โดย
นางสาวพรลภัส เลิศศักดิ์วานิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

โดย
นางสาวพรลภัส เลิศศักดิ์วานิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

SETUP TIME REDUCTION FOR HOT PRESSING MOLD CHANGEOVER

By

MISS Ponlapas LERDSAKWANICH

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2019

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	การลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน
โดย	พรลภัส เลิศศักดิ์วานิช
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ)

61405310 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : แนวคิด SMED, หลักการ ECRS, เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร

นางสาว พรลภัส เลิศศักดิ์วานิช: การลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาและปรับปรุงการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งมีรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายตามรุ่นของรถ ทำให้ต้องมีการปรับตั้งแม่พิมพ์เพื่อให้ได้รุ่นรถที่ตรงตามแผนการผลิต จากการศึกษากระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิตเฉลี่ย 15 ครั้งต่อวัน และใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องเกินค่าที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิตของเครื่องพิมพ์ร้อนในช่วงเวลาเดียวกันบ่อยครั้ง จึงทำการศึกษาขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ด้วยหลักการศึกษางานและจับเวลาการทำงานโดยใช้วิธีการศึกษาเวลาโดยตรง บันทึกเวลาเฉลี่ยที่ได้ลงแผนภูมิกระบวนการไหล พบว่ามีขั้นตอนการทำงานที่สามารถทำได้ในขณะเครื่องจักรทำงานรวมอยู่กับงานที่ทำได้เมื่อเครื่องจักรจำเป็นต้องหยุดเท่านั้น จำนวน 6 ขั้นตอน แบ่งเป็นขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non Value Added: NVA) จำนวน 1 ขั้นตอน และเป็นขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องมี (Necessary but Non Value Added: NNVA) จำนวน 5 ขั้นตอน นอกจากนี้ยังมีเวลาสูญเปล่าในการรอคอยอุณหภูมิให้ได้ตามค่าที่กำหนดไว้หลังจากติดตั้งแม่พิมพ์เสร็จสิ้น ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 ของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนภูมิก้างปลา พบว่าไม่มีมาตรฐานในการจัดเตรียมงานไว้ล่วงหน้า จากนั้นประเมินด้านความรุนแรงของปัญหาและความพร้อมของบริษัทเพื่อกำหนดประเด็นปัญหาที่จะแก้ไขปรับปรุงและนำเทคนิคการเปลี่ยนแม่พิมพ์อย่างรวดเร็ว (Single Minute Exchange of Die: SMED) และหลักการ ECRS มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการปรับปรุงการปรับตั้งแม่พิมพ์ โดยทำการสร้างมาตรฐานในการจัดเตรียมงานไว้ล่วงหน้า ปรับปรุงเครื่องจักร และจัดเรียงขั้นตอนการทำงานใหม่ ทำให้สามารถลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์จากเดิม 21 ขั้นตอน เหลือ 11 ขั้นตอน ใช้เวลาเฉลี่ยจากเดิม 39.39 นาที เหลือเพียง 18.83 นาที คิดเป็นลดลงร้อยละ 52.2 ของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง ซึ่งเวลาหลังการปรับปรุงมีค่าลดลงและอยู่ในเกณฑ์ที่บริษัทกำหนดไว้

61405310 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)
Keyword : Single Minute Exchange of Die (SMED), ECRS, Setup Time

MISS PONLAPAS LERDSAKWANICH : SETUP TIME REDUCTION FOR HOT PRESSING MOLD CHANGEOVER THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR PRACHUAB KLOMJIT, Ph.D.

This research aims to reduce setup time and improve the mold changeover process in Brake pad manufacturer. Each car makes and model has different brake pads. The production has to mold changeover according to their production schedule. This case study mold changeover has an average of 15 times a day in the hot pressing process. There are frequent changes mold of machines during the same period and takes a long time to set up the machine. Then, studying the activities and time of mold changeover by work and direct time study principles. This study analyzed by flow process chart. It found that there is an external setup combined with an internal setup amount of 6 activities consist of non-value added (NVA) is 1 activity and necessaries but non-value added (NNVA) are 5 activities. Also, There is wasting time to wait for the mold temperature after installation approximately 60 percent of overall setup time. Analyze the cause using the cause and effect chart and found that there is no standard in job preparation. Then, assess the severity of the problem and the readiness of the company to determine the problem that will be improved. This study applied the SMED concept and the ECRS principles to improve activity for mold changeover. As a result, the activities reduced from 21 activities to 11 activities, setup time from 39.39 minutes to 18.83 minutes, setup time decreased 52.2 percent. After the improvement, the time has decreased and is within the target value in the company.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิจัย การเขียนรายงานวิจัย และบทความวิจัย จึงทำให้สามารถดำเนินการวิจัยลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณประธานกรรมการสอบและผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ ที่ได้มอบข้อคิด คำแนะนำและคำติชมในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ขอขอบคุณ ดร.บรรพต หอบรรลือกิจ ที่ช่วยให้ความรู้และคำแนะนำ ในการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาที่ให้โอกาสในการหาความรู้และประสบการณ์ในการทำงาน และขอขอบคุณทีมผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนร่วมในการประเมินและให้ข้อมูลต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัย รวมไปถึงขอขอบคุณพนักงานทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และความร่วมมือในการดำเนินงานการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำให้งานวิจัยสำเร็จไปได้อย่างดี

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศิลปากรและสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมแห่งชาติ ที่ให้โอกาสและเงินทุนสนับสนุนในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำงานวิจัยเสมอมา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ให้กำลังใจ คำแนะนำในการทำงานวิจัย และสนับสนุนในด้านต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย จึงขอมอบความดีทั้งหลายของงานวิจัยนี้ให้แก่ทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้นและผู้ที่ยังไม่ได้เอ่ยนามมา ณ โอกาสนี้ด้วย

พรลภัส เลิศศักดิ์วานิช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 สมมติฐานการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 4

2.1 นิยามของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร 4

2.2 งานพื้นฐานการปรับตั้งเครื่องจักร 4

2.3 เทคนิค SMED (Single Minute Exchange of Die) 5

2.4 ไคเซ็น (Kaizen) 9

2.5 การศึกษางาน (Work Study) 12

2.6 การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study) 14

2.7 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) 16

2.8 การกำหนดจำนวนรอบของการปฏิบัติงานที่ต้องจับเวลา 18

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 3 23
3.1 สภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา 24
3.2 ศึกษาขั้นตอนและเวลาในการติดตั้งแม่พิมพ์ของเครื่องพิมพ์ร้อน 26
3.3 วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดประเด็นที่จะแก้ไข 29
บทที่ 4 38
4.1 การปรับปรุงแก้ไขปัญหา 38
4.2 ขั้นตอนและเวลาหลังการปรับปรุงแก้ไข 44
บทที่ 5 47
5.1 สรุปผลการวิจัย 47
5.2 ข้อเสนอแนะ 48
ภาคผนวก 49
รายการอ้างอิง 56
ประวัติผู้เขียน 60

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 หลักการ 5W1H 10

ตารางที่ 2 หลักการ ECRS 11

ตารางที่ 3 สัญลักษณ์มาตรฐาน Flow Process Chart (ASME) 16

ตารางที่ 4 เครื่องพิมพ์ร้อนในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน 25

ตารางที่ 5 แม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน 25

ตารางที่ 6 ขั้นตอนย่อยและเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง 28

ตารางที่ 7 แยกประเภทขั้นตอนงานที่สามารถทำได้ขณะที่เครื่องพิมพ์ร้อนทำงาน (งานนอก) ออกจากขั้นตอนงานที่สามารถทำได้เมื่อเครื่องพิมพ์ร้อนหยุดเท่านั้น 31

ตารางที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรงของปัญหา 33

ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความพร้อมของแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง 33

ตารางที่ 10 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องจักรและแม่พิมพ์ 35

ตารางที่ 11 ขั้นตอนย่อยและเวลาในการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง 40

ตารางที่ 12 ขั้นตอนย่อยและเวลาในการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์หลังปรับปรุง 42

ตารางที่ 13 ขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุงที่ทำได้ในขณะที่เครื่องพิมพ์ร้อนทำงานอยู่ (งานนอก) 43

ตารางที่ 14 ขั้นตอนและเวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งแม่พิมพ์หลังปรับปรุง 45

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบผลของเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 46

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ขั้นตอนการใช้แนวคิด SMED 6

รูปที่ 2 องค์ประกอบของการศึกษางาน (Work Study) 12

รูปที่ 3 ตัวอย่างแบบฟอร์มการวิเคราะห์แผนภูมิการไหล 18

รูปที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 23

รูปที่ 5 เครื่องพิมพ์ร้อนประเภท Manual (ซ้าย) และเครื่องพิมพ์ร้อนประเภท Auto (ขวา) 24

รูปที่ 6 แผนผังตำแหน่งเครื่องพิมพ์ร้อนในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน 25

รูปที่ 7 ตัวอย่างตารางเวลาการเปลี่ยนแม่พิมพ์ของการทำงาน 1 กะ 26

รูปที่ 8 ขั้นตอนการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ในปัจจุบัน 26

รูปที่ 9 สัดส่วนเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการปรับตั้งแม่พิมพ์ 30

รูปที่ 10 แผนภาพวิเคราะห์สาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) 32

รูปที่ 11 กระบวนการผลิตดิสก์เบรกรถยนต์ 37

รูปที่ 12 การแก้ไขและปรับปรุงการอุ่นแม่พิมพ์ก่อนการใช้งาน 39

รูปที่ 13 เปรียบเทียบเวลาในการรออุณหภูมิก่อนและหลังปรับปรุง 39

รูปที่ 14 การเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุงเครื่องพิมพ์ร้อนด้วยตัวประคองแม่พิมพ์ชั้นกลาง ... 41

รูปที่ 15 เปรียบเทียบเวลาในการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุง 42

รูปที่ 16 แผนผังและเส้นทางก่อนปรับปรุงในการปรับตั้งแม่พิมพ์ 44

รูปที่ 17 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยและระยะทางหลังปรับปรุง 44

รูปที่ 18 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุง 46

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากไทยเป็นฐานการผลิตขนาดใหญ่ที่สำคัญก่อให้เกิดการจ้างงานเป็นจำนวนมาก พร้อมทั้งเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถหารายได้เข้าสู่ประเทศ ซึ่งการเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์นั้นส่วนหนึ่งได้รับการสนับสนุนมาจากอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ไทย แต่สถานการณ์ในสภาวะปัจจุบันของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ไทยต้องเผชิญกับการแข่งขันทางธุรกิจที่รุนแรงขึ้น [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากประเทศคู่แข่งที่มีความได้เปรียบทางด้านต้นทุนที่อยู่ในระดับต่ำกว่าเข้ามาชิงส่วนแบ่งทางการตลาด ทำให้ลูกค้ามีทางเลือกในการซื้อสินค้ามากขึ้น ทุกบริษัทจึงต้องรักษาไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขันกับบริษัทคู่แข่ง ดังนั้นจึงเกิดการพัฒนาระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing System) ซึ่งเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกว่าเป็นระบบการผลิตที่สามารถลดต้นทุน ลดความสูญเปล่า และความสูญเสียโอกาสทางการผลิตได้ ทำให้บริษัทสามารถปรับตัวและอยู่รอดได้พร้อมตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบการผลิตแบบลีนเป็นแนวคิดที่ได้รับการพัฒนามาจากระบบการผลิตแบบโตโยต้า โดยมุ่งเน้นที่หลักการ 3 อย่าง ได้แก่ หลักการที่ 1 คือ การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) หลักการที่ 2 คือ การสร้างคุณค่าเพิ่ม (Value Added Creation) ด้วยการกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ คือ การผลิตมากเกินไป การรอคอย การขนย้าย กระบวนการที่ไม่เหมาะสม การเก็บวัสดุคงคลัง การเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็น และของเสีย หลักการที่ 3 คือ การมุ่งเน้นที่ลูกค้า หมายถึง ผลิตตามความพึงพอใจของลูกค้า โดยมีปรัชญาในการผลิตแบบลีน คือ การเพิ่มคุณภาพและส่งมอบสินค้าที่มีต้นทุนต่ำ โดยมีเป้าหมายพื้นฐาน คือ ลดเวลาการผลิตและจัดเตรียมทรัพยากรให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อของลูกค้าได้ด้วยระดับสินค้าคงคลังที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ [2]

บริษัทในกรณีศึกษาเป็นผู้ผลิตในอุตสาหกรรมเบรกรถยนต์ มีผลิตภัณฑ์ 3 ประเภท ได้แก่ ดิสก์เบรก ก้ามเบรก และผ้าเบรก ซึ่งไลน์การผลิตที่จะทำการศึกษาและปรับปรุงแก้ไขเป็นไลน์ที่เป็นผลิตภัณฑ์หลักของบริษัทและต้องการเพิ่มกำลังการผลิต คือ ไลน์ผลิตดิสก์เบรก เนื่องจากดิสก์เบรกมีตลาดขนาดใหญ่เป็นส่วนประกอบของรถในหลายประเภท ได้แก่ รถเก๋ง รถกระบะ และรถตู้ บริษัทจึง

มีกลยุทธ์ที่จะขายดิกส์เบรกให้ครอบคลุมต่อความต้องการของตลาด ไลน์ดิสก์เบรกจึงมีจำนวนรุ่นการผลิตมากที่สุด ซึ่งการผลิตดิสก์เบรกมี 7 กระบวนการผลิตหลัก ได้แก่ กระบวนการผสมเคมี กระบวนการอัดขึ้นรูปเย็น กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน กระบวนการอบ กระบวนการฝนตกแต่ง กระบวนการพ่นสี และกระบวนการบรรจุ ซึ่งดิสก์เบรกของรถแต่ละรุ่นจะมีรูปร่างและลักษณะที่แตกต่างกันไป ทำให้ในแต่ละกระบวนการหากมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิตจะต้องมีการปรับตั้งค่าตามเงื่อนไขการผลิต ซึ่งกระบวนการผลิตที่เลือกมาศึกษา คือ กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน เนื่องจากมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิตบ่อยครั้งและใช้เวลาปรับตั้งค่าเครื่องจักรนานที่สุด ซึ่งการเปลี่ยนรุ่นการผลิตหมายถึง การเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ โดยแม่พิมพ์เป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญมากของเครื่องจักรและในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนมีแม่พิมพ์ทั้งหมดจำนวน 439 ชุด ใช้กับเครื่องจักรทั้งหมด 11 เครื่อง โดยแบ่งเป็นแม่พิมพ์ขนาดเล็กจำนวน 156 ชุด ใช้กับเครื่องจักรประเภท Manual จำนวน 3 เครื่อง และแม่พิมพ์ขนาดใหญ่จำนวน 283 ชุด ใช้กับเครื่องจักรประเภท Auto จำนวน 8 เครื่อง ผู้วิจัยพบปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน จากข้อมูลเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม 2562 พบว่ามีการเปลี่ยนแม่พิมพ์จำนวนสูงสุด 25 ครั้งต่อวัน และมีจำนวนเฉลี่ย 15 ครั้งต่อวันต่อจำนวนเครื่องพิมพ์ร้อนทั้งหมด 11 เครื่อง และใช้เวลาในการติดตั้งแม่พิมพ์ต่อครั้งเกินค่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนดไว้ คือ 30 นาที ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการจับเวลาการติดตั้งแม่พิมพ์ก่อนการปรับปรุง โดยได้ข้อมูลเวลาเฉลี่ยในการเปลี่ยนแม่พิมพ์ของเครื่องพิมพ์ร้อนประเภท Auto เท่ากับ 15.05 นาที และเครื่องพิมพ์ร้อนประเภท Manual คือ 39.39 นาที

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ดิสก์เบรกในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขและลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งแม่พิมพ์ให้อยู่ในค่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนด ตอบสนองต่อนโยบายของบริษัทในการเพิ่มกำลังการผลิตและพร้อมที่จะตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายของลูกค้าได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อลดเวลาการติดตั้งแม่พิมพ์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาการลดเวลาการติดตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนของดิสก์เบรกที่เครื่องพิมพ์ร้อนประเภท Manual จำนวน 3 เครื่อง ที่ใช้กับแม่พิมพ์จำนวน 156 รุ่น

1.3.2 ศึกษาหาเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการอุ่นแม่พิมพ์

1.3.3 ศึกษาตู้อุ่นแม่พิมพ์ประเภทไฟฟ้าและแก๊ส

1.4 สมมติฐานการวิจัย

เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตหรือการติดตั้งแม่พิมพ์ก่อให้เกิดความสูญเสียมาก หากมีการหาแนวทางลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งแม่พิมพ์ได้ จะทำให้มีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ลดลง

1.5.2 สามารถเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

1.5.3 สามารถปรับตั้งแม่พิมพ์ได้ง่ายขึ้น พร้อมทั้งช่วยลดความเมื่อยล้าหรือความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของพนักงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย นิยามของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร งานพื้นฐานการปรับตั้งเครื่องจักร เทคนิค Single Minute Exchange of Die (SMED) การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา แผนภูมิกระบวนการไหล การกำหนดจำนวนรอบของการปฏิบัติงานที่ต้องจับเวลาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยามของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร

เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (Machine Setup Time) หมายถึง เวลาที่เริ่มต้นตั้งแต่มีการหยุดเครื่องจักรเพื่อที่จะทำการติดตั้งถอดเปลี่ยนตัวแบบหรืออุปกรณ์ เครื่องมือ จนถึงการปรับตั้งค่าต่าง ๆ ให้กับเครื่องจักรพร้อมที่จะใช้งานจนสามารถทำการผลิตชิ้นงานแรกที่ดีได้โดยไม่ต้องปรับตั้งค่าเครื่องจักรอีกครั้ง

2.2 งานพื้นฐานการปรับตั้งเครื่องจักร

นิยามการปรับตั้งเครื่องจักร จะพบว่าการปฏิบัติงานในการปรับตั้งเครื่องจักรมีขั้นตอนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทและรูปแบบการทำงานของเครื่องจักร แต่หากพิจารณาดูแล้วนั้นกระบวนการปฏิบัติงานในการปรับตั้งเครื่องจักรทุกประเภทจะประกอบไปด้วยงานพื้นฐานเหมือนกัน 4 ประการ ดังนี้

2.2.1 งานจัดเตรียมความพร้อม คือ งานต่าง ๆ ที่ต้องทำทั้งก่อนและหลังการปรับตั้งเครื่องจักร เช่น การจัดเตรียมอุปกรณ์ถอดเปลี่ยนแม่พิมพ์ การจัดเตรียมแม่พิมพ์ที่จะนำมาเปลี่ยน การจัดเตรียมการขนย้ายแม่พิมพ์จากสถานที่เก็บมายังเครื่องจักรและจากเครื่องจักรกลับไปยังที่เก็บ การจัดเก็บอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ภายหลังจากการปรับตั้งได้เสร็จสิ้นลง ซึ่งขั้นตอนการทำงานเหล่านี้ สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังทำการผลิตได้อยู่โดยไม่จำเป็นต้องหยุดเครื่อง

2.2.2 งานถอดเปลี่ยน ติดตั้งอุปกรณ์แม่พิมพ์ต่าง ๆ เช่น การถอดแม่พิมพ์เก่าออก ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ ย้ายชิ้นส่วน เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระหว่างการถอดเปลี่ยน ซึ่งขั้นตอนนี้ไม่สามารถที่จะกระทำได้ในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำการผลิต

2.2.3 งานปรับตั้งค่าความถูกต้องของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ กระบวนการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องจักรให้ตรงตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้เครื่องจักรสามารถเริ่มต้นการทำงานได้

2.2.4 งานทดลองทำจนกว่าจะสามารถผลิตได้จริง ขั้นตอนนี้จะเริ่มตั้งแต่เครื่องจักรสามารถเดินเครื่องได้อีกครั้งหนึ่ง แต่ยังไม่สามารถผลิตชิ้นงานที่ดีได้อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสามารถผลิตชิ้นงานดีได้อย่างต่อเนื่อง แม้ว่าเครื่องจักรจะสามารถเดินเครื่องได้แล้ว แต่ก็ยังไม่สามารถจะผลิตสินค้าที่จะสามารถเพิ่มคุณค่าให้แก่องค์กรได้ [3]

2.3 เทคนิค SMED (Single Minute Exchange of Die)

2.3.1 แนวความคิดพื้นฐานของเทคนิค SMED ประกอบด้วย

2.3.1.1 กิจกรรมในการติดตั้งเครื่องจักรสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การตั้งเครื่องภายใน (Internal Setup) เป็นการปฏิบัติการที่ต้องการทำในขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงาน และการตั้งเครื่องภายนอก (External Setup) เป็นการปฏิบัติการที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังคงทำงานอยู่

2.3.1.2 เวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (Changeover Time) สามารถลดลงได้โดยการแปลงการปฏิบัติการตั้งเครื่องภายในให้เป็นการปฏิบัติการตั้งเครื่องภายนอกให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ เพื่อลดเวลาการหยุดของเครื่องจักรให้น้อยลง

