

การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

Improvement of production process for waste reduction in auto parts manufacturing industry

วินัย หล้าวงษ์¹, โยธิน นามโสรส¹, อภิวัฒน์ ด่านแก้ว¹, วีรพงศ์ จุลศรี^{1*}

Winai Lawong¹, Yothin Namsoros¹, Apiwat Dankeaw¹, Weerapong Julsi^{1*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, วิทยาเขตสกลนคร

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Industry and Technology,
Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus, Thailand

*Corresponding author. E-mail: weerapong.ju@muti.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จากการขนย้าย และการรอคอยในกระบวนการ การขนส่งและการตรวจสอบ และการขัดเงาและการบรรจุ โดยการศึกษามาตรฐาน การคำนวณหารอบการจับเวลาด้วยวิธีการของเมย์แท็ก (Maytag) การหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูล การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการ รวมถึงหลักการวางแผนโรงงาน ผลการวิจัย พบว่า รอบการจับเวลาที่เหมาะสม คือ 30 รอบ ที่ความน่าเชื่อมั่น 95% เวลามาตรฐานในกระบวนการ การขนส่งและการตรวจสอบ หลังปรับปรุง เท่ากับ 90.83 วินาที ลดลง 24.35 วินาที (21.14%) เวลามาตรฐานในกระบวนการขัดเงาและการบรรจุ หลังปรับปรุง เท่ากับ 202.67 วินาที ลดลง 5.53 วินาที (2.65%) การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการ พบว่า หลังปรับปรุงมีกระบวนการดำเนินงาน ระยะทางในการขนย้าย 42 เมตร ลดลง 23 เมตร

คำสำคัญ : การปรับปรุงผังการทำงาน, การลดความสูญเปล่า, การศึกษาเวลาของกระบวนการ

ABSTRACT

The aim of this research was to improve the manufacturing process for waste reduction in auto parts manufacturing during transferring, waiting, transportation, checking, polishing, and packing, via investigation of standard time, calculation of timing cycles employing Maytag method, determination of data tolerances, process flow analysis, and principles of factory planning. It was found that, after the improvement, the optimized timing cycle was 30 rounds with reliability of 95%. The standard time of the process, transferring, and checking was 90.83 s (24.35 s reduced; ca. 21.14%); meanwhile, that of polishing and packaging was 202.6

Received	09-05-2022
Revised	09-06-2022
Accepted	13-06-2022

(5.53 s reduced; ca. 2.65%). By the analysis of the process flow, the transferring distance was 42 m (23 m reduced).

Keyword: Work Flow Improvement, Waste Reduction, Process Time Study

1. บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์นั้น มีการขยายตัว และการแข่งขันสูงหากบริษัทใดสามารถออกแบบ และผลิตรถยนต์รุ่นใหม่ได้เร็วกว่าบริษัทคู่แข่ง ก็จะสามารถมีโอกาสทางการค้าสูงกว่า ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องหาแนวทางในการปรับปรุง และพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค และที่สำคัญ คือ ความใส่ใจด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การควบคุมต้นทุนในการผลิตและการส่งมอบที่ตรงเวลา ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิต และอาศัยการบริหารจัดการที่ดี ดังนั้นจึงควรมีการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น แต่ยังคงรักษาคุณภาพระดับคุณภาพของสินค้าให้คงเดิม เพื่อให้กระบวนการผลิตนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ปัจจุบันได้มีการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น พงศ์เทพ งามทวีรัตน์ [1] ใช้เทคนิคการวิเคราะห์กระบวนการผลิต เทคนิคการกำจัดความสูญเปล่า 7 ประการ และเทคนิคการวิเคราะห์เพื่อลดปริมาณของเสีย มาประยุกต์ใช้เพื่อให้กระบวนการผลิต ทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ลักษณะ อุปะทะ, คณิศร ภูนิคม [2] ได้นำความรู้ทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรม มาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยลดต้นทุนด้านเวลา และแรงงานให้กับผู้ประกอบการหลังจากการปรับปรุงการทำงานแล้ว สามารถลดเวลาความสูญเปล่าในการ

ทำงานได้น้อยกว่าเดิม กิตติชัย อธิกุลรัตน์ [3] ทำการปรับปรุงการติดตั้งแม่พิมพ์และหาเวลามาตรฐานติดตั้งแม่พิมพ์ หลังการปรับปรุงกระบวนการสามารถลดขั้นตอนในการติดตั้งแม่พิมพ์และลดเวลาในการติดตั้งแม่พิมพ์ พรศิริ คำหล้า และคณะ [4] ใช้วิธีการศึกษาการทำงานสามารถหาเวลามาตรฐานในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ และใช้เป็นตัวกำหนดและวางแผนในการผลิต [5] มีการออกแบบ และวางผังโรงงานให้เหมาะสมกับสายการผลิต พบว่าผังโรงงานทางเลือกแบบที่ 3 เหมาะสมกับโรงงานมากที่สุด ซึ่งผังโรงงานมีระยะทางรวมในการขนส่งวัสดุโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด

โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นกรณีศึกษานี้ยังไม่มีมีการจัดทำเวลาในการผลิตที่เป็นมาตรฐาน โดยในการผลิตยังอาศัยความเคยชินในการผลิต ทำให้เกิดความล่าช้า โดยวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน คือการประยุกต์ใช้ทฤษฎีทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต การลดความสูญเปล่าที่เกิดในกระบวนการ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือ และเอาแนวคิดทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงาน เพื่อให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

