

การลดเวลาในกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีน: กรณีศึกษาการผลิตยางเรเดียล

Production Time Reduction using Lean Manufacturing Concepts: a Case Study of Radial Tire Manufacturing

ณัฐนันท์ อิศระพงค์¹, รัชฎา แต่งภูเขียว, ปิยณัฐ โตอ่อน,
อุ้มบุญ เซลียงรัชต์ชัย, พรศิริ คำหล้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Nutthanan Issarapong¹, Ratchada Taengphukieo,

Piyanat To-on, Umboon Chareatrachai,

Pornsiri Khumla

Faculty of Engineering and Industrial Technology,

Kalasin University

E-mail: nutthananice@gmail.com¹

Received: November 22, 2018; Revised: May 30, 2019; Accepted: June 6, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตยางรถยนต์ประเภทยางเรเดียล โดยทำการศึกษากระบวนการในการผลิตพบว่า ขั้นตอนการตัดเส้นลวดฉนวนยางเพื่อเป็นชิ้นส่วนประกอบชิ้นรองหน้ายางเป็นขั้นตอนที่มีต้นทุนสูงที่สุด จึงได้นำแผนภูมิแกงปลาวิเคราะห์สาเหตุที่ก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตสูง พบว่าเกิดจากกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม ก่อให้เกิดปัญหาการผลิตไม่ทัน เกิดต้นทุนในการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน ดังนั้นจึงนำแนวคิดการผลิตแบบลีนเข้ามาปรับปรุงกระบวนการทำงาน ด้วยการใช้การวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่าด้านการรอคอย เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและนำแนวคิดไอซีอาร์เอสมาปรับปรุงเวลาของขั้นตอนการผลิตให้สั้นลง โดยทำการลดเวลาในการนำชิ้นงานออกจากเครื่องตัดเพื่อลดความสูญเสียเปล่าจากการรอคอย ทำให้เวลาการผลิตลดลง 1.15 วินาทีต่อชิ้น ปรับปรุงความเร็วของสายพานลำเลียงชิ้นงานเข้าสู่เครื่อง เพื่อลดความสูญเสียเปล่าจากการเคลื่อนย้าย ทำให้เวลาการผลิตลดลง 0.40 วินาทีต่อชิ้น ทำการปรับปรุงตำแหน่งของเครื่องตัดเพื่อลดความสูญเสียเปล่าจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น ทำให้เวลาการผลิตลดลง 0.40 วินาทีต่อชิ้น ซึ่งก่อนการปรับปรุงมีเวลาการผลิต 9.37 วินาทีต่อชิ้น หลังการปรับปรุงมีเวลาการผลิต 7.14 วินาทีต่อชิ้น สามารถลดเวลาในการผลิตลง 2.23 วินาทีต่อชิ้น หรือคิดเป็นร้อยละ 23.80 สามารถลดเวลาการตัดได้ 8 ชั่วโมง 28 นาทีต่อวัน และลดต้นทุนการผลิตในขั้นตอนตัดลวดฉนวนยางถึงร้อยละ 6.00 ของต้นทุนกระบวนการผลิตทั้งหมด

คำสำคัญ: แนวคิดการผลิตแบบลีน ความสูญเสียเปล่า 8 ประการ แนวคิดไอซีอาร์เอส อุตสาหกรรมยางรถยนต์

ABSTRACT

This article aimed to improve the production process of radial tires. It was found that the process of cutting steel cord belt into body ply or belt was a process with highest production cost. Therefore, the fishbone diagram was introduced to analyze the causes of high production costs. The results indicated that the high production costs were caused by the inappropriate production process which led to the tardiness of the production and a rise of overtime cost. By introducing lean manufacturing concepts, the work process improvement could be done by using 8 wastes to analyze the problem. The ECRS concept was then used to shorten the production time. The startup time required to remove workpiece from cutting machine were reduced towards waiting time minimization. Then, it was possible to start these steps simultaneously. Production time was reduced by 1.15 seconds per unit after a reduction of waste from waiting. The speed of the conveyor belt was improved. Production time was reduced by 0.40 seconds per unit after a reduction of waste from transportation. The cutting position was improved. Production time was reduced by 0.40 seconds per unit after a reduction of waste from motion. Prior to the improvement, the production time was 9.37 seconds per unit. After the improvement, the production time was 7.14 seconds per unit. This showed a reduction of production time by 2.23 seconds per unit or 23.80%. It also reduced the cutting time by 8 hours 28 minutes per day and the production cost in the process of steel cord belt by 6.00% of the total production cost.

KEYWORDS: Lean Manufacturing, 8 Wastes, ECRS, Tire Manufacturing

บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์ถือเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งในด้านการจ้างงาน การสร้างมูลค่าเพิ่ม การพัฒนาด้านเทคโนโลยี ซึ่งส่งผลดีแก่ประเทศไทย จากข้อมูลกระทรวงอุตสาหกรรมระบุว่า ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตรถยนต์ 1,988,823 คัน เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาถึง ร้อยละ 2.28 และเมื่ออุตสาหกรรมยานยนต์มีอัตราการผลิตสูงขึ้น จะส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องอย่างอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ ที่หยุดการผลิตในปี พ.ศ. 2560

มีปริมาณ 34.90 ล้านเส้น เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 0.37 (กระทรวงอุตสาหกรรม สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, ม.ป.ป.) ในประเทศไทยแบ่งผู้ผลิตยางรถยนต์ออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มผู้ผลิตขนาดย่อยและกลุ่มผู้ผลิตบริษัทข้ามชาติที่มีเทคโนโลยีในการผลิตขั้นสูงจากต่างประเทศ ซึ่งลักษณะธุรกิจประเภทนี้จะมีสำนักงานใหญ่อยู่ในประเทศตนเองและมีฐานการผลิตอยู่ในประเทศต่างๆ สาเหตุมาจากความต้องการในการลดต้นทุนแรงงาน ประกอบกับการแก้ปัญหาแรงงานที่ขาดแคลน และความต้องการแหล่งวัตถุดิบในการผลิต (สมบัติ วรินทร์นุวัตร, 2555)

ซึ่งประเทศไทยเป็นหนึ่งในฐานการผลิตหลักของยานยนต์ ที่นอกจากจะมีค่าแรงที่ไม่สูงแล้ว ยังเป็นแหล่งของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต จากการตั้งฐานการผลิตยานยนต์ในประเทศไทยเป็นระยะเวลานาน และด้วยปัญหาทางเศรษฐกิจและค่าแรงที่ปรับตัวสูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันความต้องการของผู้บริโภคมีความหลากหลายและซับซ้อนมากขึ้น ส่งผลให้ภาคอุตสาหกรรมต้องมีการปรับตัว เพื่อการลดต้นทุนในการผลิต โดยคงมาตรฐานคุณภาพไว้นั้นจะเป็นกุญแจสำคัญที่จะทำให้ธุรกิจสามารถพัฒนาขึ้นเป็นผู้นำในด้านการแข่งขันได้

