text{ผลิภาพการผลิต} = \text{ผลผลิต} / \text{ปัจจัยที่ใช้ในการผลิต} \quad (1)$$

2.5 การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)

วรินทร์ เกียรติคุณ [10] ได้ศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตโครงอลูมิเนียมในบริษัทกรณีศึกษา พบว่าอุปกรณ์จับยึดในสถานีงาน CNC ไม่เหมาะสมทำให้ใช้เวลาปรับตั้งเครื่องนาน และการตัดแยกที่ใช้เวลานานในกระบวนการประกอบ ผู้วิจัยออกแบบตัวจับยึดใหม่ที่เหมาะสมสามารถลดเวลาการทำงานในขั้นตอนนี้ได้ และยังออกแบบรถเข็นลำเลียงพร้อมทั้งคัดแยกประเภทโครงอลูมิเนียมแต่ละชนิดลงงานที่เป็นงานคอขวดลดลง ใช้หลักการ ECRS เป็นเครื่องมือลดเวลาสูญเสียในการทำงาน ทำให้เวลาในกระบวนการผลิตมีความสมดุลมากขึ้น และเวลาในการผลิตต่ำกว่าอัตราความต้องการของลูกค้า หลังปรับปรุงพบว่าจำนวนสถานีงานลดลง จาก 6 เหลือ 4 สถานีงาน ประสิทธิภาพสายการผลิตเพิ่มจาก 46.45% เป็น 84.38% ความแปรปรวนของภาระงานลดลงจาก 235.23 นาที เหลือ 41.72 นาที ลดลง 82.26% ความเท่าเทียมกันในการกระจายงานลดลงจาก 70.17 เหลือ 16.08

สมดุลสายการผลิต คือ การจัดเวลาในแต่ละขั้นตอนการทำงานให้มีความสัมพันธ์หรือใกล้เคียงกันเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดจากความล่าช้าของจุดงานคอขวด (Bottleneck) คือ การเคลื่อนตัวหรือการไหลของสิ่งใด ๆ ที่เกิดอุปสรรคเนื่องจากทางแคบลงส่งผลให้การเคลื่อนตัวเป็นไปได้อย่างช้าลง มีการติดขัดของสิ่งนั้น ๆ หน้าช่องทางผ่าน

รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) คือ เวลาที่พนักงานใช้ในการดำเนินการในการผลิตในแต่ละคนรับผิดชอบงานเพียงงานเดียวหรือหลายงานก็ได้ซึ่งจะนับตั้งแต่จุดเริ่มต้นของงานนั้นจนสิ้นสุดการทำงานและจะได้ผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป 1 ชิ้นเสมอ

จังหวะความต้องการของลูกค้า (Takt Time) คือ ค่าอัตราความต้องการสินค้าของลูกค้าซึ่งใช้เป็นค่ากำหนดจังหวะการทำงานเพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าหรือกำหนดอัตราการผลิตให้เท่ากับอัตราการขาย คำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$\text{จังหวะความต้องการของลูกค้า} = \frac{\text{เวลาเฉลี่ยปกติ}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ลูกค้าต้องการ}} \quad (2)$$

ประสิทธิภาพสายการผลิต (Production Line Efficiency) เป็นการคำนวณประสิทธิภาพสายการผลิตเพื่อตรวจสอบว่าเวลารอคอยในระบบเมื่อเทียบกับจุดงานคอขวดมีมากน้อยกี่เปอร์เซ็นต์ คำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$\text{ประสิทธิภาพสายการผลิต} = \frac{\text{ผลรวมรอบเวลา} \times 100}{\text{จำนวนสถานีงาน} \times \text{เวลาของสถานีงานงานคอขวด}} \quad (3)$$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเพิ่มผลผลิตมีหลากหลายงานที่ทำการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม อาทิเช่นงานวิจัยของ ธีชนันท์ แดนเขตและคณะ [11] พยายามลดปัญหาของจำนวนสินค้าที่ผลิตไม่ทันตามเวลาความต้องการของลูกค้าด้วยการลดปัญหงานคอขวดที่เกิดจากกระบวนการผลิตปลาแซลมอนแช่แข็ง โดยใช้หลักการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) เริ่มจากการทำการศึกษาระบบการผลิตลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิต TRK184 จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีในการลด เวลาในการทำงานให้พอดีหรือต่ำกว่าเวลาความต้องการของลูกค้าโดยใช้หลักการ ECERS ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การไหลของกระบวนการผลิตในการเก็บข้อมูลและเวลา ดังแสดงในรูปที่ 2

3.1 สํารวจสภาพปัจจุบัน

ผู้วิจัยสํารวจสภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนไส้เตาแก๊สตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย โดยใช้แผนภูมิ

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ประเภทผลิตภัณฑ์			สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง		
ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนไส้เตาแก๊ส			การปฏิบัติการ	●	9				
กรรมวิธี: ขึ้นรูปตบแต่งชิ้นส่วนไส้เตาแก๊ส			การเคลื่อนย้าย	➡	8				
			การรอคอย	D	0				
			การตรวจสอบ	■	4				
☒ วิธีปัจจุบัน ☐ วิธีนำเสนอ			การเก็บรักษา	▼	0				
ตำแหน่งที่ตั้ง: ฝ่ายผลิต			ระยะทาง (เมตร)		50				
ผู้บันทึก: ประคอง		วันที่ 16 มกราคม 2565	พนักงาน (คน)		21				
ผู้อนุมัติ: ยุทธณรงค์		วันที่ 16 มกราคม 2565	เวลา ☐ ชม. ☒ นาที ☐ วินาที	11.88					
สถานีงาน	รายการ	จำนวน (คน)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์				
					●	➡	D	■	▼
S1	เจาะรูปลายท่อขนาด 12 mm.	1	0	0.57	●				
T1	เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 2 (S2)	1	5	0.15		➡			
S2	ตีปเกลียวขนาด M14 x P20	1	0	0.58	●				
I1	ตรวจสอบเกลียวขนาด M14 x P20	1	0	0.17				■	
T2	เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 3 (S3)	1	5	0.15		➡			
S3	เจาะรูหัวท่อขนาด 8.5 mm. x 3 รู	1	0	0.60	●				
T3	เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 4 (S4)	1	5	0.15		➡			
S4	ตีปเกลียวขนาด M10 x P1.5 x 3 รู	1	0	0.63	●				
I2	ตรวจสอบเกลียวขนาด M10 x P1.5 x 3 รู	1	0	0.42				■	
T4	เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 5 (S5)	1	5	0.15		➡			
S5	กลึงคว้านหัวท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 114 mm. +0.20 mm.	1	0	1.48	●				
I3	ตรวจสอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 114 mm. +0.20 mm.	1	0	0.14				■	
T5	เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 6 (S6)	1	5	0.15		➡			
S6	กลึงปอกผิวปลายท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 mm. +1.0 mm.	1	0	1.55	●				
I4	ตรวจสอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 mm. +1.0 mm.	1	0	0.12				■	
T6	เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 7 (S7)	1	5	0.15		➡			
S7	เจียรระไนตบแต่งครีที่เกิดจากงานหล่อ	1	0	1.77	●				
T7	เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 8 (S8)	1	5	0.15		➡			
S8	ตบแต่งรอยเจียรระไนด้วยผงซีเมนต์ (Cement Powder)	1	0	1.53	●				
T8	เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 9 (S9)	1	15	0.40		➡			
S9	งานพ่นสีผลิตภัณฑ์	1	0	0.87	●				
ผลรวม		21	50	11.88	9	8	0	4	0