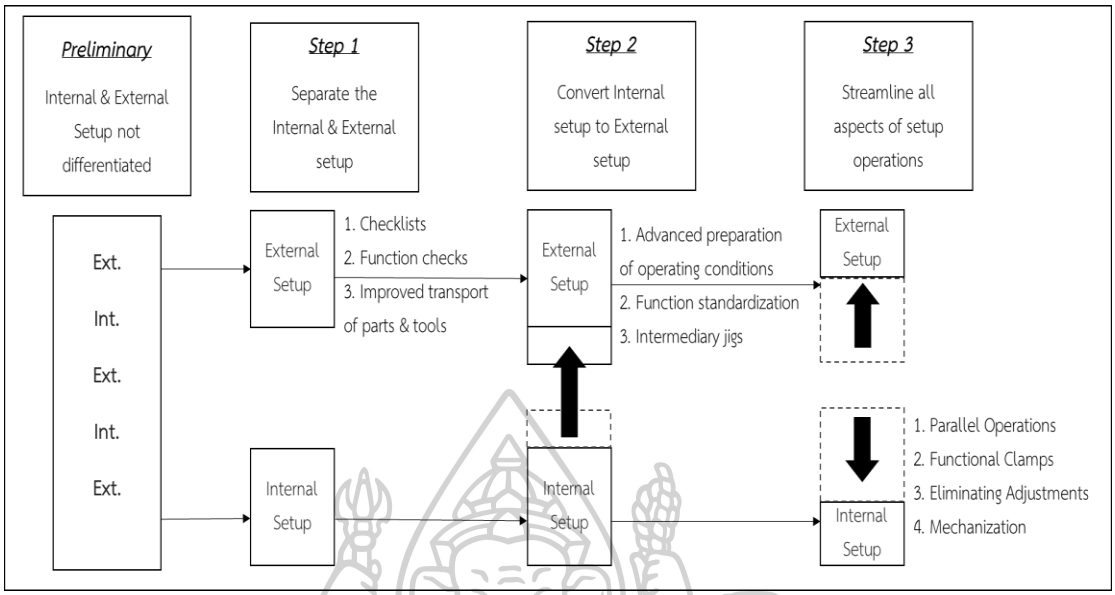
2.3.2 การวิเคราะห์ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักร

เหตุผลหลักที่การติดตั้งเครื่องจักรแบบเก่าใช้เวลานานมาก เนื่องจากการตั้งเครื่องภายในและการตั้งเครื่องภายนอกปะปนกันอยู่ กล่าวคือ มีขั้นตอนหลายๆ อย่างที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังคงทำงานอยู่ แต่กลับไม่ถูกทำจนกว่าเครื่องจักรจะหยุดทำงาน ก่อนที่จะเริ่มประยุกต์ใช้ SMED จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจอย่างแท้จริงถึงการติดตั้งเครื่องจักรในปัจจุบันว่ามีขั้นตอนอย่างไรและแต่ละขั้นตอนใช้เวลานานเท่าใด ซึ่งหลักการวิเคราะห์การติดตั้งเครื่องจักร (Setup Analysis) นี้จะช่วยวางแผนวิธีการนำ SMED มาปรับปรุงการติดตั้งเครื่องจักรได้

2.3.3 ขั้นตอนในการทำ SMED

เทคนิค SMED ที่ใช้ปรับปรุงการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรมีการดำเนินการอยู่ 3 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1 [4] ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 แยกงานภายในและงานภายนอกออกจากกัน (Separating Internal and External Setup) เป็นการแยกงานที่สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องหยุดเครื่องจักร เช่น การจัดเตรียมชิ้นส่วนและเครื่องมือ รวมถึงการเตรียมคนที่เกี่ยวข้อง ออกจากงานที่จำเป็นต้องหยุดเครื่องจักรจึงสามารถทำได้ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างมากในการทำ SMED เนื่องจากต้องมีการวิเคราะห์ที่แน่ชัด ว่ากิจกรรมใดเป็นงานภายในหรือกิจกรรมใดเป็นงานภายนอก



รูปที่ 1 ขั้นตอนการใช้แนวคิด SMED

รวมทั้งเป็นการจำแนกกิจกรรมว่าเป็นกิจกรรมที่เพิ่มมูลค่าหรือไม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้านเวลาที่เพิ่มขึ้นจากการลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าการแยกงานเหล่านี้ออกจากกันและเปลี่ยนมันให้เป็นงานภายนอก สามารถช่วยลดเวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรลงได้ถึง 30 - 50% ซึ่งเครื่องมือที่ช่วยในการแยกงานภายในและภายนอกออกจากกัน ได้แก่ การใช้ใบรายการตรวจสอบ (Check List) คือ การทำรายการตรวจสอบขั้นตอนต่าง ๆ ของการตั้งเครื่อง โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ ของการตั้งเครื่อง เครื่องมือที่ใช้ วิธีการข้อกำหนด ข้อบังคับ จำนวนชนิดของเครื่องมือ จำนวนมีด แม่พิมพ์ และอื่น ๆ ที่ใช้ในการตั้งเครื่อง ความดัน อุณหภูมิ ความเร็ว และเงื่อนไขอื่น ๆ โดยที่รายละเอียดต่าง ๆ เหล่านี้จะช่วยป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ในการตั้งเครื่องจักร ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงเวลาสูญเสียที่ต้องใช้ในการแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวได้ รวมไปถึงการใช้ใบรายการตรวจสอบหน้าที่ (Function Check) การใช้ใบรายการตรวจสอบเบื้องต้นนั้นมีประโยชน์ในการพิจารณาว่าสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการตั้งเครื่องว่ามีอยู่อย่างครบถ้วนหรือไม่ แต่มิได้ระบุว่าหน้าที่การทำงานที่เกิดขึ้นนั้นสมบูรณ์และเหมาะสมหรือไม่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตรวจสอบหน้าที่การทำงานของสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการตั้งเครื่องจักร ในกรณีที่เกิดข้อบกพร่องขึ้น จะทำให้เกิดความล่าช้าในการตั้งเครื่องจักรในสายการผลิตขึ้น เช่น เครื่องมือวัดขาดความเที่ยงตรงในการวัด หรืออุปกรณ์จับยึดชิ้นงานไม่เที่ยงตรง ซึ่งบางครั้งจะต้องมีการซ่อมแซมแก้ไข จึงทำให้ต้องสูญเสียเวลาในการตั้งเครื่องใหม่ นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงการขนย้ายแม่พิมพ์หรือชิ้นส่วนอื่น ๆ (Improving Transportation of Dies and Other Parts) หมายถึง การขนถ่ายชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบจากที่เก็บไป

ยังเครื่องจักร และการขนถ่ายผลิตภัณฑ์สำเร็จกลับไปสู่ที่เก็บ จะต้องทำในขั้นตอนการตั้งเครื่องนอกสายการผลิต ซึ่งอาจทำได้โดยพนักงานคุมเครื่องเป็นผู้ขนย้ายไปเองในขณะที่เครื่องจักรทำงาน หรือพนักงานอื่นมีหน้าที่ในการขนย้าย

ขั้นตอนที่ 2 แปลงการตั้งเครื่องภายในให้เป็นการตั้งเครื่องภายนอก (Converting Internal to External Setup) การปรับเปลี่ยนกิจกรรมงานย่อยที่ทำในขณะเครื่องจักรหยุดให้ไปเป็นงานย่อย ๆ ที่สามารถทำในขณะเครื่องจักรทำงาน แม้ว่าการแยกงานภายนอกที่สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องหยุดเครื่องจักร ออกจากงานที่จำเป็นต้องหยุดเครื่องจักรจึงจะสามารถทำได้ในขั้นตอนที่ 1 นั้นจะสามารถทำให้ลดเวลาสูญเปล่าที่เกิดจากการตั้งเครื่องจักรลงได้ถึง 30-50% ก็ตาม แต่การลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรเท่านี้ยังไม่ถือว่าประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของหลักการ SMED ในขั้นตอนที่ 2 นี้นั้นเป็นการมุ่งเน้นไปที่กิจกรรมย่อยของงานภายในที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 1 เพื่อที่จะมาดูว่าสามารถโยกย้ายหรือปรับปรุงกิจกรรมงานย่อยใด ๆ ที่เกิดขึ้นในส่วนของงานภายในให้ไปเป็นงานที่สามารถทำได้ในขณะเครื่องจักรทำงาน ซึ่งมีแนวทางปรับปรุงได้ 2 แนวทาง ดังนี้

1) การตรวจสอบ วิเคราะห์ต่าง ๆ ในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอีกครั้ง โดยแบ่งออกเป็นงานย่อย ๆ ที่เล็กหรือละเอียดขึ้น แล้วพิจารณาให้ถี่ถ้วนในแต่ละงานย่อย ๆ ว่างานใดสามารถทำได้ในขณะเครื่องจักรทำงานและงานใดต้องทำในขณะเครื่องจักรหยุด เพราะการปรับปรุงในขั้นตอนที่ 1 การแบ่งงานย่อยอาจจะมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้เกิดความผิดพลาดได้ เช่น การรวมงานเข้าด้วยกัน เป็นต้น

2) การค้นหาวิธีการใหม่ ๆ มาแทนวิธีการเดิมในการปรับตั้งเครื่องจักร โดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะเปลี่ยนงานที่ทำในขณะเครื่องจักรหยุดทำงานให้เป็นงานที่ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรทำงานอยู่ วิธีการนั้นจะต้องทำให้เป็นมาตรฐานและงานที่ได้จะต้องสร้างให้เป็นมาตรฐาน ง่ายต่อการปฏิบัติ เช่น แต่เดิมการอุ่นความร้อนให้แก่วัตถุดิบจะทำขณะเครื่องจักรหยุดงาน ก็สามารถปรับเปลี่ยนมาเป็นการอุ่นความร้อนในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงานได้ เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 ได้แก่ การจัดเตรียมล่วงหน้า (Preparing Operation Conditions in Advance) การทำมาตรฐาน (Function Standardization) การใช้ Jigs ตัวกลาง (Using Intermediary Jigs) เพื่อให้ติดตั้ง Dies บน Jigs ก่อนแล้วจึงค่อยนำไปติดตั้งบนเครื่องในขั้นตอนการติดตั้งงานภายใน

ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงการติดตั้งเครื่องจักรในทุก ๆ แง่มุมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Streamlining All Aspects of the Setup Operation) การลดเวลาหรือขั้นตอนของงานที่ทำได้ในขณะเครื่องจักรทำงานและงานที่ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงานให้สั้นลงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ในขั้นตอนนี้จะเป็นการใช้ เทคนิคและวิธีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อให้สามารถลดเวลาและขั้นตอน

ของการทำงานในขณะเครื่องจักรหยุดทำงานและลดเวลาและขั้นตอนของการทำงานในขณะเครื่องจักรทำงานที่ได้ถูกลดลงมาแล้วจากขั้นตอนที่ 2 ให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยในส่วนของการทำงานในขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงานนั้น สามารถทำได้โดยการปรับปรุงสถานที่เก็บเครื่องมือรวมถึงวิธีการขนย้าย เพื่อที่จะทำให้สามารถเข้าถึงดายส์ เครื่องมือและอุปกรณ์อื่น ๆ โดยอาจจะมีการกำหนดรหัสสี รหัสตัวเลข หรือรหัสแถบ และในส่วนของการลดเวลาและขั้นตอนของงานที่ทำในขณะเครื่องจักรหยุดงานนั้นจะใช้วิธีการดังนี้

1) การประยุกต์การทำงานแบบขนาน (Implementing Parallel Operation) เมื่อวิธีการปรับตั้งเครื่องมีหลายขั้นตอนที่สามารถทำพร้อมกันได้หรือมีลักษณะซับซ้อน หรืองานที่ต้องทำการติดตั้งและตรวจวัดในขณะเดียวกัน การใช้พนักงานเพิ่มขึ้นก็จะสามารถช่วยลดเวลาลงได้

2) การใช้แคลมเฉพาะหน้าที่ (Using Functional Clamps) ส่วนใหญ่ในการตั้งเครื่องแล้วสิ่งที่มักจะทำให้สูญเสียเวลาไปมาก คือ การขันโบลต์ เนื่องจากจะต้องเสียเวลาในการขันให้แน่น หรือคลายออก โดยปัญหาที่พบมาก คือ โบลต์หลวมเกินไปต้องขันมากรอบกว่าจะแน่น หรือโบลต์มีหลายขนาดทำให้มีปัญหาเมื่อเกิดการเปลี่ยนรุ่น ซึ่ง SMED แนะนำแนวทางในการแก้ไข 2 วิธี คือ วิธีการหมุนครั้งเดียว และวิธีการขยับครั้งเดียว

3) ขจัดการปรับตั้งค่า (Eliminating Adjustment) ในส่วนนี้จะเป็นการลดระยะเวลาของการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องจักร ให้สามารถทำงานได้ในทันที ซึ่งสามารถใช้การระบุค่าที่ต้องตั้งไว้หรือหากเป็นเครื่องจักรที่สามารถตั้งโปรแกรมอัตโนมัติได้ก็จะช่วยลดเวลาในการทดลองจนกว่าจะได้ชิ้นงานที่ดีได้

4) การใช้ระบบ (Least Common Multiple System) วิธีการนี้อาจต้องอาศัยการทำงานหรือออกแบบอุปกรณ์จับยึดหรือติดตั้งในส่วนของเครื่องจักร เพื่อทำให้สามารถรองรับต่ออุปกรณ์หรือ โมลด์-ดายส์ โดยไม่ต้องถอดเปลี่ยน ซึ่งอาจเพียงแค่บิดปรับส่วนตัวเชื่อมจับก็จะสามารถระบุจุดระยะที่จะนำโมลด์-ดายส์เข้าไปติดตั้งได้

5) ปรับปรุงเครื่องจักร (Mechanization) เป็นการออกแบบเครื่องจักรให้สามารถรองรับการปรับเปลี่ยนรุ่นได้อย่างกว้างขวาง โดยไม่จำเป็นต้องถอดหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใด ๆ โดยอาจเป็นเพียงแค่การกดปุ่มให้ตัวเครื่องจักรเองปรับเปลี่ยนชิ้นส่วน ซึ่งวิธีการนี้เป็นแนวคิดเดียวกันกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่มักจะทำตั้งแต่แรกที่มีการออกแบบเครื่องจักรแล้ว [3-5]

2.4 ไคเซ็น (Kaizen)

“ไคเซ็น” เป็นคำภาษาญี่ปุ่น หมายถึง การเปลี่ยนแปลงเพื่อการพัฒนาที่ดีขึ้นหรือการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) แบบค่อยเป็นค่อยไป เป็นพื้นฐานของการผลิตแบบลีนที่มุ่งมั่นพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ซึ่งแนวคิดพื้นฐานของไคเซ็นมาจาก "Gemba Kaizen" ถูกคิดค้นโดย Masaaki Imai เป้าหมายหลักของไคเซ็น คือ การพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องให้เกิดผลลัพธ์ในทางที่ดีขึ้นในเวลาเดียวกันทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณภาพ ด้านราคาและด้านการส่งมอบ เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าและมีเป้าหมายที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การเพิ่มประสิทธิภาพโดยมุ่งขจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในวิธีการปฏิบัติงานและการใช้ทรัพยากร ซึ่งเป็นส่วนช่วยในการพัฒนาองค์กรให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยเน้นหลักปฏิบัติสำคัญ 3 อย่างด้วยกันคือ เลิก ลด และเปลี่ยน ซึ่งระบบหลักของไคเซ็นประกอบด้วย การบริหารคุณภาพเชิงรวม (Total Quality Management : TQM) ระบบการผลิตแบบทันเวลา (Just-in-time production system : JIT) หรือระบบการผลิตแบบโตโยต้า การบำรุงรักษาทวีผล (Total Productive Maintenance : TPM) และการแปรนโยบาย (Policy Deployment) ขององค์กร เป็นต้น [6-8]

การนำไคเซ็นมาใช้ในองค์กรต้องคำนึงถึง 3 ประการ ได้แก่ ประการแรก คือ ไคเซ็นถือเป็นวัฒนธรรมองค์กรอย่างหนึ่ง จะต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลง ประการที่สอง คือ ไคเซ็นเป็นสิ่งที่เราทุกคนทำอยู่ในชีวิตประจำวันอยู่แล้ว จึงสามารถนำสิ่งที่เคยปฏิบัติมาดำเนินการให้จริงจังและมีหลักการมากขึ้น และประการสุดท้าย คือ ไคเซ็นจะต้องทำให้การทำงานง่ายขึ้นและลดต้นทุน แต่ถ้าทำแล้วยิ่งก่อความยุ่งยากจะไม่ถือว่าเป็นไคเซ็น [9, 10] ดังนั้นการทำไคเซ็นที่ถูกต้องจึงไม่ใช่การเพิ่มงาน ไม่ใช่งานใหม่และพนักงานทุกคนในองค์กรต้องมีส่วนร่วมช่วยกัน เพื่อให้การดำเนินงานเกิดประสิทธิผลและเพิ่มประสิทธิภาพได้

หลักการทำไคเซ็นเป็นวิธีการเชิงระบบ (System approach) ประยุกต์ใช้ได้ตามแบบวงจรคุณภาพของเดมมิ่ง PDCA ซึ่งเป็นกิจกรรมพื้นฐานในการพัฒนาประสิทธิภาพและคุณภาพของการดำเนินงาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ วางแผน (Plan) ปฏิบัติ (Do) ตรวจสอบ (Check) และปรับปรุง (Act) โดยมี 6 ขั้นตอนหลักในการทำไคเซ็นตามแบบวงจรคุณภาพของเดมมิ่ง ดังนี้

1) คัดเลือกและกำหนดปัญหาที่จะดำเนินการ โดยเลือกพิจารณาหลักการในการปรับปรุงงานต่างๆ ดังนี้

1.1) หลักการของ TQM คือ ด้านคุณภาพ (Quality) ด้านราคา (Cost) ด้านการส่งมอบ(Delivery) ด้านความปลอดภัย (Safety) และด้านคุณธรรม (Moral)

1.2) หลักการของ TPM คือ ความสูญเสีย 6 ประการ (Six Big Losses)

1.3) ปัจจัยในการผลิต คือ Man, Machine, Material, Method และ Condition (4M+1C)

1.4) หลักการของลีน คือ ความสูญเสีย 7 ประการ (7 Waste)

ทั้งนี้การเลือกปัญหาที่จะนำมาใช้แก้ไข อาจพิจารณาจากว่าเป็นนโยบายหรือเป้าหมายของกิจการหรือกำหนดเกณฑ์ในการประเมินปัญหาในด้านความรุนแรง (มูลค่าความเสียหาย กระทบต่อความปลอดภัย) ความยากง่ายในการแก้ไข ความคุ้มค่าของการลงทุนความเร่งด่วน เป็นต้น หรืออีกแนวทางหนึ่ง คือ จัดการประชุมเพื่อระดมสมองในการเลือกปัญหาที่สำคัญมาแก้ไขก่อน

2) ทำความเข้าใจปัญหาในสภาพปัจจุบัน โดยให้คณะทำงานหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องเข้าไปดูสถานที่จริงในโรงงานว่าสาเหตุของแต่ละปัญหาเกิดขึ้นได้อย่างไร เพื่อให้ทุกคนเข้าใจ รับรู้ถึงสถานการณ์ของปัญหา และสามารถปรับปรุงงานไปในแนวทางเดียวกันได้ นอกจากนี้ข้อมูลจริงหรือข้อเท็จจริงที่ได้มาจากการเก็บข้อมูล เอกสารต่างๆ ตัวเลข และสถิติย้อนหลัง เมื่อนำมาวิเคราะห์ผ่านเครื่องมือคุณภาพหรือ QC 7 Tools ได้แก่ แผ่นตรวจสอบ แผนภูมิพาเรโต กราฟต่างๆ แผนผังแสดงเหตุและผลหรือผังก้างปลา แผนผังการกระจาย แผนภูมิควบคุม และฮีสโตแกรม ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการค้นหาข้อเท็จจริง การเก็บข้อมูล การจดบันทึกอย่างเป็นระบบ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเหตุและผล ทำให้เข้าใจปัญหาและทราบถึงสาเหตุที่แท้จริงตลอดจนช่วยในการตัดสินใจวิธีการแก้ไขปรับปรุงได้อย่างถูกต้อง

3) วางแผนการแก้ไขปัญหา สามารถทำได้โดยเริ่มจากการหาแนวทางปรับปรุงและแก้ไขปัญหาอาจจะพิจารณาตามหลักการ 5W1H คือ การถามคำถามเพื่อวิเคราะห์หาเหตุผลในการทำงานตามวิธีเดิมและหาช่องทางปรับปรุงให้ดีขึ้น ดังตารางที่ 1 หรือจะใช้หลักการ ECRS คือ การคิดหาแนวทางในการปรับปรุงงานให้การปฏิบัติงานของพนักงานเป็นไปได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว [11] ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้จะต้องเลือกแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมที่สุดในแง่ของความเป็นไปได้ ความคุ้มค่าและผลกระทบที่มีต่อปัญหา แล้วจัดทำแผนปฏิบัติการ (Action Plan) โดยทำเป็นตารางที่เริ่มจากปัญหา สาเหตุ แนวทางแก้ไข/ปรับปรุง (ตามแนวทางของแผนผังก้างปลา) จากนั้นกำหนดผู้รับผิดชอบ และระยะเวลาในการดำเนินการ โดยสามารถปรับเปลี่ยนแผนได้ตามความเหมาะสม ซึ่งการวางแผนจะช่วยให้เรามองเห็นและลดความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในขั้นตอนการดำเนินการต่าง ๆ

ตารางที่ 1 หลักการ 5W1H

5W1H	ความหมาย	คำถาม
What ?	หาจุดประสงค์ของการทำงาน	ทำอะไร ทำไมต้องทำ ทำอย่างอื่นได้หรือไม่
When ?	หาเวลาทำงานที่เหมาะสม	ทำเมื่อไหร่ ทำไมต้องทำตอนนั้น ทำตอนอื่นได้หรือไม่
Where ?	หาสถานที่ทำงานที่เหมาะสม	ทำที่ไหน ทำไมต้องทำที่นั่น ทำที่อื่นได้หรือไม่

ตารางที่ 1 หลักการ 5W1H (ต่อ)

5W1H	ความหมาย	คำถาม
Who ?	หาบุคคลที่เหมาะสำหรับงาน	ใครเป็นคนทำ ทำไมต้องเป็นคนนั้นทำ คนอื่นทำได้หรือไม่
How ?	หาวิธีการที่เหมาะสมกับงาน	ทำอย่างไร ทำไมต้องทำอย่างนั้น ทำวิธีอื่นได้หรือไม่
Why ?	หาเหตุผลในการทำงาน	เป็นคำถามที่ถามครั้งที่ 2 ของคำถามข้างต้น