ในสถานการณ์ปัจจุบันของสายการผลิตกรณีศึกษา พบว่าต้นทุนของกระบวนการตัดลวดฉนวนยางมีต้นทุนสูงกว่าขั้นตอนอื่นๆ เนื่องมาจากวิธีการดำเนินงานของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการตัดลวดฉนวนยางเกิดความสูญเสียเปล่าขณะผลิต ส่งผลให้ใช้เวลานานในการดำเนินการในขั้นตอนนี้ ก่อให้เกิดปัญหาการผลิตไม่ทันต่อความต้องการในแต่ละวัน ซึ่งส่งผลถึงการผลิตในการทำงานล่วงเวลา ทำให้ต้นทุนเพิ่มสูงขึ้น

ดังนั้นจึงนำแนวคิดแบบลีนเข้ามาเป็นแนวทางในการลดต้นทุนในกระบวนการ ด้วยการปรับปรุงขั้นตอนในสายการผลิตยางรถยนต์ประเภทยางเรเดียล ซึ่งจะให้ความสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการเส้นลวดฉนวนยาง เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่าทั้ง 8 ประการ (8 Wastes) ซึ่งจะให้ความสำคัญในการลดความสูญเสียเปล่าด้านระยะเวลาในการรอคอยที่เกิดจากวิธีการดำเนินงานที่ไม่เหมาะสม และใช้เครื่องมือการลดความสูญเสียเปล่าแบบ ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify) ในการปรับปรุงขั้นตอน เพื่อการลดระยะเวลาการรอคอยของเครื่องตัดลวดฉนวนยาง ซึ่งจะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยที่สามารถผลิต

ชิ้นงานเพิ่มขึ้นในระยะเวลาที่เท่าเดิม ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนและเกิดผลดีแก่ธุรกิจ (บัง คยองฮิล, 2560)

วัตถุประสงค์

ปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดแบบลีน เพื่อการลดความสูญเสียเปล่าด้านระยะเวลาการรอคอยของกระบวนการผลิตยางเรเดียล

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สิ่งที่สำคัญของการผลิตในแง่ของอุตสาหกรรม คือ การลดต้นทุน การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและคงไว้ซึ่งคุณภาพ จากความต้องการเหล่านี้สอดคล้องกับแนวคิดการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System) หรืออีกชื่อหนึ่งเรียกว่า การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ริเริ่มจาก Taiichi Ohno เป็นผู้ที่มีแนวคิดว่าความสูญเสียเปล่าเป็นสิ่งที่ต้องถูกกำจัด (บัง คยองฮิล, 2560; Toyota Motor Corporation, n.d.) เป็นแนวคิดที่ให้ความสำคัญกับการลดของเสียจากการผลิต (Muda) โดยคำนึงถึงการผลิตที่มากเกินไปหรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ (Muri) และความไม่สม่ำเสมอของการผลิต (Mura) (ไคเซ็นแมน, 2549) โดยแบ่งกิจกรรมการผลิตออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) กิจกรรมการผลิตที่ก่อให้เกิดมูลค่า 2) กิจกรรมการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (Sundar, Balajib, & Satheesh Kumar, 2014) และ 3) กิจกรรมทางธุรกิจที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (Lean Methods Group, n.d.) จากการจำแนกกิจกรรมของลีนจะเห็นว่ากิจกรรมที่ก่อให้เกิดมูลค่า ส่งผลต่อผลกำไรขององค์กร และทำให้องค์กรได้เปรียบคู่แข่ง โดยหัวใจหลัก คือ การไหลของงาน (Flow) ที่ความสม่ำเสมอไม่เกิดจุดคอขวด ที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ด้วยการขจัดความสูญเสียเปล่าที่ก่อให้เกิดต้นทุนและการเพิ่มมูลค่า

เพื่อความพึงพอใจของลูกค้า (นิพนธ์ บัวแก้ว, 2547) สำหรับความสูญเปล่าจำแนกออกเป็น 8 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ (1) การผลิตมากเกินไป (2) การผลิตของเสีย (3) การรอคอย (4) การมีวัสดุคงคลังที่ไม่จำเป็น (5) การเคลื่อนย้ายหรือการขนส่ง (6) ความสูญเสียดังกล่าว (7) การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น และ (8) การกำหนดหน้าที่ไม่เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน (โมโรไทย, 2561; โลจิสติกส์คาเฟ่, 2561; สิทธิพงศ์ จีงถาวรธรรม, 2560; Goleansixsigma, n.d.) จากความสูญเปล่า 8 ประการ เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบการผลิตแบบลีนเพื่อบรรลุเป้าหมายมีหลากหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์การผลิตด้วยแผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) การผลิตแบบทันเวลาพอดี ระบบผลิตแบบคัมบัง และหนึ่งในวิธีการที่สามารถทำได้ง่ายและประสบความสำเร็จคือ วิธีลดความสูญเปล่าแบบ ECRS เป็นแนวคิดในการลดความสูญเปล่าในการดำเนินงานด้วยวิธีกำจัด การรวมกัน การจัดใหม่ และการทำให้ง่าย โดยการกำจัด (Eliminate) คือ การลดความสูญเปล่าที่ไม่จำเป็นและไม่ก่อให้เกิดมูลค่าต่อการผลิตออก และการรวมกัน (Combine) คือ การรวมองค์ประกอบของขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน เพื่อลดขั้นตอนงาน ลดระยะเวลา หรือในบางกรณีสามารถลดจำนวนแรงงานลง การจัดใหม่ (Rearrange) คือ การโยกย้ายลำดับในการทำงานใหม่ให้เหมาะสมกับลักษณะการทำงาน หรือเพิ่มโอกาสในการรวมขั้นตอนงานเข้าด้วยกัน และ การทำให้ง่าย (Simplify) คือ การปรับปรุงวิธีทำงานให้ง่ายขึ้น โดยอาจใช้อุปกรณ์หรือป้ายบ่งชี้ให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น (สมชาย พัวจินดาเนตร และ ศิริวรรณ เหมือนแก้ว, 2556; Stoelb, 2016)

การทบทวนวรรณกรรมพบว่า กมลรัตน์ ศรีสังข์สุข (2552) ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็ก ด้วยหลักการของลีน ซิกซิกซ์มา

