วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

บทความวิจัย

การปรับปรุงขั้นตอนการทำงานเพื่อลดของเสียในกระบวนการยิงรหัสผลิตผ้าเบรก

ศรัณย์ นาคบวรวิจิตร* และ ประจวบ กล่อมจิตร

สาขาการจัดการงานวิศวกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร
*ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: narkbovornwijit.s@outlook.com

วันที่รับบทความ: 26 มิถุนายน 2563; วันที่ทบทวนบทความ: 6 กรกฎาคม 2563; วันที่ตอบรับบทความ: 8 กรกฎาคม 2563
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 25 สิงหาคม 2563

บทคัดย่อ: กรณีศึกษาบริษัทผลิตผ้าเบรกพบของเสียประเภทตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงานในกระบวนการยิงรหัสผลิต จำนวน 10,976 ชิ้นต่อวัน คิดเป็น 81% ของแผนการผลิตรายวัน ซึ่งเกิดจากชิ้นงาน 10 รุ่น ในเบื้องต้นก่อนคณะผู้วิจัยเข้าไปทำการศึกษาพบว่า ทางบริษัทแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยการจัดพนักงาน 1 คนต้องจัดรูปแถวชิ้นงานบนสายพานก่อนเข้าเครื่องยิงรหัสผลิต ส่งผลให้ใช้แรงงานคนเพิ่มขึ้น คณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาการทำงานของกระบวนการด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการ วิเคราะห์คุณค่าของกิจกรรม ตั้งคำถาม 5W1H พบว่าสาเหตุหลักมาจากการออกแบบระบบสายพานไม่เหมาะสมกับกระบวนการผลิต แล้วประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ในการหาแนวทางปรับปรุงโดยได้ทำการปรับปรุงสายพานลำเลียงและปรับระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้นตั้งแต่เครื่องอบสี โดยการทำตารางคำนวณที่ใช้ชิ้นงาน 10 รุ่น ในการทดสอบเพื่อหาผลลัพธ์จำนวนชิ้นงานต่อแถวและระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้นที่เหมาะสมไปใช้ทำงาน จากการทดสอบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า การปรับค่าตัวแปรต่าง ๆจากตารางคำนวณสามารถลดของเสียประเภทตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงานได้ 10,976 ชิ้นต่อวัน หรือคิดเป็นจำนวนของเสียที่ลดลง 100% ของแผนการผลิตรายวัน นอกจากนี้ยังมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมเฉลี่ย 1 ชิ้นต่อแถว และระยะเวลาคืนทุนของการปรับปรุงสายพานลำเลียง คือ 1.275 วัน

คำสำคัญ: 5W1H; หลักการ ECRS; การทดสอบสมมติฐาน; ระยะเวลาคืนทุน

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

บทความวิจัย

Improvement Work Method for Defect Reduction in Marking Brake Pad Process

Saran Narkbovornwijit* **and Prachuab Klomjit**

Field of Engineering Management, Department of Industrial Engineering and Management,
Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University
*Corresponding author, E-mail: narkbovornwijit.s@outlook.com

Received: 26 June 2020; Revised 6 July 2020; Accepted: 8 July 2020
Online Published: 25 August 2020

Abstract: Brake pad manufacturing found the incorrect position of text on brake pad defect in the marking process 10,976 pieces per day or 81% of the daily production plan and caused defects from 10 models. The temporary solution of the company before investigators studied process shown that provided an operator to arrange brake pad rows on the conveyor before pass the marking machine so caused to hire the operator. Investigators studied the work method by flow process chart, analyzed the value of activities, queried 5W1H shown that the main cause of the defect was inappropriate designing the conveyors in the process then applied ECRS principle to find improvement way by making new conveyors and adjusting the initial spacing of brake pad in the oven. The formula table was made by using 10 models to find the number of brake pads per row and appropriate initial spacing of brake pad to actual work. Result from statistical testing at 95% confidence level shown that adjusted the value of variables from formula table that could reduce the incorrect position of text on brake pad defect 10,976 pieces per day or 100% of the daily production plan. Besides, average capacity increased 1 piece per row and the payback period of improvement conveyors was 1.275 days.

Keywords: 5W1H; ECRS Principle; Hypothesis Testing; Payback Period

บทความวิจัย

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

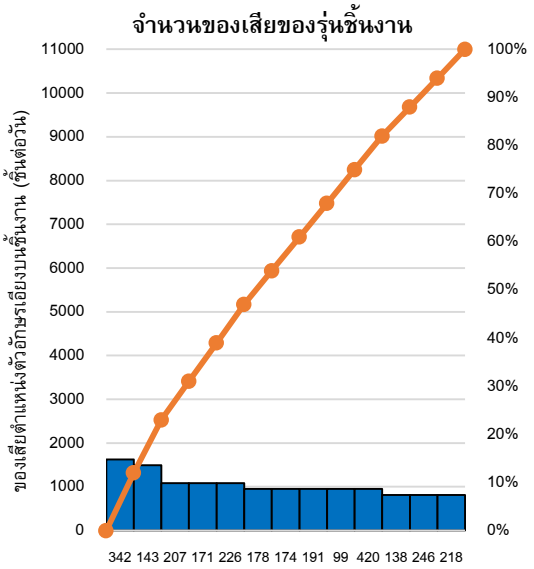
1. บทนำ

กรณีศึกษาบริษัทผลิตผ้าเบรกรถยนต์สัญชาติไทย จำหน่ายผ้าเบรกในฐานะ OES และ After Market ตามศูนย์บริการรถยนต์ ซึ่งพบปัญหาในกระบวนการยิงรหัสผลิตผ้าเบรก ปัจจุบันทางบริษัทกรณีศึกษามีแผนการผลิตใน 1 สัปดาห์ มีจำนวนการผลิตเฉลี่ย 13,550 ชิ้นต่อวัน พบของเสียประเภทตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงาน จำนวน 10,976 ชิ้นต่อวัน คิดเป็น 81% ของแผนการผลิตรายวัน ดังรูปที่ 1

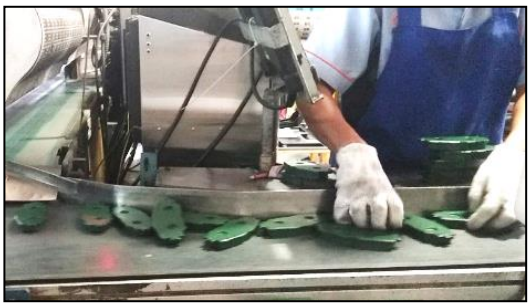
รูปที่ 1 ตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงาน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตและจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 เมื่อทำการพิจารณาตามหลักการของพาเรโตพบว่า มีรุ่นชิ้นงานจำนวน 10 รุ่น ที่ก่อให้เกิดของเสียขึ้นในกระบวนการผลิตถึง 80% ของจำนวนของเสียทั้งหมด ประกอบด้วยรุ่น 342, 143, 207, 171, 226, 178, 174, 191, 99 และ 420 ส่งผลให้เสียเวลา 5 วินาทีต่อชิ้น เพื่อลบตัวอักษรแล้วยิงรหัสผลิตใหม่จนกว่าตำแหน่งตัวอักษรบนชิ้นงานเป็นแนวขนานกับชิ้นงานตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์