ตารางที่ 2 หลักการ ECRS

ECRS		ความหมาย
E	Eliminate	การตัดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นในกระบวนการออกไป
C	Combine	การรวมขั้นตอนการทำงานเข้าด้วยกัน เพื่อประหยัดเวลาหรือแรงงานในการทำงาน
R	Rearrange	การจัดลำดับงานใหม่ให้เหมาะสม
S	Simplify	ปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือสร้างอุปกรณ์ช่วยให้ทำงานได้ง่ายขึ้น

4) กำหนดวิธีการที่ได้จากการวิเคราะห์ ทดลองและดำเนินการ เพื่อหาข้อพิสูจน์ว่าเป็นวิธีหรือมาตรการปรับปรุงที่ได้ผล

5) วิเคราะห์ผล โดยสร้างแบบประเมินแผนเพื่อประเมินขั้นตอนการดำเนินงานและการประเมินผลของการดำเนินงานตามแผนที่ตั้งไว้ เป็นลักษณะของการประเมินตนเองซึ่งให้คณะกรรมการที่รับผิดชอบแผนการดำเนินการนั้น ๆ เป็นผู้ประเมิน การนำผลที่ได้มาวิเคราะห์จะทำให้เราทราบว่ากิจกรรมการปรับปรุงงานนั้นได้ผลมากน้อยเพียงใด มีอุปสรรคอะไรที่จะต้องนำมาพิจารณาและทบทวนเพื่อแก้ไขต่อไป

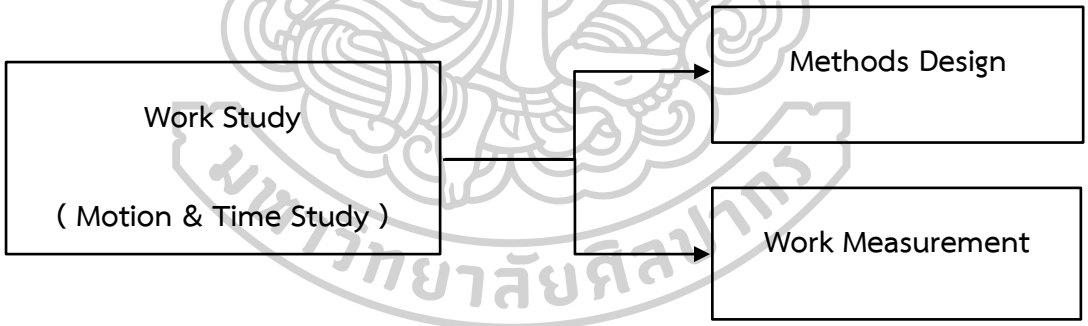
6) จัดทำมาตรฐานเพื่อนำไปปฏิบัติ เป็นการนำผลการประเมินมาพัฒนาแผนงานใหม่อีกครั้ง โดยนำขั้นตอนการปฏิบัติงานที่มีผลการประเมินว่าควรปรับปรุงหรือสามารถพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นได้มาสังเคราะห์รูปแบบการดำเนินการใหม่ที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการในครั้งต่อไป การทำกิจกรรมการปรับปรุงงานอย่างต่อเนื่องตามแบบ PDCA ไม่จำเป็นต้องทำให้เสร็จสิ้นทั้ง 6 ขั้นตอนก่อนหากมีปัญหาติดขัดในขั้นตอนใดสามารถย้อนไปทำในขั้นตอนใดก็ได้ตามต้องการ [10]

ทัศนคติที่พึงประสงค์ต่อความสำเร็จของไคเซ็น ประกอบด้วย การละทิ้งความคิดเก่า ๆ ที่ว่าไม่สามารถทำให้เกิดขึ้นได้ และคิดใหม่ว่าทุกอย่างสามารถทำให้เกิดขึ้นได้ การคิดว่าจะทำอย่างไรด้วยวิธีการใหม่ ๆ เพื่อให้งานสำเร็จ อย่ายอมรับคำแก้ตัว ไม่ต้องแสวงหาความสมบูรณ์แบบของการปรับปรุงงานก่อนลงมือทำ แก้ไขข้อผิดพลาดทันทีที่พบโดยไม่รีรอ ไม่จำเป็นต้องใช้เงินหรือทรัพยากรมากมายเพื่อทำการปรับปรุง สร้างความคิดว่าปัญหาช่วยให้มีโอกาสได้ฝึกฝนสมองมากขึ้น ดังนั้นจงวิ่ง

เข้าหาปัญหาเพื่อทำการแก้ไข ตั้งคำถามว่า “ทำไม” อย่างน้อย 5 ครั้ง กระทั่งพบรากของปัญหา (Root Cause) ความคิดของคนสิบคนย่อมดีกว่าความคิดของคนคนเดียว และคิดว่าการปรับปรุงให้ดีขึ้นนั้น ไม่มีจุดสิ้นสุดหรือไม่มีจุดจบ [11]

2.5 การศึกษางาน (Work Study)

การศึกษางาน (Work Study) หรือชื่อเรียกแบบเดิมว่า การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and Time Study) ซึ่งมีความหมายเดียวกัน กล่าวคือ การศึกษาการเคลื่อนไหว เป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นพนักงานปฏิบัติงาน เครื่องมือและเครื่องจักร รวมทั้งการจัดผังในการปฏิบัติงานนั้น ๆ ส่วนการศึกษาเวลา เป็นการคำนวณหาเวลาในการปฏิบัติงานโดยใช้เครื่องมือจับเวลาขณะทำงานจริง ซึ่งจะทำการคำนวณปรับเวลาในการปฏิบัติงาน โดยมีการให้ค่าเผื่อต่าง ๆ และให้อัตราความเร็วมาตรฐานตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้ภายใต้สภาพเงื่อนไขที่เหมาะสม ดังนั้นนิยามของการศึกษางาน เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อขจัดงานที่ไม่จำเป็นออก และสรรหาวิธีการทำงานที่ดีที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการปฏิบัติงานนั้น ๆ รวมไปถึงการปรับปรุงมาตรฐานของวิธีการทำงาน สภาพการทำงาน เครื่องมือต่าง ๆ และการฝึกคนงานให้ทำงานด้วยวิธีที่ถูกต้อง รวมทั้งมีการกำหนดเวลามาตรฐานของงานด้วย ซึ่งองค์ประกอบของการศึกษางาน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 องค์ประกอบของการศึกษางาน (Work Study)

2.5.1 การศึกษาวิธีการ (Methods Design) หรือการศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study) โดยเป็นการศึกษาและวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน แล้วหาแนวทางในการปรับปรุงวิธีการทำงานหรือออกแบบวิธีการทำงานใหม่ เพื่อการทำงานได้ง่ายขึ้น และกำหนดเป็นมาตรฐานวิธีการทำงานที่ถูกต้อง ส่วนมากศึกษากระบวนการโดยอาศัยเครื่องมือที่สำคัญ คือ แผนภูมิ ที่ช่วยในการบันทึกข้อมูลได้อย่างละเอียดและกระชับ ซึ่งแผนภูมิที่ใช้งานมีหลายประเภทแตกต่างกันออกไปตามเฉพาะงาน

โดยแผนภูมิที่ดีจะทำให้สามารถวิเคราะห์กระบวนการได้อย่างชัดเจนตั้งแต่ต้นจนจบ ดังนั้น การเลือกแผนภูมิไปใช้นั้นจึงควรทำความเข้าใจถึงลักษณะงานและข้อจำกัดของแผนภูมินั้น ๆ เพื่อการวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.2 การวัดงาน (Work Measurement) หรือการศึกษาเวลา (Time Study) คือ การกำหนดเวลามาตรฐานในการทำงานและกำหนดมาตรฐานในการผลิต ซึ่งข้อมูลในด้านของเวลาจะนำไปสู่การคำนวณหาผลผลิตมาตรฐานของโรงงานอุตสาหกรรม ที่นำไปใช้เพื่อการบริหารจัดการวางแผน ควบคุมกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเวลา คือ เครื่องวัดเวลา และปรับค่าตามการแปรเปลี่ยนจากเวลาปกติ โดยมีการเผื่อเวลาที่เหมาะสมสำหรับงานแทรกต่าง ๆ ความล่าช้าของเครื่องจักร การพักเหนื่อย และความต้องการส่วนบุคคล ควรพิจารณาถึงระยะเวลาในการเรียนรู้ของพนักงานด้วย ควรแบ่งงานที่ศึกษาออกเป็นงานย่อยซึ่งมีเนื้องานที่สม่ำเสมอกัน เพื่อความสะดวกในการศึกษางาน

2.5.2.1 ประเภทของการศึกษาเวลา แบ่งออกเป็น 4 วิธี

1. Direct Time Study คือ การศึกษาเวลาโดยใช้เครื่องมือจับเวลาโดยตรงจากการทำงานของคนงานอาจมีการใช้กล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหวเข้ามาช่วย

2. Predetermined Motion-Time System คือ การหาเวลาโดยใช้ตารางมาตรฐานกำหนดเวลาต่าง ๆ ตามวิธีที่มีผู้คิดค้นขึ้น เช่น

2.1 Motion Time Analysis (MTA)

2.2 Body Member Movements

2.3 Motion-time Data for Assembly Work

2.4 The Work-factor System

2.5 Elemental Time Standard for Basic Manual Work

2.6 Methods-time Measurement (MTM)

2.7 Basic Motion-time Study (BMT)

2.8 Dimensional Motion Time (DMT)

2.9 Predetermined Human Work Times

2.10 Master Standard Data (MSD)

3. Work Sampling คือ การศึกษาเวลา โดยอาศัยหลักการสุ่มตัวอย่างเชิงสถิติในการหาสัดส่วนของการทำงานและกิจกรรมอื่น ๆ

4. Standard Data คือ การศึกษาเวลาโดยอาศัยข้อมูลจากอดีตและสูตร กราฟหรือตารางช่วยในการคำนวณหาเวลา

2.6 การศึกษาเวลาโดยตรง (Direct Time Study)

วิธีการศึกษามีหลายวิธีดังที่กล่าวมาข้างต้น แต่วิธีที่เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ วิธีการศึกษาเวลาโดยตรง ซึ่งมีเครื่องมือและขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้

2.6.1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่

1) เครื่องมือบันทึกเวลา ส่วนใหญ่จะใช้เป็นนาฬิกาจับเวลามีทั้งแบบเข็มและแบบตัวเลข

2) แผ่นสำหรับใช้รองเวลาบันทึกข้อมูล

3) แบบฟอร์มในการบันทึกข้อมูล (Time Study Observation Sheets) อาจแยกแบบฟอร์ม สำหรับบันทึกรายละเอียดต่าง ๆ

4) แบบฟอร์มสำหรับบันทึกรายละเอียดในการปฏิบัติงาน

5) แบบฟอร์มสำหรับใช้บันทึกเวลา

6) แบบฟอร์มสรุปการศึกษา

7) กล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหว ในกรณีช่วยในการบันทึกรายละเอียดของการทำงาน

8) เครื่องวัดรอบ (Tachometer) ในกรณีที่มีการจับเวลาของการทำงานของ เครื่องจักร จำเป็นต้องมีเครื่องวัดรอบไว้ตรวจสอบความเร็วเครื่องจักร

9) เครื่องคิดเลข

2.6.2 ขั้นตอนของการศึกษาเวลา มีรายละเอียด ดังนี้

1) ทำความเข้าใจกับคนงานและหัวหน้าคนงาน พร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดของงานที่ต้องการศึกษาเวลาโดยการอาศัยการจับเวลานั้น มักมีผลโดยตรงต่อคนงานทางด้านจิตใจ ทำให้เวลาที่ได้มักเร็วไปหรือช้าไปเสมอ ดังนั้นจึงควรทำความเข้าใจและอธิบายให้คนงานทราบถึงเหตุผลของการจับเวลาว่าต้องการศึกษาไปดูเวลาเฉลี่ยของการทำงานของเขา หัวหน้าคนงานจะช่วยได้มากในการอธิบายให้คนงานเข้าใจและดูว่างานที่ทำนั้นถูกต้องตามวิธีและความเร็วตามที่ต้องการ

2) แบ่งการปฏิบัติงานออกเป็นงานย่อย (Element) และเขียนบรรยายงานย่อยไว้ให้ละเอียด การแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นงานย่อย เพื่อความสะดวกในการจับเวลาและเพื่อความละเอียด นิยามของงานย่อย (Element) ในที่นี้ หมายถึง หน่วยย่อยของงาน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนและสามารถอธิบายและจับเวลาได้ ดังนั้นหน่วยงานย่อยนี้ ต้องไม่เล็กเกินไปหรือใหญ่เกินไปจนซับซ้อน หลักเกณฑ์ง่าย ๆ ในการแบ่งงานย่อย เพื่อจับเวลา มีดังนี้

- งานย่อยควรสั้นพอที่จะจับเวลาได้อย่างแม่นยำ โดยปกติแล้ว งานย่อยจะไม่สั้นกว่า 4 วินาที หรือ นานกว่า 35 วินาที

- งานย่อยทุกงาน ควรมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่แน่นอน เพื่อสะดวกแก่การแยกจับเวลา จุดที่งานย่อยหนึ่งสิ้นสุดและเริ่มงานย่อยต่อไป จะมีการแยกแยะอย่างเห็นได้ชัด (โดยมีสัญญาณหรือเสียงบอก)

- การจับเวลาของเครื่องจักรควรแยกออกจากการจับเวลาการทำงานของคนงาน เพราะเวลาการทำงานของเครื่องจักรคงที่ จึงสามารถตรวจสอบกับเวลาที่จับได้ว่าตรงกันหรือไม่ นอกจากนี้จุดสิ้นสุดของเวลาของเครื่องจักรคงที่ จึงมักจะเป็นจุดเริ่มต้นของงานย่อยต่อไปของคนงาน

- แยกงานย่อยของคนส่วนที่ทำขณะเครื่องจักรกำลังเดิน (Inside Work Element) ออกจากงานย่อยของคนงานที่ทำขณะเครื่องจักรหยุด (Outside Work Element)

- ควรแยก Cornstant Element ออกจาก Variable Work Element

Constant Element คือ หน่วยงานย่อย ซึ่งเวลาของการทำงานไม่ขึ้นกับขนาด น้ำหนัก ระยะทาง หรือรูปร่างของชิ้นงาน เวลาของมันจะคงที่และสามารถใช้กับการปฏิบัติงานอื่น ๆ ได้ มักเกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมเครื่องมือ การจัดชิ้นงานให้เข้าที่หรือเอาออกจากที่

Variable Element คือ หน่วยงานย่อย ซึ่งเวลาของการทำงานขึ้นกับขนาด รูปร่าง น้ำหนัก ระยะทางของการทำงาน ซึ่งต้องทำการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางสรีระของวัตถุ

Variable Element Time จะเปลี่ยนไปสำหรับงานแต่ละชิ้นต่างกัน จะต้องทำการศึกษาและเก็บข้อมูลให้ละเอียด ตัวอย่างเช่น การกลึงท่อนเหล็กบนเครื่องกลึง ระยะเวลาการหยิบท่อนเหล็กใส่บนเครื่องกลึงและเอาออกเมื่อเสร็จแล้วเป็น Constant Element ส่วนระยะเวลาในการกลึงขึ้นกับขนาดความยาวของท่อนเหล็ก ความเร็วและการป้อนของเครื่องกลึง จึงนับเป็น Variable Element

3) สังเกตและบันทึกเวลาการทำงานของคนงาน เพื่อความสะดวกในการคำนวณ การจับเวลาอาจกระทำได้ 2 วิธี คือ

- การบันทึกเวลาแบบต่อเนื่อง (Continuous Timing) คือ การจับเวลาแบบติดต่อกันโดยไม่หยุด กล่าวคือ เริ่มจับเวลาตั้งแต่ 0 เมื่อเริ่มงานย่อยแรกและเวลาของงานย่อยต่อ ๆ ไป ก็ดูจากเข็มนาฬิกาจนจบวัฏจักร เวลาของงานย่อยที่แท้จริงจะได้จากเวลาเริ่มต้นของงานย่อยถัดไป ลบออกด้วยเวลาที่เริ่มต้นของมัน

- การบันทึกเวลาแบบย้อนกลับ (Repetitive timing หรือ Snapback timing) คือ การจับเวลาของแต่ละงานย่อย โดยเริ่มต้นที่ 0 ดังนั้นเวลาที่ได้ก็จะเป็นเวลาจริงของแต่ละงานย่อยโดยไม่ต้องหักออก วิธีนี้มีประโยชน์ คือ คนจับเวลาสามารถหักความล่าช้าหรือ Motion ที่ผิดพลาดไปได้และไม่ต้องเสียเวลามาคำนวณเวลาจริงของแต่ละงานย่อย นอกจากนี้ยังมีวิธี Accumulating Timing ซึ่ง

คล้ายกับวิธีที่ 2 เพียงแต่ใช้นาฬิกา 2 หรือ 3 เรือนช่วย โดยทั้ง 2 เรือนนี้มีกลไกที่เชื่อมโยงถึงกัน ในลักษณะที่ถ้าเรือนที่ 1 เริ่มเดินอีกเรือนจะหยุด ถ้าเรือนที่ 2 เริ่ม แล้วเรือนที่ 1 จะหยุด ดังนั้นทำให้เราอ่านเวลาของงานย่อยแต่ละอันได้ โดยไม่ต้องเสียเวลาในการกดนาฬิกาให้กลับไปที่ 0 ใหม่และเมื่อบันทึกเวลาเสร็จแล้ว จึงกดให้เพิ่มกลับไปที่ศูนย์ ข้อสังเกตการบันทึกเวลาที่ถูกต้อง ควรบันทึกเหตุการณ์ทุกอย่างที่เกิดขึ้น เช่น ในการห่อ Hamburger ต้องมีการทำความสะอาดโต๊ะทุก ๆ 30 นาที ต้องเดินไปหยิบกระดาษห่อใหม่ทุก 1 ชั่วโมง เป็นต้น

4) คำนวณหาจำนวนเที่ยวที่เหมาะสมในการจับเวลา

5) ตรวจดูว่าได้จับเวลาตามจำนวนรอบที่ต้องการแล้ว

6) คำนวณหาเวลาเผื่อ (Allowances Time)

7) คำนวณหาเวลามาตรฐานของงาน (Standard Time)

2.7 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

แผนภูมิกระบวนการไหลเป็นแผนภูมิอีกแบบหนึ่งที่มีนิยมใช้มากที่สุด แผนภูมินี้ใช้วิเคราะห์ขั้นตอนการไหลของวัตถุดิบ ชิ้นส่วน พนักงาน และอุปกรณ์ที่เคลื่อนไหวในกระบวนการพร้อม ๆ กับกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยแสดงเป็นสัญลักษณ์และคำบรรยายประกอบลงในแผนภูมิกระบวนการไหล ดังรูปที่ 3 และการวิเคราะห์แผนภูมิการไหลนี้ใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 ตัว ซึ่งกำหนดโดย The American society of mechanical engineers (ASME) ในสหรัฐอเมริกา ดังนี้

ตารางที่ 3 สัญลักษณ์มาตรฐาน Flow Process Chart (ASME)

สัญลักษณ์	ชื่อเรียก	ความหมายโดยย่อ
○	Operation การปฏิบัติงาน	■ การประกอบชิ้นส่วน หรือการถอดส่วนประกอบออก ■ การเตรียมวัตถุเพื่องานขั้นต่อไป ■ การวางแผน การคำนวณ การให้คำสั่ง หรือการรับคำสั่ง
⇨	Transportation การเคลื่อน	■ การเคลื่อนย้ายวัตถุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ■ พนักงานกำลังเดิน
□	Inspection การตรวจสอบ	■ การตรวจสอบลักษณะของวัตถุ ■ การตรวจสอบคุณภาพหรือปริมาณ
D	Delay การรอคอย	■ การเก็บวัสดุชั่วคราวระหว่างการปฏิบัติงาน ■ การคอยเพื่อให้งานขั้นต่อไปเริ่มต้น
▽	Storage การเก็บ	■ การเก็บดูแลชิ้นงานอย่างถาวร ซึ่งการเบิกจ่าย ควรมีคำสั่ง

2.7.1 แนวทางการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล

1) กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ให้ชัดเจน เช่น ต้องการศึกษาเพื่อลดปริมาณการเคลื่อนย้ายหรือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เป็นต้น

2) ชี้บ่งกระบวนการที่ต้องการศึกษาพร้อมทั้งรายละเอียดของกระบวนการ ได้แก่ ชื่อกระบวนการ ชื่อผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนที่ผลิต เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกระบวนการที่ต้องการวิเคราะห์

3) กำหนดว่าเป็นการวิเคราะห์การไหลของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ดังนี้

3.1) ผลิตภัณฑ์ : การเคลื่อนย้ายของชิ้นส่วนวัตถุดิบเข้าสู่สายการผลิตจนประกอบเสร็จเป็นผลิตภัณฑ์

3.2) พนักงาน : การปฏิบัติงานของพนักงานคนหนึ่งในการทำงาน เคลื่อนย้ายสิ่งของรวมไปถึงการเดิน

3.3) เครื่องมือหรืออุปกรณ์ : การโยกย้ายของเครื่องมือหรือการใช้งานของอุปกรณ์

4) เริ่มวิเคราะห์จากจุดเริ่มต้นของการไหล บันทึกงานตามที่เกิดขึ้นจริงโดยใช้สัญลักษณ์กำกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นอย่างละเอียดทุกขั้นตอน พร้อมทั้งคำบรรยายสั้น ๆ ถึงลักษณะงานที่เกิดขึ้น หากมีขั้นตอนใดที่มีการทำกิจกรรมเกิดขึ้นพร้อมกันให้ใช้สัญลักษณ์ควบ