และเครื่องมือในการลดความสูญเปล่า ได้แก่ สายธารคุณค่า หลักการ 5ส. ทำให้การผลิตมีแนวโน้มดีขึ้นถึงร้อยละ 37.50 และต้นทุนลดลงได้ร้อยละ 11.83 และในปีถัดมา พิทยา ห่องใส และ ประเสริฐ วัชรประภมพงศ์ (2553) ได้ทำการปรับปรุงการทำงานของโรงงานเพอร์นิเจอร์น็อคดาวนด้วยเทคนิค 5W1H Why-Why Analysis และ ECRS และการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่า ต่อมา นิวัฒน์ เดชอำไพ และ กาญจนา เศรษฐนันท์ (2557) ได้นำเครื่องมือความสูญเสียดังกล่าว 7 ประการ ไปทำการวิเคราะห์ และจำแนกปัญหาการผลิตชุดชั้นในสตรี โดยการลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น การลดขนาดการผลิตที่มากเกินไปและลดความสูญเปล่าจากการเก็บวัสดุคงคลัง ทำให้สายการผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ผลผลิตเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้น และเวลานำการผลิตลดลง ในปีเดียวกัน อรรถพร อ่ำขวัญยืน (2557) ได้ปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดพลาสติกด้วยการจัดความสูญเปล่าโดยการลดสินค้าคงคลัง การลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น การขนย้ายที่ไม่จำเป็น และการลดการรอคอย ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตลงได้ จากนั้น Narayanan, Raj, Ananth, Aravindh, and Karthik (2016) ได้ทำการปรับปรุงอัตราการดำเนินงานของพนักงานในสายการผลิตอุปกรณ์เสริมของเครื่องยนต์ด้วยแนวคิดแบบลีน ทำให้สามารถลดจำนวนพนักงานลงได้ และ Suhardi, Anisa, and Laksono (2019) ได้ทำการศึกษาอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ในประเทศอินโดนีเซียเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและความพึงพอใจต่อลูกค้า ด้วยหลักการผลิตแบบลีน ทำให้สามารถลดระยะเวลาการรอคอยสินค้าได้จริงถึงร้อยละ 4.79

ซึ่งผลจากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปได้ว่า แนวคิดการผลิตแบบลีนสามารถวิเคราะห์ความสูญเปล่าและแก้ไขปัญหาในการผลิตได้อย่าง

มีประสิทธิภาพ ที่จะส่งผลถึงการลดต้นทุนในการผลิต เพื่อการได้เปรียบผู้แข่งขันในตลาด ดังนั้นจึงได้นำแนวคิดการผลิตแบบลีนเพื่อลดความสูญเปล่าด้านระยะเวลาในการรอคอยด้วยวิธีลดความสูญเปล่าแบบ

ECRS ปรับปรุงกระบวนการที่ซ่อนเร้นความสูญเปล่าในการผลิตยางรถยนต์ โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัยแต่ละขั้นตอน

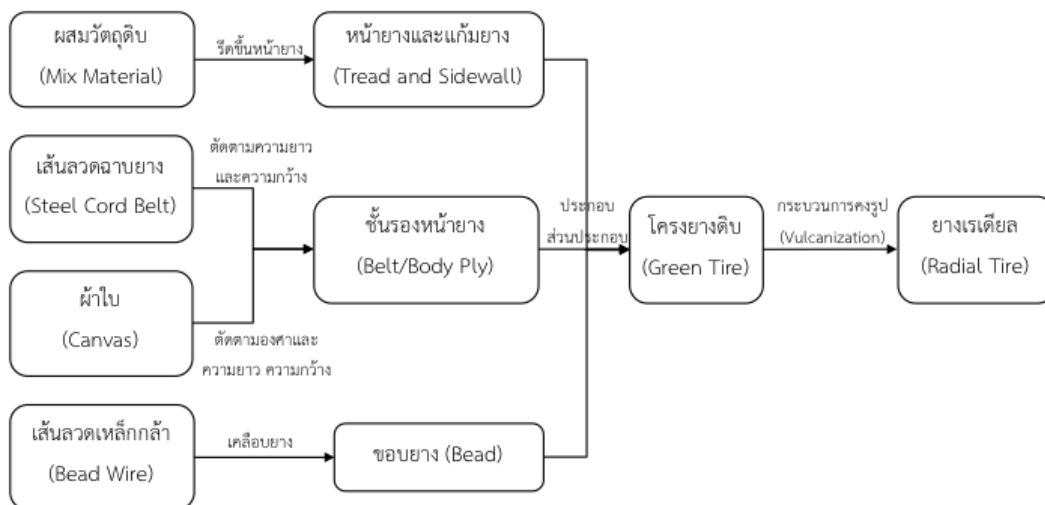
จากภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยการลดเวลาในกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีน กรณีศึกษาการผลิตยางรถยนต์ เป็นการนำแนวคิดแบบลีนมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ ประเภทยางรถยนต์ เพื่อลดระยะเวลาในการผลิต โดยได้นำเสนอการปรับปรุง 3 วิธี ได้แก่ 1) การลดเวลาในการนำชิ้นงานออกจากเครื่องตัด 2) การปรับความเร็วสายพาน และ 3) การปรับตำแหน่งเครื่องตัด จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบผลที่ได้และสรุปผลการปรับปรุง ซึ่งมีรายละเอียดในหัวข้อวิธีดำเนินการวิจัยต่อไปนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

1) การศึกษากระบวนการผลิตยางรถยนต์ โรงงานผลิตยางรถยนต์ในกรณีศึกษา นี้ทำการผลิตยางรถยนต์หลากหลายประเภท ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ ยางรถบรรทุกเพื่อการขนส่ง (Truck & Bus Radial: TBR) และยางรถยนต์นั่ง (Passenger Car Radial: PSR) ซึ่งจากข้อมูลการสั่งผลิตในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมาพบว่ามีคำสั่งผลิตยางรถยนต์ประเภท TBR กว่า 57,232 ล้อ คิดเป็นร้อยละ 78.67 ของจำนวนที่ผลิตทั้งหมด ซึ่งทั้งหมดเป็นยาง 11R22.5 เป็นยางที่มีลักษณะของโครงยางทำจากเส้นลวดเหล็กกล้า 1 ชั้น วาง

ทำมุมองศาที่แตกต่างกับเส้นรอบวงยาง (ลัดดาวัลย์ บุญฤทธิ์, 2558) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ความสามารถในการยึดเกาะถนนดีกว่ายางธรรมดา (เอ็มไทย, 2560) มีกระบวนการผลิต 10 กระบวนการ ได้แก่ 1) ผสมส่วนผสมในการทำแผ่นยาง 2) รีดแผ่น

ยาง 3) ฉาบแผ่นยางเคลือบลวดเพื่อเป็นชั้นส่วนเสริมใยเหล็ก 4) ตัดลวดฉาบยางให้ได้ขนาดตามที่กำหนด 5) รีดหน้ายางให้ได้ขนาดตามที่กำหนด 6) ตัดผ้าใบ 7) ตัดหน้ายาง 8) ขึ้นโครงร่าง 9) ให้ความร้อนเพื่ออบยาง และ 10) ตรวจสอบและตกแต่งยาง ดังภาพที่ 2



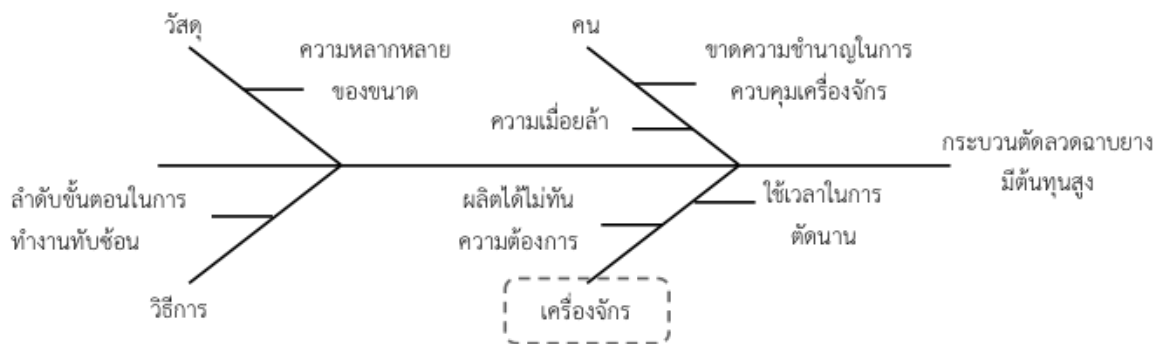
ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตยางเรเดียล

2) การวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตที่ต้องการปรับปรุง
ในแต่ละกระบวนการมีต้นทุนในการผลิตยางรถบรรทุกชนิด 11R22.5 แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าต้นทุนในการผลิตของกระบวนการที่ 4 การตัดลวดฉาบยางมีต้นทุนที่สูงอยู่ที่ร้อยละ 25.21 ของต้นทุนทั้งหมด ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตชิ้นส่วนประกอบชั้นรองหน้ายาง (Belt/Body Ply) สำหรับยางเรเดียล จากนั้นได้ทำการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์สาเหตุร่วมกับกับทางโรงงาน โดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา (Fishbone Diagram) ดังแสดงในภาพที่ 3 มาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุ

ที่แท้จริง ซึ่งพบว่าสาเหตุหลักของปัญหาเกิดจากการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้ในการตัดชิ้นส่วนลวดฉาบยาง ไม่สามารถผลิตได้ทันเวลาที่ต้องการ เนื่องจากกำลังการผลิตของโรงงานอยู่ที่วันละ 5,572 เส้น ซึ่งใช้เวลาในการผลิต 35 ชั่วโมง 32 นาทีต่อวัน จึงส่งผลให้เกิดการทำงานล่วงเวลา นำไปสู่ต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงเลือกศึกษากระบวนการของเครื่องตัดลวดฉาบยางเพื่อลดความสูญเปล่า โดยให้ความสำคัญกับความสูญเปล่าในด้านการรอคอย เพื่อลดระยะเวลาการทำงานของเครื่องตัดลง

ตารางที่ 1 ต้นทุนกระบวนการผลิตยางหนึ่งเส้น

| กระบวนการ | อัตราส่วนต้นทุน (ร้อยละ) |
|----------------------|--------------------------|
| 1) ผสมส่วนผสมแผ่นยาง | 11.54 |
| 2) รีดแผ่นยาง | 10.55 |
| 3) ฉาบยางลวด | 10.42 |
| 4) ตัดลวดฉาบยาง | 25.21 |
| 5) รีดหน้ายาง | 2.26 |
| 6) ตัดผ้าใบ | 9.97 |
| 7) ตัดหน้ายาง | 8.70 |
| 8) ขึ้นโครงร่าง | 10.10 |
| 9) อบยาง | 9.45 |
| 10) ตกแต่ง | 1.80 |



ภาพที่ 3 แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์ปัญหา

จากการเก็บข้อมูลพื้นฐาน พบว่ายางเรเดียลชนิด 11R22.5 ใช้ชั้นรองหน้ายางกว้าง 18 เซนติเมตร ยาว 356 เซนติเมตร มุมองศา 68 องศา จำนวน 2.45 ชั้นต่อการผลิตยางหนึ่งเส้น มีขั้นตอนการผลิตชั้นรองหน้ายางดังแสดงในภาพที่ 4 เริ่มจากนำม้วนเหล็กเส้นลวดฉาบยางเข้าสู่สายพานด้วยการใช้แรงของแม่เหล็กในการดูดเส้นลวดฉาบยาง (Steel

Coated Cord) เข้าสู่เครื่องตัด เพื่อตัดให้ได้มุมองศาของเส้นลวดตามข้อกำหนดของยางแต่ละรุ่นตามความต้องการ เมื่อเส้นลวดฉาบยางถูกตัดตามองศาที่กำหนดจะทำการต่อชิ้นงาน (Splice) แต่ละชิ้นเข้าด้วยกันเพื่อให้เป็นเส้นลวดฉาบยางเส้นยาวและพนักงานประจำเครื่องจะทำการตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control: QC) ของรอยต่อของเส้นลวด

ฉาบยาง จากนั้นสายพานลำเลียงจะนำไปสู่ขั้นตอนการตัดแบ่ง (Slitter) เพื่อให้ได้เส้นลวดฉาบยางที่มีความกว้างตามที่กำหนดและทำการม้วนขึ้นร่องหน้า

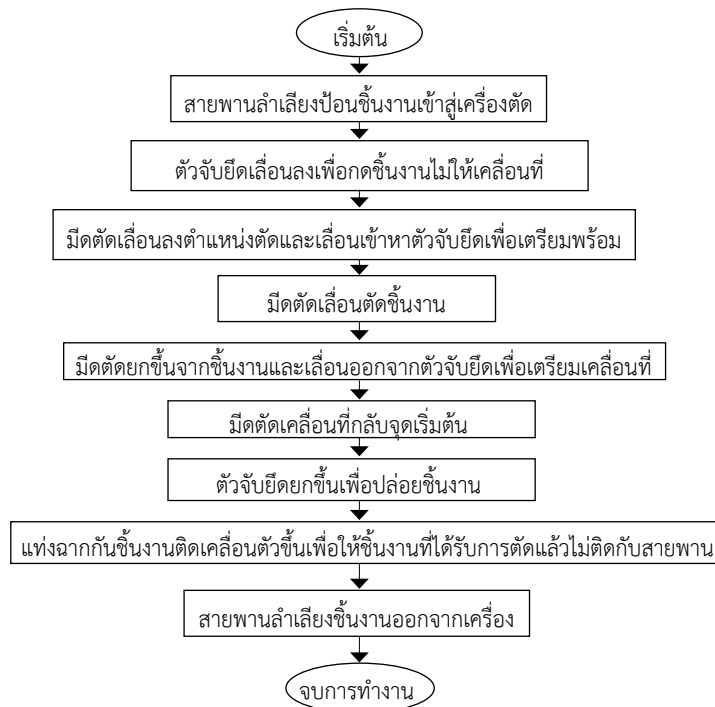
อย่างเข้ากับผ้าใบวางรองเพื่อป้องกันความเสียหายของชั้นร่องหน้าอย่างก่อนนำเข้าสู่สายการผลิตในขั้นตอนต่อไป