ปัจจุบันก่อนการศึกษาทางบริษัทได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยจัดพนักงาน 1 คน ให้จัดเรียงรูปแถวชิ้นงานบนสายพานก่อนเข้าเครื่องยิงรหัส เพื่อให้ตำแหน่งตัวอักษรเป็นแนวตรงกับชิ้นงาน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 จำนวนของเสียของรุ่นชิ้นงานต่อวัน



รูปที่ 3 พนักงานกำลังจัดเรียงแถวชิ้นงาน

ส่งผลให้ใช้แรงงานคนเพิ่มขึ้นและพนักงานจะต้องเร่งรีบจัดรูปแถวชิ้นงานเพื่อไม่ให้เกิดของเสียจำนวนมาก ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการออกแบบระบบสายพานลำเลียงไม่เหมาะสมกับกระบวนการยิงรหัสผลิต ทั้งที่กระบวนการอบสีก่อนหน้านี้ได้จัดรูปแถวชิ้นงานให้เรียบร้อยแล้ว ซึ่งต้องการปรับปรุงวิธีทำงานใหม่และช่วยให้พนักงานทำงานได้สะดวกขึ้น

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อลดของเสียประเภทตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงาน จากการปรับปรุงระบบสายพานลำเลียง

1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 การผลิตแบบลีน

การผลิตแบบลีนเป็นเทคนิคเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขัน เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ลดความสูญเปล่าตลอดการดำเนินงานและผลิตภัณฑ์ตอบสนองลูกค้า ซึ่งวิเคราะห์แยกคุณค่าของกิจกรรมเป็น กิจกรรมที่เกิดมูลค่า VA (Value Added), กิจกรรมที่ไม่เกิดมูลค่า NVA (Non Value Added) และ กิจกรรมที่ไม่เกิดมูลค่า จำเป็นต้องมี NNVA (Necessary Non Value Added) เพื่อหาแนวทางปรับปรุงต่อไป K. Eswaramurthi, P.V.Mohanram [1] ใช้ Process Flow เพื่อจำแนกและวิเคราะห์คุณค่าของขั้นตอนการตรวจสอบการผลิตพร้อมระบุขั้นตอนเป็น VA, NVA และ NNVA ซึ่งขั้นตอน NVA ควรจะถูกปรับปรุง เพื่อเพิ่มผลิตผลและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน

1.2.2 เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และหลัก ECRS

การตั้งคำถาม 5W1H ประกอบด้วย What, Who, Why, When, Where และ How [2] เพื่อจำแนกองค์ประกอบของการทำงานได้อย่างชัดเจนและสามารถหาแนวทางแก้ไขได้ตรงสาเหตุมากขึ้นพร้อมมีเหตุผลรองรับการแก้ไขนี้

หลักการ ECRS [3] การลดความสูญเปล่าของกิจกรรมที่ไม่สร้างผลประโยชน์ต่อการผลิต ดังนี้

1. Eliminate คือ ขจัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น
2. Combine คือ รวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน
3. Rearrange คือ จัดลำดับงานใหม่ให้เหมาะสม
4. Simplify คือ ปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือสร้างอุปกรณ์ช่วยให้ทำงานง่ายขึ้น

T. Pattharathadakiat และ D. Sutivong [4] ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลด Lead Time โดยตั้งคำถาม 5W1H หาข้อมูลสนับสนุนการทำงานจากการระดมสมองและใช้ ECRS ปรับปรุงได้ตรงจุดพร้อมทั้งสร้างมาตรฐานการผลิตขึ้นใหม่ S. Klinmon [5] ต้องการลดความสูญเปล่าในของประสิทธิภาพสายการผลิต ตั้งคำถาม 5W1H เพื่อหากิจกรรมที่เป็นจุดคอขวดพร้อมระบุ ECRS กำหนดวิธีขจัดขั้นตอนนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ T. Tussanarapun [6] ต้องการลดต้นทุนของกระบวนการผลิตน้ำ เกิดต้นทุนสูงจากกระบวนการผลิต จึงวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาร่วมกับความสูญเปล่า 7 ประการ แล้วใช้ ECRS วิเคราะห์การปรับปรุงทั้งหมด เพื่อทำแผนกิจกรรมปรับลดต้นทุน

1.2.3 ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) [7]

ระยะเวลาของเงินลงทุนตลอดโครงการเท่ากับมูลค่าผลตอบแทนสุทธิสะสม เพื่อพิจารณาทำโครงการ ดังสมการที่ 1.1

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{มูลค่าการลงทุน (บาท)}}{\text{ผลตอบแทน (บาท/เวลา)}} \quad (1.1)$$

T. Srisawangwong และ N. Yodpijit [8] ต้องการเพิ่มกำลังผลิต ลดต้นทุน ลดความสูญเปล่าทั้งการรอคอย การเคลื่อนไหวไม่จำเป็น ประยุกต์ ECRS ปรับปรุงการทำงานแล้ว สามารถลด Cycle Time ลง มีกำลังผลิตมากขึ้นและลดต้นทุนแรงงานลงเป็นเงิน 579,123 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุนที่ 1.32 ปี

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

C. Taengpiw [9] ทำวิจัยเรื่องลดความสูญเสียในกระบวนการตัดแบ่งเหล็กแผ่นรีดร้อน ที่ใช้ cycle time มาก วิเคราะห์ความสูญเปล่า 7 ประการ และใช้หลัก ECRS ปรับปรุงและเพิ่มเติมทำให้มีกำลังผลิตเพิ่มขึ้น 1,722,600 บาทต่อเดือน ระยะเวลาคืนทุน 1.03 เดือน

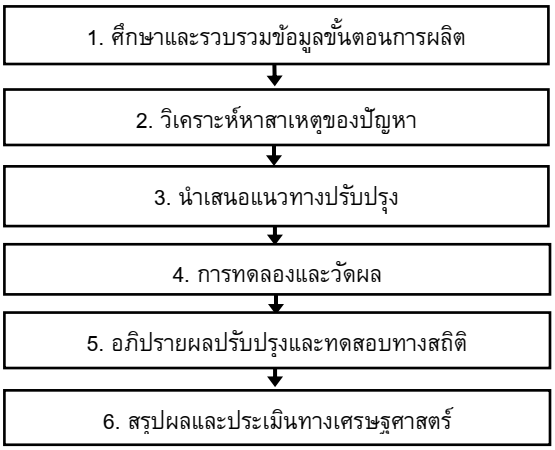
1.2.4 การทดสอบทางสถิติ

การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) เพื่อพิสูจน์ว่าคำตอบของปัญหามีความถูกต้องหรือไม่ จึงต้องมีการทดสอบทางสถิติเพื่อหาข้อสรุปของคำตอบนั้น โดยกำหนดสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานทางเลือกที่เป็นไปได้ (H_1) แล้วสรุปผลทางสถิติว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธคำตอบนั้นโดยมีขั้นตอนนี้ดังนี้ [10]

1. ตั้งสมมติฐานทางสถิติ (H_0 และ H_1)
2. กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก เช่น α = 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
3. กำหนดสถิติทดสอบ (การเลือกสุ่มตัวอย่าง, ขนาดกลุ่มตัวอย่างหรือเงื่อนไขของสถิติ)
4. หาจุดวิกฤติและเขตวิกฤติ (แบ่งเขตการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานเป็นกลาง)
5. คำนวณหาค่าสถิติ
6. ตัดสินใจ (ไม่ปฏิเสธ H_0 หรือ ปฏิเสธ H_0 ของการทดลองนี้)