5) เก็บข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง เช่น ระยะทางที่เคลื่อนไป ปริมาณในการขนย้าย ระยะเวลาในการรอคอย เป็นต้น

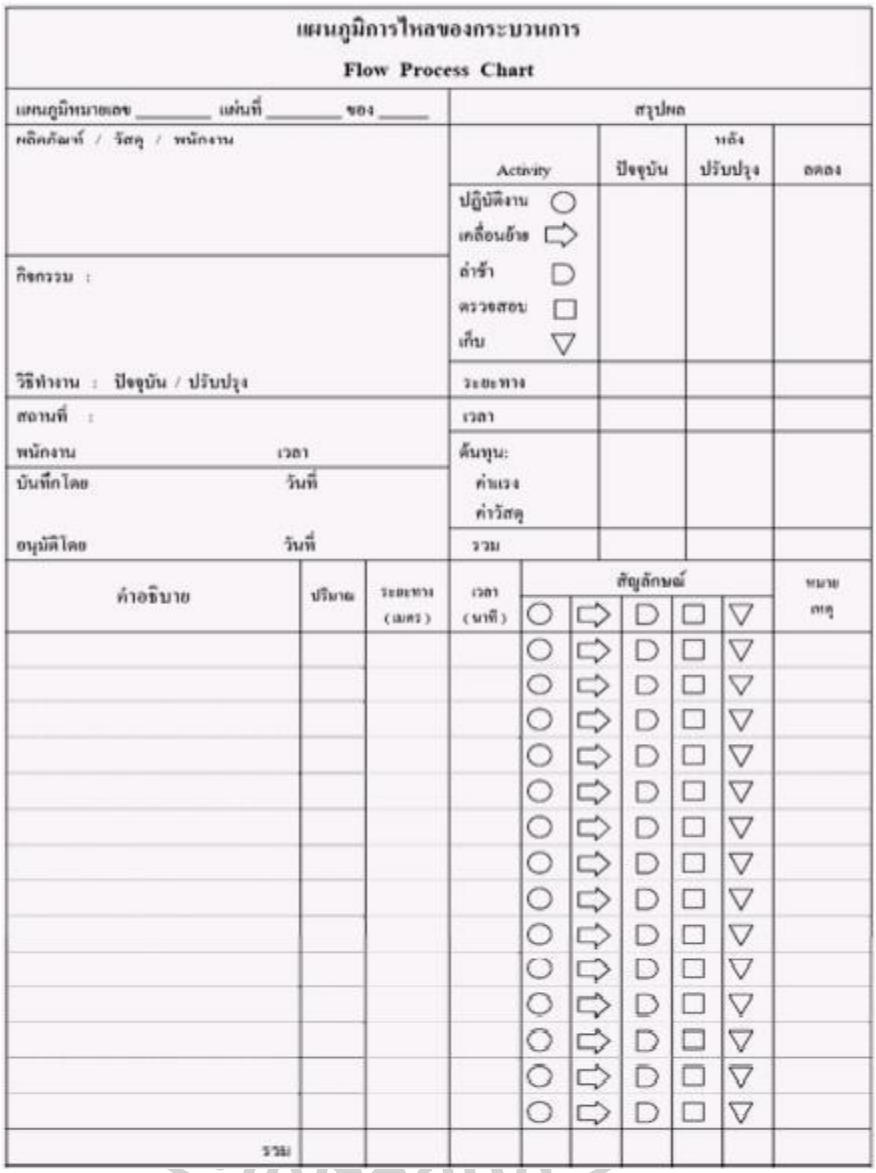
6) โยงเส้นระหว่างสัญลักษณ์จากบนลงล่าง

7) สรุปขั้นตอนการปฏิบัติงานลงในตารางสรุปผล

ในการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหล ควรมีการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนย้ายลงในแผนภาพการไหล (Flow diagram) เพื่อดูควบคู่กัน จึงจะเห็นภาพสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.7.2 ประโยชน์ใช้งานของแผนภูมิกระบวนการไหล

แผนภูมิกระบวนการไหล เป็นแผนภูมิที่มีความสำคัญมากที่สุด เป็นการวิเคราะห์รายละเอียดของการทำงานตั้งแต่ต้นจนจบที่ใช้สัญลักษณ์มาตรฐานเข้ามาเกี่ยวข้อง มีรายละเอียดของข้อมูลมากพอที่จะใช้วิเคราะห์กระบวนการและเพื่อการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ซึ่งเป็นแผนภูมิที่จำแนกกิจกรรมต่าง ๆ ออกจากกันเป็น 5 ประเภท โดยเริ่มจากกิจกรรมที่มีมูลค่าเพิ่ม ได้แก่ การปฏิบัติงาน ไปจนถึงกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าอันได้แก่ การรอคอยและการเก็บ แยกแยะกิจกรรมของพนักงานออกจากกิจกรรมที่ทำบนผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถมองเห็นจุดเน้นในการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน เมื่อใช้ควบคู่ไปกับแผนภาพการไหล จะช่วยชี้ชัดให้เห็นการรอคอยและระยะทางการเคลื่อนย้าย ทั้งนี้สามารถใช้แผนภูมิเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบแสดงผลก่อนและหลังปรับปรุงได้



แผนภูมิการไหลของกระบวนการ

Flow Process Chart

แผนภูมิหมายเลข _____ แผ่นที่ _____ ของ _____			สรุปผล		
ผลิตภัณฑ์ / วัสดุ / พนักงาน			Activity	ปัจจุบัน	หลังปรับปรุง	ผลต่าง
			ปฏิบัติงาน ○			
			เคลื่อนย้าย ⇨			
กิจกรรม :			ล่าช้า D			
			ตรวจสอบ □			
			เก็บ ▽			
วิธีทำงาน : ปัจจุบัน / ปรับปรุง			ระยะทาง			
สถานที่ :			เวลา			
พนักงาน เวลา			ต้นทุน:			
บันทึกโดย วันที่			ค่าแรง			
			ค่าวัสดุ			
อนุมัติโดย วันที่			รวม			

คำอธิบาย	ปริมาณ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)	สัญลักษณ์ ○	⇨	D	□	▽	หมายเหตุ
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
				○	⇨	D	□	▽	
รวม									

รูปที่ 3 ตัวอย่างแบบฟอร์มการวิเคราะห์แผนภูมิการไหล

2.8 การกำหนดจำนวนรอบของการปฏิบัติงานที่ต้องจับเวลา

การศึกษาเวลาการทำงานในการปรับตั้งเครื่องจักร เป็นการจับเวลาโดยใช้นาฬิกาจับเวลา ซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างรูปแบบหนึ่งที่มีความต่อเนื่อง ข้อมูลอาจจะมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความแปรปรวนของงาน ความเร็วของพนักงานในการทำงาน และอาจมีงานย่อยแปลกปลอม (Foreign Element) อื่น ๆ รวมอยู่ด้วย ดังนั้น การหาจำนวนรอบในการจับเวลาที่เหมาะสมจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งการคำนวณหาจำนวนรอบการจับเวลานั้น ขึ้นกับเวลาและความแม่นยำที่ต้องการ แต่ทุกวิธีต้องอาศัยข้อมูลเบื้องต้นจำนวนหนึ่งในการหาค่าประมาณการของค่าตัวแทน (Representative Time) และค่าความคลาดเคลื่อน เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ สูตรการคำนวณจึง

แปรเปลี่ยนไปตามขนาดของข้อมูลเบื้องต้นที่นำมาใช้ ซึ่งสูตรที่จะใช้คำนวณเมื่อขนาดของข้อมูลเบื้องต้นมีมากกว่า 30 ข้อมูล และลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งสามารถหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการจับเวลาได้ดังสมการที่ (1) ที่ระดับความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ± 5% และระดับความเชื่อมั่น 95% [12]

$$N = \left[40 \frac{\sqrt{n \sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}}{\sum_{i=1}^{n} x_i} \right] \quad (1)$$

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุญสิน นาตอนตู่ ได้ทำการศึกษาการลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก กรณีศึกษาอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ จากการศึกษาพบว่าการปรับตั้งแม่พิมพ์สำหรับการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แต่ละรุ่นใช้เวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์นานเกินกว่าเวลาที่บริษัทกำหนด ทำให้ไม่สามารถผลิตชิ้นงานตามแผนที่กำหนดได้ ซึ่งทางผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการศึกษางานและเทคนิค SMED โดยการแยกงานปรับตั้งภายนอกจำนวน 10 ขั้นตอน ออกจากงานปรับตั้งภายในจำนวน 40 ขั้นตอน ออกแบบให้มีการทำงานแบบคู่ขนาน เตรียมความพร้อมของอุปกรณ์การติดตั้งแม่พิมพ์ล่วงหน้า และลดเวลาการทำงานในขั้นตอนการล้างเม็ดพลาสติกออกจากเครื่อง ผลจากการวิจัยพบว่าการปรับตั้งแม่พิมพ์หลังการปรับปรุงใช้เวลารวม 22.14 นาที ซึ่งสอดคล้องกับเวลาเป้าหมายที่บริษัทกำหนดไว้ 30 นาที และเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง 39.04 นาที ผลการปรับปรุงสามารถลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ได้ 16.50 นาที [13]

อรรถพล เสนาะเสียง ได้ทำการศึกษาวิธีการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรในสายการผลิตท่อส่งข้าว โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การทำงานของพนักงานและการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Single minute exchange of die, SMED) ซึ่งกระบวนการผลิตชิ้นส่วนท่อส่งข้าวมีทั้งหมด 3 รายการ คือ ท่อส่งข้าวเบอร์1, 2 และ 3 โดยมีสายการผลิตเดียวกันด้วยเครื่องจักร CNC เครื่องเดียวกัน ในการปรับตั้งเครื่องจักรใช้เวลานานถึง 1,171.6 นาที/ครั้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการผลิตและการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อศึกษาข้อมูลวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักร ดังนี้ 1) แยกงานนอก-งานในด้วยเทคนิค SMED 2) เปลี่ยนวิธีการถอดและติดตั้งเครื่องมือจากด้านหน้าเป็นด้านหลังเครื่อง 3) ออกแบบการ ล็อกตำแหน่งจิ๊กให้ง่ายต่อการติดตั้ง จากวิธีการปรับปรุงข้างต้น ทำให้สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรเหลือ 609.2 นาที/ครั้ง ลดลงจากเดิม 562.3 นาที/ครั้ง คิดเป็น 48.0% ทั้งนี้ทำให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยของการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 85.3% เป็น 92.3% [14]

ชาณิดา พิทยานนท์ และปริญญา พิฒนวสันต์พร ได้ทำการศึกษาวิธีการลดเวลาการเปลี่ยนลูกกลิ้งและปรับตั้งเครื่องรีดพลาสติกแผ่นด้วยเทคนิค SMED จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่าในโรงงานแห่งนี้มีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายขนาดและลวดลาย ทำให้ต้องมีการตั้งค่าและเปลี่ยนลูกกลิ้งให้มีขนาดตามกำหนดการผลิตของโรงงาน โดยในหนึ่งวันทำงานซึ่งแบ่งการทำงานเป็น 2 กะ มีการปรับเปลี่ยนการตั้งค่าของเครื่องรีดแผ่นพลาสติกเป็นจำนวน 12 ครั้งต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 46% ของเวลาทำงานทั้งหมด ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของความสูญเปล่าขั้นต้นด้วยแผนภูมิก้างปลา พบว่ามาจากกระบวนการทำงานของพนักงาน จึงทำการศึกษาขั้นตอนการทำงานด้วยแผนภูมิการไหลและทำการจับเวลาการทำงานของพนักงานทั้ง 2 กะ จากนั้นนำเทคนิค SMED มาเพื่อวิเคราะห์งานและจัดการความสูญเสียเบื้องต้นของงาน โดยการปรับปรุงในครั้งนี้สามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่องรีดพลาสติกแผ่นจาก 46 นาทีต่อครั้ง เหลือเพียง 38 นาทีต่อครั้ง หรือลดลงเท่ากับ 17.39% ของเวลาทำงานทั้งหมด [15]

ธนัฐพงษ์ บุญสุวรรณโน ได้ทำการศึกษาการลดเวลาการติดตั้งแม่พิมพ์ของงานฉีดพลาสติกในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ โดยการนำเอาเทคนิค SMED (Single Minute Exchange of Die) และ ECRS มาเป็นแนวทางการในการปรับปรุงกระบวนการติดตั้งแม่พิมพ์ ซึ่งจากสภาพของปัญหาในปัจจุบันในการติดตั้งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแต่ละครั้งนั้น ใช้เวลาค่อนข้างมาก ทำให้มีการสูญเสียเวลาที่ทำการผลิต เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นการทำงานแล้วพบว่าเสียเวลาในการติดตั้งแม่พิมพ์ ประมาณ 20% ต่อการทำงาน 1 กะ (1 วัน ทำงาน 2 กะหรือ 12 ชม.) ซึ่งหากลดเวลาการติดตั้งแม่พิมพ์ลง ก็จะสามารถเพิ่มเวลาการทำงานได้เพิ่มมากขึ้น [16]

วัชรากร อรุณวิราม และบุญชัย แซ่สิ้ว ได้ทำการศึกษาการลดเวลาสูญเปล่าและของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง (7QC Tools) และเทคนิคของการปรับตั้งค่าเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Single Minutes Exchange of Die: SMED) จากการศึกษาพบว่า กระบวนการผลิตของโรงงานมีความสูญเปล่าที่เกิดจากการปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้เวลานานและมีของเสียจำนวนมาก จึงนำเครื่องมือมาใช้ในการวิเคราะห์ด้านคุณภาพ ได้แก่ แผนภูมิพาเรโต ผังแสดงเหตุและผล แผนภูมิควบคุม โดยวิเคราะห์ตั้งแต่การติดตั้งแม่พิมพ์ไปจนถึงผลิตจนครบจำนวนการสั่งผลิต พบว่าการปรับตั้งเครื่องจักรส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน ขั้นตอนการปรับปรุงจึงแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้จริงในขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักร เพื่อจำแนกขั้นตอนการทำงานของพนักงานออกเป็นงานภายในและงานภายนอก จากนั้นเปลี่ยนงานภายในเป็นงานภายนอกด้วยเทคนิค SMED เพื่อลดขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรและกำหนดมาตรการแก้ไขเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตดังนี้ คือ การปรับปรุงการควบคุมตัวทำความร้อนของเครื่องจักรให้สามารถควบคุมได้แบบตัวต่อตัวรวมถึงปรับปรุงอุปกรณ์ควบคุม

ปรับตั้งค่าแรงดันลมให้มีความชัดเจน กำหนดมาตรฐานการทำงานและปรับตั้งเครื่องจักรของพนักงานแบบคู่ขนาน หลังการปรับปรุงพบว่าสัดส่วนของเสียเหลือ 1.68% สามารถลดระยะเวลาและขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรลง 6 ขั้นตอน โดยลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรจากเดิม 345 นาที เหลือ 281 นาทีต่อครั้งต่อการผลิต 1,000 ชิ้น [17]

ยุทธณรงค์ จงจันทร์ และคณะ ได้ทำการศึกษาสายการผลิตกระบวนการประกอบชุดจับยึดที่นั่งรถยนต์ เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้ได้ตามเป้าหมายที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีเวลาที่ไม่จำเป็นเกิดขึ้นในการผลิตจึงพยายามลดรอบเวลาในการผลิตลงให้แต่ละสถานีงานมีเวลาสัมพันธ์กัน ซึ่งทำการศึกษาและวิเคราะห์ด้วยหลักการจัดสมดุลสายการผลิต หลักการศึกษาการทำงาน การเคลื่อนไหวของทั้งพนักงานและหุ่นยนต์ นอกจากนี้ยังศึกษารอบเวลาของแต่ละขั้นตอนการผลิตและการวางผังการผลิตอีกด้วย จากนั้นคำนวณค่า Takt Time ได้เท่ากับ 74.07 วินาทีต่อหุ่นยนต์ 1 ตัว ซึ่งสถานีที่ 2 มีรอบเวลาการผลิตเกินค่า Takt Time จึงปรับปรุงด้วยเทคนิค ECRS และออกแบบอุปกรณ์จับยึดพร้อมเพิ่มหุ่นยนต์ช่วยทำงานอีก 1 ตัว ทำให้สามารถลดรอบเวลาการผลิตรวมได้ 9.02% ลดชั่วโมงการทำงานนอกเวลาได้ และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ 669 ชิ้นต่อวัน [18]

อำนาจ อมฤก และศิลปชัย วัฒนเสย ได้ทำการศึกษากระบวนการปั๊มขึ้นรูปโลหะในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและลดขั้นตอนการทำงานให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา โดยใช้หลักวิศวกรรมคอนเคอร์เร็นท์และเทคนิคอีซีอาร์เอสในการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและทำการปรับปรุงงานโดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบแม่พิมพ์และกระบวนการผลิต ซึ่งปัญหาที่พบคือ มีขั้นตอนการทำงานมาก จึงใช้แนวคิดในการลดขั้นตอนการทำงาน (Eliminate, E) ให้น้อยลง รวมทั้งลดขั้นตอนการผลิตและจำนวนคนลงด้วย นอกจากนี้ในขั้นตอนการผลิตที่เหมือนกันทำการยุบรวม (Combine, C) ให้เหลือในแม่พิมพ์เดียวกัน โดยการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ใหม่ เพื่อลดการใช้แม่พิมพ์และเครื่องปั๊มโลหะ ทำให้สามารถลดขั้นตอนการทำงานได้ 3 ขั้นตอน และลดทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตลงได้ [19]

Rosa C., Silva F.J.G., Pinto Ferreira L. และ Campilho R. ได้ทำการศึกษาการลดเวลาปรับตั้งค่าของสายการประกอบลวดสลิง (Steel Wire-Rope) ในอุตสาหกรรมยานยนต์ด้วยหลักการ SMED โดยมีกรณีศึกษาในส่วนของการผลิตสายเคเบิลซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณเพื่อสั่งการต่างๆ เช่น เปิดประตู เลื่อนหน้าต่างขึ้น-ลง เลื่อนปรับเบาะที่นั่งในรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งรถยนต์แต่ละยี่ห้อและแต่ละรุ่นจะมีสายเคเบิลถูกฝังอยู่ต่างกัน ทำให้สายเคเบิลมีความหลากหลายมากส่งผลต่อการผลิต ดังนั้นในแต่ละสายการประกอบจะมีการผลิตชนิดสายเคเบิลต่าง ๆจึงจำเป็นที่จะลดเวลาในการตั้งค่า ซึ่งเป็นอีกทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพของทรัพยากรได้ โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความ

สูญเสียที่เกิดขึ้นจริงจากการเปลี่ยนแปลงเครื่องมือและนำเสนอแนวทางการพัฒนาของสายการประกอบที่ได้รับมอบหมายให้เป็นโครงการนำร่องในการดำเนินการตามหลักการ SMED เสริมด้วยเครื่องมืออื่น ๆ ตามหลักการแบบลีนที่ช่วยให้มีการปรับปรุงงานได้อย่างยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น 5ส. การจัดการด้วยภาพ การสร้างมาตรฐานในการทำงาน เป็นต้น จากการแก้ไขและปรับปรุงงานพบว่าสามารถลดเวลาที่ใช้ไปในการตั้งค่าได้ 58.3 % ต่อสัปดาห์ ซึ่งช่วยเพิ่มความพร้อมในสายการประกอบตลอดจนทำให้กำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นด้วย [20]

Mashitah M.E., Nor Azian A.R. และ Maizurah J. ได้ทำการศึกษาการลดเวลาติดตั้งในสายการประกอบกรณีศึกษาบริษัทผลิตยานยนต์ในประเทศมาเลเซีย โดยใช้ระบบการผลิตแบบลีนที่เป็นวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาปัญหาพบว่าบริษัทใช้เวลาในการติดตั้งสูงถือเป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้น จึงมุ่งเน้นปรับปรุงเวลาในการปฏิบัติงานโดยลดเวลาในการติดตั้งทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการติดตั้งและเน้นการปฏิบัติงานที่สามารถลดเวลาลงในการติดตั้งได้ โดยสังเกตและสัมภาษณ์เพื่อทำความเข้าใจกระบวนการประกอบทั้งหมด จากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถระบุ 3 ปัจจัยที่ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการติดตั้งสูง ได้แก่ วิธีการ คนงานและเครื่องจักร ซึ่งนำเทคนิค SMED และการสร้างมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (SOP) มาใช้ในการปรับปรุงเพื่อลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้ง หลังจากปรับปรุงงานพบว่าสามารถลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งต่อครั้งเหลือเพียง 25 นาที จากเดิม 45 นาที [21]