S = (Station) T = (Transportation) I = (Inspection) (การจับเวลาใช้มาตรฐานเวลา 1/100 นาที หรือความละเอียดเท่ากับ 0.01 นาที)

รูปที่ 2 แผนภูมิการไหลกระบวนการผลิตชิ้นส่วนไส้เตาแก๊ส ก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 2 แสดงการเก็บข้อมูลด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการพบว่าขั้นตอนการปฏิบัติงาน 9 ขั้นตอน ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัสดุ 8 ขั้นตอน และขั้นตอนการตรวจสอบ 4 ขั้นตอน ใช้พนักงานทำงานทั้งหมด 21 คน มีรอบเวลาการผลิตรวม 11.88 นาทีต่อชิ้น จากนั้นผู้วิจัยหาเวลาทำงานเฉลี่ยปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดกิจกรรมการทำงานต่อวัน

ลำดับ	กิจกรรม	เวลา (นาที)
1	เวลาปกติต่อวัน 8x60	480
2	เตรียมงานก่อนผลิต	25
3	เก็บของทำความสะอาดเครื่อง	25
4	พักเบรกเข้า-บ่าย	30
5	เวลาทำงานเฉลี่ยปกติต่อวัน 1-2-3-4	400
6	เวลาของสถานีงานที่เป็นคอขวด (S7)	1.77

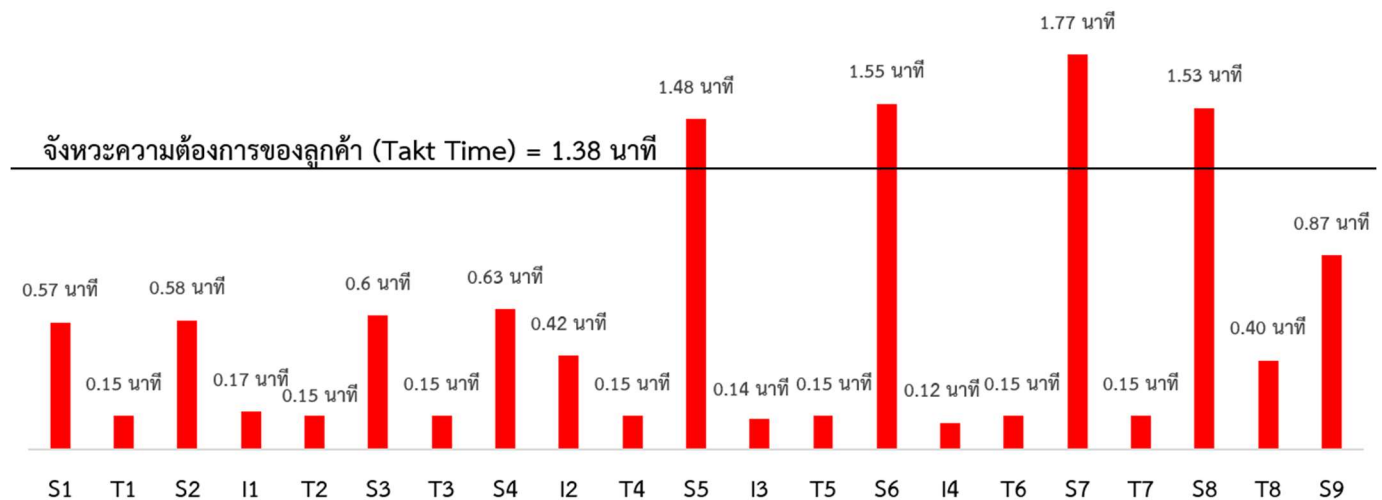
จากข้อมูลในตารางที่ 2 สามารถนำมาคำนวณหาค่าลังการผลิได้ ดังนี้

1. กำลังการผลิตต่อวัน $400/1.77 = 226$ ชิ้น/วัน
2. ความต้องการของลูกค้า $= 7,500$ ชิ้น/เดือน
3. โรงงานทำงาน $= 26$ วัน/เดือน
4. ความต้องการของลูกค้าต่อวัน $26 \div 3 = 289$ ชิ้น/วัน

จากข้อมูลความต้องการของลูกค้าต่อวันปัจจุบันมากกว่ากำลังการผลิต 63 ชิ้น ($289 - 226$) ทำให้โรงงานต้องเปิดทำงานล่วงเวลา 2 ชั่วโมง/วัน ผู้วิจัยจึงคำนวณจหะความต้องการของลูกค้าที่เวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน จากสมการที่ 2

$$\text{จหะความต้องการของลูกค้า} = (400)/(289) = 1.38 \text{ นาที/ชิ้น}$$

จากนั้นนำค่าจหะความต้องการของลูกค้าเปรียบเทียบกับรอบเวลาการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 รอบเวลาผลิตเปรียบเทียบกับจหะความต้องการของลูกค้าก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 3 พบว่ามีขั้นตอนที่มีรอบเวลาการผลิตเกินค่าจหะ ความต้องการของลูกค้าทั้งหมด 4 สถานีงาน ประกอบด้วยสถานีงานที่ S5, S6, S7, S8 โดยมีสถานีงานที่ S7 เป็นสถานีงานคอขวด (Bottleneck) ส่งผลให้สถานีงานก่อนหน้าเป็นงานระหว่างกระบวนการ (Work In Process) และสถานีงานตามหลังเป็นสถานีรอคอยชิ้นงาน

ผู้วิจัยนำข้อมูลทั้งหมดมาคำนวณหาประสิทธิภาพของสายการผลิตก่อนการปรับปรุงกระบวนการ จากสมการที่ 3