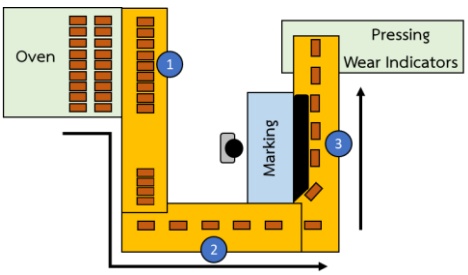
A. Prasunjai และ S. Vongpeng [11] ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยปรับปรุงขั้นตอนการทำงานและจัดทำแม่พิมพ์ปั๊มรูใหม่ แล้วทดสอบสมมติฐานของงานวิจัยในระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก โดยสมมติฐานทางเลือกคือความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังปรับปรุง ซึ่งหลังปรับปรุงของแม่พิมพ์ปั๊มรูใหม่ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและมีความแม่นยำของขนาดรูในแม่พิมพ์มากกว่าก่อนปรับปรุง

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

2.1 ศึกษากระบวนการยิงรหัสผลิต



รูปที่ 5 แผนผังการไหลของกระบวนการยิงรหัสผลิต

กระบวนการยิงรหัสผลิตสามารถแสดงแผนผังได้ดังรูปที่ 5 โดยเริ่มต้นรับชิ้นงานจากกระบวนการอบสี (Oven) แถวชิ้นงานจะเคลื่อนที่ตามสายพานลำเลียงแล้วเข้าเครื่องยิงรหัสผลิต (Marking) จากนั้นส่งมอบให้กระบวนการย้ำกิ๊ฟ (Pressing Wear Indicators)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

ต่อไป แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการยิงรหัสผลิตและการวิเคราะห์คุณค่าของกิจกรรมสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

2.2 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ปัญหาของเสียประเภทตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงานมีจำนวนเฉลี่ย 10,976 ชิ้นรายวัน จากแผนการผลิตรายวัน จึงวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตที่ทำให้เกิดของเสียจาก แผนภูมิการไหลจากตารางที่ 1 ดังนี้

1. ลำดับที่ 3 (VA) ขณะที่แถวชิ้นงานจากเครื่องอบสีเคลื่อนที่ลงสายพานที่ 1 มีจำนวนเฉลี่ย 10 ชิ้นต่อแถว โดยจัดรูปแถวด้านกว้างของชิ้นงาน พบว่ามีชิ้นงานติดอยู่ระหว่างจุดถ่ายชิ้นงานและสายพานที่ 1 ขณะสายพานที่ 1 หยุดและเมื่อเคลื่อนที่ ทำให้แถวชิ้นงานจึงเกิดซ้อนทับกัน ทำให้เสียรูปแถว ดังรูปที่ 6

2. ลำดับที่ 5 (VA) หลังแถวชิ้นงานเคลื่อนที่จากสายพานที่ 1 ลงสายพานที่ 2 แล้ว มีการจัดรูปแถวด้านความยาวของชิ้นงาน ทำให้แถวชิ้นงานด้านหลังเคลื่อนลงมาติดแถวชิ้นงานก่อนหน้า ทำให้เกิดเสียรูปแถว อีกทั้งถ้าเกิดการซ้อนทับกันจากลำดับที่ 3 มาก่อน ก็จะทำให้เกิดเสียรูปแถวชิ้นงาน ดังรูปที่ 7

3. ลำดับที่ 7 (NVA) ชิ้นงานจากสายพานที่ 2 เคลื่อนลงสายพานที่ 3 แล้วเกิดเสียรูปแถวก่อนเข้าเครื่องยิงรหัส ทำให้เกิดของเสีย จึงจัดพนักงานประจำเครื่องมาจัดรูปแถวชิ้นงาน ซึ่งเป็นกิจกรรมไม่เกิดมูลค่าและเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ ดังรูปที่ 8

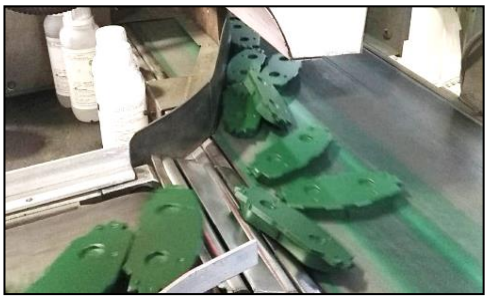
รูปที่ 6 แถวชิ้นงานเคลื่อนลงสายพานที่ 1

ตารางที่ 1 แผนภูมิการไหล (Flow Process Chart) ของกระบวนการยิงรหัสผลิต

แผนภูมิกระบวนการไหลของกระบวนการยิงรหัสผลิต					สัญลักษณ์แผนผัง
ลำดับ	รายละเอียด	เวลา(s)	ระยะทาง(m)	อัตราเร็ว(m/s)	
1	แถวชิ้นงานเคลื่อนที่บนสายพานของเครื่องอบสี เรียงรูปแถวด้านกว้างชิ้นงาน (VA)	-	-	0.011	
2	สายพานที่ 1 หยุดทำงาน (VA)	6	-	-	
3	แถวชิ้นงานจากสายพานเครื่องอบสีเคลื่อนลงสายพานที่ 1 (VA)		-	-	
4	สายพานที่ 1 พาแถวชิ้นงานไปสายพานที่ 2 (VA)	10-12	3.5	0.142	
5	สายพานที่ 2 พาแถวชิ้นงานไปสายพานที่ 3 โดยรูปแถวด้านความยาวชิ้นงาน (VA)	-	2.7	0.310	
6	ชิ้นงานถูกเปลี่ยนรูปแถวด้านความยาวชิ้นงาน ด้วยJigก่อนเข้าเครื่องยิงรหัส (VA)	-	2.6	0.112	
7	พนักงานจัดเรียงเฉลี่ย 10 ชิ้นงานต่อแถว (NVA)	10		-	
8	ชิ้นงานผ่านเครื่องยิงรหัสผลิต (VA)	1		0.112	
9	ส่งมอบชิ้นงานเข้ากระบวนการย้ำกิ๊ฟต่อไป (VA)	-		0.112	

หมายเหตุ ○ = การปฏิบัติงาน, ⇨ = การเคลื่อนที่, □ = การตรวจสอบ, D = การรอคอย, ▽ = การจัดเก็บ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004



รูปที่ 7 แถวชิ้นงานเคลื่อนลงสายพานที่ 2

รูปที่ 8 แถวชิ้นงานเคลื่อนลงสายพานที่ 3

2.2.1 การตั้งคำถามเพื่อปรับปรุงปัญหา

ตรวจสอบกิจกรรมที่เป็นปัญหาการทำงานด้วย 5W1H เพื่อจำแนกองค์ประกอบของปัญหาให้เข้าใจง่ายและหาเหตุผลที่จะปรับปรุงด้วย ECRS ได้ตรงจุด ดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 หลังจากตั้งคำถามเพื่อหาเหตุผลของการทำงาน ได้แนวทางปรับปรุงโดย

1. เพิ่มสายพานลำเลียงยิงรหัสและแก้ไขจุดถ่ายชิ้นงานระหว่างสายพานให้ชิ้นงานจัดรูปแถวเป็นระเบียบมากขึ้น
2. ปรับระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้นของเครื่องอบสี จะช่วยให้ระยะห่างชิ้นงานมากขึ้นหลังผ่านสายพาน ซึ่งจะสามารถช่วยลดของเสียจากปัญหาตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงาน

ตารางที่ 2 การตั้งคำถามและการแนวทางแก้ไข

5W1H	รายละเอียด	Why (เหตุผล)	แนวทางแก้ไขตาม ECRS
What (จุดประสงค์)	ยิงรหัสผลิตบนชิ้นงาน	ระบุล็อตการผลิตชิ้นงาน	-
Where (สถานที่)	สายพานหลังจากเครื่องอบสี	พาชิ้นงานออกหลังการอบสี	-
When (ลำดับงาน)	รุ่นชิ้นงานที่ต้องผ่านเครื่องยิงรหัสทันที	เป็นลำดับการผลิตของการบรรจุสินค้า	-
Who (ทักษะ)	ตำแหน่งพนักงานยิงรหัสผลิต	จัดเรียงชิ้นงานบนสายพานยิงรหัส	Rearrange แก้ไขสายพานยิงรหัส, แก้ไขจุดถ่ายชิ้นงาน
How (วิธีการ)	ชิ้นงานจัดรูปแถวเป็นระเบียบ	ตำแหน่งตัวอักษรบนชิ้นงานเป็นแนวตรง	Simplify ปรับระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้นให้เหมาะสมกับรุ่นชิ้นงาน

หลังการปรับปรุงคาดว่าจะลดกิจกรรมที่ไม่เกิดมูลค่า (NVA) คือ การจัดเรียงชิ้นงานบนสายพานยิงรหัสของพนักงานได้อีกด้วย

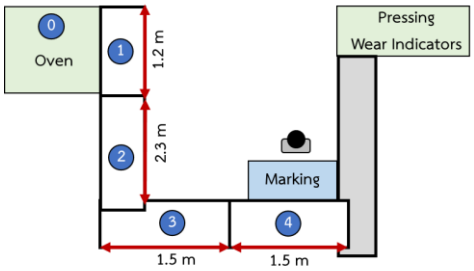
2.3 เสนอแนวทางปรับปรุง

หลังจากได้แนวทางที่จะปรับปรุงสายพานแล้ว จึงปรึกษาร่วมกับวิศวกรเพื่อทำแผนการปรับปรุงสายพานลำเลียงใหม่ในพื้นที่ทำงานเดิม แผนผังที่ได้นำเสนอเป็นการปรับปรุงจุดถ่ายชิ้นงานและเพิ่มสายพานใหม่ทั้ง 4 อันและย้ายตำแหน่งเครื่องยิงรหัสให้เป็นแนวขนานกับสายพานที่ 3 แทนแบบเดิม ดังรูปที่ 9

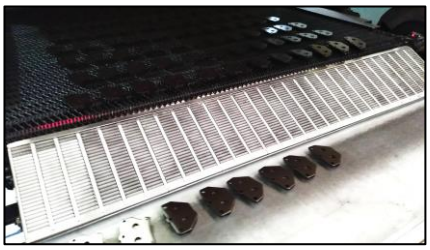
หลังจากนั้นบริษัทได้ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักรในกระบวนการยิงรหัสผลิต ซึ่งมีความคืบหน้าดังนี้

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

1. แก้ไขอุปกรณ์จุดถ่ายชิ้นงานระหว่างสายพานให้มีความชันน้อยลงจากเดิม 15 องศาเป็น 25 องศา ทำให้ชิ้นงานไม่ติดอยู่ระหว่างจุดถ่ายชิ้นงานและสายพานที่ 1 ดังรูปที่ 10



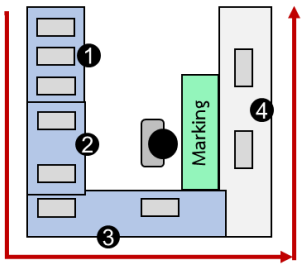
รูปที่ 9 แผนผังที่จะปรับปรุงสายพานใหม่



รูปที่ 10 จุดถ่ายชิ้นงานหลังปรับปรุง

2. การปรับปรุงเบื้องต้นจะเป็นสายพานเพียง 3 อันแรก โดยสายพานที่ 2 เพิ่มความเร็วสายพานมากกว่าสายพานที่ 1 ทำให้สามารถเพิ่มระยะห่างชิ้นงานได้มากขึ้น ดังรูปที่ 11 ซึ่งจะแตกต่างจากแผนผังที่นำเสนอไว้เพราะว่าไม่ได้ปรับปรุงสายพานทั้งหมด

หลังจากปรับปรุงสายพานแล้ว จากการสังเกตพบว่ามีรูปแถวชิ้นงานไม่เป็นระเบียบระหว่างการเคลื่อนที่ แต่ละสายพาน จึงศึกษาการปรับระยะห่างชิ้นงานให้เหมาะสมกับรุ่นชิ้นงาน โดยขนาดของชิ้นงานมีความยาวและความกว้างที่แตกต่างกันในแต่ละรุ่น



รูปที่ 11 แผนผังสายพานหลังปรับปรุงแล้ว (สีฟ้า)

2.4 การทดลองชิ้นงานบนสายพาน

นำชิ้นงาน 10 รุ่นที่ทำให้เกิดของเสียสะสม 81% ต่อวัน คือ รุ่น 420, 99, 191, 174, 178, 226, 171, 207, 143 และ 342 มาทดลองปรับระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้นในเครื่องอบสีเพื่อลดของเสียประเภทตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงาน โดยการจัดรูปแถวเป็นระเบียบก่อนเข้าสายพานเครื่องยิงรหัส (สายพานที่ 4) โดยจะเก็บข้อมูลชิ้นงาน จึงกำหนดตัวแปรในการทดลองดังนี้

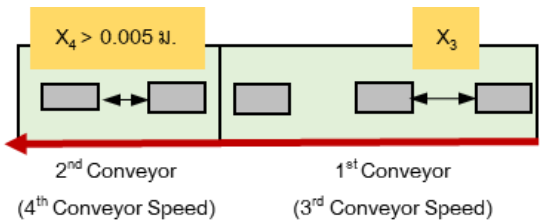
1. ตัวแปรต้น (การป้อนค่า) ได้แก่ ความกว้าง, ความยาว ของรุ่นชิ้นงาน และระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้น (X_1)
2. ตัวแปรควบคุม (ความเร็วของสายพานที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับและเงื่อนไขอื่น ๆ) โดยกำหนดให้ V_1 = 0.071 m/s, V_2 = 0.135 m/s, V_3 = 0.189 m/s, $V_{4.1}$ = 0.115 m/s (ความยาวชิ้นงานไม่เกิน 0.112 เมตร), $V_{4.2}$ = 0.131 m/s (ความยาวชิ้นงานมากกว่า 0.112 เมตร), ความยาวแถวชิ้นงานบนสายพานที่ 1 ไม่เกิน 1.2 เมตร, เวลาเคลื่อนที่ของแถวชิ้นงานบนสายพานที่ 1 ไม่เกิน 18 วินาที
3. ตัวแปรตาม (ผลลัพธ์) คือ จำนวนชิ้นงานต่อแถว

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

2.4.1 วิธีการทดลองและคำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ จากสูตร

ระบุตัวแปร : X_1 = ระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้นบนสายพานที่ 1, X_2 = ระยะห่างชิ้นงานบนสายพานที่ 2, X_3 = ระยะห่างชิ้นงานบนสายพานที่ 3 และ X_4 = ระยะห่างชิ้นงานบนสายพานที่ 4 (สายพานยิงรหัส) ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