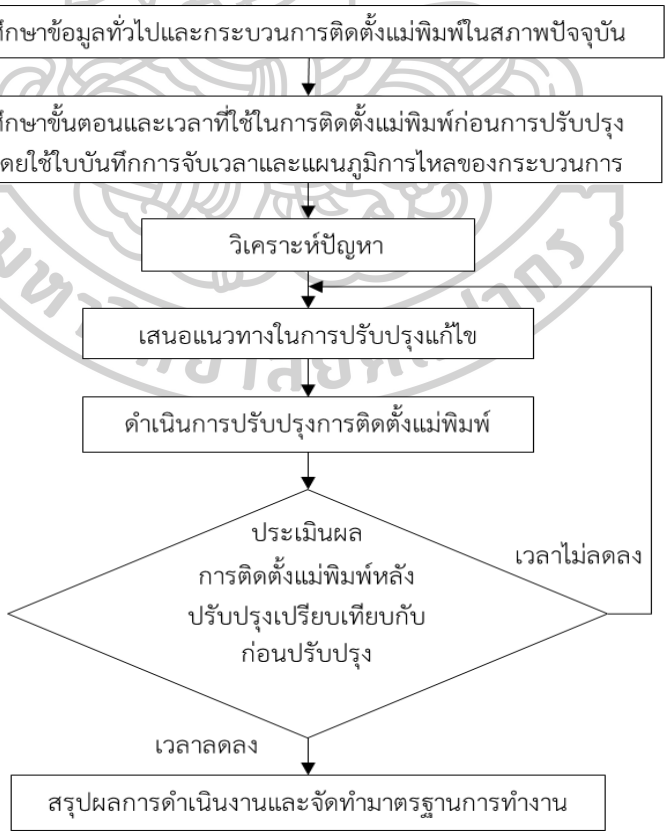
Karam A., Liviu M., Cristina V. และ Radu H. ได้ทำการศึกษาการใช้เทคนิค SMED ร่วมกับเครื่องมือการผลิตแบบลีนเพื่อลดเวลาในการปรับเปลี่ยนของเครื่องบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรมยา ซึ่งทุก ๆ อุตสาหกรรมมีความต้องการในการปรับปรุงพัฒนาในด้านคุณภาพ ผลิตภัณฑ์และความพึงพอใจของลูกค้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงผลลัพธ์ที่ประสบความสำเร็จหลังจากใช้เครื่องมือ SMED ในสายการผลิตของอุตสาหกรรมยาที่ประเทศโรมาเนีย เมื่อมีผลิตภัณฑ์ต่างกันทำให้ต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเครื่องบรรจุภัณฑ์ จึงนำเสนอความเป็นไปได้ที่จะลดเวลาการหยุดทำงานของเครื่องจักรโดยใช้เทคนิค Single Minute Exchange of Dies (SMED) ร่วมกับการใช้หลักการผลิตแบบลีน ผลที่ได้จากการปรับปรุงพบว่าเวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนในกระบวนการที่เป็นคอขวดลดลง 30% ใน 12 เดือน รวมถึงมีการปรับปรุงที่ดีขึ้นในด้านคุณภาพของกระบวนการ มาตรฐานการทำงานและการทำงานเป็นทีม [22]

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเวลาที่ใช้ในการติดตั้งแม่พิมพ์เมื่อมีการปรับเปลี่ยนรุ่นการผลิต เป็นการศึกษาเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยมีแนวทางในการดำเนินการวิจัย ดังรูปที่ 4 มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลทั่วไปและกระบวนการติดตั้งแม่พิมพ์ในสภาพปัจจุบัน
2. ศึกษาขั้นตอนและเวลาการติดตั้งแม่พิมพ์ก่อนการปรับปรุง
3. วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดประเด็นปัญหาที่จะปรับปรุงแก้ไข
4. เสนอแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข
5. ดำเนินการปรับปรุงการติดตั้งแม่พิมพ์
6. วิเคราะห์และประเมินผลการติดตั้งแม่พิมพ์หลังปรับปรุงเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุง
7. สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำมาตรฐานการทำงาน



รูปที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 สภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

การผลิตดิสก์เบรกของโรงงานกรณีศึกษามี 7 กระบวนการผลิตหลัก ได้แก่ กระบวนการผสมเคมี กระบวนการอัดขึ้นรูปเย็น กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนกระบวนการอบ กระบวนการฝนตกแต่ง กระบวนการพ่นสี และกระบวนการบรรจุ โดยมีกระบวนการการผลิตดิสก์เบรกรถยนต์ทั้งหมด ดังรูปที่ 11 ซึ่งกระบวนการผลิตที่เลือกมาศึกษา คือ กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน เนื่องจากมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิตบ่อยครั้งและใช้เวลานานที่สุด นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนและเงื่อนไขของการผลิตมากที่สุด กล่าวคือ จะต้องมีการปรับเปลี่ยนแม่พิมพ์ที่ใช้และแม่พิมพ์ที่ทำการปรับเปลี่ยนแล้วนั้นจะสามารถเริ่มทำการผลิตชิ้นงานได้ ก็ต่อเมื่อมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

3.1.1 กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน เป็นกระบวนการที่ให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน เพื่อให้วัตถุดิบเคมีชนิดต่าง ๆ ที่ผ่านกระบวนการผสมเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างกันขึ้นและใช้แรงอัดเพื่ออัดประกอบให้ชิ้นงานที่ผ่านการอัดขึ้นรูปเย็นยึดติดกับแผ่นเหล็ก ชิ้นงานที่ออกจากกระบวนการนี้จะเป็นดิสก์เบรกที่มีลักษณะรูปทรงตามแบบ Drawing ซึ่งใช้แม่พิมพ์และเครื่องพิมพ์ร้อนในการดำเนินการผลิต ดังรูปที่ 5 และมีเงื่อนไขในการผลิต คือ อุณหภูมิแม่พิมพ์ต้องอยู่ในช่วง 145-155 องศาเซลเซียส และชิ้นงานที่ได้จากครั้งแรกของแม่พิมพ์ที่ผ่านการเปลี่ยนรุ่นการผลิตต้องมีความหนาเท่ากับช่วงค่าที่กำหนดไว้เพื่อส่งต่อไปยังกระบวนการฝนต่อไป ทั้งนี้หากมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิตเวลาที่ใช้ตามที่บริษัทได้กำหนดไว้ควรมีค่าไม่เกิน 30 นาทีต่อครั้งในการปรับเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ให้พร้อมต่อรุ่นการผลิตในลำดับถัดไป

รูปที่ 5 เครื่องพิมพ์ร้อนประเภท Manual (ซ้าย) และเครื่องพิมพ์ร้อนประเภท Auto (ขวา)

1) เครื่องพิมพ์ร้อน มีจำนวน 11 เครื่อง แบ่งตามประเภทได้ดังตารางที่ 4

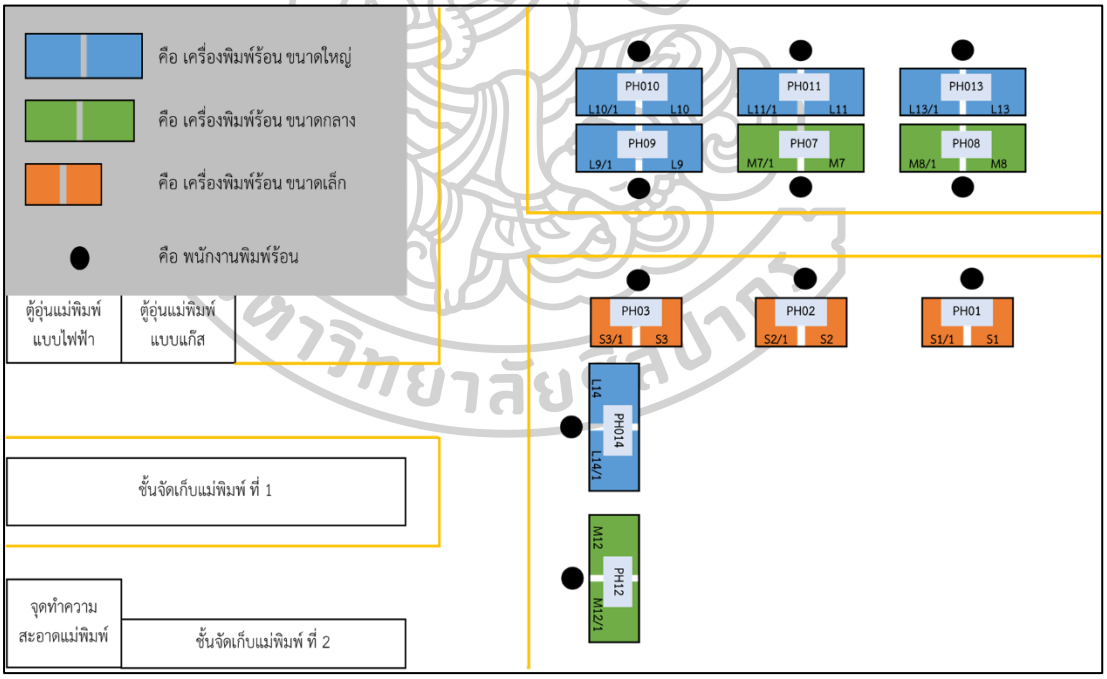
ตารางที่ 4 เครื่องพิมพ์ร้อนในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

ประเภท	ขนาด	รหัส
Manual	เล็ก	PH01 PH02 PH03
Auto	กลาง	PH07 PH08 PH012
	ใหญ่	PH09 PH10 PH011 PH013 PH014

2) แม่พิมพ์ มีจำนวน 439 แม่พิมพ์ แบ่งตามขนาดได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

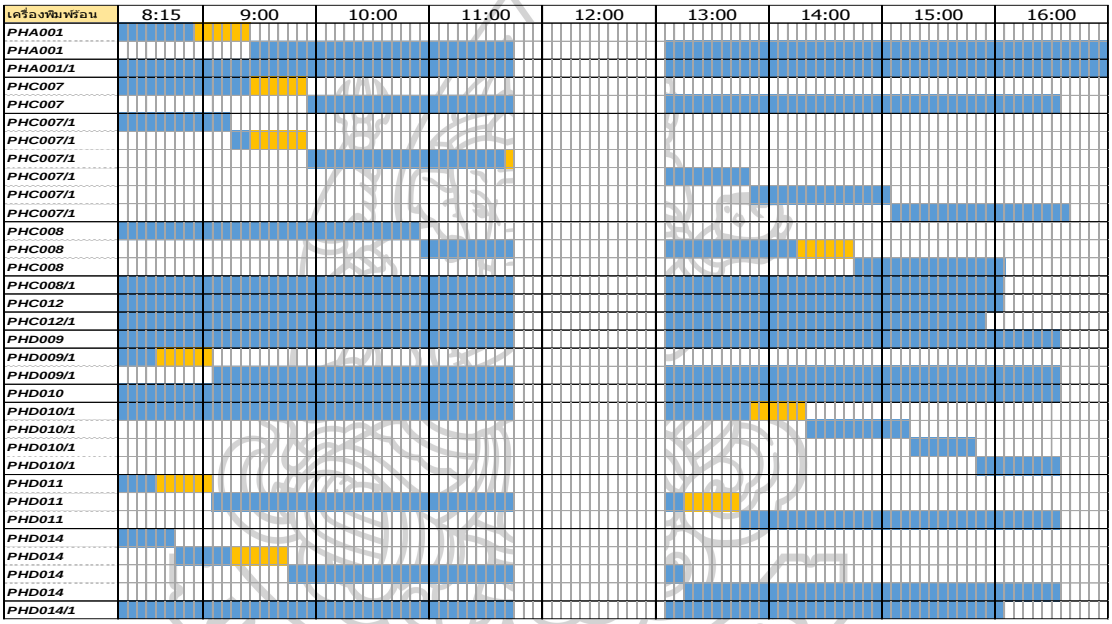
ขนาด	จำนวนชิ้นงาน/แม่พิมพ์	จำนวนแม่พิมพ์
เล็ก	2-6	156
ใหญ่	8-24	283



รูปที่ 6 แผนผังตำแหน่งเครื่องพิมพ์ร้อนในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

3.1.2 การเปลี่ยนรุ่นการผลิต

เครื่องพิมพ์ร้อนแต่ละเครื่องต้องมีการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์เมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิต โดยมีพนักงานจำนวน 2 คน และใช้รถยก (Forklift) 1 คันต่อการเปลี่ยนรุ่นการผลิต 1 ครั้ง ซึ่งมีแผนผังตำแหน่งเครื่องพิมพ์ร้อนดังรูปที่ 6 จากการศึกษาข้อมูลลำดับในการผลิตและคำนวณเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ทำให้ทราบเวลาที่จะทำการเปลี่ยนแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 7 โดยแถบสีส้ม หมายถึง เวลาที่เครื่องพิมพ์ร้อนหยุดทำงานเนื่องจากการเปลี่ยนแม่พิมพ์ และแถบสีฟ้า หมายถึง เวลาที่เครื่องพิมพ์ร้อนทำงาน พบว่าในช่วงเวลาเดียวกันมีการเปลี่ยนแม่พิมพ์มากกว่า 1 เครื่อง จึงทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ได้ทันที



รูปที่ 7 ตัวอย่างตารางเวลาการเปลี่ยนแม่พิมพ์ของการทำงาน 1 กะ

3.2 ศึกษาขั้นตอนและเวลาในการติดตั้งแม่พิมพ์ของเครื่องพิมพ์ร้อน

ขั้นตอนในการปรับตั้งแม่พิมพ์แบ่งออกได้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ การจัดเตรียมงาน การถอดแม่พิมพ์เก่าออก การขนย้ายแม่พิมพ์ การติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ และการตรวจสอบอุณหภูมิ ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 ขั้นตอนการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ในปัจจุบัน

ในขั้นตอนหลักของการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ในปัจจุบันจะมีขั้นตอนย่อยและเวลาที่ใช้ดังตารางที่ 8 และสามารถอธิบายรายละเอียดขั้นตอนหลักได้ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการจัดเตรียมงาน คือ นำแม่พิมพ์ที่จะใช้งานตามแผนการผลิตรายวันจากชั้นวางไปอุ่นในตู้อุ่น โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 170 องศาเซลเซียส

3.2.2 ขั้นตอนการถอดแม่พิมพ์เก่าออก เริ่มเมื่อผลิตชิ้นงานสุดท้ายของแม่พิมพ์นั้นเสร็จ พนักงานจะทำการถอดแม่พิมพ์ที่ใช้งานอยู่ออกโดยคลายอุปกรณ์จับยึด (Jig Fixture) ชั้นละ 2 ตัวที่แม่พิมพ์ชั้นบน (Punch) และแม่พิมพ์ชั้นล่าง (Die Support) จากนั้นปรับยกแท่นกระบอกสูบของเครื่องพิมพ์ร้อนขึ้น คลายโบลด์ (Bolt) ทางปีกซ้ายและปีกขวา ข้างละ 2 ตัว ที่อยู่ด้านบนของแท่นที่ทำให้แม่พิมพ์สามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้ คลายโบลต์ออกที่อุปกรณ์จับยึดแม่พิมพ์ (Clamp) ทั้งหมด 4 ตัวของแม่พิมพ์ชั้นกลาง (Compression Die) เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้

3.2.3 ขั้นตอนการขนย้ายแม่พิมพ์ เริ่มเมื่อพนักงานถอดแม่พิมพ์เก่าเสร็จ จะใช้รถยก (Forklift) ทำการขนย้ายแม่พิมพ์เก่าทั้ง 3 ชั้นไปวางไว้ที่จุดทำความสะอาด และรับแม่พิมพ์ใหม่ที่ต้องใช้งานในลำดับถัดไปจากตู้อุ่นแม่พิมพ์ไปที่เครื่องพิมพ์ร้อนที่ถอดแม่พิมพ์เก่าออกเรียบร้อยแล้ว

3.2.4 ขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ คือ นำแม่พิมพ์ใหม่วางบนแท่นของเครื่องพิมพ์ร้อน ปรับปีกด้านข้างทั้งซ้ายและขวาของเครื่องพิมพ์ร้อนให้พอดีที่จะติดตั้งแม่พิมพ์ จากนั้นจัดตำแหน่งแม่พิมพ์ให้ตรงช่องสำหรับยึดแม่พิมพ์โดยดูจากช่องยึดของแม่พิมพ์ชั้นล่าง ใส่อุปกรณ์จับยึดแม่พิมพ์ (Clamp) 4 ตัว เพื่อยึดประคองแม่พิมพ์ชั้นกลางไว้กับปีกข้างซ้ายและข้างขวาของเครื่องพิมพ์ร้อน ปรับแท่นกระบอกสูบลงมาให้พอดีกับแม่พิมพ์ชั้นบน ทำการขันยึดอุปกรณ์จับยึด (Jig Fixture) ชั้นละ 2 ตัวในแนวทแยงมุมที่แม่พิมพ์ชั้นบนและแม่พิมพ์ชั้นล่าง ปรับยกแท่นกระบอกสูบที่ติดกับแม่พิมพ์ชั้นบนขึ้นแล้วขันโบลด์ให้แน่นที่อุปกรณ์จับยึดแม่พิมพ์ชั้นกลางข้างละ 2 ตัว และโบลด์ตัวบนของแท่นข้างซ้ายและขวาของเครื่องพิมพ์ร้อนข้างละ 2 ตัว ต่อมาปรับยกแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นกลางขึ้น ปรับโบลด์ตัวล่างของแท่นข้างซ้ายและขวาของเครื่องพิมพ์ร้อนให้มีความสูงพอดีกับแม่พิมพ์ชั้นล่าง

3.2.5 ขั้นตอนการตรวจสอบอุณหภูมิ เมื่อพนักงานทีมเปลี่ยนแม่พิมพ์ทำการติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่เสร็จสิ้น จะต้องทำการตรวจวัดอุณหภูมิของแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นล่าง ซึ่งอุณหภูมิที่สามารถเริ่มทำการผลิตชิ้นงานได้จะต้องอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 145-155 องศาเซลเซียส หากค่าอุณหภูมิที่วัดได้สูงกว่าเกณฑ์พนักงานหน้าเครื่องจะทำการฉีดสเปรย์ซิลิโคนเพื่อลดอุณหภูมิลง แต่ถ้าค่าอุณหภูมิที่วัดได้ต่ำกว่าเกณฑ์พนักงานหน้าเครื่องจะต้องรออุณหภูมิขึ้นโดยได้รับความร้อนจากฮีตเตอร์ของเครื่องพิมพ์ร้อน

จากการศึกษาเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ของเครื่องพิมพ์ร้อน พบว่ามีเวลาที่สูญเสียไปกับการรอคอยอุณหภูมิให้ได้ตามเงื่อนไขในการผลิตของเครื่องพิมพ์ร้อนทั้งสองประเภท ซึ่งมี

การรอคอยอุณหภูมิสูงสุดถึง 2 ชั่วโมง และเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ของเครื่องพิมพ์ร้อนโดยเป็นเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตที่ไม่รวมเวลาในการรอคอยอุณหภูมิ ได้แก่ เครื่องพิมพ์ร้อนประเภท Manual ใช้เวลาประมาณ 16.39 นาที มากกว่าเครื่องพิมพ์ร้อนประเภท Auto ที่ใช้เวลาประมาณ 8.19 นาที เนื่องจากเครื่องพิมพ์ร้อน Manual มีขั้นตอนย่อยในการทำงานในการถอดเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ซับซ้อนกว่าเครื่องพิมพ์ร้อน Auto ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาขั้นตอนการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ของเครื่องพิมพ์ร้อนประเภท Manual

ตารางที่ 6 ขั้นตอนย่อยและเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง

ขั้นตอน		รายละเอียด	พนักงาน	เวลาเฉลี่ย (นาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ถอดแม่พิมพ์เก่าออก	1	คลาย Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและล่าง ชั้นละ 2 ตัว	A , B	0.62	0.07
	2	ปรับแท่นกระบอกสูบเครื่องพิมพ์ร้อนให้ยกขึ้น	A	0.28	0.03
	3	คลาย Bolt ตัวบนทางปีกซ้ายและปีกขวาข้างละ 2 ตัว	A , B	0.69	0.08
	4	คลายชุด Clamp ทั้งหมด 4 ตัวของแม่พิมพ์ชั้นกลาง	A , B	1.70	0.22
ขนย้ายแม่พิมพ์	5	พนักงานเดินไปเอารถที่จุดจอด	A	0.62	0.04
	6	รถรับแม่พิมพ์เก่าออกจากเครื่องพิมพ์ร้อน	A	0.70	0.03
	7	ลากแม่พิมพ์เก่าออกจากเครื่องพิมพ์ร้อน	A , B	0.16	0.02
	8	ขับรถไปวางแม่พิมพ์เก่าที่จุดทำความสะอาด	A	0.84	0.10
	9	ขับไปรับแม่พิมพ์ใหม่ที่ตู้อุ่นแม่พิมพ์	A	0.24	0.03
	10	ดูตารางเปลี่ยนแม่พิมพ์เพื่อนำแม่พิมพ์ใหม่ออกจากตู้อุ่น	A	0.51	0.07
	11	ใช้รถรับแม่พิมพ์ใหม่ที่ตู้อุ่นและไปที่เครื่องเดิม	A	1.48	0.03
	12	นำแม่พิมพ์ใหม่วางบนแท่นของเครื่องพิมพ์ร้อน	A , B	0.19	0.02

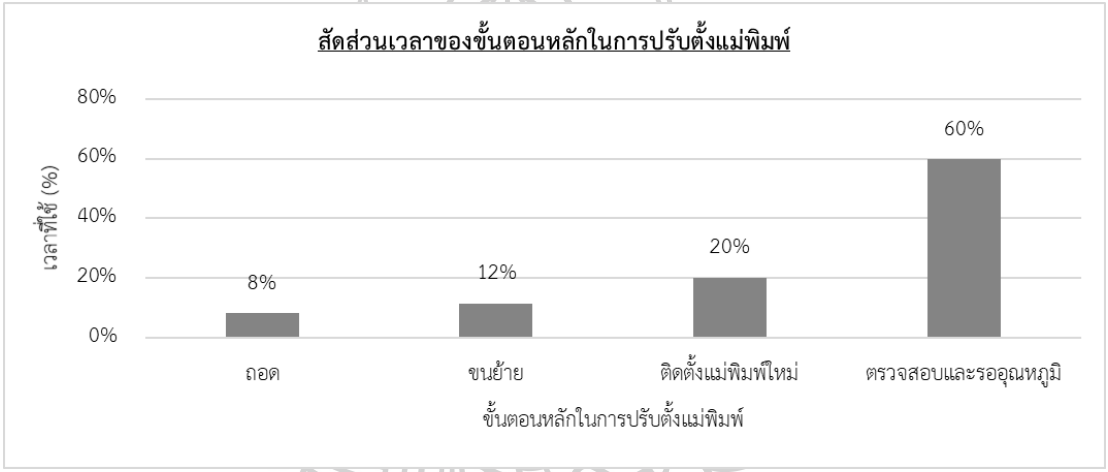
ตารางที่ 6 ขั้นตอนย่อยและเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ (ต่อ)