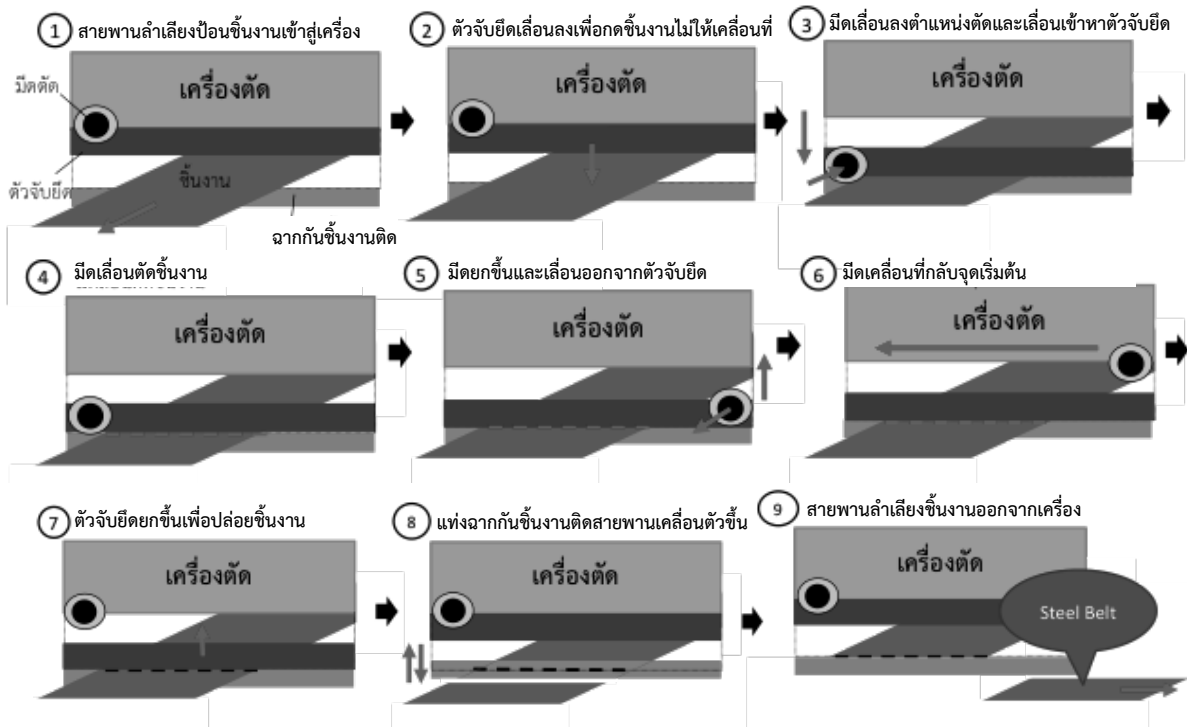
ภาพที่ 4 กระบวนการผลิตชั้นร่องหน้ายาง

โดยขั้นตอนทั้งหมดเป็นระบบอัตโนมัติที่ปริมาณการผลิตจะขึ้นอยู่กับอัตราการตัดของเครื่องตัด ดังนั้นจึงทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวเพื่อวิเคราะห์กระบวนการทำงานและจับเวลา โดยทำการบันทึกการทำงานของเครื่องตัดจำนวน 10 รอบ เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละขั้นตอน

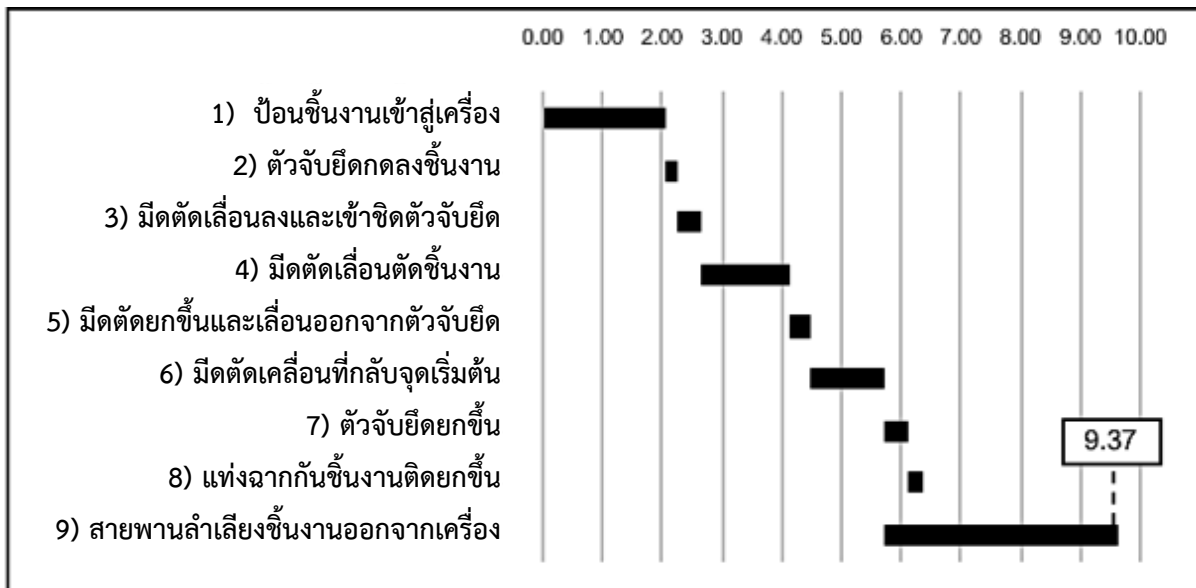
เฉลี่ย ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนออกเป็น 9 ขั้นตอนดังภาพที่ 5 ที่แสดงแผนภูมิกระบวนการผลิตของเครื่องตัดลวดฉาบยาง และภาพที่ 6 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องตัด และภาพที่ 7 แสดงเวลาในการผลิตชิ้นงานของเครื่องตัดทั้ง 9 ขั้นตอน ซึ่งจะใช้เวลาทั้งหมดใช้เวลา 9.37 วินาทีต่อชิ้น



ภาพที่ 5 แผนภูมิกระบวนการผลิตของเครื่องตัดลวดฉาบยาง



ภาพที่ 6 การทำงานของเครื่องตัดทั้ง 9 ขั้นตอน



ภาพที่ 7 เวลาในแต่ละขั้นตอนการทำงานของเครื่องตัดก่อนปรับปรุง

3) การปรับปรุงขั้นตอนในการผลิต

หลังจากทำการศึกษาขั้นตอนและเวลากระบวนการผลิตชิ้นส่วนประกอบหน้ายาง เพื่อวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่า ด้านระยะเวลาการรอคอยจากนี้จะเป็นการนำวิธีการลดความสูญเสียเปล่าแบบ ECRS เข้ามาปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งได้ทำการระดมความคิดร่วมกับฝ่ายผลิต ฝ่ายเทคนิคผู้รับผิดชอบเครื่องจักรของโรงงาน จากการระดมความคิดได้เลือกใช้แนวคิดการรวม และแนวคิดการกำจัด เพื่อปรับปรุงขั้นตอนในการทำงาน 3 วิธี ได้แก่

1. การลดเวลาในการนำชิ้นงานออกจากเครื่องตัด
2. การปรับความเร็วสายพาน
3. การปรับตำแหน่งเครื่องตัด

ในการปรับปรุงได้มีการเก็บข้อมูลเวลาในการทำงานของขั้นตอนที่มีผลหลังการปรับปรุง โดยการจับเวลาจำนวน 10 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยระยะเวลาหลังการปรับปรุงทั้ง 3 วิธีการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การลดเวลาในการนำชิ้นงานออกจากเครื่องตัด