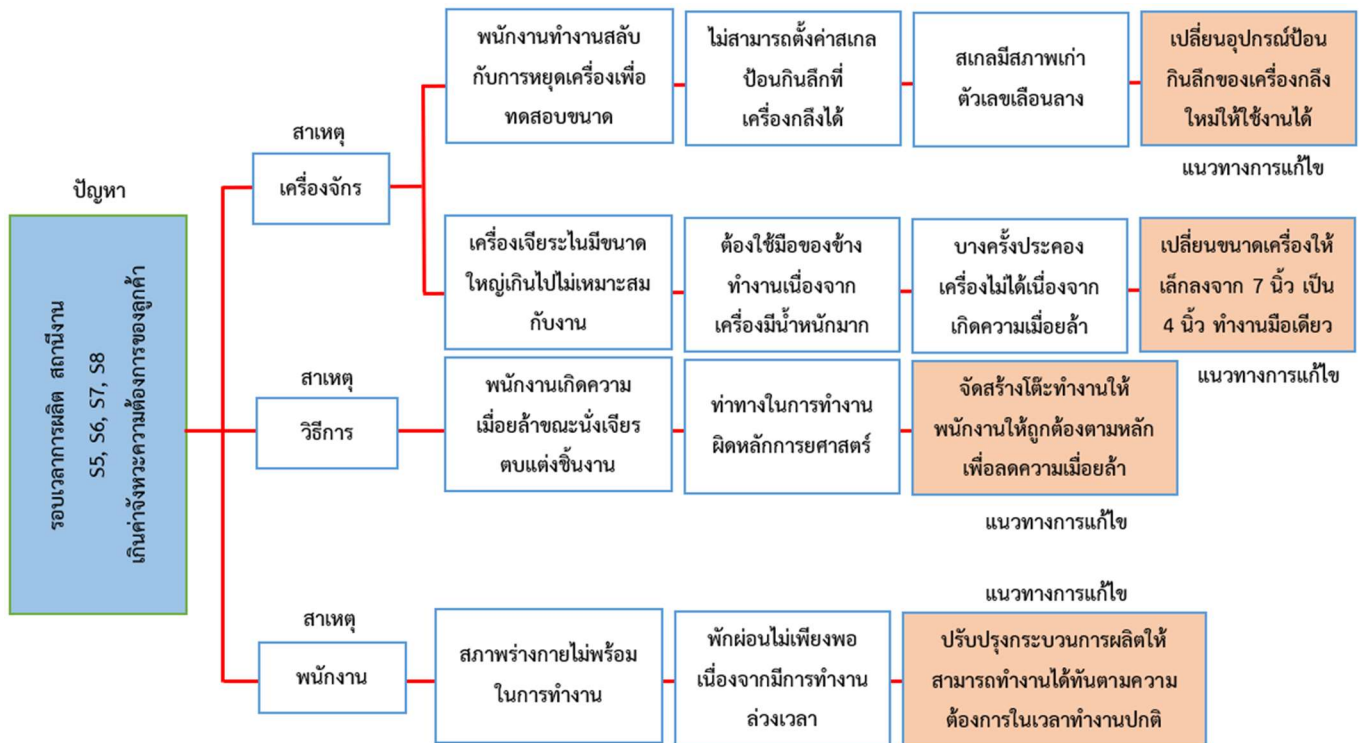
$$\text{ประสิทธิภาพของสายการผลิต} = \frac{11.88 \times 100}{9 \times 1.77} = 74.57\%$$

3.2 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากข้อมูลรอบเวลาการผลิตที่มีค่าเกินจหะความต้องการของลูกค้า ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังต้นไม้ตัดสินใจซึ่งเป็นเครื่องมือควบคุมคุณภาพคล้ายคลึงกับงานวิจัย [11] ที่มีการนำเครื่องมือแผนผังต้นไม้มา

ช่วยวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาระบบการผลิตชิ้นส่วนประกอบคอมพิวเตอร์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ พบว่าสามารถช่วยค้นหาปัญหาในช่วงเวลานำการผลิตของกระบวนการบัดกรี

ได้อย่างเป็นระบบ การวิเคราะห์ปัญหารอบเวลาการผลิตเกินจึงหะความต้องการของลูกค้า ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังต้นไม้

จากการวิเคราะห์ปัญหารอบเวลาการผลิตสถานีนงานที่ S5, S6, S7 และ S8 เกินค่าจึงหะความต้องการของลูกค้าด้วยแผนผังต้นไม้ซึ่งเป็นเครื่องมือควบคุมคุณภาพ พบว่าเกิดจาก 3 ปัจจัยหลักประกอบด้วย

3.2.1 ปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร พบปัญหาจาก 2 สาเหตุในขั้นตอนงานกลึงสถานีนงาน S5 และ S6 พนักงานต้องทำงานสลับกับการหยุดเครื่องเพื่อวัดตรวจสอบขนาดบ่อยครั้งเนื่องจากไม่สามารถกำหนดระยะในการป้อนกลึงที่สเกลเครื่องกลึงได้สาเหตุมาจากมีสภาพเลือนลางจากการใช้งานเป็นเวลานาน และขั้นตอนการเจียรในตบแต่งครีที่ที่เกิดจากงานหล่อในสถานีนงาน S7 พนักงานต้องใช้มือสองข้างประคองเครื่องเจียรในขนาด 7 นิ้ว ซึ่งมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นเนื่องจากครีที่ที่เกิดจากการขึ้นรูปมีลักษณะบาง ๆ บางจึงหะเกิดการแอลบเนื่องจากหนักทำให้กินงานกลึง ส่งผลให้สถานีนงานที่ S8

ต้องใช้ผงซีเมนต์เหล็กตบแต่งเป็นเวลานานเป็นสาเหตุหนึ่งซึ่งทำให้รอบเวลาการผลิตเกินค่าจึงหะความต้องการของลูกค้า

3.2.2 ปัจจัยที่เกิดจากวิธีการทำงาน พนักงานต้องนั่งทำงานกับพื้นซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักกายศาสตร์การทำงานจากการต่อนั่งยอง ๆ ทำงานกับพื้น ส่งผลทำให้พนักงานเกิดความเมื่อยล้า ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานลดลงจากความเมื่อยล้าในการทำงาน

3.2.3 ปัจจัยที่เกิดจากพนักงาน เนื่องจากสภาพร่างกายของพนักงานไม่พร้อมในการทำงานเนื่องจากความเมื่อยล้าที่เกิดจากการทำงานล่วงเวลาทุกวัน ๆ ละ 2 ชั่วโมง สาเหตุเกิดจากการกำลังการผลิตไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ในเวลาปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน

3.3 กำหนดแนวทางและดำเนินการพิสูจน์ปัญหาแต่ละปัจจัย

จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยนำมากำหนดแนวทางการแก้ไขในแต่ละปัจจัยพร้อมทั้งทดลองพิสูจน์ปัญหาดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.1 กำหนดแนวทางการแก้ไขและพิสูจน์ปัญหาจากปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร เริ่มจากเครื่องกลึงปัจจุบันใช้ในการกลึงคว้านรูในสถานีงานที่ 5 (S5) และกลึงปอกผิวนอกในสถานีงานที่ 6 (S6) จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพแบบใหม่ นำมากำหนดแนวทางการแก้ไขได้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาจากเครื่องกลึง

สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไข
พนักงานต้องทำงานสลับกับการหยุดเครื่องกลึงเพื่อวัดทดสอบขนาดเนื่องจากไม่สามารถกำหนดระยะป้อนกินลึกที่เครื่องจักรได้ สาเหตุเกิดจากอุปกรณ์มีสภาพเก่า ชีตแบ่งสเกลเลื่อนลางมองไม่เห็น	ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ป้อนกินลึกของเครื่องกลึงใหม่ให้ใช้งานได้ และมีสเกลป้อนที่ชัดเจน