ขั้นตอน		รายละเอียด	พนักงาน	เวลาเฉลี่ย (นาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่	13	ปรับปีกด้านข้างทั้งซ้าย-ขวาของเครื่องพิมพ์ร้อนและจัดตำแหน่งJig แม่พิมพ์ให้พอดีกับ Jig ที่เครื่องพิมพ์ร้อน	A , B	1.63	0.23
	14	ใส่ชุด Clamp 4 ตัวของแม่พิมพ์ชั้นกลางยึดหลวมๆ ด้านซ้ายและขวา	A , B	1.40	0.14
	15	ปรับแท่นกระบอกสูบลงมาให้พอดีกับแม่พิมพ์ชั้นบน	A	0.33	0.03
	16	ติดตั้ง Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นล่างชั้นละ 2 ตัว	A , B	1.50	0.18
	17	ปรับยกแม่พิมพ์ชั้นบนขึ้นแล้วขันโบลด์ของชุด Clamp ที่แม่พิมพ์ชั้นกลางให้แน่นข้างละ 2 ตัว	A , B	1.18	0.05
	18	ขัน Bolt ตัวบนของแท่นปีกของเครื่องพิมพ์ร้อนให้แนบทั้ง 2 ข้างจำนวน 4 ตัว	A , B	1.04	0.11
	19	ปรับยกแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นกลางขึ้น ปรับโบลด์ตัวล่างของแท่นข้างซ้ายและขวาของเครื่องพิมพ์ร้อนให้มีความสูงพอดีกับแม่พิมพ์ชั้นล่าง	A , B	0.67	0.06
ตรวจสอบ	20	วัดอุณหภูมิแม่พิมพ์	A	0.61	0.08
	21	รออุณหภูมิให้ได้ตามเงื่อนไขการผลิต	-	23.00	12.81
เวลารวมเฉลี่ยในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์				**39.39**	**12.80**

3.3 วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดประเด็นที่จะแก้ไข

จากการศึกษาขั้นตอนและเวลาในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ก่อนการปรับปรุง โดยใช้กล้องถ่ายวิดีโอ ผู้วิจัยเริ่มจับเวลาตั้งแต่การผลิตชิ้นงานสุดท้ายออกมาจากแม่พิมพ์ของเครื่องพิมพ์ร้อนที่จะต้องทำการเปลี่ยนรุ่นการผลิตและสิ้นสุดการจับเวลาเมื่อเครื่องพิมพ์ร้อนที่ถูกเปลี่ยนและติดตั้ง

แม่พิมพ์ใหม่เสร็จสิ้นแล้วมีอุณหภูมิแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นล่างอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ ผลการศึกษารายละเอียดขั้นตอนและเวลาในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์ดังตารางที่ 9 พบว่ามีเวลารวมเฉลี่ยใน 4 ขั้นตอนหลักของการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์เท่ากับ 39.39 นาที ซึ่งเกินค่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนดไว้ คือ 30 นาที และสัดส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ไปในแต่ละขั้นตอนหลักกับเวลารวมทั้งหมดดังรูปที่ 9 ได้แก่ ขั้นตอนการถอดแม่พิมพ์เก่าออก 3.29 นาที คิดเป็นร้อยละ 8 ขั้นตอนการขนย้ายแม่พิมพ์ 4.74 นาที คิดเป็นร้อยละ 12 ขั้นตอนการติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่ 7.75 นาที คิดเป็นร้อยละ 20 และขั้นตอนการตรวจสอบและรออุณหภูมิ 23.61 นาที คิดเป็นร้อยละ 60 พบว่าเวลาที่ใช้ไปมากที่สุด คือ เวลาที่ใช้ไปในขั้นตอนการตรวจสอบและรออุณหภูมิ



รูปที่ 9 สัดส่วนเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการปรับตั้งแม่พิมพ์

จากนั้นทำการวิเคราะห์ตามแนวคิด SMED โดยทำการแยกประเภทขั้นตอนงานที่สามารถทำได้ขณะที่เครื่องพิมพ์ร้อนทำงาน (งานนอก) ออกจากขั้นตอนงานที่สามารถทำได้เมื่อเครื่องพิมพ์ร้อนหยุดเท่านั้น เพื่อวิเคราะห์หาขั้นตอนงานที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าขึ้นและสามารถหาแนวทางแก้ไขปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แยกประเภทขั้นตอนงานที่สามารถทำได้ขณะที่เครื่องพิมพ์ร้อนทำงาน (งานนอก) ออกจากขั้นตอนงานที่สามารถทำได้เมื่อเครื่องพิมพ์ร้อนหยุดเท่านั้น

ขั้นตอน	รายละเอียดในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์	ระยะทาง	เวลาเฉลี่ย (นาที)	
			งานนอก	งานใน
1-4	ถอดแม่พิมพ์เก่า	-	-	3.29
5	พนักงานเดินไปเอารถที่จุดจอด	19.30	0.62	-
6	ขับรถยกไปที่เครื่องพิมพ์ร้อน	19.30	0.70	-
7	ลากแม่พิมพ์เก่าออกจากเครื่องพิมพ์ร้อน	-	-	0.16
8	ขับรถไปวางแม่พิมพ์เก่าที่จุดทำความสะอาด	38.54	0.84	-
9	ขับไปรับแม่พิมพ์ใหม่ที่ตู้อุ่นแม่พิมพ์	33.04	0.24	-
10	ดูตารางเปลี่ยนแม่พิมพ์เพื่อนำแม่พิมพ์ใหม่ออกจากตู้อุ่น	-	0.51	-
11	ใช้รถรับแม่พิมพ์ใหม่ที่ตู้อุ่นและไปที่เครื่องเดิม	24.10	1.48	-
12	ลากแม่พิมพ์ใหม่ลงที่แท่นวางของเครื่องพิมพ์ร้อน	-	-	0.19
13-19	ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่	-	-	7.75
20-21	ตรวจสอบและรออุณหภูมิแม่พิมพ์	-	-	23.61
	รวม	134.28	**3.69**	**35.70**

ดังนั้นจึงนำข้อมูลที่ทำการศึกษาในเบื้องต้นและการทำงานของพนักงานจากหน้างานจริงมาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุต่าง ๆ ดังรูปที่ 10 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 ปัญหาที่เกิดจากคน (Man) คือ พนักงานมีทักษะและความชำนาญที่แตกต่างกัน ทำให้เมื่อมีขั้นตอนการทำงานถัดไปที่ต้องทำพร้อมกันไม่สามารถทำได้ต่อเนื่องทันที ส่งผลต่อเวลารวมที่ใช้นานขึ้นในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์

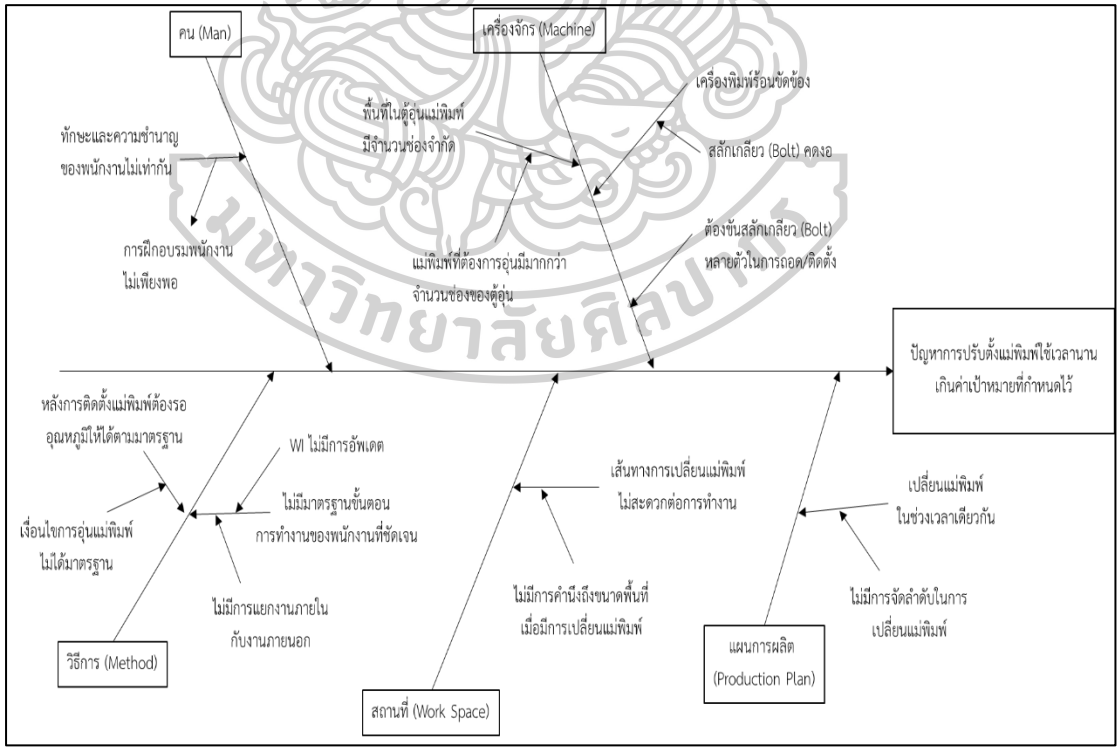
3.3.2 ปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine) ประกอบไปด้วยเครื่องพิมพ์ร้อนและตู้อุ่นแม่พิมพ์ ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ เครื่องพิมพ์ร้อนขัดข้องในส่วนที่ทำหน้าที่ให้แม่พิมพ์เคลื่อนที่ขึ้น

ลง ซึ่งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องและมีความเสียหายบ่อยครั้ง คือ สลักเกลียวมีลักษณะคดงอ ทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ นอกจากนี้การอุ่นแม่พิมพ์ที่เป็นงานภายนอกหรือเป็นการเตรียมงานไว้ล่วงหน้า ตู้อุ่นมีจำนวนพื้นที่ในการอุ่นแม่พิมพ์อย่างจำกัด ทำให้ยังมีแม่พิมพ์ที่ต้องใช้งานในรุ่นผลิตถัดไปต้องทำการอุ่นแม่พิมพ์จากตัวเครื่องพิมพ์ร้อนโดยตรง

3.3.3 ปัญหาที่เกิดจากวิธีการ (Method) คือ อุณหภูมิของแม่พิมพ์หลังจากการติดตั้งไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้เป็นเหตุให้เกิดการรอคอย ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งแม่พิมพ์มีเวลานาน ซึ่งเงื่อนไขในปัจจุบันที่ใช้ในการอุ่นแม่พิมพ์ยังไม่ได้มาตรฐาน นอกจากนี้การทำงานของพนักงานไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจน จึงทำให้การทำงานของพนักงานแต่ละคนไม่มีมาตรฐานเดียวกัน

3.3.4 ปัญหาที่เกิดจากพื้นที่ในการทำงาน (Work Space) คือ พื้นที่ในบริเวณที่ทำการเปลี่ยนแม่พิมพ์ค่อนข้างแคบ ทำให้เกิดความล่าช้าในการเคลื่อนย้ายแม่พิมพ์สำหรับการถอดเปลี่ยนและติดตั้ง

3.3.5 ปัญหาที่เกิดจากการวางแผนการผลิต (Production Plan) คือ จากแผนการผลิตรายวันของกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน พบว่าเครื่องพิมพ์ร้อนมีการเปลี่ยนแม่พิมพ์ในช่วงเวลาเดียวกันมากกว่า 1 เครื่อง ทำให้พนักงานที่มีเพียง 1 ทีม ไม่สามารถเปลี่ยนแม่พิมพ์อีกเครื่องหนึ่งได้ทันที จึงเกิดเวลารอคอยที่สูญเสียไปโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าขึ้นในกระบวนการ



รูปที่ 10 แผนภาพวิเคราะห์สาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)

กำหนดประเด็นปัญหาที่จะแก้ไขโดยให้ผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องจักรและแม่พิมพ์จำนวน 3 คน ทำแบบประเมินโดยให้คะแนน 2 ส่วน ดังนี้

1) ระดับความรุนแรงของปัญหา มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรงของปัญหา

คะแนน	ความหมาย
3	ปัญหาที่ส่งผลต่อเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์มีความรุนแรงมาก
2	ปัญหาที่ส่งผลต่อเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์มีความรุนแรงปานกลาง
1	ปัญหาที่ส่งผลต่อเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์มีความรุนแรงน้อย

2) ระดับความพร้อมของแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงจะพิจารณาใน 3 ด้าน ดังนี้

- ด้านงบประมาณที่ใช้ในการดำเนินการ (Economics)
- ด้านผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นหลังจากปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Impact)
- ด้านเทคนิคที่นำมาใช้มีความเป็นไปได้สำหรับแก้ไขปรับปรุงหน้างานจริง (Technique)

มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความพร้อมของแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

คะแนน	Economics	Impact	Technique
3	ใช้งบประมาณน้อย	ช่วยลดเวลาปรับตั้งแม่พิมพ์ได้มาก	เทคนิคที่นำมาใช้มีความเป็นไปได้มาก
2	ใช้งบประมาณปานกลาง	ช่วยลดเวลาปรับตั้งแม่พิมพ์ได้ปานกลาง	เทคนิคที่นำมาใช้มีความเป็นไปได้ปานกลาง
1	ใช้งบประมาณมาก	ช่วยลดเวลาปรับตั้งแม่พิมพ์ได้น้อย	เทคนิคที่นำมาใช้มีความเป็นไปได้น้อย

สรุปผลการประเมินได้ดังตารางที่ 10 และกำหนดประเด็นปัญหาที่จะแก้ไขปรับปรุงได้ ดังนี้

<u>ปัญหาอันดับ 1</u> : หลังการติดตั้งแม่พิมพ์ต้องรอคอยอุณหภูมิให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้
<u>แนวทางการปรับปรุงแก้ไข</u> ใช้แนวคิด SMED แปลงการปรับตั้งเครื่องภายในให้เป็นการปรับตั้งเครื่องภายนอก คือ เตรียมอุณหภูมิแม่พิมพ์ให้พร้อมต่อการใช้งานเมื่อทำการติดตั้งเสร็จสิ้นโดยการออกแบบการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการอุ่นแม่พิมพ์

ปัญหาอันดับ 2 : ใช้เวลานานในการขันและคลายโบลต์ (Bolt)

แนวทางการปรับปรุงแก้ไข ใช้แนวคิด SMED ปรับปรุงการติดตั้งเครื่องจักรในทุก ๆ แง่มุมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเตรียมแผนปรับปรุงปีกข้างของเครื่องพิมพ์ร้อนเพื่อลดจำนวน Bolt ที่ต้องขันและคลายออกจำนวน 4 ตัวที่ยึดแม่พิมพ์ชั้นกลางไว้

ปัญหาอันดับ 3 : มีกิจกรรมที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรทำงานรวมอยู่กับการปรับตั้งแม่พิมพ์

แนวทางการปรับปรุงแก้ไข ใช้แนวคิด SMED แยกงานภายในและงานภายนอกออกจากกัน คือ แยกขั้นตอนการขนย้ายแม่พิมพ์ออกจากการทำงานภายใน เช่น ขนย้ายแม่พิมพ์เก่าไปยังจุดทำความสะอาด ขนย้ายแม่พิมพ์ใหม่จากตู้อุ่นมาที่เครื่องพิมพ์ร้อน เป็นต้น

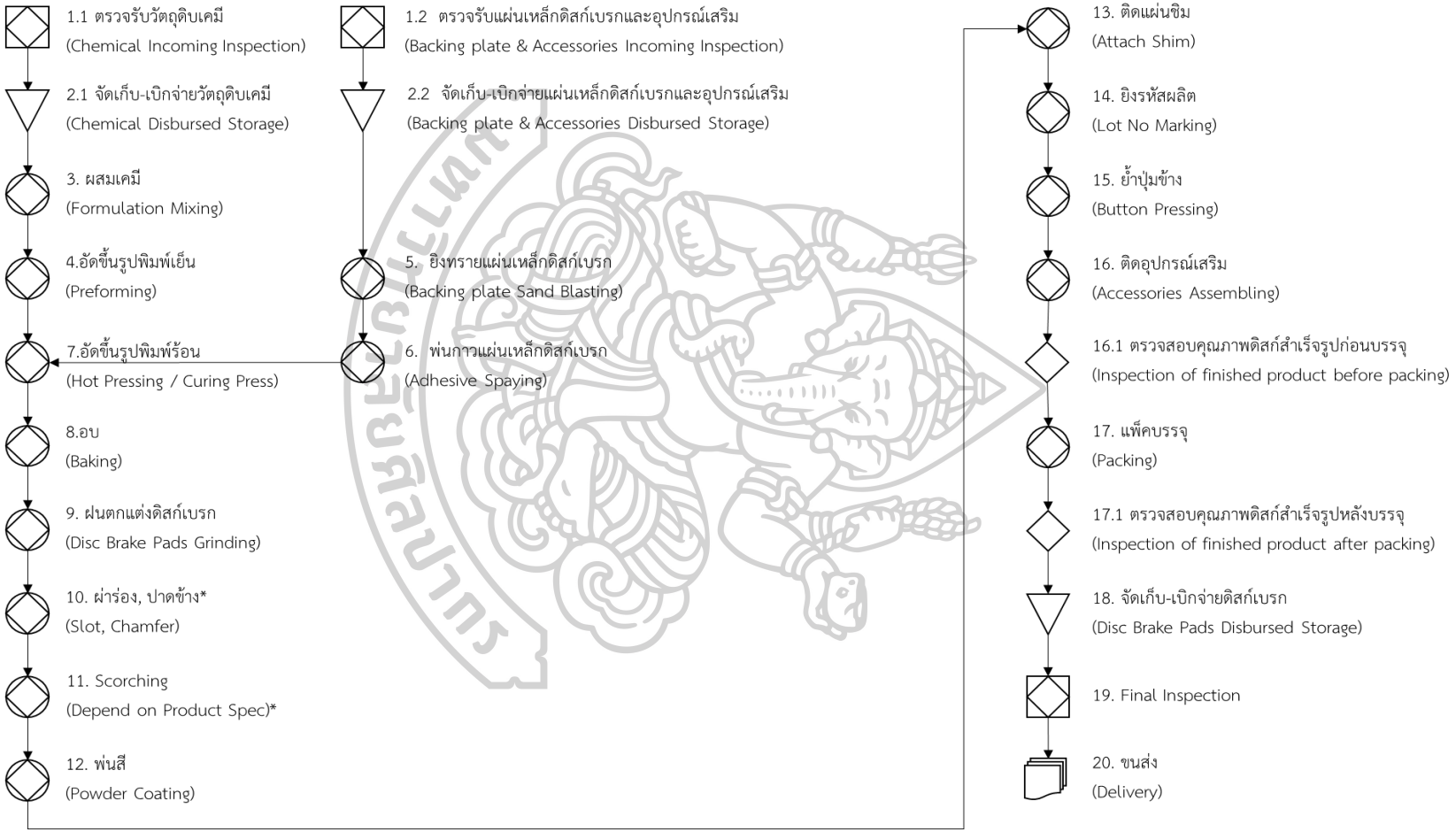
มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 10 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องจักรและแม่พิมพ์

อันดับ	ปัญหา	แนวทางแก้ไข/ปรับปรุง/ป้องกัน	งบประมาณ	ผลลัพธ์	เทคนิค	ความรุนแรง
1	หลังการติดตั้งแม่พิมพ์ต้องรออุณหภูมิให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้	ใช้แนวคิด SMED ขั้นตอนที่ 2 แปลงการปรับตั้งเครื่องภายในให้เป็นการปรับตั้งเครื่องภายนอก โดยออกแบบการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการอุ่นแม่พิมพ์ให้พร้อมหลังการติดตั้งเสร็จสิ้น	3.0	2.3	3.0	3
2	มีกิจกรรมที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรทำงานรวมอยู่กับการปรับตั้งแม่พิมพ์	ใช้แนวคิด SMED ขั้นตอนที่ 1 แยกงานภายในและงานภายนอกออกจากกัน	3.0	2.0	2.3	3
3	ใช้เวลานานในการขันและคลายโบลต์ (Bolt)	ใช้แนวคิด SMED ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงการติดตั้งเครื่องจักรในทุก ๆ แง่มุมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น	1.0	3.0	3.0	3
4	เครื่องพิมพ์ร้อนขัดข้อง	เพิ่มแผนการตรวจสอบสลักเกลียวและน็อต	3.0	2.7	3.0	1
5	ทักษะและความชำนาญของพนักงานไม่เท่ากัน	จัดอบรมให้แก่พนักงาน	3.0	2.0	3.0	1
6	พื้นที่ในตู้อุ่นแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ	จัดลำดับในการอุ่นแม่พิมพ์ตามรุ่นการผลิตที่ต้องใช้งานก่อน-หลัง	3.0	2.3	2.3	1

ตารางที่ 10 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องจักรและแม่พิมพ์ (ต่อ)

อันดับ	ปัญหา	แนวทางแก้ไข/ปรับปรุง/ป้องกัน	งบประมาณ	ผลลัพธ์	เทคนิค	ความรุนแรง
7	ไม่มีมาตรฐานขั้นตอนการทำงานของพนักงานที่ชัดเจน	ปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน (Work Instruction) ให้เป็นปัจจุบัน	3.0	2.0	2.7	1
8	เปลี่ยนแม่พิมพ์ในช่วงเวลาเดียวกัน	จัดแผนการผลิตรายวันให้เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตและเกิดความสูญเปล่าน้อยที่สุด	2.7	3.0	1.0	2
9	ขนาดเส้นทางการเปลี่ยนแม่พิมพ์ไม่สะดวกต่อการทำงาน	ขยายขนาดและกำหนดเส้นทางในการเคลื่อนย้ายให้ชัดเจน โดยคำนึงถึงขนาดพื้นที่การเคลื่อนที่ของรถยก(Forklift)	1.3	2.3	1.3	1