2.1 แผนภูมิกระบวนการ (Process chart) [6]

เป็นเครื่องมือในการบันทึกข้อมูล อย่างละเอียด ประกอบไปด้วยสัญลักษณ์คำบรรยาย และลายเส้นที่บ่งบอกถึงรายละเอียดของขั้นตอนในกระบวนการผลิต ช่วยให้สามารถมองเห็นภาพของกระบวนการผลิตได้ชัดเจน ตั้งแต่ต้นจนจบเพื่อนำไปสู่การการพัฒนา และปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดีขึ้น ซึ่งแผนภูมิที่นำมาใช้ในการดำเนินงานมี 2 แผนภูมิ ดังต่อไปนี้

2.1.1 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow process charts)

แผนภูมิที่นำมาใช้เพื่อทำการวิเคราะห์ขั้นตอนการไหล (Flow) ของวัตถุดิบ ชิ้นส่วนพนักงาน และอุปกรณ์ ที่เคลื่อนไปในกระบวนการพร้อมกับกิจกรรมต่างๆ โดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 สัญลักษณ์

2.1.2 แผนภาพการไหล (Flow diagram)

การนำมาใช้แสดงการเคลื่อนย้ายของงานและคนงานในระหว่างปฏิบัติงาน ซึ่งการสร้างแผนภาพการไหลสามารถทำได้โดยใช้แผนผัง ที่ตรงตามมาตราส่วนของโรงงานหรือสถานที่จริง มีการระบุทุก ๆ ตำแหน่งของกิจกรรม แสดงเส้นทาง และทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัสดุ ส่วนใหญ่มักใช้ร่วมกับแผนภูมิกระบวนการไหลเพื่อตรวจสอบและศึกษาเส้นทางการเคลื่อนที่

2.2 หลักการคำนวณหาจำนวนครั้งในการจับเวลา

เทคนิคของการวัดผลงานเพื่อหาเวลาและอัตราการทำงาน ซึ่งการคำนวณหาจำนวนรอบในการจับเวลาแต่ละครั้งมีงานย่อยอื่นซ้อนอยู่ ดังนั้นการจับเวลาเพียงครั้งเดียวย่อมไม่เพียงพอจะใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณเวลามาตรฐานที่มีความน่าเชื่อถือโดยวิธีการหาจำนวนรอบที่เหมาะสม

สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ 1 วิธีการเปิดตารางเมย์แท็ก (Maytag) 2 วิธีพิสัย (Range)

2.3 การคำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard time) [7]

ค่าเวลาของพนักงาน ซึ่งได้จากการทำงานภายใต้เงื่อนไขการทำงานปกติ ด้วยอัตราความเร็วมาตรฐาน และการกำหนดวิธีการทำงานอย่างชัดเจน ซึ่งการคำนวณหาเวลามาตรฐานมีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังนี้

2.3.1 ประเมินอัตราเร็ว (Rating factor; RF)

การประเมินหรือลงความเห็นว่าการทำงานของคนงานภายใต้การศึกษานั้นอยู่ที่ค่าใดเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็ว ปกติซึ่งเกณฑ์ระดับความเร็วปกติคือ อัตราการทำงานของคนงานเฉลี่ย ซึ่งมีความชำนาญในการทำงานนั้นพอสมควรทำงานภายใต้คำแนะนำที่ถูกต้อง

2.3.2 การคำนวณหาเวลาปกติ (Normal time; NT)

$$(NT) = (ST) \times (RF) \quad (1)$$

โดยที่ NT คือ เวลาปกติ (วินาที)

ST คือ เวลาตัวแทน (วินาที)

RF คือ การประเมินอัตราเร็วในการทำงาน

2.3.3 กำหนดเวลาเผื่อ (Allowance time; A)

เนื่องจากเวลาปกติที่หามาได้ในขั้นตอนที่แล้วเป็นเวลาการทำงานเพียงอย่างเดียวแต่การทำงานทุกอย่างไม่ได้ทำโดยไม่มีหยุดพักผ่อนหรือเกิดเหตุล่าช้าเลย ดังนั้นต้องมีเวลาเผื่อไว้สำหรับกรณีต่าง ๆ พนักงานจำเป็นต้องมีเวลาสำหรับทำกิจส่วนตัวสำหรับการพักผ่อน โดยทั่วไปแล้วอยู่ระหว่าง 4.5 - 6.5% แต่ในอุตสาหกรรมทั่วไป จะกำหนดไว้ที่ 5% ของเวลาการทำงานทั้งหมด ค่าเผื่อส่วน

บุคคลนี้อาจเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมได้ ค่าเพื่อพื้นฐาน เป็นค่าคงที่สำหรับงานทั่ว ๆ ไปองค์การแรงงาน ระหว่างประเทศ (International labour office; ILO)

2.4 การจัดวางผังโรงงาน (Plan layout design) [8]

การวางผังโรงงานเป็นการวางแผนเพื่อจัดวางเครื่องมือ เครื่องจักร คนงาน อุปกรณ์ วัสดุคิปลิ่งอำนวยความสะดวก และสนับสนุนในการผลิตของโรงงาน ในตำแหน่งหรือพื้นที่ที่เหมาะสม เพื่อให้การดำเนินการ ผลิตมีความปลอดภัย ประหยัด และมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.5 วิเคราะห์ และสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม

ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม โดยใช้คะแนนเป็นตัวแสดงระดับความสัมพันธ์ กิจกรรมใดมีความสัมพันธ์กันมาก ก็ให้คะแนนความสำคัญระดับสูง ในทางกลับกันกิจกรรมใดที่มีความสัมพันธ์กันน้อย ก็ให้คะแนนความสำคัญระดับต่ำ

2.6 การศึกษากระบวนการผลิตชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 1 ในกระบวนการพ่นสี ตั้งแต่การเตรียมชิ้นงาน ไปจนถึงการตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนที่จะส่งมอบให้กับลูกค้า โดยมีกระบวนการผลิตทั้งหมด 9 กระบวนการ

1 การเตรียมชิ้นงานดิบ (Preparing part) เป็นกระบวนการตรวจสอบ และขีดบริเวณขอบชิ้นงานชิ้นงานดิบที่ให้เรียบร้อยแล้ว ป้องกันไม่ให้ชิ้นงานที่เป็นครีบ งานเสียรูป และเป็นรอยสเก็ด (Scratch) หลุดไปกระบวนการพ่นสี

2 การทำความสะอาดชิ้นงาน (Clean and air jetter) เป็นกระบวนการทำความสะอาด

ชิ้นงานโดยการใช้ น้ำยาทำความสะอาด และเครื่องเป่าลมในการทำความสะอาดเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกต่าง ๆ เช่น เม็ดฝุ่น ขนผ้า เป็นต้น ติดเข้าไปกับตัวผิวชิ้นงาน

3 การโหลดชิ้นงานขึ้นสายพานลำเลียง (Conveyor) เป็นการประกอบชิ้นงานใส่จิ๊ก (Jig) เพื่อเตรียมไปยังกับกระบวนการกำจัดไฟฟ้าสถิต และการพ่นสี

4 การกำจัดไฟฟ้าสถิตบนผิวชิ้นงาน (Air blow) เป็นกระบวนการกำจัดไฟฟ้าสถิตบนผิวชิ้นงาน โดยชิ้นงานจะเคลื่อนที่ผ่านหุ่นยนต์ (Robot) อาศัยแรงลมในการเป่าไอออนเซอร์ สำหรับเติมประจุไฟฟ้าที่เป็นกลางเข้าไปบนผิวชิ้นงาน เพื่อลดการดูดสิ่งสกปรกของตัวชิ้นงานเอง

5 การพ่นสี (Paint) เป็นการพ่นสีลงไปให้ตัวชิ้นงานที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว โดยในกระบวนการนี้จะอาศัยหุ่นยนต์ Robot เข้ามาช่วยในการพ่นสี โดยพ่นทั้งหมด 3 ชั้นสี (3 Code) ดังนี้ ไพรเมอร์ (Primer), เบส (Base) และเคลียร์ (Clear)

6 การอบ (Baking part) เป็นกระบวนการที่ทำให้ชิ้นงานที่พ่นสีมีการแข็ง โดยชิ้นงานจะเคลื่อนไปตามสายพานลำเลียง (Conveyor) ผ่านห้องอบที่ 1 เป็นห้องอบร้อน และห้องอบที่ 2 เป็นห้องพ่นแบบเย็น

7 นำออกจากสายพานลำเลียง (Conveyor) และตรวจสอบชิ้นงาน (Unload and inspection Part) เป็นการนำเอาชิ้นงานที่ผ่านห้องอบแล้วออกจากสายพานลำเลียง (Conveyor) และถอดออกจากจิ๊ก (Jig) และทำการตรวจสอบชิ้นงาน

8 การขัดเงา และการบรรจุ (Polishing and packing) เป็นกระบวนการในการป้อนเก็บ

3.1.1 การศึกษาเวลา

3.1.1.1 การประมาณรอบการจับเวลา

กำหนดหน่วยของเวลาที่ศึกษา คือ วินาที (s) โดยประมาณรอบการจับเวลา คือ 10 รอบ เนื่องจากเวลาการทำงานในแต่ละรอบนั้น มีเวลาน้อยกว่า 120 วินาที ด้วยวิธีการเมย์แท็ก (Maytag) โดยมีวิธีการดังนี้

3.1.1.2 หาค่าพิสัย (R) จากสูตร

$$R = X_{max} - X_{min} \quad (2)$$

โดยที่

X_{max} คือ ค่าสูงสุดของข้อมูล

X_{min} คือ ค่าต่ำที่สุดของข้อมูล

3.1.1.3 หาค่าเฉลี่ย \bar{x} ได้จากสูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (3)$$

โดยที่ x_i คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.1.1.4 หาค่า $\frac{R}{\bar{x}}$ (4)

โดยที่

R คือ ค่าพิสัย

\bar{x} คือ ค่าเฉลี่ย

3.1.1.5 ตารางเมย์แท็ก (Maytag)

นำค่าพิสัย และค่าเฉลี่ยที่ได้มาหารกันจากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปิดในตารางเมย์แท็ก (Maytag) แสดงดังตารางที่ 1 จะได้ค่า N (จำนวน ครั้งในการจับเวลาที่เหมาะสม) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$

ตารางที่ 1 ตารางเมย์แท็ก (Maytag) [9]