จากตารางที่ 3 ผู้วิจัยนำมาพิสูจน์ปัญหาจากปัจจัยที่เกิดจากเครื่องกลึง ด้วยการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ป้อนกินลึกใหม่ให้ชีตแบ่งสเกลมีความชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 การเปลี่ยนชุดสเกลป้อนกินลึกเครื่องกลึง

หลังการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ชุดสเกลป้อนกินลึกเครื่องกลึงแล้วทดลองให้พนักงานทำการผลิตโดยให้กำหนดระยะการป้อนกินลึกแทนการปฏิบัติสลับกับการหยุดเครื่องเพื่อใช้เครื่องมือวัดทดสอบแต่ให้ตรวจสอบเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการตามรอบเวลาการผลิตเพียงครั้งเดียวและใช้หลักการ ECRS ซึ่งนำมา

ประยุกต์ใช้สำหรับปรับปรุงแก้ไขการทำงานในบางกระบวนการ คล้ายคลึงกับงานวิจัย [13] ที่ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิตโดยการปรับปรุงวิธีการทำงานโดยใช้หลักการ ECRS ในการผลิตเครื่องซักผ้า ทำให้ประสิทธิภาพสายการผลิตในขั้นตอนการประกอบเพิ่มขึ้น สำหรับการจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นออก (Eliminate) ในขั้นตอนการตรวจสอบเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 114 mm. +0.20 mm. (I3) และขนาด 20 mm. +1.0 mm. (I4) ของพนักงานตรวจสอบคุณภาพ (QC) โดยให้พนักงานผู้ผลิตเป็นผู้ตรวจสอบและจดบันทึกลงในแผ่นตรวจสอบเองหรือที่เรียกกันว่าฝ่ายผลิตการรันตีคุณภาพ ซึ่งสามารถลดจำนวนพนักงานแผนกตรวจสอบคุณภาพได้ 2 คน รายละเอียด ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการปรับปรุงปัญหาจากเครื่องกลึง

รายการ	S5		S6		I3	I4
	CT	M	CT	M	M	M
ก่อนปรับปรุง	1.48	1	1.55	1	1	1
หลังปรับปรุง	1.22	1	1.35	1	0	0
ลดลง	0.26	0	0.20	0	1	1

S = สถานีงาน CT = รอบเวลาการผลิต M = พนักงาน

จากตารางที่ 4 หลังจากพิสูจน์ปัญหาด้วยการให้พนักงานทดลองปฏิบัติงานผลการเก็บข้อมูลพบว่ารอบเวลาการผลิตของสถานีงานที่ 5 (S5) ลดลงจาก 1.48 เหลือ 1.22 นาที และสถานีงานที่ 6 (S6) ลดลงจาก 1.55 นาที เหลือ 1.35 นาที ซึ่งต่ำกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า (Takt Time) ที่ 1.38 นาที ทั้ง 2 สถานีงาน ซึ่งรอบเวลาหลังการปรับปรุงเป็นรอบเวลาที่รวมขั้นตอนการตรวจสอบแล้วโดยให้พนักงานฝ่ายผลิตเป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพและบันทึกข้อมูลเองทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานตรวจสอบคุณภาพ (I3, I4) ได้ 2 คน

จากนั้นผู้วิจัยแก้ไขปัญหาคความเมื่อยล้าของพนักงานจากการใช้เครื่องเจียรไนตบแต่งชิ้นงานในสถานีงานที่ 7 (S7)) จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพแบบใหม่ นำมากำหนดแนวทางการแก้ไขได้ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหามาจากเครื่องเจียรระโน

สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไข
เครื่องเจียรระโนมีขนาดใหญ่เกินไป ความจำเป็นเมื่อพนักงานทำงาน ต่อเนื่องเป็นเวลานานทำให้ใช้ เวลานานและเกิดความเมื่อยล้า	ปรับเปลี่ยนเครื่องเจียรระโนให้ มีขนาดเหมาะสมกับงานจาก ขนาด 7 นิ้ว เหลือ 4 นิ้ว

จากตารางที่ 5 ผู้วิจัยนำมาพิสูจน์ปัญหาจากปัจจัยที่เกิดจากเครื่องเจียรระโนด้วยการปรับปรุงกระบวนการการทำงานให้ง่ายขึ้น (Simplify) ตามหลักการ ECRS ด้วยการปรับเปลี่ยนขนาดของเครื่องจาก 7 นิ้ว เป็น 4 นิ้ว เพื่อให้พนักงานสามารถประกอบเครื่องทำงานได้ด้วยมือข้างเดียว เนื่องจากครีบก่ที่เกิดจากงานหล่อเป็นเพียงครีบบาง ๆ ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 เครื่องเจียรระโนขนาด 4 นิ้ว

หลังการปรับเปลี่ยนเครื่องเจียรระโนจากขนาด 7 นิ้ว เป็นขนาด 4 นิ้ว แล้วให้พนักงานทดลองปฏิบัติงานพร้อมเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการปรับปรุงปัญหาจากเครื่องเจียรระโนแบบต่าง

รายการ	S7	
	CT	M
ก่อนปรับปรุง	1.77	1
หลังปรับปรุง	1.59	1
ลดลง	0.18	1

S = สถานีงาน CT = รอบเวลาการผลิต M = พนักงาน

หลังจากให้พนักงานทดลองทำการผลิตโดยใช้มือเพียงข้างเดียวประกอบเครื่องแล้วใช้มืออีกข้างจับชิ้นงานให้อยู่กับที่ จากการเก็บข้อมูลพบว่ารอบเวลาของสถานีงานที่ 7 (S7) ลดลงจาก 1.77 นาที เหลือ 1.59 นาที แต่ยังคงเกินค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าที่ 1.38 นาที อยู่ 0.21 นาที จากการสังเกตและสอบถามพบว่าพนักงานทำงานได้ง่ายขึ้นความเมื่อยล้าลดลงจากการเปลี่ยนขนาดของเครื่องเจียรระโนแต่ยังคงนั่งคุกเข่า

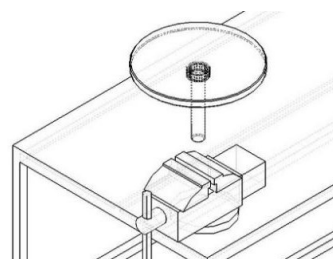
ทำงานกับพื้นซึ่งผิดหลักการยศาสตร์ของวิธีการทำงานและอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้รอบเวลาการผลิตสูง ผู้วิจัยจึงนำปัญหาดังกล่าวมากำหนดแนวทางการแก้ไขในปัจจัยที่ส่งผลต่อรอบเวลาการผลิตจากวิธีการทำงาน