การลดเวลาในการนำชิ้นงานออกจากเครื่องตัดด้วยหลักการ ECRC มาช่วยในการรวมขั้นตอนเข้าด้วยกัน เพื่อประหยัดเวลาในการทำงานของเครื่องตัด เนื่องจากขั้นตอนที่ 6-9 เป็นขั้นตอนที่ไม่มีความเกี่ยวเนื่องกัน จึงสามารถปรับปรุงให้ทำงานพร้อมกันได้ โดยทำการปรับตั้งเวลาห่วงในของการเริ่มทำงานของเครื่องจักร เมื่อมีดตัดเคลื่อนตัวกลับจุดเริ่มต้นให้ตัวจับยึดแท่งฉากยกขึ้นพร้อมกัน และสายพานลำเลียงชิ้นงานที่ตัดเสร็จแล้วออกจากเครื่องไปได้ทันที ซึ่งหลังจากการปรับปรุงสามารถลดระยะเวลาในการผลิตเหลือเพียง 8.22 วินาทีต่อชิ้น ลดลงจากเดิม 1.15 วินาทีต่อชิ้น

2. การปรับความเร็วสายพาน

ปัจจุบันทางโรงงานมีการบำรุงรักษาที่ผลอย่างสม่ำเสมอและได้ทำการปรับความเร็วในการตัดชิ้นงานอยู่ที่ความเร็วสูงสุดตามใบรายละเอียดคุณสมบัติเครื่องแล้ว เมื่อทดลองเพิ่มความเร็วในการตัดจะทำให้เกิดความร้อนสูงกับตัวเครื่องจักรและส่งผลถึงตัวเส้นลวดฉาบยางที่จะไม่สามารถตัดให้ขาดออกจากกันได้ก่อให้เกิดความเสียหายกับชิ้นงาน ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการกำจัดเวลารอคอยชิ้นงานป้อนเข้าสู่เครื่อง โดยทำการปรับความเร็วในส่วนของสายพานในการลำเลียงเส้นลวดฉาบยางเพื่อเข้าสู่ตัวเครื่อง ซึ่งเดิมสายพานที่ใช้ความเร็วที่ 78.50 เมตรต่อนาที ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองร่วมกับช่างเทคนิคเพื่อปรับความเร็วของสายพาน พบว่าที่ความเร็ว 100 เมตรต่อนาที เป็นความเร็วที่สายพานสามารถป้อนชิ้นงานเข้าสู่เครื่องโดยไม่เกิดการชนกันของชิ้นงาน เนื่องจากหากให้ความเร็วของสายพานมากกว่านี้จะทำให้สายพานป้อนชิ้นงานเข้าสู่เครื่องตัดเร็วกว่าการไหลของชิ้นงานก่อนหน้า ทำให้เกิดการชนกันระหว่างชิ้นงานที่ตัด เพื่อเข้าสู่กระบวนการถัดไปกับลวดฉาบยางที่ป้อนเข้าสู่เครื่องตัด หลังการปรับปรุงส่งผลให้เวลาในการทำงานจากเดิม 2.04 วินาทีต่อชิ้น ลดลงเหลือ 1.24 วินาทีต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละ 29.00 จากกระบวนการเดิม ดังแสดงในตารางที่ 3

3. การปรับตำแหน่งเครื่องตัด

ในการปรับตำแหน่งเครื่องตัด ได้นำวิธีการกำจัด เข้ามาใช้กับการลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นในขั้นตอนที่ 2 3 5 และ 7 ซึ่งเป็นขั้นตอนการทำงานของมีดตัดและตัวจับยึด พบว่าในการตัดชิ้นงานมีระยะเวลาห่วงจากการเคลื่อนที่ของมีดตัดและตัวจับยึด เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น

ดังนั้น จึงได้ปรับระดับความสูงของมิดตัดและตัวจับยึดบนเครื่องจักร ระยะห่างจากเดิม 3 เซนติเมตร เหลือเพียง 1.50 เซนติเมตร จากการทดลองปรับระยะห่างจากชิ้นงานร่วมกับช่างเทคนิค พบว่าหากให้ระยะห่างที่สั้นกว่านี้จะเป็นระยะที่ทำให้ลวดฉาบ

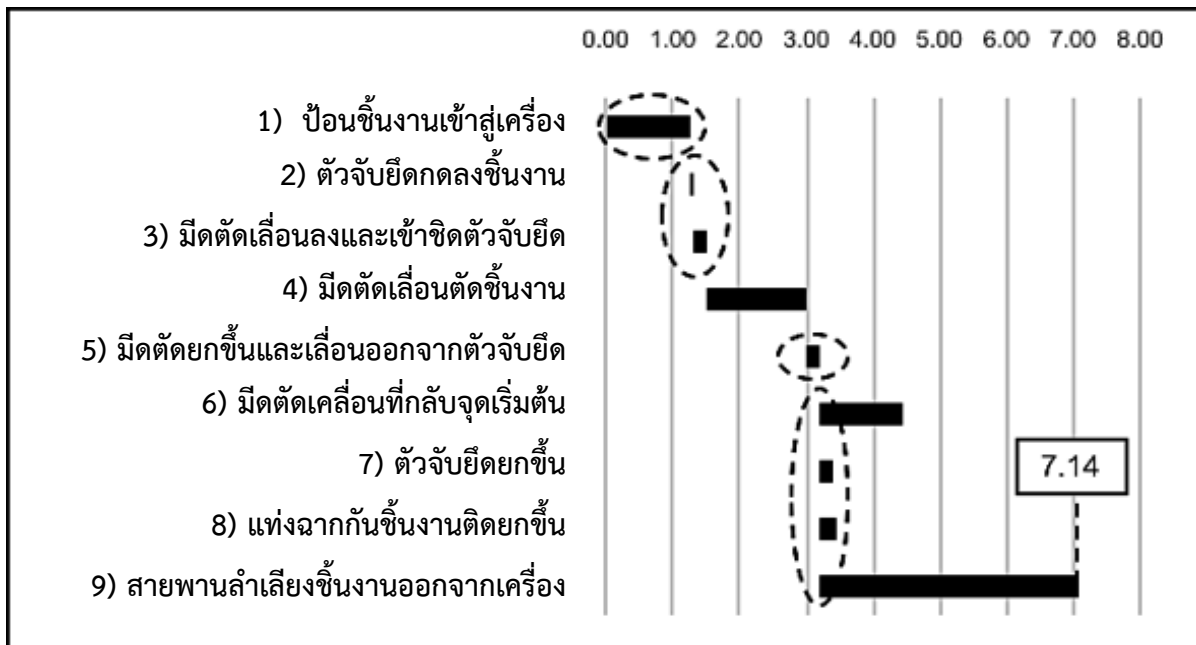
ยางติดขึ้นมากับตัวจับยึดได้ ดังนั้นหลังการปรับปรุงจะสามารถลดการเคลื่อนที่ของมิดตัดและตัวจับยึด โดยจะส่งผลให้สามารถลดระยะเวลารวม 0.40 วินาที ต่อชิ้นคิดเป็นร้อยละ 50.00 จากกระบวนการเดิม ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบระยะเวลาก่อน-หลังการปรับปรุงตำแหน่งระหว่างชิ้นงานและเครื่องตัด

| ขั้นตอน | เวลาก่อนปรับปรุง (วินาที) | เวลาหลังปรับปรุง (วินาที) |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 2) ตัวจับยึดกดลงชิ้นงาน | 0.11 | 0.05 |
| 3) มิดตัดเลื่อนลงและเข้าชิดตัวจับยึด | 0.23 | 0.12 |
| 5) มิดตัดยกขึ้นและออกจากตัวจับยึด | 0.22 | 0.11 |
| 7) ตัวจับยึดยกขึ้น | 0.24 | 0.12 |
| รวม | 0.80 | 0.40 |