คณะผู้วิจัยต้องการให้ชิ้นงานไม่ซ้อนกัน จึงกำหนดให้ X_4 มีค่ามากกว่า 0.005 เมตร เมื่อมีสายพานที่ 1 และ 2 วางสายพานต่อเนื่องกัน จึงจำลองการเคลื่อนที่ชิ้นงานด้วยรูปแถวด้านความยาวของชิ้นงานด้วยความเร็วสายพาน V_3 $V_{4.1}$ และ $V_{4.2}$ ตามลำดับ ดังรูปที่ 12



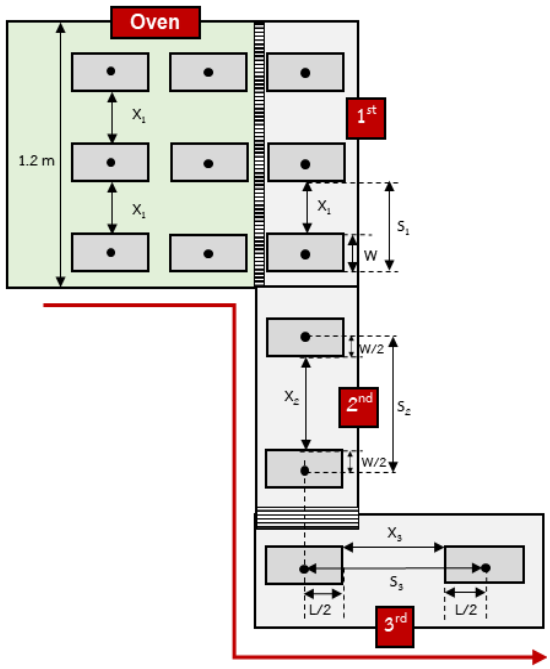
รูปที่ 12 การเคลื่อนที่ของชิ้นงานบนสายพานที่ 1 และ 2

การทดลองปรับระยะห่างชิ้นงาน สามารถแสดงขั้นตอนรายละเอียดได้ ดังรูปที่ 13 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. วางชิ้นงาน 6 ชิ้นของแต่ละรุ่น บนสายพานที่ 1 ด้วยการสุ่มระยะห่างชิ้นงาน เมื่อปล่อยชิ้นงานเคลื่อนที่เข้าสายพานที่ 2 ด้วยระยะห่างชิ้นงาน มีค่าใกล้เคียง 0.005 เมตร วัดระยะห่างชิ้นงานได้ 5 ข้อมูลต่อครั้ง ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ได้ 15 ข้อมูลต่อรุ่นชิ้นงาน กำหนดค่าของการจำลองความเร็วสายพานด้วยระยะห่างสายพานที่ 1 เป็น X_3 และระยะห่างสายพานที่ 2 เป็น X_4 หาค่าเฉลี่ยแล้วใส่ข้อมูลในตารางคำนวณ จากนั้นทดลองเป็นระบบสายพานปัจจุบัน ดังรูปที่ 14 เป็นแผนผังการไหลของชิ้นงานในปัจจุบัน โดยคำนวณค่าตัวแปรย้อนกลับตั้งแต่สายพานที่ 3 ถึงสายพานที่ 1 เพื่อหาระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้น (X_1) ที่เหมาะสม โดยสูตรคำนวณในการทดลองนี้ได้จากคิดร่วมกับบริษัทและอ้างอิงทฤษฎีอื่นๆ

รูปที่ 13 Flow Chart ของการทดลองปรับระยะห่างชิ้นงาน

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004



รูปที่ 14 แผนผังการไหลของชิ้นงานและตัวแปรที่ใช้สำหรับการคำนวณแต่ละสายพาน

2. คำนวณ S_3 = ระยะทางของชิ้นงานบนสายพานที่ 3, ให้ L = ความยาวของชิ้นงาน ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2

$$S_3 = X_3 + (L/2 + L/2) \quad (2.1)$$

$$S_3 = X_3 + L \quad (2.2)$$

3. การคำนวณหาระยะห่างชิ้นงาน โดยอ้างอิงสูตรการเคลื่อนที่แนวตรง [12] ดังสมการที่ 2.3

$$V = S / T \quad (2.3)$$

โดย V = ความเร็ว (เมตรต่อวินาที), S = ระยะทางกระจัด (เมตร) และ T = เวลา (วินาที)

4. คำนวณ T_3 = เวลาของชิ้นงานเคลื่อนที่ลงสายพานที่ 3 (วินาทีต่อชิ้น), V_3 คือความเร็วสายพานที่ 3 ดังสมการที่ 2.4

$$T_3 = S_3 V_3 \quad (2.4)$$

5. T_3 = เวลาของชิ้นงานเคลื่อนที่ลงสายพานที่ 3 ซึ่งมาจากเวลาของชิ้นงานบนสายพานที่ 2 (T_2) ลบเวลาของชิ้นงานบนจุดถ่ายชิ้นงานด้วยลาดชัน ($T_{ลาดชัน}$) จากสมการที่ 2.5 เนื่องจากจุดลาดชันจะมีความเร็วปลายมากกว่าความเร็วต้น ส่งผลให้ $T_2 > T_3$ ดังนั้น คำนวณ T_2 ได้จากสมการที่ 2.5 และ 2.6

$$T_3 = T_2 - T_{ลาดชัน} \quad (2.5)$$

$$T_3 = T_2 - T_{ลาดชัน} \quad (2.6)$$

6. อ้างอิงการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก [12] ดังสมการที่ 2.7 เพื่อหา $T_{ลาดชัน}$

$$s = \left(\frac{u + v}{2}\right) t \quad (2.7)$$

โดย S = ระยะทาง (เมตร), U = ความเร็วต้น(เมตรต่อวินาที), V = ความเร็วปลาย(เมตรต่อวินาที) และ t = เวลา (วินาที)

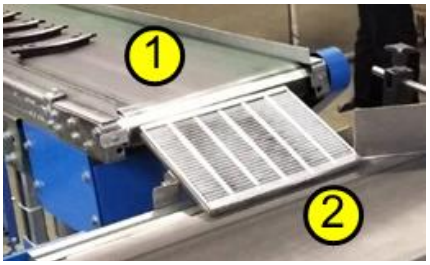
7. อ้างอิงสมการที่ 2.7 เพื่อแทนค่าตัวแปรและหา $T_{ลาดชัน}$ ดังสมการที่ 2.8 และ 2.9

$$S_{ลาดชัน} = ((V_i + V_f) / 2) \times T_{ลาดชัน} \quad (2.8)$$

$$T_{ลาดชัน} = (2 \times S_{ลาดชัน}) / (V_i + V_f) \quad (2.9)$$

โดย $S_{ลาดชัน}$ = ความยาวของจุดลาดชัน (0.15 เมตร), V_i = ความเร็วต้น(ความเร็วสายพานที่ 2), V_f = ความเร็วปลาย (ความเร็วปลายของชิ้นงานที่ถึงสายพานที่ 3)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004