3.3.2 กำหนดแนวทางการแก้ไขและพิสูจน์ปัญหาของปัจจัยที่เกิดจากวิธีการทำงานในขั้นตอนการเจียรระโนแบบต่างครีบก่ของชิ้นส่วนไส้เตาแก๊ส จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพแบบใหม่ นำมากำหนดแนวทางการแก้ไขได้ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหามาจากเครื่องเจียรระโน ครั้งที่ 2

สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไข
พนักงานต้องนั่งทำงานกับพื้นในลักษณะคุกเข่าแล้วหมุนชิ้นงานชุดไปกับพื้นทำให้เกิดความล่าช้าและเมื่อทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานยส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้า	จัดสร้างโต๊ะทำงานให้พนักงานตามหลักการยศาสตร์และออกแบบอุปกรณ์วางชิ้นงานบนโต๊ะให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น

หลังจากกำหนดแนวทางการแก้ไขผู้วิจัยได้ออกแบบโต๊ะทำงานติดปากกาจับงาน และอุปกรณ์วางชิ้นงานบนโต๊ะเพื่อให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น (Simplify) ตามหลักการ ECRS ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 โต๊ะทำงานติดปากกาและอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน

หลังการจัดสร้างโต๊ะติดปากกาจับงานและอุปกรณ์ช่วยให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น โดยอุปกรณ์ช่วยสามารถหมุนได้ด้วยการใส่ตลับลูกปืน (Bearing) (Number 6202-2RS, d=15 มิลลิเมตร, D=35 มิลลิเมตร, B=11 mm., Open) จากนั้นให้พนักงานทดลองปฏิบัติงานพร้อมเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการปรับปรุงปัญหาจากเครื่องเจียรไนตบแต่ง ครั้งที่ 2

รายการ	S7	
	CT	M
ก่อนปรับปรุง	1.59	1
หลังปรับปรุง	1.28	1
ลดลง	0.31	1

S = สถานีงาน CT = รอบเวลาการผลิต M = พนักงาน

จากผลการทดลองพบว่าหลังจากปรับปรุงวิธีการเจียรไนจากการนั่งทำงานกับพื้นมาทำงานบนโต๊ะติดปากกาทำงานพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ช่วยที่สามารถหมุนได้ทำให้รอบเวลาการเจียรไนตบแต่งสถานีงานที่ 7 (S7) ลดลงจาก ลดลงจาก 1.59 นาที เหลือ 1.28 นาที ซึ่งต่ำกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าที่ 1.38 นาที อยู่ 0.10 นาที และยังส่งผลต่อรอบเวลาของสถานีงานที่ 8 (S8) การตบแต่งรอยเจียรไนด้วยผงซีเมนต์ (Cement Powder) สามารถทำงานได้ง่ายขึ้นเนื่องจากรอยเจียรไนมีความเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีรอยกินลึกจากสาเหตุเครื่องเจียรไนสะบัด อีกทั้งผู้วิจัยปรับปรุงวิธีการทำงานจากเดิมพนักงานนั่งทำงานกับพื้นให้เปลี่ยนมาเป็นนั่งทำงานกับเก้าอี้แบบปรับระดับได้โดยให้ทำงานบนโต๊ะที่ติดปากกา และอุปกรณ์ช่วยดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การปรับปรุงกระบวนการตบแต่งงานด้วยผงซีเมนต์

หลังจากพนักงานทดลองปฏิบัติงานพร้อมเก็บข้อมูลรอบเวลาการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 9

จากตารางที่ 9 พบว่ารอบเวลาการปะยาตบแต่งรอยเจียรไนลดลงจาก 1.53 นาที เหลือ 1.33 นาที ซึ่งต่ำกว่าค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าที่ 1.38 นาที อยู่ 0.05 นาที

ตารางที่ 9 ผลการปรับปรุงปัญหาจากวิธีการทำงาน

รายการ	S8	
	CT	M
ก่อนปรับปรุง	1.53	1
หลังปรับปรุง	1.33	1
ลดลง	0.20	1

S = สถานีงาน CT = รอบเวลาการผลิต M = พนักงาน

3.3.3 กำหนดแนวทางการแก้ไข และพิสูจน์ปัญหาจากปัจจัยที่เกิดจากพนักงาน จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพแบบใหม่ นำมากำหนดแนวทางการแก้ไขได้ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาความพร้อมของพนักงาน

สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไข
พนักงานเกิดอาการเมื่อยล้ามีสภาพร่างกายไม่พร้อมในการทำงานจากการพักผ่อนไม่เพียงพอเนื่องจากมีการทำงานล่วงเวลาติดต่อกันเป็นเวลาหลายวันเพื่อให้ได้ชิ้นงานตามความต้องการของลูกค้าที่กำหนด	พยายามปรับปรุงกระบวนการผลิตให้กลับมาผลิตได้ทันตามความต้องการของลูกค้าในเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน

เนื่องจากมีสภาพร่างกายไม่พร้อมในการทำงานจากอาการเมื่อยล้า ซึ่งเกิดจากการทำงานล่วงเวลาติดต่อกันทุกวันเมื่อผู้วิจัยปรับปรุงปัญหาในส่วนเครื่องจักร และวิธีการทำงานแล้วพนักงานสามารถกลับมาทำงานได้ตามความต้องการของลูกค้าได้ภายในเวลาปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้ลดความเมื่อยล้าได้

4. ผลการดำเนินงาน

จากการกำหนดแนวทางในการแก้ไขและพิสูจน์ปัญหาพบว่ารอบเวลาการผลิตที่มีค่าเกินค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า ได้รับการปรับปรุงแก้ไขให้กลับมาผลิตได้ทันตามความต้องการของลูกค้าภายในเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน ทั้ง 4 สถานีงาน แต่นอกจากการปรับปรุงแก้ไขรอบเวลาการผลิตที่เกินค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าแล้ว ผู้วิจัยยังให้ความสนใจที่จะปรับปรุงสถานีงานที่มีรอบเวลาการผลิตที่ต่ำกว่า

จึงหาความต้องการของลูกค้ามาก ๆ ซึ่งอาจสามารถรวมงานที่มีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน (Combine) ตามหลักการ ECRS เพื่อลดจำนวนพนักงาน และระยะทางในการเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างสถานีงานได้แต่มีเงื่อนไขว่าเมื่อรวมงานเข้าด้วยกันแล้วต้องมีรอบเวลาการผลิตไม่เกินค่าจึงหาความต้องการของลูกค้าที่ 1.38 นาที การปรับปรุงงาน แสดงดังตารางที่ 11

จากตารางที่ 11 ผู้วิจัยใช้หลักการ ECRS ปรับปรุงขั้นตอนการทำงานด้วยการรวมงาน (Combine) สถานีงานที่ 1 (S1) เข้ากับสถานีงานที่ 2 (S2) ขั้นตอนการตรวจสอบ (I1) เข้าด้วยกันโดยการย้ายเครื่องเจาะรูปลายท่อขนาด 12 mm. และเครื่องตัดเกลียวขนาด M14 x P20 มาไว้ติดกันให้พนักงานทำงานต่อเนื่องพร้อมตรวจสอบคุณภาพตามหลักการฝ่ายผลิตการันตี ขจัดงาน (Eliminate) การเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการ (T1) ออกได้ 1 งาน ลดรอบเวลาการผลิตได้ 0.15 นาที ลดระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุได้ 5 เมตร ลดจำนวน