จากการปรับปรุงทั้ง 3 วิธี ด้วยการใช้แนวคิดแบบลีน ลดความสูญเปล่าด้านการรอคอย ด้วยวิธีลดความสูญเปล่าแบบ ECRS ทำให้ระยะเวลาในการ

ผลิตลวดฉาบยางลดลง 2.23 วินาทีต่อชิ้น เหลือเพียง 7.14 วินาทีต่อชิ้น ดังรายละเอียดแสดงในภาพที่ 8 และตารางที่ 3



ภาพที่ 8 เวลาในแต่ละขั้นตอนการทำงานของเครื่องตัดหลังปรับปรุง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบเวลาในแต่ละขั้นตอนก่อน-หลังการปรับปรุง

| ขั้นตอน | เวลา (วินาที) | | |
|---|---------------|--------------|--------|
| | ก่อนปรับปรุง | หลังปรับปรุง | ผลต่าง |
| 1) ป้อนชิ้นงานเข้าสู่เครื่อง | 2.04 | 1.24 | 0.40 |
| 2) ตัวจับยึดกดลงชิ้นงาน | 0.11 | 0.05 | 0.06 |
| 3) มีดตัดเลื่อนลงและเข้าชิดตัวจับยึด | 0.23 | 0.12 | 0.11 |
| 4) มีดตัดเลื่อนตัดชิ้นงาน | 1.29 | 1.29 | - |
| 5) มีดตัดยกขึ้นและเลื่อนออกจากตัวจับยึด | 0.22 | 0.11 | 0.11 |
| 6) มีดตัดเคลื่อนที่กลับจุดเริ่มต้น | 1.15 | 1.15 | - |
| 7) ตัวจับยึดยกขึ้น | 0.24 | 0.12 | 0.12 |
| 8) แทะงฉากกันชิ้นงานติดยกขึ้น | 0.15 | 0.15 | - |
| 9) สายพานลำเลียงชิ้นงานออกจากเครื่อง | 3.53 | 3.53 | - |
| รวม | 9.37* | 7.14** | 1.20 |

หมายเหตุ: * เวลาในขั้นตอนที่ 7-9 ทำงานพร้อมกัน

** เวลาในขั้นตอนที่ 6-9 ทำงานพร้อมกัน

สรุปผลการวิจัย

หนึ่งในกระบวนการที่สำคัญในการผลิตยางรถบรรทุกเพื่อการขนส่ง TBR คือ การผลิตชั้นรองหน้ายางที่มีต้นทุนการผลิตสูง จากการวิเคราะห์พบว่าขั้นตอนที่มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุดถึง ร้อยละ 25.21 ของกระบวนการผลิต คือ ขั้นตอนการตัดลวดฉาบยาง เนื่องจากระยะเวลาในการผลิตที่ไม่สอดคล้องกับกำลังการผลิตรวมของโรงงาน จึงก่อให้เกิดการทำงานล่วงเวลา โดยโรงงานไม่มีนโยบายในการลงทุนเพิ่มเติม ดังนั้นจึงเลือกปรับปรุงในขั้นตอนนี้ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้เครื่องจักรในการผลิต จากการศึกษาเวลาในการผลิตพบว่า เครื่องตัดสามารถตัดชิ้นงานได้ 9.37 วินาทีต่อชิ้น จึงได้นำทฤษฎีแนวคิดการปรับปรุงการทำงานแบบลีน โดยนำแนวคิดการลดความสูญเปล่า

8 ประการเข้ามาพิจารณาเพื่อลดความสูญเปล่าจากการรอคอยในกระบวนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดระยะเวลาการตัดเส้นลวดฉาบยาง เพื่อให้การทำงานล่วงเวลาลดลง ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงด้วย ในการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตได้นำวิธีลดความสูญเปล่าแบบ ECRS เข้ามาปรับปรุงการผลิตร่วมกับทางโรงงาน สามารถสรุปการปรับปรุงได้ 3 วิธี ได้แก่ 1) การรวมขั้นตอนที่สามารถเริ่มทำพร้อมกันได้เพื่อลดความสูญเปล่าจากระยะเวลาในการรอคอย 2) การเพิ่มความเร็วให้แก่สายพานลำเลียงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายที่จะส่งผลถึงระยะเวลาการรอคอยที่สั้นลง และ 3) การปรับตำแหน่งของเครื่องตัดเพื่อลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นระหว่างมีดตัด ตัวจับยึดและชิ้นงาน ซึ่งเมื่อนำทั้ง 3 แนวคิดนี้

มาปรับปรุงจะสามารถลดเวลาในการผลิตจากเดิม 9.37 วินาทีต่อชิ้น ลดลง 2.23 วินาทีต่อชิ้น เหลือเพียง

7.14 วินาทีต่อชิ้น หรือคิดเป็นร้อยละ 23.80 รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลก่อน-หลังการปรับปรุงการผลิตยางเรเดียล

| | ก่อนปรับปรุง | หลังปรับปรุง | ผลต่าง |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------|
| เวลากระบวนการตัดลวดฉาบยาง (วินาที) | 9.37 | 7.14 | 2.23 |
| ระยะเวลาตัด (ชั่วโมงต่อวัน) | 35.53 | 27.08 | 8.45 |
| ต้นทุนกระบวนการลวดฉาบยาง (ร้อยละ) | 25.21 | 19.21 | 6.00 |

การปรับปรุงส่งผลต่อเวลาในการผลิตยาง 11R22.5 จากเดิมความต้องการของโรงงานผลิต วันละ 5,572 เส้น ในการผลิตยางหนึ่งเส้นต้องใช้ลวด ฉาบยาง 2.45 ชิ้น ดังนั้นในหนึ่งวันเครื่องตัดจะต้อง ตัดชิ้นงานวันละ $5,572 \times 2.45 = 13,651.40$ ชิ้น เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับในด้านต้นทุนการผลิตจากเดิม สำหรับขั้นตอนการตัดลวดฉาบยางเท่ากับร้อยละ

25.21 สำหรับเวลาในการผลิต 9.37 วินาทีต่อชิ้น หลังการปรับปรุงสามารถลดต้นทุนในการผลิต ลงเหลือ ร้อยละ 19.21 ของต้นทุนกระบวนการผลิต ทั้งหมด ซึ่งสามารถลดต้นทุนกระบวนการผลิตลงได้ ร้อยละ 6.00 ดังข้อมูลสรุปผลการปรับปรุงใน ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการปรับปรุงการผลิตยางเรเดียล

| | จำนวนที่ผลิต (ชิ้นต่อวัน) | เวลาในการตัด (วินาทีต่อชิ้น) | เวลาในการตัด (วินาทีต่อวัน) | เวลาในการตัด (ชั่วโมงต่อวัน) | ต้นทุนในการผลิต (ร้อยละ) |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| ก่อนปรับปรุง | 13,651.40 | 9.37 | 127,914.02 | 35 ชั่วโมง 32 นาที | 25.21 |
| หลังปรับปรุง | 13,651.40 | 7.14 | 97,471.40 | 27 ชั่วโมง 4 นาที | 19.21 |
| ผลต่างหลังการปรับปรุง | - | 2.23 | 30,442.62 | 8 ชั่วโมง 27 นาที | 6.00 |