รูปที่ 15 จุดถ่ายชิ้นงานมีลักษณะลาดชัน

จากรูปที่ 15 กำหนดสายพานที่ 2 เป็นจุดที่ 1 และสายพานที่ 3 เป็นจุดที่ 2 โดยกฎอนุรักษ์พลังงาน [13] ดังสมการที่ 2.10 – 2.13

$$\text{พลังงานศักย์} = \text{พลังงานจลน์} \quad (2.10)$$

$$E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + E_{k2} \; ; \; E_{p2} = 0 \text{ J} \quad (2.11)$$

$$mgh + \tfrac{1}{2} mv_i^2 = 0 + \tfrac{1}{2} mv_f^2 \quad (2.12)$$

$$V_f = \sqrt{V_i^2 + 2gh} \quad (2.13)$$

โดย E_{p1} = พลังงานศักย์อ้างอิงจุดที่ 1, E_{p2} = พลังงานศักย์อ้างอิงจุดที่ 2, E_{k1} = พลังงานจลน์อ้างอิงจุดที่ 1, E_{k2} = พลังงานจลน์อ้างอิงจุดที่ 2, กำหนดให้มีแรงเสียดทานบนจุดลาดชัน = 0 N, m คือ มวลชิ้นงาน (kg), g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง 9.8 m/s^2, h คือความสูงของจุดถ่ายชิ้นงาน 0.05 เมตร

8. หา S_2 = ระยะทางของชิ้นงานบนสายพานที่ 2 ได้จากสมการที่ 2.14

$$S_2 = V_2 T_2 \quad (2.14)$$

9. หา X_2 = ระยะห่างของชิ้นงาน, ให้ W = ความกว้างของชิ้นงาน ได้จากสมการที่ 2.15 และ 2.16

$$X_2 = S_2 - (W/2 + W/2) \quad (2.15)$$

$$X_2 = S_2 - W \quad (2.16)$$

10. ให้ S_1 = ความกว้างชิ้นงาน (W) + ระยะห่างเริ่มต้น (X_1) โดย X_1 ได้จากการป้อนค่าด้วยเงื่อนไข $T_{แถว}$ ไม่เกิน 18 วินาทีต่อแถวและ $S_{แถว}$ ไม่เกิน 1.2 เมตร คำนวณจำนวนชิ้นงานต่อแถวจากสมการที่ 2.17

11. หา $T_{แถว}$ โดยไม่เกิน 18 วินาทีต่อแถว เพื่อให้แถวชิ้นงานต่อไปไม่ลงมาซ้อนกันบนสายพานที่ 1 จากสมการที่ 2.18

12. หา $S_{แถว}$ โดยไม่เกิน 1.2 เมตร หากมีค่าใกล้เคียง 1.2 เมตร ก็วางจำนวนชิ้นงานต่อแถวได้มาก จากสมการที่ 2.19

$$\text{จำนวนชิ้นงาน} = 1.2 / S_1 \quad (2.17)$$

$$T_{แถว} = T_2 \text{ x จำนวนชิ้นงาน} \quad (2.18)$$

$$S_{แถว} = V_1 T_{แถว} \quad (2.19)$$

โดย $T_{แถว}$ = เวลาของแถวชิ้นงานบนสายพานที่ 1, $S_{แถว}$ = ความยาวของแถวชิ้นงานบนสายพานที่ 1

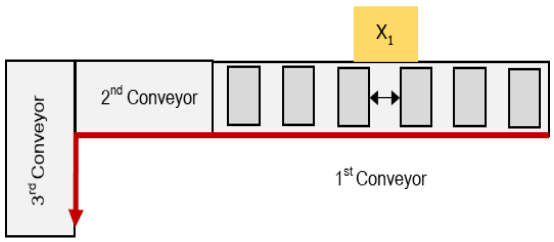
13. หลังจากเสร็จการคำนวณแล้ว ค่าตัวแปร X ที่ใส่ตารางคำนวณ กำหนดให้ค่าตัวแปรเป็น $X_{ตาราง}$ ของสายพานนั้นๆ

นำค่าตัวแปรจากตารางคำนวณทดลองใช้ในการทำงานจริง กำหนดให้นำชิ้นงาน 6 ชิ้นของแต่ละรุ่น วางด้วยระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้น ($X_{1\ ตาราง}$) โดยจัดรูปแถวด้านความกว้างชิ้นงาน เพื่อการเปรียบเทียบตารางคำนวณและการทำงานจริง ดังรูปที่ 16

ปล่อยแถวชิ้นงานเคลื่อนที่ตั้งแต่สายพานที่ 1 ถึงสายพานที่ 3 และวัดระยะห่างชิ้นงานบนสายพานที่

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

3 วัดระยะห่างชิ้นงานบนสายพานที่ 3 ได้ 5 ข้อมูลต่อครั้ง ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ได้ 15 ข้อมูลต่อรุ่นชิ้นงาน



รูปที่ 16 การทดลองชิ้นงานจริงบนสายพานที่ 1

ค่าเฉลี่ย X_3 จากการทำงานจริงกำหนดเป็น $X_{3\ วัดจริง}$ และค่า X_3 จากจำลองความเร็วสายพานที่ 3 ของการทดลองช่วงแรกของการทดลองกำหนดเป็น $X_{3\ ตาราง}$ แล้วนำมาตัดสินใจการทดสอบทางสถิติทำสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานทางเลือก (H_1) ต่อไป

3. การอภิปรายผล

3.1 การใส่ค่าตัวแปรต่าง ๆลงในตารางสูตร

ค่าตัวแปรต่างๆ ในตารางที่ 3 คำนวณจากสูตรในหัวข้อที่ 2.4 ยกเว้นค่าตัวแปร X_3 และค่าตัวแปร X_4 ที่ได้จากการเริ่มต้นการสุ่มทดลอง

การวัดผลของการปรับระยะห่างชิ้นงาน ได้จากระยะห่างชิ้นงานบนสายพานที่ 3 (X_3) เนื่องจากปรับปรุงสายพานลำเลียง 3 อันแรกเท่านั้น แล้วส่วนสายพานเครื่องยิงรหัสหรือสายพานที่ 4 ไม่ได้ปรับปรุง

ส่วนค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $X_{3\ วัดจริง}$ และ $X_{3\ ตาราง}$ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4 ซึ่งจะนำไปทดสอบทางสถิติต่อไป เพื่อทดสอบว่าค่าเฉลี่ย $X_{3\ วัดจริง}$ และ $X_{3\ ตาราง}$ แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ตารางที่ 3 ค่าตัวแปรที่ได้จากการคำนวณของชิ้นงาน 10 รุ่น โดยเรียงความยาวชิ้นงานจากมากไปน้อย

รุ่น	ความยาว	ความกว้าง	X_4	X_3	S_3	T_3	$T_{ลาดชัน}$	T_2	S_2	X_2	S_1	$T_{แถว}$	$S_{แถว}$	X_1	จำนวนชิ้นงานต่อแถว
342	0.194	0.068	0.014	0.136	0.330	1.75	0.27	2.01	0.271	0.203	0.098	16.09	1.142	0.030	8
143	0.167	0.054	0.010	0.121	0.288	1.53	0.27	1.79	0.242	0.188	0.084	16.13	1.146	0.030	9
207	0.155	0.051	0.009	0.114	0.269	1.43	0.27	1.69	0.228	0.177	0.086	15.22	1.081	0.035	9
171	0.149	0.061	0.012	0.114	0.263	1.39	0.27	1.66	0.224	0.163	0.081	16.60	1.178	0.020	10
226	0.134	0.077	0.014	0.107	0.241	1.28	0.27	1.54	0.208	0.131	0.087	13.88	0.985	0.010	9
178	0.122	0.049	0.011	0.093	0.215	1.14	0.27	1.40	0.189	0.140	0.069	16.84	1.195	0.020	12
174	0.112	0.046	0.009	0.100	0.212	1.12	0.27	1.39	0.187	0.141	0.066	16.65	1.182	0.020	12
191	0.093	0.038	0.014	0.093	0.186	0.98	0.27	1.25	0.169	0.131	0.063	16.24	1.153	0.025	13
99	0.089	0.047	0.011	0.100	0.189	1.00	0.27	1.27	0.171	0.124	0.062	16.46	1.169	0.015	13
420	0.089	0.037	0.012	0.100	0.189	1.00	0.27	1.27	0.171	0.134	0.062	16.46	1.169	0.025	13