รูปที่ 11 กระบวนการผลิตดิสก์เบรกรถยนต์

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

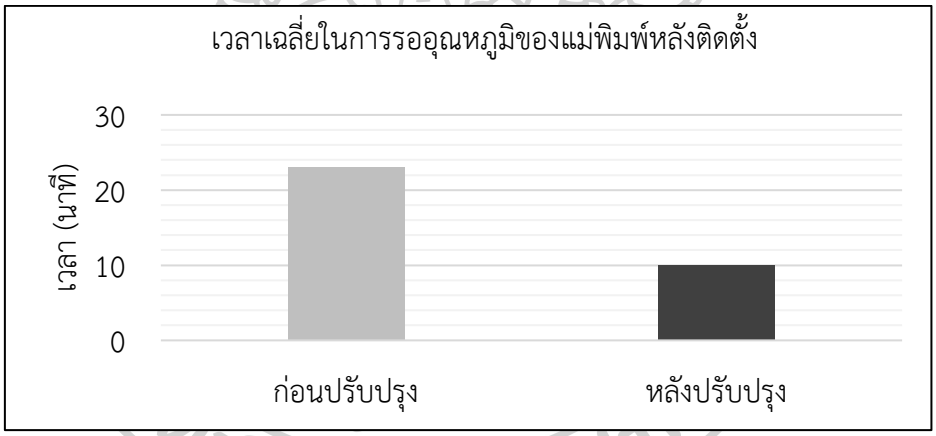
ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการปรับปรุงแก้ไขและผลลัพธ์ที่ได้ใน 3 ประเด็นปัญหาหลังจากทำการประเมินระดับความรุนแรงของปัญหาและระดับความพร้อมของบริษัทด้านแนวทางแก้ไขปรับปรุงโดยนำหลักการ SMED และหลักการ ECRS มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

4.1 การปรับปรุงแก้ไขปัญหา

ประเด็นปัญหาที่ 1 : หลังการติดตั้งแม่พิมพ์ต้องรออุณหภูมิให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

จากการวิเคราะห์ผ่านเทคนิค SMED ขั้นตอนที่ 1 แยกขั้นตอนการทำงานที่ทำได้ในขณะเครื่องพิมพ์ร้อนทำงาน (งานนอก) ออกจากขั้นตอนที่ทำได้เมื่อเครื่องพิมพ์ร้อนต้องหยุด (งานใน) พบว่าในขั้นตอนการตรวจสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์หลังจากติดตั้ง หากแม่พิมพ์มีอุณหภูมิไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้จะไม่สามารถเริ่มทำงานได้ ทำให้เกิดเวลาสูญเปล่าขึ้นจากการรออุณหภูมิเฉลี่ย 23.00 นาที ปัจจุบันใช้ตู้อุ่นในการอุ่นแม่พิมพ์จำนวน 2 ตู้ ได้แก่ ตู้อุ่นระบบแก๊สกับตู้อุ่นระบบไฟฟ้า และแต่ละตู้อุ่นมีชั้นวางเพื่ออุ่นแม่พิมพ์จำนวน 3 ชั้น แต่มีชุดควบคุมอุณหภูมิภายในตู้เพียงชุดเดียว และจากการศึกษาหาสาเหตุพบว่าเงื่อนไขในการอุ่นแม่พิมพ์ไม่ได้มาตรฐาน มีปัจจัยที่ส่งผลในการอุ่นแม่พิมพ์ ได้แก่ ขนาดแม่พิมพ์ ประเภทตู้อุ่น จำนวนแม่พิมพ์ที่ต้องอุ่นในตู้ และเวลาในการนำแม่พิมพ์ออกจากตู้เพื่อใช้ในการปรับตั้ง จึงทำการออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการอุ่นแม่พิมพ์ใหม่ แบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการศึกษาอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่เปลี่ยนไปต่อเวลาในแต่ละชั้นวางของตู้อุ่นทั้งสองประเภท และตอนที่ 2 เป็นการศึกษาอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่เปลี่ยนไปต่อเวลาของแม่พิมพ์ที่มีขนาดต่างกัน จากผลการทดลองทั้ง 2 ตอนสรุปได้ว่า แม่พิมพ์ที่ถูกอุ่นในแต่ละชั้นและแม่พิมพ์ที่ขนาดต่างกันต้องใช้เวลาในการอุ่นต่างกันด้วย โดยแม่พิมพ์ขนาดเล็กที่มีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอุ่นเร็วกว่าแม่พิมพ์ขนาดใหญ่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงทำการแก้ไขปรับปรุงโดยการสร้างมาตรฐานในการอุ่นแม่พิมพ์ใหม่ ดังรูปที่ 12 คือ กำหนดเวลาที่ใช้ในการอุ่นแม่พิมพ์ในแต่ละชั้นสำหรับแม่พิมพ์ขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ หรือหากต้องทำการอุ่นแม่พิมพ์ทั้งสองขนาดพร้อมกันในชั้นเดียวเมื่อมีจำนวนแม่พิมพ์ที่ต้องอุ่นในตู้มากกว่าจำนวนชั้นวาง และสร้างตัวชี้วัดพร้อมกับใบบันทึกเป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงตู้อุ่นต่อไป เพื่อให้การอุ่นแม่พิมพ์ที่เป็นการจัดเตรียมไว้ล่วงหน้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลจากการแก้ไขปรับปรุงทำให้ลดเวลาในการรออุณหภูมิของแม่พิมพ์หลังจากการติดตั้งเฉลี่ย 10.10 นาที มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.01 ลดลงไป 12.94 นาที แสดงดังรูปที่ 13

รูปที่ 12 การแก้ไขและปรับปรุงการอุ่นแม่พิมพ์ก่อนการใช้งาน



รูปที่ 13 เปรียบเทียบเวลาในการรออุณหภูมิก่อนและหลังปรับปรุง

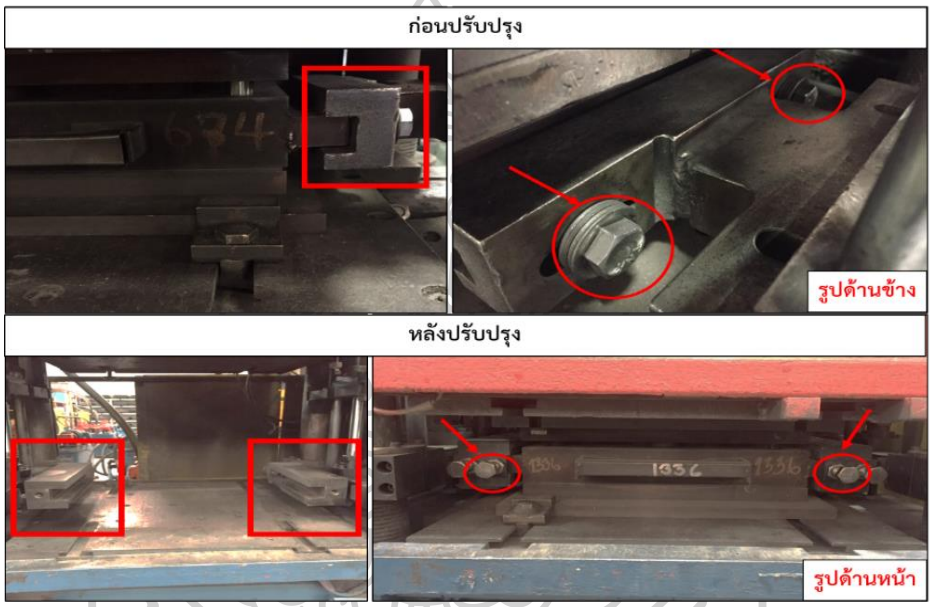
ประเด็นปัญหาที่ 2 : การขันและคลายโบลต์ (Bolt) ในการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์ใช้เวลานาน

ขั้นตอนถอดแม่พิมพ์เก่าและติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่เป็นการดำเนินการที่แม่พิมพ์ทั้ง 3 ชั้น คือ แม่พิมพ์ชั้นบน (Punch) แม่พิมพ์ชั้นกลาง (Die) และแม่พิมพ์ชั้นล่าง (Support Die) ซึ่งแสดงผลการจับเวลาก่อนปรับปรุงในขั้นตอนถอดและติดตั้งแม่พิมพ์ได้ ดังตารางที่ 11 พบว่าขั้นตอนย่อยที่ทำให้สูญเสียเวลามากที่สุด คือ การถอดและติดตั้งในส่วนของแม่พิมพ์ชั้นกลางบริเวณชุดแคลมป์ ได้แก่ ขั้นตอนที่ 3 กับ 4 ในการถอดแม่พิมพ์เก่าใช้เวลารวม 2.39 นาที และขั้นตอนที่ 14, 17, 18 และ 19 ในการติดตั้งแม่พิมพ์ชุดใหม่ใช้เวลารวม 4.29 นาที จากนั้นทำการศึกษาหาสาเหตุ พบว่าพนักงานจำเป็นที่จะต้องขันและคลายโบลต์จำนวนมากถึง 8 ตัว และตำแหน่งของโบลต์อยู่ด้านในสุดของเครื่องพิมพ์ร้อน ทำให้พนักงานทำงานไม่สะดวก

ตารางที่ 11 ขั้นตอนย่อยและเวลาในการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง

ขั้นตอน	รายละเอียดในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์	พนักงาน	เวลาเฉลี่ย (นาที)
ถอดแม่พิมพ์เก่า			
1	คลายจิ๊ก (Jig) ของแม่พิมพ์ชั้นบนและล่าง ชั้นละ 2 ตัว	A , B	0.62
2	ปรับแท่นกระบอกสูบเครื่องพิมพ์ร้อนให้ยกขึ้น	A	0.28
3	คลายโบลต์ (Bolt) ตัวบนทางปีกซ้ายและปีกขวาข้างละ 2 ตัว	A , B	0.69
4	คลายชุดแคลมป์ (Clamp) ทั้งหมด 4 ตัวของแม่พิมพ์ชั้นกลาง	A , B	1.70
รวมเวลา			**3.29**
ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่			
13	ปรับปีกด้านข้างทั้งซ้าย-ขวาของเครื่องพิมพ์ร้อนและจัดตำแหน่ง Jig แม่พิมพ์ให้พอดีกับ Jig ที่เครื่องพิมพ์ร้อน	A , B	1.63
14	ใส่ชุด Clamp 4 ตัวของแม่พิมพ์ชั้นกลางยึดหลวมๆ ด้านซ้ายและขวา	A , B	1.40
15	ปรับแท่นกระบอกสูบลงมาให้พอดีกับแม่พิมพ์ชั้นบน	A	0.33
16	ติดตั้ง Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นล่าง ชั้นละ 2 ตัว	A , B	1.50
17	ปรับยกแม่พิมพ์ชั้นบนขึ้นแล้วขันโบลต์ของชุด Clamp ที่แม่พิมพ์ชั้นกลางให้แน่นข้างละ 2 ตัว	A , B	1.18
18	ขัน Bolt ตัวบนของแท่นปีกของเครื่องพิมพ์ร้อนให้แน่นทั้ง 2 ข้างจำนวน 4 ตัว	A , B	1.04
19	ปรับยกแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นกลางขึ้น ปรับโบลต์ตัวล่างของแท่นข้างซ้ายและขวาของเครื่องพิมพ์ร้อนให้มีความสูงพอดีกับแม่พิมพ์ชั้นล่าง	A , B	0.67
รวมเวลา			**7.75**

จากนั้นทำการศึกษาหาสาเหตุ พบว่าพนักงานจำเป็นที่จะต้องขันและคลายโบลต์จำนวนมากถึง 8 ตัว และตำแหน่งของโบลต์อยู่ด้านในสุดของเครื่องพิมพ์ร้อน ทำให้การทำงานของพนักงานลำบากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้หลักการทำให้ง่าย (Simplify) ในการปรังปรุงเครื่องพิมพ์ร้อนในบริเวณชุดแคลมป์นี้ โดยดำเนินการออกแบบและสร้างตัวประคองแม่พิมพ์ชั้นกลางใหม่ ดังรูปที่ 14 ทำให้ลดการขันและคลายโบลต์ที่ชุดแคลมป์และปีกยกทั้งซ้ายและขวาของเครื่องพิมพ์ร้อนในขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์เหลือเพียง 2 ตัวเท่านั้น และอยู่ตำแหน่งด้านหน้าของชุดประคอง ซึ่งเอื้อต่อการทำงานที่สะดวกขึ้นแก่พนักงาน

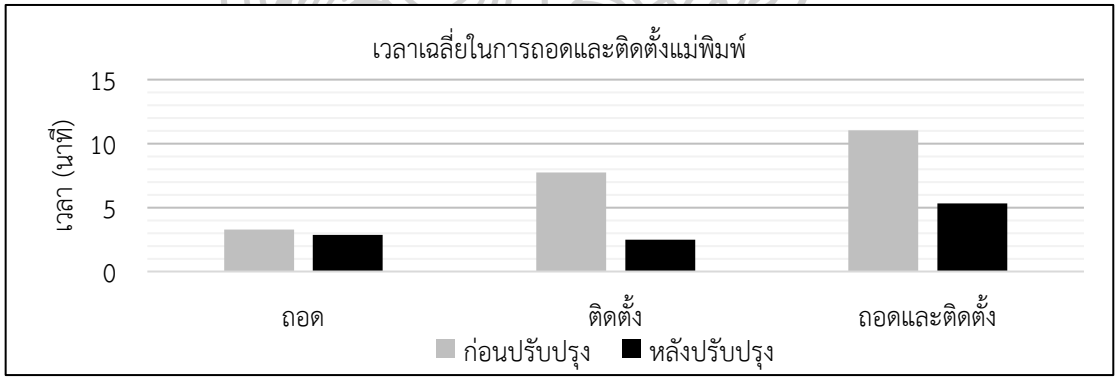


รูปที่ 14 การเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุงเครื่องพิมพ์ร้อนด้วยตัวประคองแม่พิมพ์ชั้นกลาง

จากการปรับปรุงเครื่องพิมพ์ร้อนด้วยตัวประคองแม่พิมพ์ชั้นกลาง ทำให้ขั้นตอนในการถอดและติดตั้งต่างไปจากขั้นตอนเดิม จึงมีการอบรมพนักงานถึงขั้นตอนการทำงานใหม่เพื่อให้พนักงานมีความรู้และความเข้าใจที่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างเป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งมีจำนวนขั้นตอนที่ลดลงในการถอดแม่พิมพ์เก่าจาก 4 ขั้นตอน เหลือ 2 ขั้นตอนและขั้นตอนในการติดตั้งจาก 7 ขั้นตอน เหลือ 2 ขั้นตอน ดังตารางที่ 12 และใช้เวลาการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์จากเดิม 11.04 นาที ลดลงเหลือ 5.34 นาที คิดเป็นลดลง 51.6% ดังรูปที่ 15

ตารางที่ 12 ขั้นตอนย่อยและเวลาในการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์หลังปรับปรุง

ขั้นตอน	รายละเอียดในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์	พนักงาน	เวลาเฉลี่ย (นาที)
การถอดแม่พิมพ์เก่า			
1	คลาย Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและล่าง ชั้นละ 2 ตัว และปรับแท่นกระบอกสูบเครื่องพิมพ์ร้อนให้ยกขึ้น	A , B	1.87
2	คลายสกรูของแม่พิมพ์ชั้นกลางทางปีกซ้ายและปีกขวา ข้างละ 1 ตัว	A , B	1.00
รวมเวลา			2.87
การติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่			
1	ปรับแท่นกระบอกสูบลงมาให้พอดีกับแม่พิมพ์ชั้นบน ติดตั้ง Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นล่าง ชั้นละ 2 ตัว	A , B	1.68
2	ขันยึดสกรูของแม่พิมพ์ชั้นกลางทางปีกซ้ายและปีกขวา ข้างละ 1 ตัว	A , B	0.79
รวมเวลา			2.47



รูปที่ 15 เปรียบเทียบเวลาในการถอดและติดตั้งแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุง

ประเด็นที่ 3 : กิจกรรมที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรทำงานรวมอยู่กับการปรับตั้งแม่พิมพ์

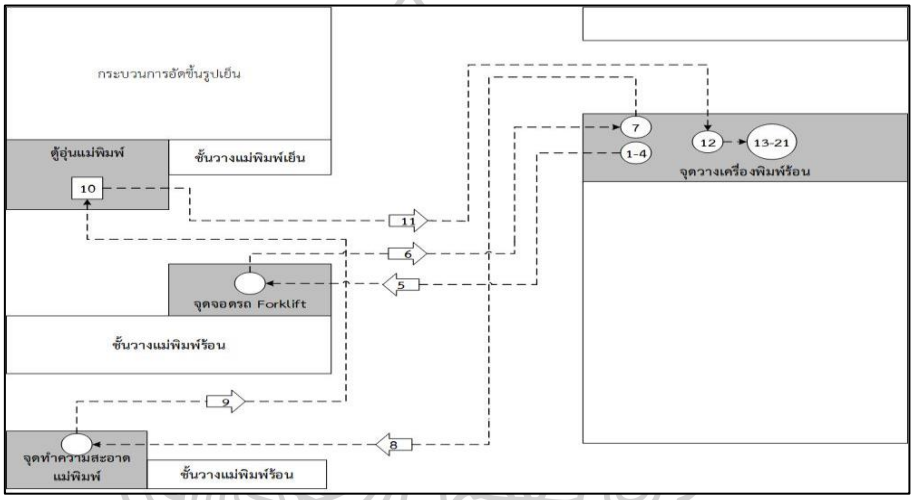
จากการวิเคราะห์ผ่านเทคนิค SMED ขั้นที่ 1 คือ การแยกขั้นตอนงานที่ทำได้ในขณะที่เครื่องพิมพ์ร้อนทำงานอยู่ (งานนอก) ออกจากงานที่ทำได้ขณะเครื่องพิมพ์ร้อนหยุดเท่านั้น (งานใน) ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุงที่ทำได้ในขณะที่เครื่องพิมพ์ร้อนทำงานอยู่ (งานนอก)

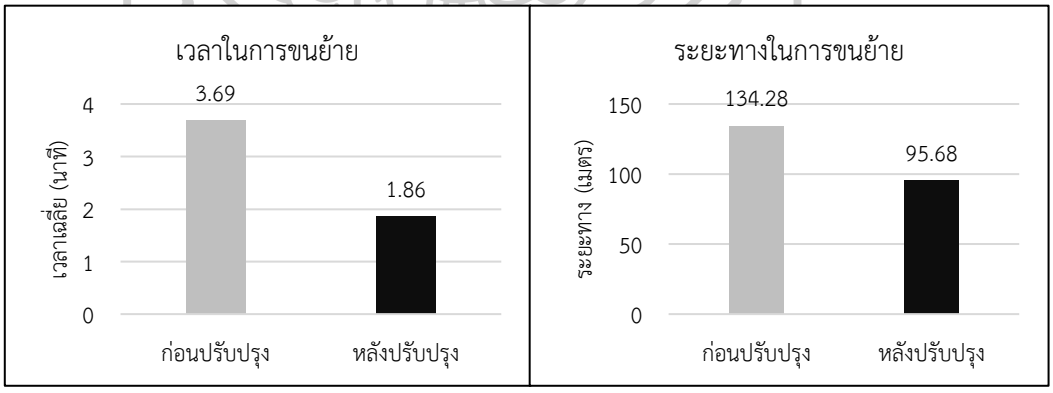
ขั้นตอน	รายละเอียดในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์	ระยะทาง	เวลาเฉลี่ย (นาที)	
			งานนอก	งานใน
1-4	ถอดแม่พิมพ์เก่า	-	-	3.29
5	พนักงานเดินไปเอารถที่จุดจอด	19.30	0.62	-
6	ขับรถยกไปที่เครื่องพิมพ์ร้อน	19.30	0.70	-
7	ลากแม่พิมพ์เก่าออกจากเครื่องพิมพ์ร้อน	-	-	0.16
8	ขับรถไปวางแม่พิมพ์เก่าที่จุดทำความสะอาด	38.54	0.84	-
9	ขับไปรับแม่พิมพ์ใหม่ที่ตู้อุ่นแม่พิมพ์	33.04	0.24	-
10	ดูตารางเปลี่ยนแม่พิมพ์เพื่อนำแม่พิมพ์ใหม่ออกจากตู้อุ่น	-	0.51	-
11	ใช้รถรับแม่พิมพ์ใหม่ที่ตู้อุ่นและไปที่เครื่องเดิม	24.10	1.48	-
12	ลากแม่พิมพ์ใหม่ลงที่แท่นวางของเครื่องพิมพ์ร้อน	-	-	0.19
13-19	ติดตั้งแม่พิมพ์ใหม่	-	-	7.75
20-21	ตรวจสอบและรออุณหภูมิแม่พิมพ์	-	-	23.61
รวม		134.28	**3.69**	**35.70**

พบว่าขนย้ายแม่พิมพ์ มีขั้นตอนงานย่อยที่สามารถทำได้ในขณะเครื่องพิมพ์ร้อนทำงานอยู่ 6 ขั้นตอน แบ่งเป็นขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ (NNVA) ได้แก่ ขั้นตอนที่ 8-11จำนวน 4 ขั้นตอน และเป็นขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่า (NVA) คือ ขั้นตอนที่ 5 กับขั้นตอนที่ 6 จำนวน 2 ขั้นตอน ซึ่งการเคลื่อนที่ในการปรับตั้งแม่พิมพ์มีเส้นทางที่ซ้อนทับกัน ดังรูปที่ 16 จากนั้นทำการแก้ไขปรับปรุงโดยประยุกต์ใช้หลักการ ECRS ทำการปรับปรุงประเภทขั้นตอนการทำงานที่ทำได้ขณะเครื่องจักรทำงาน (งานนอก) และเป็นขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ (NNVA) โดยใช้หลักการจัดใหม่ (Rearrange) ได้แก่ ขั้นตอนที่ 6 ขับรถยกไปที่เครื่องพิมพ์ร้อน ซึ่งสามารถจัดเตรียมรถยกไปที่เครื่องพิมพ์ร้อนที่ต้องทำการเปลี่ยนรุ่นการผลิตไว้ล่วงหน้าได้ รวมไปถึงขั้นตอนที่ 10 ดูตารางเปลี่ยนแม่พิมพ์เพื่อเปิดช่องอุ่นแม่พิมพ์ได้ถูกต้อง สามารถตรวจสอบได้ก่อนเริ่มทำการปรับตั้งแม่พิมพ์ เพราะทราบล่วงหน้าจากการนำแผนการผลิตรายวันมาคำนวณเวลา ทำให้การทำงานรวดเร็วยิ่งขึ้น และ