อภิปรายผล

การศึกษาการผลิตยาง TBR ชนิด 11R22.5 เพื่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยแนวคิดแบบลีน และวิธีลดความสูญเปล่าแบบ ECRS ด้วยการลด ระยะเวลาการรอคอยในกระบวนการผลิตยางเรเดียล การลดความสูญเปล่าในขั้นตอนที่ไม่จำเป็นต้องมีการ รอคอย การเพิ่มความเร็วในการทำงานในปริมาณ ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชิ้นงาน และการลด

ระยะทางในการเคลื่อนที่ในกระบวนการ จากทฤษฎี ความสูญเปล่า 8 ประการ ผลการวิจัยพบว่าแนวคิด และวิธีการที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ ในอุตสาหกรรมการผลิตยางสามารถลดเวลาการ ผลิตและสามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้ ซึ่งจาก เวลาในการทำงานที่ลดลงนั้นจะส่งผลต่อต้นทุนการ ใช้ไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน ค่าเครื่องจักร ฯลฯ และ ประสิทธิภาพในระบบการผลิตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้อง

กับแนวคิดการลดความสูญเปล่าด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีน สามารถเป็นแนวทางในการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตได้จริงดังทฤษฎีของ Taiichi Ohno (บัง คยองอิล, 2560; Toyota Motor Corporation, n.d.) และซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suhardi, Anisa, and Laksono (2019) และนิวัฒน์ เดชอำไพ และ กาญจนา เศรษฐนันท์ (2557) ที่ใช้หลักการผลิตแบบลีน ในการลดระยะเวลาการออกสินค้า และนำเครื่องมือความสูญเสียด้าน 7 ประการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อลดความสูญเปล่า ทำให้สายการผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ผลผลิตเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้น และเวลานำการผลิตลดลง

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาการปรับปรุงการผลิตขั้นตอนการตัดเส้นลวดฉนวนชนิดอื่นเพิ่มเติม เนื่องจากคุณสมบัติของยางชนิดอื่นจะมีผลต่อองศาการตัด ความยาว ความกว้างและปริมาณเส้นลวดฉนวนที่ใช้ในการผลิต

การใช้ประโยชน์ในระดับการปฏิบัติ จากผลการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงในอุตสาหกรรมการผลิตยางหรืออุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ เพื่อลดความสูญเปล่าได้

เอกสารอ้างอิง

กมลรัตน์ ศรีสังข์สุข (2552). *การลดความสูญเปล่าโดยลีน ชิก ชิกมาในกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็ก* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). ภาควิชาวิศวกรรม. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (ม.ป.ป.). รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ปี 2560 และแนวโน้มปี 2561. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2561, <http://www.oie.go.th/sites/default/>

files/attachments/industry_overview/annual2017.pdf

ไคเซ็นแมน. (2549). เกิดสมดุของงาน เมื่อทำให้ Muri, Muda และ Mura หดไป. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2561, จาก http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=170&read=true&count=true

นิพนธ์ บัวแก้ว. (2547). *รู้จักระบบการผลิตแบบลีน*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

นิวัฒน์ เดชอำไพ, และ กาญจนา เศรษฐนันท์. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตชุดชั้นในสตรี โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีน. *วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 7(2), 13-27.

บัง คยองอิล. (2560). *โตไม่หยุดแบบ TOYOTA TPS* (มนตรี เจริญจรวงศ์, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อินสปายร์.

พิทยา ห่องใส, และ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์. (2553). การลดความสูญเปล่าในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์รีน็อคดาวน. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, 21(3), 109-116.

โมโรไทย. (2561). การกำจัดความสูญเสียด้าน 7 Waste). สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2561, จาก <http://www.moro.co.th/the-7-wastes-การลดความสูญเสียด้าน-7-ประเภท/>

ลัดดาวัลย์ บุญฤทธิ์. (2558). *การลดความสูญเสียด้านกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยางรถยนต์แผนกต้นยาง กรณีศึกษา: บริษัทผลิตยางรถยนต์เรเดียล* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยศิลปากร).

- โลจิสติกส์คาเฟ่. (2561). ความสูญเปล่าทั้ง 8 ประการ (7+1 wastes) คืออะไร?. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2561, จาก <https://www.logisticacafe.com/2009/08/7-wastes-to-eliminate/>
- สมชาย พัวจินดาเนตร, และ ศิริวรรณ เหมือนแก้ว. (2556). การปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานภายในธุรกิจการผลิตกระดาษ. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, 24(1), 50-57.
- สมบัติ วรินทร์นวัตร. (2555). มุมมองจากการสำรวจข้อมูลในโครงการการศึกษาสถานภาพและแนวโน้ม: การย้ายฐานธุรกิจของบริษัทสัญชาติญี่ปุ่นมายังประเทศไทย. *วารสาร TPA News*, 16(187), 50-51.
- สิริพงศ์ จีงถาวรณ. (2560). *LEAN ลดต้นทุนธุรกิจงานเสร็จไว กำไรพุ่ง*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ D ดี.
- อรรถพร อ่ำขวัญยืน. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดพลาสติกโดยใช้ทฤษฎีการผลิตแบบลีน (การค้นคว้าอิสระ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- เอ็มไทย. (2560). ความแตกต่างของ ยางเรเดียล กับ ยางธรรมดา คืออะไร. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2561, จาก <https://auto.mthai.com/news/tips/45307.html>
- Goleansixsigma. (n.d.). 8 Wastes. Retrieved October 19, 2018, from <https://goleansixsigma.com/8-wastes/>
- Lean Methods Group. (n.d.). What is lean?. Retrieved October 19, 2018, from <https://www.leanmethods.com/resources/articles/what-is-lean/>
- Narayanan, N. S., Raj, M. A., Ananth, T., Aravindh, S., & Karthik, B. (2016). Lean manufacturing techniques for effective utilization of man power in engine accessory production line. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(4), 5032-5039.
- Stoelb, D. (2016). Don't forget the ECRS steps when you are trying to improve. Retrieved October 19, 2018, from <https://www.linkedin.com/pulse/dont-forget-ecrs-steps-when-you-trying-improve-daniel-stoelb>
- Suhardi, B., Anisa, N., & Laksono, P. W. (2019). Minimizing waste using lean manufacturing and ECRS principle in Indonesian furniture industry. *Cogent Engineering*, 6(1). Retrieved October 19, 2018, from <https://www.cogentoa.com/article/10.1080/23311916.2019.1567019.pdf>
- Sundar, R., Balajib, A. N., & SatheeshKumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering* 97, 1875–1885.
- Toyota Motor Corporation. (n.d.). The origin of the Toyota Production System. Retrieved October 19, 2018, from <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>