หมายเหตุ: ค่าตัวแปรต่างๆในตาราง เรียกว่า ค่าตัวแปรตาราง

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

3.2 การทดสอบทางสถิติ

ในกรณีประชากรทั้ง 2 กลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติและทราบค่าความแปรปรวนของทั้ง 2 กลุ่ม [14] ตั้งสมมติฐานทางเลือก (H_1) ว่ามีความเป็นไปได้ที่ $X_{3\ วัดจริง} < X_{3\ ตาราง}$ แล้วนำตารางคำนวณไปใช้ทำงานแล้วลดของเสียจากตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงานไม่ได้ จากตารางที่ 4 ยกรุ่นชิ้นงานตัวอย่าง รุ่น 342 มาคำนวณโดย มี $X_{3\ วัดจริง}$ = 0.1398, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.006 และ $X_{3\ ตาราง}$ = 0.1397, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.0076 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นงาน 10 รุ่น

รุ่นชิ้นงาน	$X_{3\ วัดจริง}$		$X_{3\ ตาราง}$	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1725	0.1398	0.0060	0.1397	0.0076
476	0.1280	0.0100	0.1225	0.0041
684	0.1208	0.0080	0.1200	0.0047
615	0.1240	0.0150	0.1165	0.0101
705	0.1250	0.0110	0.1192	0.0046
636	0.1150	0.0090	0.1016	0.0137
618	0.1271	0.0050	0.1270	0.0085
659	0.1170	0.0070	0.1054	0.0157
359	0.1180	0.0120	0.1070	0.0044
411	0.1140	0.0160	0.1071	0.0121

3.2.1 ตั้งสมมติฐาน

สมมติฐานหลัก (H_0) : $\mu_1 - \mu_2 \geq 0$

สมมติฐานทางเลือก (H_1) : $\mu_1 - \mu_2 < 0$

โดย μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยประชากรของ $X_{3\ วัดจริง}$

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยประชากรของ $X_{3\ ตาราง}$

3.2.2 กำหนดระดับนัยสำคัญ : α = 0.05

3.2.3 หาจุดวิกฤติ

เนื่องจากเป็นค่าทดสอบทางซ้าย จึงเปิด Z-Table ที่ α = 0.05 จะได้จุดวิกฤติของค่า $-Z_\alpha$ = -1.64

3.2.4 คำนวณค่าสถิติ

$$Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1}} + \sqrt{\frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (3.1)$$

แทนค่า $Z = \frac{(0.1398 - 0.1397) - 0}{\sqrt{\frac{(0.006)^2}{15}} + \sqrt{\frac{(0.0076)^2}{15}}}$ (3.2)

$Z = 0.0244$ (3.3)

โดย $\bar{X}_1$ = ค่าเฉลี่ยของ $X_{3\ วัดจริง}$

$\bar{X}_2$ = ค่าเฉลี่ยของ $X_{3\ ตาราง}$

σ_1 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $X_{3\ วัดจริง}$

σ_2 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $X_{3\ ตาราง}$

n_1 = จำนวนกลุ่มตัวอย่างของ $X_{3\ วัดจริง}$

n_2 = จำนวนกลุ่มตัวอย่างของ $X_{3\ ตาราง}$

3.2.5 การตัดสินใจ

จากสมการ 3.3 ไม่ปฏิเสธ H_0 ของการปรับระยะห่างชิ้นงานในรุ่น 342 เนื่องจากค่า Z อยู่ในพื้นที่ยอมรับด้านขวาของจุดวิกฤติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2.6 การคำนวณของรุ่นอื่น ๆ

รุ่น 143 : ค่า Z = 1.5158 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

รุ่น 207 : ค่า Z = 0.2442 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

รุ่น 171 : ค่า Z = 1.1594 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

รุ่น 226 : ค่า Z = 1.4294 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

รุ่น 178 : ค่า Z = 2.2867 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

รุ่น 174 : ค่า Z = 0.0150 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

รุ่น 191 : ค่า Z = 1.9732 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

รุ่น 99 : ค่า Z = 2.5944 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

รุ่น 420 : ค่า Z = 0.9467 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากค่า Z ของชิ้นงาน 10 รุ่น อยู่ในพื้นที่ยอมรับด้านขวาของจุดวิกฤต จึงสรุปว่าไม่ปฏิเสธ H_0 ของชิ้นงาน 10 รุ่น ดังนั้นตารางคำนวณตัวแปรต่างๆนี้สามารถใช้ทำงานได้จริงที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3 การวัดผล

การเก็บข้อมูลของเสียหลังการปรับปรุงสายพานและปรับระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้น ดังตารางที่ 5

จากตารางที่ 5 พบว่าการวางจำนวนชิ้นงานต่อแถวบนสายพานเครื่องอบสีของชิ้นงาน 10 รุ่น ด้วยการเรียงความยาวแถวชิ้นงานแบบใหม่ 1.2 เมตร จากเดิม 1 เมตร จากนั้นใช้ค่าตัวแปรของระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้น ($X_{1\ ตาราง}$) และจำนวนชิ้นงานต่อแถวของแต่ละรุ่น ทดสอบด้วยการวางแถวชิ้นงานบนเครื่องอบสีและให้เคลื่อนที่จนถึงกระบวนการยิงรหัสผลิต พบว่า สามารถลดของเสียจากตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงานได้ลงเฉลี่ย 100% ของจำนวนของเสียจากชิ้นงาน 10 รุ่น

ตารางที่ 5 แสดงจำนวนของเสียหลังจากการทดสอบสถิติ โดยเรียงความกว้างรุ่นชิ้นงานจากมากไปน้อย

รุ่น	ความกว้าง (ม.)	จำนวนชิ้นงาน/แถว		
		แบบใหม่ (1.2 ม.)	แบบเดิม (1 ม.)	ผลต่าง (ชิ้น)
226	0.077	8	8	0
342	0.068	9	9	0
171	0.061	9	9	0
143	0.054	10	10	0
207	0.051	9	10	-1
178	0.049	12	10	2
99	0.047	12	10	2
174	0.046	13	10	3
191	0.038	13	10	3
420	0.037	13	10	3
ค่าเฉลี่ย (ชิ้นต่อแถว)				1.2

3.3.1 การเปรียบเทียบกำลังการผลิตก่อนและหลังปรับปรุง

การปรับระยะห่างชิ้นงานเริ่มต้นในเครื่องอบสีจากตารางที่ 6 ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนชิ้นงานต่อแถวและกำลังการผลิต ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ใช้ความยาวแถว 1.2 เมตร จากเดิม 1 เมตร ทำให้มีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 ชิ้นต่อแถวจากชิ้นงาน 10 รุ่น ซึ่งนำไปคิดเป็นรายได้และคำนวณระยะเวลาคืนทุนของการปรับปรุงต่อไป

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบของกำลังการผลิตก่อนและหลังปรับปรุง