$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม	
	5	10		5	10		5	10
0.1	3	2	0.42	52	30	0.74	162	93
0.12	4	2	0.44	57	33	0.76	171	98
0.14	6	3	0.46	63	36	0.78	180	103
0.16	8	4	0.48	68	39	0.8	190	108
0.18	10	6	0.5	74	42	0.82	199	113
0.2	12	7	0.52	80	46	0.84	209	119
0.22	14	8	0.54	86	49	0.86	18	125
0.24	17	10	0.56	93	53	0.88	229	131
0.26	20	11	0.58	100	57	0.9	239	138
0.28	23	13	0.6	107	61	0.92	250	143
0.3	27	15	0.62	114	65	0.94	261	149
0.32	30	17	0.64	121	69	0.96	273	156
0.34	34	20	0.66	129	74	0.98	284	162
0.36	38	22	0.68	137	78	1	296	169
0.38	43	24	0.7	145	83			
0.4	47	27	0.72	153	88			

จากกรณีศึกษาได้กำหนดหน่วยของเวลา คือ วินาที (S) โดยประมาณรอบการจับเวลา คือ 10 รอบ เนื่องจากเวลาการทำงานในแต่ละรอบนั้น มี

เวลาน้อยกว่า 120 วินาที ตามวิธีการของเมย์แท็ก (Maytag) พบว่าการขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and inspection) พบว่า มีรอบการจับเวลา

สูงสุดอยู่ที่ 27 รอบ และในกระบวนการขัดเงาและ
การบรรจุ (Polishing and packing) มีรอบการจับเวลา
สูงสุดอยู่ที่ 30 รอบ

ดังนั้นในการวิจัยนี้ได้เลือกใช้การจับเวลา
ที่ 30 รอบ เพื่อให้ได้ระดับความเชื่อมั่น 95%
ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$

3.1.1.6 การจับเวลา

การคำนวณหารอบการจับเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ ที่ 95%
คือ 30 รอบ จึงได้ทำการเก็บข้อมูลเวลาจริงของ
การทำงานทั้ง 2 กระบวนการ โดยแบ่งตามงานย่อยที่
พนักงานได้รับ

3.1.1.7 การหาค่าความคลาดเคลื่อน ของข้อมูล

หลังจากที่ได้ค่าเวลาแล้วนำมา
คำนวณเพื่อหาค่าคลาดเคลื่อนของข้อมูล (Relative
accuracy) ในแต่ละงานย่อย โดยที่มีความคลาดเคลื่อน

$\pm 5\%$ ภายใน 95% นั้นหมายความว่าหาก คำนวณ
ผลลัพธ์ออกมามีค่ามากกว่า $\pm 5\%$ ต้องทำการเพิ่ม
ค่า n ออกไปเรื่อยๆ จนได้ความแม่นยำสัมพัทธ์ตาม
ต้องการเพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อมูลของเวลาที่ได้นั้น
เชื่อถือได้จริงโดยมีสูตร ดังนี้

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน} = Z_{\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{(n-1)}} \right) \quad (5)$$

โดยที่

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{(n-1)}} \right) \quad \text{คือ ค่าสัมประสิทธิ์}$$

ความเชื่อมั่น (จากตารางการแจกแจงความน่าจะเป็น
แบบปกติมาตรฐาน)

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลทั้ง 2
กระบวนการ แสดงดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3
ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนกระบวนการขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and inspection)

การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ 95% $\pm 5\%$ (Z - Tabel)							
No.	คำอธิบายการทำงาน	ค่าที่ได้จากการคำนวณ					
		α	$\frac{\alpha}{2}$	$Z_{\frac{\alpha}{2}}$	σ	$\sqrt{(n-1)}$	Confidence 95%
ผู้ดำเนินงานการขนส่ง 2	1 ถอดจิ๊ก (Jig) ออกจากชิ้นงาน	0.95	0.475	1.96	0.38	5.39	0.14
	2 เก็บจิ๊ก (Jig) รวมกันเตรียมเก็บ	0.95	0.475	1.96	0.24	5.39	0.09
	3 เก็บจิ๊ก (Jig) ใส่ลังเพื่อนำไปลอกสี	0.95	0.475	1.96	0.19	5.39	0.07
	4 ติดป้าย (Tag) วันทีผลิตบนชิ้นงาน	0.95	0.475	1.96	0.26	5.39	0.09
	5 นำจิ๊ก (Jig) ที่ใส่ลังไปเก็บในพื้นที่เก็บจิ๊ก (Jig)	0.95	0.475	1.96	3.27	5.39	1.19
	6 พนักงานเดินไปเอาลังมาเตรียมใส่ชิ้นงาน	0.95	0.475	1.96	0.68	5.39	0.25
ผู้ดำเนินงานการขนส่ง 2	1 การตรวจสอบชิ้นงาน หลังการพ่นสี	0.95	0.475	1.96	0.51	5.39	0.19
	2 แยกงานปั่นน้อยขึ้นไปในสวนพวนลำเลียง	0.95	0.475	1.96	0.24	5.39	0.09
	3 เก็บงานตีบรรจุลงลัง	0.95	0.475	1.96	0.24	5.39	0.09
	4 ขนงานดีไปเก็บที่ท้ายไลน์ผลิต	0.95	0.475	1.96	0.85	5.39	0.31
	5 แยกงานปั่นยากลงลัง	0.95	0.475	1.96	0.16	5.39	0.06
	6 ย้ายงานปั่นยากในลัง ไปเก็บท้ายไลน์ผลิต	0.95	0.475	1.96	0.52	5.39	0.19
	7 ลงบันทึกรายงานการผลิต	0.95	0.475	1.96	3.71	5.39	1.35

ตารางที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนกระบวนการขัดเงาและการบรรจุ (Polishing and packing)

การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ 95% +/-5% (Z - Tabel)							
No.	คำอธิบายการทำงาน	ค่าที่ได้จากการคำนวณ					
		α	$\frac{\alpha}{2}$	$Z \frac{\alpha}{2}$	σ	$\sqrt{(n-1)}$	Confidence 95%
ผู้ดำเนินงานการขัดเงา 1	1 ไปเอาล้างจากพื้นที่เก็บลังมาเตรียมบรรจุงานดี	0.95	0.475	1.96	0.51	5.39	0.18
	2 ตรวจสอบชิ้นงานจากสายพานลำเลียง	0.95	0.475	1.96	0.26	5.39	0.10
	3 การขัดเงา (Polishing) งานปัญหาเม็ดบิ่นง่าย	0.95	0.475	1.96	13.82	5.39	5.03
	4 ตรวจสอบชิ้นงานหลังการขัดเงา (Polishing)	0.95	0.475	1.96	0.34	5.39	0.12
	5 เรียงงานใส่ลังบรรจุ	0.95	0.475	1.96	0.26	5.39	0.09
	6 ติดป้าย (Tag) การตรวจสอบ (Inspection)	0.95	0.475	1.96	0.80	5.39	0.29
	7 ย้ายงานที่บรรจุครบ ส่งการควบคุมคุณภาพ	0.95	0.475	1.96	0.69	5.39	0.25
ผู้ดำเนินงานการขัดเงา 2	1 ไปเอาล้างจากพื้นที่เก็บลังมาเตรียมบรรจุงานดี	0.95	0.475	1.96	0.51	5.39	0.18
	2 ตรวจสอบชิ้นงานจากสายพานลำเลียง	0.95	0.475	1.96	0.26	5.39	0.10
	3 Polishing งานปัญหาเม็ดบิ่นง่าย	0.95	0.475	1.96	10.21	5.39	3.71
	4 ตรวจสอบชิ้นงานหลังการขัดเงา (Polishing)	0.95	0.475	1.96	0.34	5.39	0.12
	5 เรียงงานใส่ลังบรรจุ	0.95	0.475	1.96	0.26	5.39	0.09
	6 ติดป้าย (Tag) การตรวจสอบ (Inspection)	0.95	0.475	1.96	0.80	5.39	0.29
	7 ย้ายงานที่บรรจุครบ ส่งการควบคุมคุณภาพ	0.95	0.475	1.96	0.69	5.39	0.25

3.1.1.8 การประเมินความเร็วในการทำงาน

การคำนวณหาเวลามาตรฐานของพนักงาน อาศัยการวิเคราะห์ประเมินค่าอัตราการทำงานแบบเวสต์ิงเฮาส์ (Westinghouse) เป็นเกณฑ์ในการประเมินความเร็ว และความชำนาญในการทำงาน โดยเกณฑ์คะแนน แสดงดังตารางที่ 4

คะแนนการประเมินอัตราความเร็วของพนักงานกระบวนการขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and inspection) คือ พนักงานคนที่ 1 มีค่าประเมินอัตราความเร็ว เท่ากับ 0.27 ประสิทธิภาพในการทำงาน 1.27% พนักงานคนที่ 2 มีค่าประเมินอัตราความเร็ว เท่ากับ 0.30 ประสิทธิภาพในการทำงาน 1.30%

คะแนนการประเมินอัตราความเร็วของพนักงานกระบวนการขัดเงาและการบรรจุ กระบวนการขัดเงาและการบรรจุ (Polishing and packing) คือ พนักงานคนที่ 1 มีค่าประเมินอัตราความเร็ว เท่ากับ 0.27 ประสิทธิภาพในการทำงาน 1.27% พนักงานคนที่ 2 มีค่าประเมินอัตราความเร็ว เท่ากับ 0.30 ประสิทธิภาพในการทำงาน 1.30%

การให้คะแนนสามารถนำมาคำนวณหาเวลาปกติ (Normal time) และเวลามาตรฐาน (Standard time) โดยกำหนดเวลาเผื่อสำหรับบุคคล 5% เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า 5%

ตารางที่ 4 องค์ประกอบต่าง ๆ ในการประเมินความเร็วตามวิธีของเวสต์ดิงเฮาส์ (Westinghouse)

ทักษะ (Skill)			ความพยายาม (Effort)		
0.15	A1	ชำนาญสูงมาก	0.13	A1	ชำนาญสูงมาก
0.13	A2		0.12	A2	
0.11	B1	ดีมาก	0.1	B1	ดีมาก
0.08	B2		0.08	B2	
0.06	C1	ดี	0.05	C1	ดี
0.03	C2		0.02	C2	
0	D	เฉลี่ย	0	D	เฉลี่ย
-0.05	E1	พอใช้	-0.04	E1	พอใช้
-0.1	E2		-0.18	E2	
-0.16	F1	ควรปรับปรุง	-0.12	F1	ควรปรับปรุง
-0.22	F2		-0.17	F2	
สภาพแวดล้อมในการทำงาน (Condition)			ความสม่ำเสมอ (Consistency)		
0.06	A	ดีเยี่ยม	0.04	A	ดีเยี่ยม
0.04	B	ดีมาก	0.03	B	ดีมาก
0.02	C	ดี	0.01	C	ดี
0	D	เฉลี่ย	0	D	เฉลี่ย
-0.03	E	พอใจ	-0.02	E	พอใจ
-0.07	F	ควรปรับปรุง	-0.04	F	ควรปรับปรุง

3.1.1.9 การคำนวณหาเวลาปกติ (Normal time)