พนักงานได้ 3 คน และรวมงาน (Combine) สถานีงานที่ 3 (S3) เข้ากับสถานีงานที่ 4 (S4) เข้าด้วยกันโดยการย้ายเครื่องเจาะรูหัวท่อขนาด 8.5 mm. x 3 และเครื่องตัดเกลียวขนาด M10 x P1.5 x 3 รู มาไว้ติดกันให้พนักงานทำงานต่อเนื่อง ขจัดงาน (Eliminate) การเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างกระบวนการ (T2) ออกได้ 1 งาน ลดรอบเวลาการผลิตได้ 0.15 นาที ลดระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุได้ 5 เมตร ลดจำนวนพนักงานได้ 2 คน แต่ไม่สามารถรวมขั้นตอนการตรวจสอบเกลียวขนาด M10 x P1.5 x 3 รู เข้าด้วยกันได้เนื่องจากรอบเวลาการผลิตเกินจึงหาความต้องการของลูกค้าผู้วิจัยจึงนำขั้นตอนดังกล่าวไปรวมเข้ากับขั้นตอนในสถานีงานที่ 9 (S9) ให้พนักงานพนัสเป็นผู้ตรวจสอบเกลียวขนาด M10 x P1.5 x 3 รู (I2) ก่อนการพนัส สามารถลดจำนวนพนักงานได้อีก 1 คน สรุปผลและเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง ได้ดังตารางที่ 12 และรูปที่ 9

ตารางที่ 11 การรวมเข้าด้วยกันตามหลักการ ECRS

สถานีงาน (แบบเก่า)	พนักงาน (แบบเก่า)	รอบเวลาการผลิต (แบบเก่า)	หลักการ (ECRS)	สถานีงาน (แบบใหม่)	พนักงาน (แบบใหม่)	รอบเวลาการผลิต (ใหม่)	Takt Time
S1	1	0.57 นาที	C	S1+S2+I1	1	1.32 นาที	1.38 นาที
T1	1	0.15 นาที	E				
S2	1	0.58 นาที	C				
I1	1	0.17 นาที	C				
S3	1	0.60 นาที	C	S3+S4	1	1.23 นาที	1.38 นาที
T2	1	0.15 นาที	E				
S4	1	0.63 นาที	C				
I2	1	0.42 นาที	C				
S9	1	0.87 นาที	C	I2+S9	1	1.29 นาที	1.38 นาที

E = Eliminate (การขจัดงานที่ไม่จำเป็นออก) C = Combine (การรวมงานที่คล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน)

ตารางที่ 12 สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการ ECRS

สถานีงาน	ระยะทาง (เมตร)		จำนวนพนักงาน (คน)	
	B	A	B	A
S1+S2+I1	5	0	4	1
S3+S4	5	0	3	1
I2+S9	15	15	2	1

B = Before improvement (ก่อนการปรับปรุง)

A = After improvement (หลังการปรับปรุง)

หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอาศัยหลักการ ECRS แล้วเก็บข้อมูลด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง พบว่าสามารถลดรอบเวลาการผลิตให้มีความต่ำกว่าจึงหาความต้องการของลูกค้าได้ทุกขั้นตอนการทำงานพนักงานสามารถทำงานได้ทันตามความต้องการภายในเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 10

จากรูปที่ 10 ผู้วิจัยนำข้อมูลมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพ
 การผลิตหลังการปรับปรุง จากสมการที่ 3

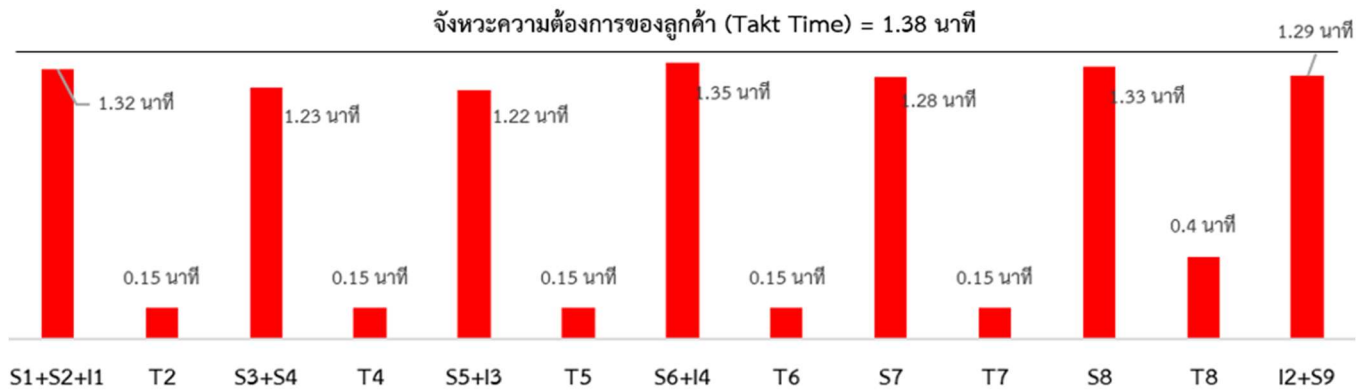
$$\text{ประสิทธิภาพของสายการผลิต} = \frac{10.17 \times 100}{7 \times 1.35}$$