รุ่น	ความกว้าง (ม.)	ความยาว (ม.)	จำนวนชิ้นงาน/แถว		
			เรียงแบบใหม่ (1.2 ม.)	ของเสีย	%ของเสียที่ลดลง
226	0.077	0.134	9	0	100%
342	0.068	0.194	8	0	100%
171	0.061	0.149	10	0	100%
143	0.054	0.167	9	0	100%
207	0.051	0.155	9	0	100%
178	0.049	0.122	12	0	100%
99	0.047	0.089	13	0	100%
174	0.046	0.112	12	0	100%
191	0.038	0.093	13	0	100%
420	0.037	0.089	13	0	100%
ค่าเฉลี่ย					100%

4. การสรุปผล

4.1 ผลของการปรับปรุง

จากการปรับปรุง 3 สายพานลำเลียง, แก้ไขจุดถ่ายชิ้นงานและการปรับระยะห่างเริ่มต้นของชิ้นงาน จากของเสียก่อนปรับปรุงจำนวนเฉลี่ย 10,976 ชิ้นต่อวัน และหลังปรับปรุงสามารถลดลง 10,976 ชิ้นต่อวัน หรือคิดเป็นจำนวนของเสียที่ลดลง 100% ของแผนการผลิตรายวัน

4.2 การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

คำนวณระยะเวลาคืนทุนหลังการลงทุนปรับปรุงสายพานลำเลียง ดังตารางที่ 7

จากตารางที่ 7 เวลาการผลิตของชิ้นงานในเครื่องอบสีมาจากการคำนวณความเร็วสายพานเครื่องอบสี, ความยาวสายพานของเครื่องอบสี และเวลาการผลิตต่อชิ้น เป็นการคำนวณของบริษัท ดังนั้นการปรับปรุงสายพานลำเลียง มีระยะเวลาคืนทุน 1.275 วัน

ตารางที่ 7 การคำนวณระยะเวลาการคืนทุน

ต้นทุนคงที่	ค่าใช้จ่าย/ปี (บาท)	ค่าใช้จ่าย 10 ปี (บาท)
ค่าโครงสร้าง จำนวน 3 สายพาน (ใช้งาน 10 ปี)	-	160,000
ต้นทุนแปรผัน (3 สายพานใหม่)	**ค่าใช้จ่าย/ปี (บาท)**	**ค่าใช้จ่าย 10 ปี (บาท)**
ค่าพลังงานสายพาน	1,659x3 =4,977	49,770
ค่าบำรุงสายพาน		
มอเตอร์+แผงควบคุม	6,000x3 =18,000	180,000
สายพานลำเลียง(Belt)	4,000x3 =12,000	40,000
ลูกปืน	800x3 = 2,400	24,000
รวมต้นทุนทั้งหมด		293,770
กำลังการผลิต		
เวลาทำงานต่อวัน (7.5 ชั่วโมง x 60 นาที x 60 วินาที)	27,000	วินาทีต่อวัน
เวลาการผลิตของชิ้นงานในเครื่องอบสีก่อนปรับปรุง	2.6	วินาทีต่อชิ้น
กำลังการผลิตเฉลี่ยก่อนปรับปรุง (เฉลี่ย 9 ชิ้นต่อแถว)	10,394	ชิ้นต่อวัน
เวลาการผลิตของชิ้นงานในเครื่องอบสีหลังปรับปรุง	2.34	วินาทีต่อชิ้น
กำลังการผลิตเฉลี่ยหลังปรับปรุง (เฉลี่ย 10 ชิ้นต่อแถว)	11,547	ชิ้นต่อวินาที
มีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย	1,153	ชิ้นต่อวัน

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

ตารางที่ 7 (ต่อ)

รายได้		
จำนวนชุดผลิตภัณฑ์ (1ชุดผลิตภัณฑ์ = 4 ชิ้นงาน)	288	ชุดต่อวัน
ราคาขายต่อชุดผลิตภัณฑ์	800	บาทต่อชุด
รายได้ที่เพิ่มขึ้น	230,400	บาทต่อวัน
ระยะเวลาคืนทุน	1.275	วัน

นอกจากนี้การลดของเสียจากตำแหน่งตัวอักษรเอียงบนชิ้นงานแล้ว จะช่วยให้พนักงานทำงานได้สะดวกมากขึ้น ลดความเครียดจากการทำงานได้

หลังจากมีขั้นตอนการทำงานเป็นมาตรฐานที่ดีแล้ว จะช่วยสามารถพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาทดแทนตำแหน่งงานที่ไม่เกิดมูลค่า และให้พนักงานไปทำตำแหน่งอื่นที่ต้องการกำลังคน โดยไม่เสียผลประโยชน์ใดๆ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากรและสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.) ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการศึกษานี้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ในการศึกษานี้ เป็นแนวทางสนับสนุนการตัดสินใจของการปรับปรุงสายพานอีกครั้ง

6.2 ต้นทุนการผลิตจริงเป็นความลับของบริษัท จึงอ้างอิงราคาขายเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ตามร้านค้า

7. เอกสารอ้างอิง

[1] K. Eswaramurthi and P.V.Mohanram, Value and Non- Value Added (VA / NVA) Activities Analysis of A Inspection Process – A Case Study, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), (2013), 2(2), 1-5.

[2] https://www.nairienroo.com/5w1h-to-ecrs/. (Accessed on 2 July 2020)

[3] https://greedisgoods.com/ecrs-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD/. (Accessed on 15 November 2019)

[4] P. Pattharathadakiat and D. Sutivong, Improvement of Standard Procedure in Beverage Concentrate Manufacturing Process, Engineering Journal of Research and Development, (2012), 23(1), 62-74. (in Thai)

[5] S. Klinmon, Production Efficiency Improvement in Lens Surface Grinding Process, Thesis, Industrial Engineering, Burapha University, Thailand. 2016. (in Thai)

[6] T. Tussanarapun, Cost Reduction on Demineral Water Process: Case Study of Power and Steam Manufacturing Company, Thesis, Industrial Management Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand. 2008. (in Thai)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2020.08.004

[7] P. Yaephuan, Engineering Economy, SE-EDUCATION Public Company Limited, Bangkok, 2003. (in Thai)

[8] T. Srisawangwong and N. Yodpijit, Work Improvement in an Automotive Parts Factory, Thai Industrial Engineering Network Journal, (2016), 2(3), 33-40. (in Thai)

[9] C. Taengpiw, Losses Reduction in Hot Roll Coil Shearing Process, Thesis, Industrial Management Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand. 2011. (in Thai)

[10] https://sites.google.com/site/wichakarwicaythangkarsuksa/khea-su-bth-reiyn/hnwy-thi-8-sthiti-wicay-laea-kar-wikheraah-khxmul-1/khan-txn-ni-kar-thdsxb-smmtithan. (Accessed on 2 July 2020)

[11] A. Prasunjai and S. Vongpeng, Increase of Production Efficiency of Tractor Part by Industrial Engineering Technique: A Case Study of Automotive Part Factory, Pathumwan Academic Journal, (2020), 10(27), 55-69. (in Thai)

[12] https://www.scimath.org/lesson-physics/item/8781-2018-09-20-06-43-41. (Accessed on 15 November 2019)

[13] S. Suphap, Physics 1, SCIENCE PUBLISHING, Bangkok, 2018. (in Thai)

[14] http://www.stvc.ac.th/elearning/stat/csu10.html. (Accessed on 2 July 2020)