การจับเวลา และ ประเมินความเร็วในการทำงานของพนักงาน สามารถคำนวณหาค่า เวลาปกติของแต่ละงานย่อยโดยการนำเวลาตัวแทนมาคูณกับค่าประเมินอัตราเร็วในการทำงานของพนักงานซึ่งมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ 1

3.1.1.10 กำหนดเวลาเผื่อ (Allowance time)

ความต้องการพนักงาน เช่น การพักเข้าห้องน้ำ ความล่าช้าจากการทำงานหรือเกิดการรอกอยงานต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งสภาพการทำงานแต่ละอย่างเป็นสาเหตุของการใช้เวลาส่วนตัวไม่เหมือนกัน ในการศึกษาที่มีการพิจารณา ดังนี้

- เวลาเผื่อสำหรับส่วนบุคคล
 - เป็นเวลาเผื่อเพื่อให้พนักงานทำกิจกรรมตัว
 - โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ระหว่าง 4.5 - 6.5% แต่ในอุตสาหกรรมทั่วไปมักกำหนดไว้ที่ 5% ของเวลาทำงานทั้งหมด
- เวลาเผื่อความล่าช้าสำหรับงานนั้น
 - วิธีการกำหนดค่าเผื่อสำหรับความล่าช้า
 - การศึกษากระบวนการผลิต (Production study)
 - ใช้วิธีการสุ่มงาน (Work sampling)

3.1.1.11 คำนวณหาเวลามาตรฐาน
(Standard time; Std)

หลังทราบเวลาปกติ (Normal time) และเวลาเผื่อ (Allowances time) นำเอาค่าเวลาปกติมาคำนวณหาเวลามาตรฐานของการทำงานได้ ดังนี้

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} + \text{ค่าเผื่อต่าง ๆ} \quad (6)$$

เวลามาตรฐานที่คำนวณได้ พบว่า
ในกระบวนการขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and Inspection) มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย เท่ากับ 115.18 วินาที และกระบวนการขัดเงาและการบรรจุ (Polishing and packing) มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย เท่ากับ 208.20 วินาที แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เวลามาตรฐานก่อนปรับปรุง

กระบวนการ (Process)		การขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and inspection)		การขัดเงาและการบรรจุ (Polishing and packing)	
		1	2	1	2
ผู้ดำเนินการ (Operator)		1	2	1	2
เวลาเฉลี่ยบุคคล (Avg.T.)		64.26	98.31	155.43	138.96
เวลาเฉลี่ย (Avg.T.)		81.29		147.20	
อัตรา ความเร็ว	Skill	B1 (0.11)	A1 (0.15)	A1 (0.15)	B1 (0.11)
	Effort	A1 (0.13)	B1 (0.10)	B1 (0.10)	A1 (0.13)
	Condition	C (0.02)	C (0.02)	C (0.02)	C (0.02)
	Consistency	C (0.01)	B (0.03)	B (0.03)	C (0.01)
Rating		1.27	1.30	1.30	1.27
เวลาปกติบุคคล (Nm.T.)		81.61	127.80	202.06	176.48
เวลาปกติเฉลี่ย (Nm.T.Avg.)		104.71		189.27	
เวลาเผื่อ	บุคคล	5%	5%	5%	5%
	ล่าช้า	5%	5%	5%	5%
เวลามาตรฐาน (Std.T.)		89.77	140.58	222.26	194.13
เวลามาตรฐานเฉลี่ย		115.18		208.20	

3.2 การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการ
เวลามาตรฐานของการทำงานในแต่ละงานย่อยแล้ว และได้คำนวณหาเวลาการทำงานของกระบวนการแล้ว สามารถนำมาวิเคราะห์แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Process flow charts)

พบว่า มีกระบวนการดำเนินงาน 4 กระบวนการ การขนย้าย 6 กระบวนการ การรอคอย 4 กระบวนการ การตรวจสอบ 1 กระบวนการ เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด 424.31 วินาที และระยะทางทั้งหมด 62 เมตร แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แผนภูมิการไหลของกระบวนการก่อนปรับปรุง

แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Process flow charts)								
แผนภูมิหมายเลข 31012022 แผ่นที่ 2	สรุปผล							
	กิจกรรม	ปัจจุบัน	หลังปรับปรุง				ลดลง	
กิจกรรม : การขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and inspection) - การขัดเงา (Polishing) วิธีการทำงาน : ปัจจุบัน	การดำเนินงาน ○	4						
	การขนส่ง ⇨	6						
	การรอคอย D	4						
	การตรวจสอบ □	1						
	การเก็บรักษา ▽							
สถานที่ : Paint section	ระยะทาง (เมตร)	55						
พนักงาน เวลา	เวลา (นาที)	424.31						
บันทึกโดย Yothin Namsoros วันที่อนุมัติโดย วันที่ 31/01/2022	ต้นทุน :							
	ค่าแรง ค่าวัสดุ							
	รวม							
คำอธิบาย	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
			○	⇨	D	□	▽	
1. ตรวจสอบชิ้นงาน	7.4	-	○	⇨	D	■	▽	
2. บรรจุงานดีลงถัง	4.1	0.5	●	⇨	D	□	▽	
3. ขนย้ายไปที่พื้นที่รองานดี	33.9	9	○	⇨	D	□	▽	
4. ติดป้าย (Tag) /ส่งการควบคุมคุณภาพ (Quality control)	4.2	3	○	⇨	D	□	▽	
5. ปลดงานการขัดเงา (Polishing) ขึ้น สายพานลำเลียง (Conveyor)	96.71	-	●	⇨	D	□	▽	
6. การขัดเงา (Polishing)	26.5	13	●	⇨	D	□	▽	
7. ติดป้าย (Tag) /ส่งการควบคุมคุณภาพ (Quality Control)	-	-	○	⇨	D	□	▽	
8. รอติดป้าย (Tag) /การควบคุมคุณภาพ (Quality control)	4	0.5	●	⇨	D	□	▽	
9. เก็บงานการขัดเงา (Polishing) ยาก ลงถัง	26.5	9	○	⇨	D	□	▽	
10. ขนย้ายไปที่ท้ายไลน์ผลิต	-	-	○	⇨	●	□	▽	
11. รอการขัดเงา (Polishing)	26.5	9	○	⇨	D	□	▽	
12. ขนไปการขัดเงา (Polishing)	165.3	-	●	⇨	D	□	▽	
13. Polishing งาน	-	-	○	⇨	●	□	▽	
14. รอติดป้าย (Tag) /ส่งการควบคุม คุณภาพ (Quality control)	29.2	11	○	⇨	D	□	▽	
15. รอการตรวจสอบ (Inspection) /ส่ง การควบคุมคุณภาพ (Quality control)			○	⇨	D	□	▽	
รวม	424.31	55	4	6	4	1		