$$= 107.61\%$$

แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ประเภทผลิตภัณฑ์			สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอ	ลดลง		
ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนไส้เตาแก๊ส			การปฏิบัติการ	●	9	7	2		
กรรมวิธี: ขึ้นรูปตบแต่งชิ้นส่วนไส้เตาแก๊ส			การเคลื่อนย้าย	➡	8	6	2		
			การรอคอย	D	0	0	0		
			การตรวจสอบ	■	4	4	0		
☐ วิธีปัจจุบัน ☒ วิธีนำเสนอ			การเก็บรักษา	▼	0	0	0		
ตำแหน่งที่ตั้ง: ฝ่ายผลิต			ระยะทาง (เมตร)		50	40	10		
ผู้บันทึก: ประคอง		วันที่ 20 พฤษภาคม 2565	พนักงาน (คน)		21	13	8		
ผู้อนุมัติ: ยุทธณรงค์		วันที่ 20 พฤษภาคม 2565	เวลา ☐ ชม.	☒ นาที ☐ วินาที	11.88	10.17	1.71		
สถานีงาน	รายการ	จำนวน (คน)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์				
					●	➡	D	■	▼
S1+S2+I1	-เจาะรูปลายท่อขนาด 12 mm. -ตีาปเกลียวขนาด M14 x P20 -ตรวจสอบเกลียวขนาด M14 x P20	1	0	1.32	●				■
T2	-เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 3 (S3)	1	5	0.15		➡			
S3+S4	-เจาะรูหัวท่อขนาด 8.5 mm. x 3 รู -ตีาปเกลียวขนาด M10 x P1.5 x 3 รู	1	0	1.23	●				
T4	-เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 5 (S5)	1	5	0.15		➡			
S5+I3	-กลึงคว้านหัวท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 114 mm. +0.20 mm. -ตรวจสอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 114 mm. +0.20 mm.	1	0	1.22	●				■
T5	-เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 6 (S6)	1	5	0.15		➡			
S6+I4	-กลึงปอกผิวปลายท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 mm. +1.0 mm. -ตรวจสอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 mm. +1.0 mm.	1	0	1.35	●				■
T6	-เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 7 (S7)	1	5	0.15		➡			
S7	-เจียรระนาดบแต่งครีบท่เกิดจากงานหล่อ	1	0	1.28	●				
T7	-เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 8 (S8)	1	5	0.15		➡			
S8	-ตบแต่งรอยเจียรระนาดด้วยผงซีเมนต์ (Cement Powder)	1	0	1.33	●				
T8	-เคลื่อนย้ายไปสถานีงานที่ 9 (S9)	1	15	0.40		➡			
I2+S9	-ตรวจสอบเกลียวขนาด M10 x P1.5 x 3 รู -งานพ่นสีผลิตภัณฑ์	1	0	1.29	●				■
ผลรวม		13	40	10.17	7	6	0	4	0

S = (Station) T = (Transportation) I = (Inspection) (การจับเวลาใช้มาตรฐานเวลา 1/100 นาที หรือความละเอียดเท่ากับ 0.01 นาที)

รูปที่ 9 แผนภูมิการไหลกระบวนการผลิตไส้เตาแก๊สหลังการปรับปรุง



รูปที่ 10 รอบเวลาผลิตเปรียบเทียบกับจังหวะความต้องการของลูกค้าหลังการปรับปรุง

หลังการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตไส้เตาแก๊ส เพิ่มขึ้นของอัตราผลิตภาพการผลิต จากสมการที่ 1 ดังตารางที่ 13

ด้วยหลักการทางวิศวกรรมอุตสาหการ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บได้ ก่อนและหลังการปรับปรุง มาคำนวณเพื่อเปรียบเทียบการ

ตารางที่ 13 คำนวณอัตราผลิตภาพการผลิตกระบวนการผลิตไส้เตาแก๊ส เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ก่อนการปรับปรุง				หลังการปรับปรุง			
ยอดผลิต (ชิ้น/วัน)	เวลาทำงาน (ชั่วโมง/วัน)	พนักงาน (คน/วัน)	อัตราผลิตภาพ (ชิ้น/ชั่วโมง/คน)	ยอดผลิต (ชิ้น/วัน)	เวลาทำงาน (ชั่วโมง/วัน)	พนักงาน (คน/วัน)	อัตราผลิตภาพ (ชิ้น/ชั่วโมง/คน)
289	10	21	1.38	296	8	13	2.85
อัตราผลิตภาพเพิ่มขึ้น $2.85 - 1.38 = 1.47$ ชิ้น/ชั่วโมง/คน คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 106.52							

*กำลังการผลิตต่อวันหลังปรับปรุง $400 / 1.35 = 296$ ชิ้น/วัน (ลูกค้าต้องการ 289 ชิ้นต่อวัน หลังการปรับปรุงสามารถผลิตได้ 296 ชิ้นต่อวัน)

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิธีการทำงานของสายการผลิตไส้เตาแก๊ส ของโรงงานตัวอย่าง มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลิตภาพการผลิต โดยพยายามให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตชิ้นงานได้ตาม ค่าจังหวะความต้องการของลูกค้าที่เวลาปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน ลดการสะสมของงานระหว่างกระบวนการ ลดจุดงานคอขวดใน กระบวนการ ลดการรอคอยชิ้นงานจากสถานีงานก่อนหน้า (Waiting) และเพิ่มประสิทธิภาพสายการผลิต (Production Line Efficiency) ผู้วิจัยอาศัยเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการ ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ผลจากการดำเนินงาน ปรับปรุงสามารถสรุปได้ดังนี้

ผู้วิจัยใช้เทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิตในการจัดการ กระบวนการ เริ่มจากกำหนดค่าจังหวะความต้องการของลูกค้า ให้สามารถทำงานได้ตามเวลาทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน จากนั้นอาศัยหลักการ ECRS แก้ไขตามลักษณะของปัญหาที่พบ ดังนี้

1. ขั้นตอน S5 และ S6 เกิดปัญหาการรอบเวลาการผลิตเกินค่าจังหวะความต้องการ จากการที่พนักงานต้องทำงาน สลับกับการตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน เนื่องจากไม่สามารถ กำหนดระยะเวลาป้อนกลึงขนาดของชิ้นงานได้ที่เครื่องจักร และ สเกลป้อนมีลักษณะเลื้อนกลางมองไม่เห็นตัวเลข ผู้วิจัยใช้ หลักการ ECRS ปรับปรุงการทำงานให้ง่ายขึ้นด้วยการเปลี่ยน อุปกรณ์และรวมงานตรวจสอบคุณภาพจากพนักงานแผนก ตรวจสอบคุณภาพให้เป็นงานเดียวกันเพื่อลดจำนวนพนักงาน
2. ขั้นตอน S7 เกิดปัญหาการรอบเวลาการผลิตเกินค่าจังหวะ ความต้องการเนื่องจากพนักงานต้องใช้เครื่องเจียระไนที่มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นทำงาน ทำให้ใช้เวลาในการทำงานนาน และเกิดความเมื่อยล้า อีกทั้งยังส่งผลต่อขั้นตอน S8 เนื่องจาก เป็นขั้นตอนการตบแต่งรอยเจียระไน เมื่อเจียระไนไม่เรียบหรือ มีรอยกลึงทำให้ขั้นตอน S8 ต้องใช้เวลาในการตบแต่งรอย เจียระไนด้วยผงซีเมนต์เป็นเวลานาน ผู้วิจัยแก้ไขตามหลักการ ECRS ด้วยการเปลี่ยนเครื่องเจียระไนให้มีขนาดเล็กลงพนักงาน

สามารถทำงานได้ด้วยมือข้างเดียวได้เนื่องจากครีบบนส่วนเกินเป็นครีบบนที่มีขนาดเล็ก ซึ่งเกิดจากกระบวนการขึ้นรูป พร้อมทั้งมีการออกแบบ และจัดสร้างอุปกรณ์ช่วยในการทำงานให้พนักงานทำงานง่ายขึ้น