3.3 การหาเวลามาตรฐานหลังการปรับปรุง การปรับปรุงผังการผลิตใหม่ ได้มีการหาเวลามาตรฐานหลังการปรับปรุงเพื่อให้ทราบถึงค่าเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปของกระบวนการ พบว่า ในกระบวนการขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and

inspection) มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย เท่ากับ 90.83 วินาที และกระบวนการขัดเงาและการบรรจุ (Polishing and packing) มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย เท่ากับ 202.67 วินาที แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เวลามาตรฐานหลังปรับปรุง

กระบวนการ (Process)		การขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and inspection)		การขัดเงาและการบรรจุ (Polishing and packing)	
		1	2	1	2
ผู้ดำเนินการ (Operator)		1	2	1	2
เวลาเฉลี่ยบุคคล (Avg.T.)		37.20	90.69	151.52	135.05
เวลาเฉลี่ย (Avg.T.)		63.95		143.29	
อัตรา ความเร็ว	Skill	B1 (0.11)	A1 (0.15)	A1 (0.15)	B1 (0.11)
	Effort	A1 (0.13)	B1 (0.10)	B1 (0.10)	A1 (0.13)
	Condition	C (0.02)	C (0.02)	C (0.02)	C (0.02)
	Consistency	C (0.01)	B (0.03)	B (0.03)	C (0.01)
Rating		1.27	1.30	1.30	1.27
เวลาปกติบุคคล (Nm.T.)		47.24	117.90	196.98	171.51
เวลาปกติเฉลี่ย (Nm.T.Avg.)		82.57		184.24	
เวลาเพื่อ	บุคคล	5%	5%	5%	5%
	ล่าช้า	5%	5%	5%	5%
เวลามาตรฐาน (Std.T.)		51.97	129.69	216.67	188.66
เวลามาตรฐานเฉลี่ย		90.83		202.67	

เวลามาตรฐานหลังปรับปรุงกระบวนการ สามารถวิเคราะห์แผนภูมิการไหลของกระบวนการ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการลดการเคลื่อนย้าย และการรอคอยงาน แสดงดังตารางที่ 8

จากตารางที่ 8 การวิเคราะห์แผนภูมิการไหลของกระบวนการหลังปรับปรุง พบว่า มี

กระบวนการดำเนินงาน 6 กระบวนการ การขนย้าย 5 กระบวนการ การรอคอย 1 กระบวนการ การตรวจสอบ 1 กระบวนการ เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด 447.21 วินาที และระยะทางทั้งหมด 45 เมตร

ตารางที่ 8 แผนภูมิการไหลของกระบวนการหลังปรับปรุง

แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Process flow charts)								
แผนภูมิหมายเลข 3101202202 แผ่นที่ 2	สรุปผล							
	กิจกรรม	ปัจจุบัน	หลังปรับปรุง		ลดลง			
กิจกรรม : การขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and inspection) - การขัดเงา (Polishing) วิธีการทำงาน : หลังปรับปรุง	การดำเนินงาน ○	4	6		+2			
	การขนส่ง ➡	6	5		1			
	การรอคอย D	4	1		3			
	การตรวจสอบ □	1	1		0			
	การเก็บรักษา ▽							
สถานที่ : Paint section	ระยะทาง (เมตร)	62	45		17			
พนักงาน เวลา	เวลา (วินาที)	424.31	447.2		+22.9			
บันทึกโดย Yothin Namsoros วันที่ 31/02/2022	ต้นทุน : ค่าแรง ค่าวัสดุ							
อนุมัติโดย วันที่ 31/01/2022								
	รวม							
คำอธิบาย	เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
			○	➡	D	□	▽	
1. ตรวจสอบชิ้นงาน	7.4	-	○	➡	D	■	▽	
2. บรรจุงานคิลลง	4.1	0.5	●	➡	D	□	▽	
3. ขนย้ายไปพื้นที่งานตี	33.9	13	○	➡	D	□	▽	
4. รอติดป้าย (Tag)	-	-	○	➡	●	□	▽	
5. ปล่องงานการขัดเงา (Polishing) ขึ้นสายพานลำเลียง (Conveyor)	4.2	3	○	➡	D	□	▽	
6. การขัดเงา (Polishing)	96.7	-	●	➡	D	□	▽	
7. รอติดป้าย (Tag)	30	-	●	➡	D	□	▽	
8. ส่งการควบคุมคุณภาพ (Quality control)	29.2	15	○	➡	D	□	▽	
9. เก็บงานการขัดเงา (Polishing) ยาก ลงถัง	4	0.5	●	➡	D	□	▽	
10. ขนย้ายไปพื้นที่รองรับการขัดเงา (Polishing)	13.2	5	○	➡	D	□	▽	
11. การขัดเงา (Polishing) งาน	165.3	-	●	➡	D	□	▽	
12. ติดป้าย (Tag) งานตี + การขัดเงา (Polishing)	30	-	●	➡	D	□	▽	
13. ส่งการควบคุมคุณภาพ (Quality control)	29.2	8	○	➡	D	□	▽	
รวม	447.21	45	6	5	1	1		0

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้จัดทำขึ้นเพื่อแก้ไขการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จากการรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว

ข้างต้นได้ผลลัพธ์ ดังนี้

4.1 การประมาณรอบการจับเวลาเริ่มต้นจากการคำนวณ และวิเคราะห์ด้วยวิธีการเมย์แท็ก (Maytag) พบว่า เพื่อให้ได้ค่าความเชื่อมั่นของข้อมูลที่ $95\% \pm 0.5\%$ ได้เลือกจำนวนครั้งในการเก็บข้อมูล 30 รอบ

4.2 ผลการจับเวลา เพื่อกำหนดหาเวลามาตรฐานก่อนปรับปรุง โดยอาศัยการประเมินอัตราการการทำงานแบบวิธีของเวสต์ิงเฮาส์ (Westinghouse) ได้ผลลัพธ์ คือ กระบวนการขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and inspection) มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย เท่ากับ 115.18 วินาที และกระบวนการขัดเงาและการบรรจุ (Polishing and packing) มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย เท่ากับ 208.20 วินาที

4.3 การวางแผน และปรับปรุงกระบวนการผลิต กำหนดหาเวลามาตรฐาน ได้ผลลัพธ์ คือ กระบวนการขนส่งและการตรวจสอบ (Unload and inspection) มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย เท่ากับ 90.83 วินาที ลดลงจากเดิม 24.35 วินาที (21.14%) และกระบวนการขัดเงาและการบรรจุ (Polishing and packing) มีเวลามาตรฐานเฉลี่ย เท่ากับ 202.67 วินาที ลดลงจากเดิม 5.53 (2.65%)

4.4 แผนภูมิการไหลก่อนปรับปรุงกระบวนการพบว่า พบว่า มีกระบวนการดำเนินงาน 4 กระบวนการ การขนย้าย 6 กระบวนการ การรอคอย 4 กระบวนการ การตรวจสอบ 1 กระบวนการ เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด 424.31 วินาที และระยะทางทั้งหมด 62 เมตร

4.5 แผนภูมิการไหลหลังปรับปรุงกระบวนการพบว่า มีกระบวนการดำเนินงาน 6 กระบวนการ เพิ่มขึ้นจากเดิม 2 กระบวนการ การขนย้าย 5 กระบวนการ ลดลงจากเดิม 1 กระบวนการ การรอคอย 1 กระบวนการ ลดลงจากเดิม 3 กระบวนการ การตรวจสอบ 1 กระบวนการ เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด 447.21 วินาที เพิ่มขึ้นจากเดิม 22.90 วินาที และระยะทางทั้งหมด 45 เมตร ลดลงจากเดิม 17 เมตร

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท แอมพาส อินดัสตรี จำกัด ที่ได้ให้ข้อมูลวิจัย และสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่สนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ในงานวิจัยครั้งนี้

6. อ้างอิง

- [1] พงศ์เทพ งามทวีรัตน์. การวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต กรณีศึกษา: บริษัท โสยาเลนซ์ ไทยแลนด์ จำกัด. [ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2557.
- [2] คณิศร ภูนิคม. การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคการปรับปรุงงาน กรณีศึกษา: โรงงานน้ำดื่มใบไม้เขียว. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม; 12-15 กรกฎาคม ค.ศ. 2560; เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2560. น. 150-155.
- [3] กิตติชัย อธิกุลรัตน์. การศึกษาเวลามาตรฐานการติดตั้งแม่พิมพ์กรณีศึกษา บริษัทผลิตถุงพลาสติก. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี; 2562: 17(1).77-90.
- [4] พรศิริ คำหล้า และคณะ. การศึกษาเวลามาตรฐานในกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จด้วยการจับเวลาโดยตรง. Industrial Technology Journal; 2564:6(2).41-51.
- [5] ลักษณ์ อุปะทะ. การออกแบบและวางแผนโรงงานของ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที.ที.เอ็น.สแตนเลส. [ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2558.

- [6] จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน. การวิเคราะห์กระบวนการ. [อินเทอร์เน็ต]. 2551. [สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2565]. จาก: http://pirun.ku.ac.th/~fengcsr/courses/2008_01/206341/ch8.pdf.
- [7] จุลลดา จุลพันธ์ และคณะ. การศึกษาด้านเวลาของช่างในกระบวนการเปลี่ยนเครื่องยนต์. [ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2553.
- [8] สมศักดิ์ ตริสุทธิ์. การออกแบบและวางผังโรงงาน. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น); 2548.
- [9] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. การศึกษางานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป; (2553).