ตารางที่ 14 สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตไส้เตาแก๊ส

รายการปรับปรุง	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลการปรับปรุง	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
รอบเวลาการผลิตรวม	11.88 นาที	10.17 นาที	ลดลง 1.71 นาที	14.39%
ประสิทธิภาพสายการผลิต	74.57%	107.61%	เพิ่มขึ้น 33.04%	-
การปฏิบัติงาน	9 ครั้ง	7 ครั้ง	ลดลง 2 ครั้ง	22.22%
การเคลื่อนย้ายระหว่างกระบวนการ	8 ครั้ง	6 ครั้ง	ลดลง 2 ครั้ง	25.00%
การตรวจสอบ	4 ครั้ง	4 ครั้ง	-	-
ระยะทางระหว่างกระบวนการ	50 เมตร	40 เมตร	ลดลง 10 เมตร	20.00
พนักงาน	21 คน	13 คน	ลดลง 8 คน	38.09
ผลผลิตการผลิต	1.38 ชิ้น/ชั่วโมง/คน	2.85 ชิ้น/ชั่วโมง/คน	เพิ่มขึ้น 1.47 ชิ้น/ชั่วโมง/คน	เพิ่มขึ้น 106.52%

ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนไส้เตาแก๊สของโรงงานกรณีศึกษาผู้วิจัยอาศัยเทคนิคการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) โดยยึดตามหลักการ ECRS ซึ่งอาจต้องมีการขจัดงาน (Eliminate) บางขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกจากกระบวนการผลิตเพื่อให้รอบเวลาดลดลง แต่ต้องไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพหรือมีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดข้อเสีย บางขั้นตอนอาจมีการควบรวมเข้าเป็นงานเดียวกัน หากพบว่ามีรอบเวลาในขั้นตอนต่ำและมีลักษณะงานที่ทำคล้ายคลึงกันแต่เมื่อรวมงานเข้าด้วยกัน รอบเวลาการผลิตต้องไม่เกินค่าจ้างหะความต้องการของลูกค้า และที่สำคัญต้องคำนึงถึงขนาดของเครื่องจักรเป็นสำคัญด้วย เนื่องจากอาจต้องมีการขยับหรือสับเปลี่ยนเครื่องจักรถ้าเครื่องจักรมีขนาดใหญ่อาจไม่คุ้มค่าในการปรับปรุงควรพิจารณาเปรียบเทียบกับยอดสั่งผลิตว่าเป็นการสั่งผลิตในระยะสั้นหรือระยะยาว ส่วนการปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ง่ายขึ้นด้วยการจัดทำอุปกรณ์ช่วย อาทิ เช่น โต๊ะทำงานหรืออุปกรณ์วางชิ้นงานแบบหมุนได้ สามารถนำไปดัดแปลงใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นที่ใกล้เคียงหรือมีลักษณะการทำงานที่เหมือนกันได้ การพัฒนาครั้งต่อไปผู้วิจัยแนะนำว่างานหมุนวางชิ้นงานควรติดตั้งระบบแม่เหล็กแบบ เปิด-ปิด ยึดชิ้นงานเพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานขยับได้

3. รวมขั้นตอน (S1, S2, I1) (S3, S4) (I2, S9) เข้าด้วยกัน โดยย้ายเครื่องเจาะและเครื่องตัดแปดเกลียวมาไว้ติดกันให้พนักงาน 1 คน ทำงานต่อเนื่อง ตัดขั้นตอนและพนักงานที่ไม่จำเป็นออก ผลจากการปรับปรุงสรุปได้ดังตารางที่ 14

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงงานตัวอย่างที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล การสนับสนุน และข้อเสนอแนะต่าง ๆ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ให้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] งานวิจัยกรุงศรี. แนวโน้มธุรกิจและอุตสาหกรรมไทยปี 2565-2567. เข้าถึงได้จาก: <https://www.krungsri.com/th/research/industry/summary-outlook/outlook-2022-2024> [เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2565]
- [2] Kingkaew C. *Development of Production Processes Management System for Dried Parawood* [วิทยานิพนธ์]. Master of Engineering. Industrial Engineering Prince of Songkla University; 2005.
- [3] วิชญา จันทนา, วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ. การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเซรามิก: กรณีศึกษาโรงงานในจังหวัดสมุทรปราการ. *วารสารวิทยาการจัดการ มอ.* 2563; 37(2): 58-83.
- [4] นงลักษณ์ นิमितภูวดล, การลดความสูญเสียเปล่าในกระบวนการคลังสินค้าด้วยแนวคิดลีน: กรณีศึกษา

- อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์. *วารสารการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มรภ.ลพ.* 2557; 7(2): 66-72.
- [5] จิรวัดน์ วรวิชัย, ปรียานุช เมฆฉาย, ธนารักษ์ สายเปลี่ยน, กานต์ วิรุณพันธ์. การปรับปรุงกระบวนการบรรจุชิ้นงานขึ้นรูปพลาสติกของชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์. ใน: *การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ประจำปี 2665 นครราชสีมา*. 2565. หน้า 22-28.
- [6] โยชิโนบุ นายาทานิ. *7 New QC Tools เครื่องมือสู่คุณภาพยุคใหม่กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)*. เข้าถึงได้จาก: <http://lib.neu.ac.th/ULIB/dublin.php?ID=3180> [เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2565]
- [7] ยุทธณรงค์ จงจันทร์, เมธี พรหมศिला, ภูมิ พรประเสริฐ, กิ่งกาญจน์ กิตติสุนทโรภาส. การลดเวลาสูญเสียในกระบวนการอบสีรถยนต์. ใน: *การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ประจำปี 2565 นครราชสีมา*. 2565. หน้า 133-140.
- [8] วิทยา อินทร์สอน. ทำความเข้าใจแนวคิดของการเพิ่มผลผลิต. ข่าวสารเพื่อการปรับตัวก้าวทันเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. *วารสาร Industrial Technology Review*. 2558. หน้า 22.
- [9] เกียรติศักดิ์ จันทร์แดง. *การบริหารการผลิตและการปฏิบัติการ*. กรุงเทพฯ: วิตส์กรุ๊ป; 2549.
- [10] วรินทร์ เกียรติบุญกุล. การจัดสมดุลสายการผลิตกระบวนการประกอบโครงอลูมิเนียม กรณีศึกษา: บริษัทตัวอย่าง. *วารสารข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*. 2561; 4(1): 49-58.
- [11] ธัชชนันท์ แดนเขต, ธนภัทร แซ่ลี, ชาณิดา พิทยานนท์. การจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต กรณีศึกษา: โรงงานปลาแซลมอนแช่แข็ง. ใน: *การประชุมวิชาการข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2561 อุบลราชธานี*. ประเทศไทย: 2561. หน้า 1,092-1,096.
- [12] Sangthep C, Pitayachaval P. *Productivity Improvement for Lamp Assembly Process Electronics Industry*. System engineering program, School of industrial engineering, Institute of engineering, Suranaree of Technology. 2020.
- [13] Pertiwi AFO, Astuti, RD. Increased line efficiency by improved work methods with the ECRS concept in a washing machine production: a case study. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*. 2020;4(1): pp. 13-19.