สามารถใช้หลักการรวมกัน (Combine) ปรับปรุงขั้นตอนที่ 9 ขับรถยกไปที่ตู้อุ่นแม่พิมพ์และขั้นตอนที่ 11 ขับรถยกนำแม่พิมพ์ชุดใหม่มาที่เครื่องพิมพ์ร้อนให้เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องรวมกันได้ เนื่องจากมีขั้นตอนการจัดลำดับใหม่ให้เป็นการดำเนินการตรวจสอบล่วงหน้า นอกจากนี้ใช้หลักการกำจัด (Eliminate) ปรับปรุงประเภทขั้นตอนการทำงานที่ทำได้ขณะเครื่องจักรทำงาน (งานนอก) คือ ขั้นตอนที่ 5 เดินไปยังจุดจอดรถยก โดยพิจารณาแล้วเป็นขั้นตอนที่ไม่เพิ่มคุณค่า (NVA) และเกิดเป็นความสูญเปล่าในการทำงาน เมื่อทำการปรับปรุงทำให้มีระยะทางลดลง 38.6 เมตร ลดงานนอกจาก 6 ขั้นตอน ลดลงเหลือ 2 ขั้นตอน ซึ่งใช้เวลาของงานนอกจากเดิม 3.69 นาที เหลือเพียง 1.86 นาที ดังรูปที่ 17



รูปที่ 16 แผนผังและเส้นทางก่อนปรับปรุงในการปรับตั้งแม่พิมพ์



รูปที่ 17 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยและระยะทางหลังปรับปรุง

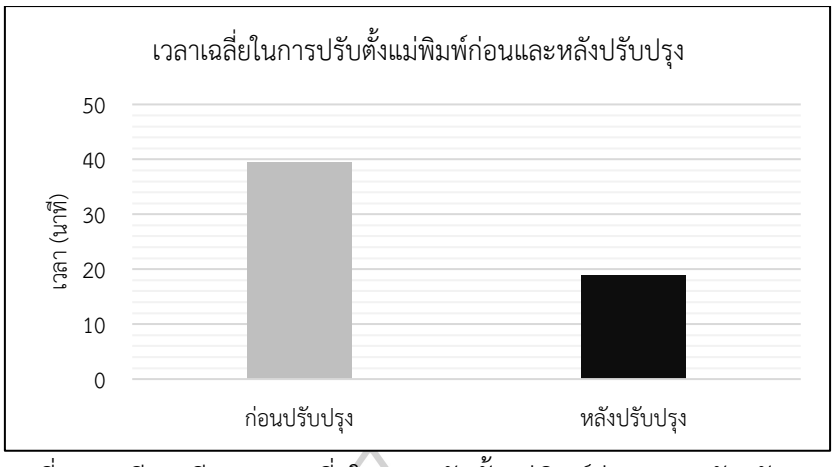
4.2 ขั้นตอนและเวลาหลังการปรับปรุงแก้ไข

หลังจากปรับปรุงแก้ไขตามหลักการ ECRS และใช้แนวคิด SMED พบว่ามีขั้นตอนที่สามารถจัดเตรียมได้ล่วงหน้า คือ การเตรียมรถยกไปที่เครื่องพิมพ์ร้อนและดูตารางเพื่อเตรียมแม่พิมพ์ที่จะต้องใช้ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ไว้ล่วงหน้า ซึ่งสามารถลดขั้นตอนในการเดินเพื่อนำรถยกมาใช้ในการปรับตั้ง

เครื่องได้ด้วย พร้อมทั้งมีการปรับปรุงตัวเครื่องจักรให้มีการปรับตั้งแม่พิมพ์ได้สะดวกและรวดเร็วขึ้นในการทำงาน และมีการสร้างมาตรฐานในการอุ่นแม่พิมพ์เพื่อลดเวลาในการรออุณหภูมิของแม่พิมพ์หลังจากติดตั้งได้ ดังนั้นทำให้สามารถลดขั้นตอนการทำงานจากเดิม 21 ขั้นตอน เหลือ 11 ขั้นตอน ดังตารางที่ 14 จากนั้นทำการจับเวลาเบื้องต้น 30 ครั้งในแต่ละขั้นตอนหลังปรับปรุง และคำนวณหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมต่อการจับเวลาโดยมีผลการคำนวณดังภาคผนวก ซึ่งพบว่าจำนวนครั้งการจับเวลาเบื้องต้น 30 ครั้งเพียงพอแล้ว จึงสามารถใช้ค่าเฉลี่ยนี้เป็นตัวแทนของข้อมูลได้โดยมีเวลาเฉลี่ยรวมในการปรับตั้งแม่พิมพ์หลังปรับปรุงเท่ากับ 18.83 นาที จากเดิม 39.39 นาที คิดเป็นลดลง 52.2% ดังรูปที่ 18

ตารางที่ 14 ขั้นตอนและเวลาเฉลี่ยของการปรับตั้งแม่พิมพ์หลังปรับปรุง

ขั้นตอน	รายละเอียดในการเปลี่ยนและติดตั้งแม่พิมพ์	ระยะทาง (เมตร)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	คลาย Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและล่าง ชั้นละ 2 ตัว	-	1.69	0.01
2	ปรับแท่นกระบอกสูบเครื่องพิมพ์ร้อนให้ยกขึ้น	-	0.18	0.01
3	คลายสกรูของแม่พิมพ์ชั้นกลางทางปีกซ้ายและปีกขวา ข้างละ 1 ตัว	-	1.00	0.02
4	นำแม่พิมพ์ชุดเก่าวางบนรถยก	-	0.17	0.00
5	ขับรถยกไปที่จุดทำความสะอาดแม่พิมพ์	38.54	0.84	0.03
6	ขับรถยกนำแม่พิมพ์ชุดใหม่จากตู้อุ่นไปยังเครื่องพิมพ์ร้อน	57.14	1.62	0.07
7	นำแม่พิมพ์ชุดใหม่วางบนแท่นที่เครื่องพิมพ์ร้อน	-	0.25	0.02
8	ปรับแท่นกระบอกสูบลงมาให้พอดีกับแม่พิมพ์ชั้นบน ติดตั้ง Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นล่าง ชั้นละ 2 ตัว	-	1.68	0.04
9	ขันยึดสกรูของแม่พิมพ์ชั้นกลางทางปีกซ้ายและปีกขวา ข้างละ 1 ตัว	-	0.79	0.05
10	วัดอุณหภูมิแม่พิมพ์	-	0.61	0.08
11	รออุณหภูมิให้ได้ตามเงื่อนไขการผลิต	-	10.00	7.24
รวมเวลา		**95.68**	**18.83**	**7.27**



รูปที่ 18 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุง

ทดสอบความแตกต่างระหว่างเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงด้วยการทดสอบทางสถิติแบบ Paired-Samples Test ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่า t Stat กับค่า t Critical หากค่า t Stat > t Critical จึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 โดยกำหนดสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุงไม่แตกต่างกัน

H_1 : เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งแม่พิมพ์หลังปรับปรุงน้อยกว่าก่อนปรับปรุง

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบผลของเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

เวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์	n	mean	S.D.	t Stat	t Critical	df	sig
ก่อนปรับปรุง	30	39.36	163.88	7.35	1.70	29	0.00
หลังปรับปรุง	30	18.83	52.83				

จากผลการทดสอบดังตารางที่ 15 พบว่าก่อนปรับปรุงใช้เวลาเฉลี่ยปรับตั้งแม่พิมพ์เท่ากับ 39.36 นาที หลังปรับปรุงใช้เวลาเฉลี่ยปรับตั้งแม่พิมพ์เท่ากับ 18.83 นาที เปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุงมีค่า t Stat เท่ากับ 7.35 และ t Critical เท่ากับ 1.70 กล่าวคือ t Stat มีค่ามากกว่า t Critical จึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แสดงว่าเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนและหลังปรับปรุงแตกต่างกัน และเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งแม่พิมพ์หลังปรับปรุงน้อยกว่าก่อนปรับปรุง

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปที่ได้จากการดำเนินงานและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเพื่อลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ของกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน และปรับปรุงกระบวนการด้วยการศึกษาขั้นตอนโดยใช้หลักการทำงานและการจับเวลาโดยตรง จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) ร่วมกับเทคนิค SMED และหาสาเหตุของปัญหาจากแผนภาพสาเหตุและผล (Cause & Effect) จากนั้นกำหนดประเด็นปัญหาที่จะแก้ไขปรับปรุงโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินความรุนแรงของปัญหาและความพร้อมในแนวทางการปรับปรุงแก้ไข ประกอบด้วยด้านงบประมาณ ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น และความเป็นไปได้ของเทคนิคที่จะนำมาประยุกต์ใช้หน้างานจริง ซึ่งจากการประเมินสามารถกำหนดประเด็นปัญหาที่จะแก้ไขปรับปรุงได้ทั้งหมด 3 ประเด็นปัญหา ได้แก่ ประเด็นปัญหาที่ 1 มีการรออุณหภูมิของแม่พิมพ์หลังติดตั้งให้ได้ตามมาตรฐานตามที่กำหนดไว้ คิดเป็น 60% ของเวลาทั้งหมดในการปรับตั้งแม่พิมพ์ ประเด็นที่ 2 ใช้เวลานานในการถอดแม่พิมพ์ชุดเก่าและติดตั้งตั้งแม่พิมพ์ชุดใหม่ คิดเป็น 28% ของเวลาทั้งหมด และประเด็นที่ 3 มีการปรับตั้งค่าที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรทำงาน (งานนอก) รวมอยู่กับขั้นตอนการปรับตั้งค่าที่สามารถทำได้เมื่อเครื่องจักรจำเป็นต้องหยุดทำงานเท่านั้น (งานใน) รวมถึงมีเส้นทางในการเคลื่อนที่ไปและกลับมาที่จุดเดิม จึงทำการแยกประเภทงานและหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขด้วยหลักการ ECRS โดยมีการปรับปรุงตัวเครื่องจักร การเตรียมงานล่วงหน้า และการลดขั้นตอนที่ไม่เพิ่มมูลค่าออก หลังการปรับปรุงสามารถลดขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนจาก 21 ขั้นตอน เหลือ 11 ขั้นตอน ระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ลดลงจากเดิม 134.28 เมตร เหลือ 95.68 เมตร และผลการจับเวลาหลังการปรับปรุงมีเวลาเฉลี่ยลดลงจากเดิม 39.39 นาที เหลือเพียง 18.83 นาที ลดลง 20.56 นาทีคิดเป็นลดลงร้อยละ 52.2 ของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง ทำให้ลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ได้เฉลี่ย 143.92 นาทีต่อวัน

การจัดทำมาตรฐานในการอุ่นแม่พิมพ์สำหรับขั้นตอนในการจัดเตรียมไว้ล่วงหน้าโดยการออกแบบการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการอุ่นของแม่พิมพ์ที่ขนาดต่างกันในตู้อุ่นทั้งสองประเภทที่มีประสิทธิภาพต่างกัน และผลจากการทดลองทำให้สามารถสร้างมาตรฐานในการกำหนดเวลาที่ควรใช้อุ่นต่อขนาดแม่พิมพ์ในแต่ละชั้นวางของตู้อุ่นทั้งหมด และกำหนดเวลาเริ่มเปิดตู้อุ่นให้เหมาะสมต่อแผนการผลิตรายวัน ทำให้แม่พิมพ์มีอุณหภูมิพร้อมต่อการใช้งานและสามารถลด

เวลาในการรออุณหภูมิที่ไม่อยู่ในเกณฑ์การผลิตในกระบวนการได้ นอกจากนี้การสร้างมาตรฐานนี้ทำให้พนักงานทุกคนเข้าใจและปฏิบัติหน้าที่ได้ตรงกันอีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดเวลาปรับตั้งแม่พิมพ์ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การเปลี่ยนแม่พิมพ์พร้อมกันมากกว่า 1 เครื่อง ทำให้พนักงานที่มีเพียง 2 คนต่อการปรับตั้งแม่พิมพ์ที่ 1 เครื่องพิมพ์ร้อนนั้น ต้องแยกไปปรับตั้งแม่พิมพ์อีกชุดของเครื่องพิมพ์ร้อน ดังนั้นจะทำให้เวลามากขึ้นในการปรับตั้งแม่พิมพ์

5.2.2 การปรับปรุงตู้อุ่นแม่พิมพ์ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในแต่ละชั้นได้ จะสามารถตัดขั้นตอนในการรออุณหภูมิของแม่พิมพ์หลังจากติดตั้งแม่พิมพ์ชุดใหม่ได้ทันที แต่ต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก

ตัวอย่างการคำนวณหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการจับเวลาของขั้นตอนที่ 1: ไขคลาย Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและล่าง ชั้นละ 2 ตัว

n	X_i	X^2
1	0.51	0.26
2	0.69	0.48
3	0.54	0.29
4	0.52	0.27
5	0.58	0.34
6	0.59	0.35
7	0.51	0.26
8	0.62	0.38
9	0.64	0.41
10	0.6	0.36
11	0.52	0.27
12	0.64	0.41
13	0.62	0.38
14	0.58	0.34
15	0.79	0.62

n	X_i	X^2
16	0.63	0.40
17	0.69	0.48
18	0.64	0.41
19	0.55	0.30
20	0.75	0.56
21	0.65	0.42
22	0.66	0.44
23	0.58	0.34
24	0.59	0.35
25	0.61	0.37
26	0.57	0.32
27	0.61	0.37
28	0.69	0.48
29	0.65	0.42
30	0.67	0.45

n = 30 $\sum_{i=1}^{30} x_i$ = 18.49 $\sum_{i=1}^{30} x_i^2$ = 11.53

แทนค่าในสมการ $$N = \left[40\frac{\sqrt{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}}{\sum_{i=1}^{n} x_i}\right]$$

$$N = \left[40\frac{\sqrt{30(11.53) - (18.49)}}{18.49}\right]^2$$

$$N = 18.6$$

ดังนั้น จำนวนครั้งที่เหมาะสมในการจับเวลาของขั้นตอนที่ 1 คือ 19 ครั้ง

ข้อมูลการจับเวลาเบื้องต้น 30 ครั้ง ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง

ลำดับ	ขั้นตอน	จับเวลาเบื้องต้น จำนวน 30 ครั้ง (นาที)										ค่าเฉลี่ย	จำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา
1	ไขคลาย Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและล่าง ชั้นละ 2 ตัว	0.51	0.69	0.54	0.52	0.58	0.59	0.51	0.62	0.64	0.60	0.62	18.6
		0.52	0.64	0.62	0.58	0.79	0.63	0.69	0.64	0.55	0.75		
		0.65	0.66	0.58	0.59	0.61	0.57	0.61	0.69	0.65	0.67		
2	ปรับแท่นกระบอกสูบเครื่องพิมพ์ร้อนให้ยกขึ้น	0.22	0.32	0.28	0.24	0.32	0.3	0.25	0.25	0.34	0.28	0.28	24.1
		0.25	0.33	0.23	0.28	0.25	0.23	0.27	0.29	0.34	0.27		
		0.26	0.28	0.26	0.3	0.29	0.22	0.32	0.28	0.27	0.25		
3	ไขคลาย Bolt ตัวบนทางปีกซ้ายและปีกขวา ข้างละ 2 ตัว	0.81	0.55	0.77	0.59	0.57	0.7	0.69	0.62	0.84	0.73	0.69	23.0
		0.79	0.69	0.58	0.61	0.62	0.69	0.81	0.83	0.78	0.69		
		0.68	0.66	0.75	0.68	0.69	0.55	0.62	0.63	0.68	0.66		
4	ไขคลายชุด Clamp ทั้งหมด 4 ตัวของแม่พิมพ์ชั้นกลาง	1.89	1.67	1.5	1.46	1.26	1.41	1.58	2.05	2.26	1.89	1.70	26.1
		1.65	1.48	1.67	2.02	1.51	1.89	1.76	1.61	1.68	1.62		
		1.69	1.78	1.85	1.83	1.76	1.74	1.58	1.5	2.03	1.45		
5	พนักงานเดินไปเอารถที่จุดจอด	0.58	0.66	0.6	0.63	0.59	0.6	0.62	0.65	0.58	0.65	0.62	5.2
		0.58	0.66	0.58	0.62	0.61	0.67	0.62	0.68	0.65	0.65		
		0.63	0.57	0.58	0.56	0.62	0.64	0.57	0.65	0.59	0.56		

ข้อมูลการจับเวลาเบื้องต้น 30 ครั้ง ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	จับเวลาเบื้องต้น จำนวน 30 ครั้ง (นาที)										ค่าเฉลี่ย	จำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา
6	รถรับแม่พิมพ์เก่าออกจากเครื่องพิมพ์ร้อน	0.72	0.66	0.69	0.66	0.72	0.72	0.71	0.71	0.68	0.70	0.70	3.5
		0.73	0.69	0.66	0.67	0.69	0.74	0.72	0.63	0.65	0.68		
		0.69	0.73	0.69	0.75	0.68	0.67	0.71	0.70	0.68	0.79		
7	ลากแม่พิมพ์เก่าออกจากเครื่องพิมพ์ร้อน	0.13	0.20	0.16	0.16	0.17	0.20	0.20	0.14	0.14	0.13	0.16	30.0
		0.14	0.13	0.17	0.15	0.16	0.15	0.16	0.14	0.17	0.13		
		0.18	0.14	0.13	0.18	0.19	0.17	0.15	0.16	0.15	0.18		
8	ขับรถไปวางแม่พิมพ์เก่าที่จุดทำความสะอาด	0.66	0.97	0.96	0.97	0.90	0.75	0.89	0.88	0.67	0.71	0.84	22.7
		0.97	0.96	0.85	0.90	0.78	0.72	0.80	0.75	0.93	0.90		
		0.93	0.77	0.70	0.86	0.83	0.76	0.68	0.79	0.95	0.88		
9	ขับไปรับแม่พิมพ์ใหม่ที่ตู้อุ่นแม่พิมพ์	0.30	0.19	0.24	0.26	0.27	0.23	0.24	0.21	0.22	0.24	0.24	23.6
		0.22	0.28	0.25	0.20	0.24	0.27	0.22	0.23	0.28	0.23		
		0.22	0.20	0.28	0.22	0.28	0.25	0.30	0.23	0.24	0.25		
10	ดูตารางเปลี่ยนแม่พิมพ์เพื่อนำแม่พิมพ์ใหม่ออกจากตู้อุ่น	0.39	0.62	0.39	0.62	0.56	0.48	0.64	0.48	0.42	0.46	0.51	27.2
		0.52	0.57	0.61	0.47	0.44	0.49	0.48	0.55	0.43	0.55		
		0.46	0.53	0.51	0.56	0.45	0.50	0.47	0.45	0.53	0.52		
11	ใช้รถรับแม่พิมพ์ใหม่ที่ตู้อุ่นและไปที่เครื่องเดิม	1.53	1.43	1.43	1.43	1.48	1.52	1.51	1.51	1.50	1.49	1.48	0.7
		1.48	1.48	1.47	1.48	1.45	1.47	1.48	1.43	1.50	1.47		
		1.43	1.52	1.51	1.48	1.47	1.43	1.49	1.52	1.49	1.45		

ข้อมูลการจับเวลาเบื้องต้น 30 ครั้ง ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	จับเวลาเบื้องต้น จำนวน 30 ครั้ง (นาที)										ค่าเฉลี่ย	จำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา
12	นำแม่พิมพ์ใหม่วางบนแท่นของเครื่องพิมพ์ร้อน	0.21	0.17	0.18	0.18	0.19	0.21	0.19	0.19	0.19	0.20	0.19	10.5
		0.18	0.20	0.17	0.17	0.18	0.20	0.19	0.17	0.18	0.16		
		0.20	0.18	0.20	0.21	0.18	0.17	0.18	0.21	0.20	0.15		
13	ปรับปีกด้านข้างทั้งซ้าย-ขวาของเครื่องพิมพ์ร้อนและจัดตำแหน่งJig แม่พิมพ์ให้พอดีกับ Jig ที่เครื่องพิมพ์ร้อน	1.34	2.07	1.27	1.83	1.27	1.36	1.88	1.54	1.82	1.94	1.63	30.0
		1.48	1.45	1.92	1.40	2.03	1.79	1.82	1.90	1.83	1.65		
		1.63	1.48	1.40	1.56	1.65	1.52	1.62	1.55	1.48	1.55		
14	ใส่ชุด Clamp 4 ตัวของแม่พิมพ์ชั้นกลางยึดหลวมๆ ด้านซ้ายและขวา	1.18	1.52	1.64	1.42	1.38	1.23	1.34	1.58	1.43	1.24	1.40	15.0
		1.60	1.50	1.27	1.18	1.47	1.38	1.60	1.18	1.43	1.48		
		1.45	1.33	1.22	1.43	1.40	1.18	1.48	1.55	1.40	1.47		
15	ปรับแท่นกระบอกสูบลงมาให้พอดีกับแม่พิมพ์ชั้นบน	0.27	0.32	0.37	0.31	0.31	0.36	0.33	0.36	0.36	0.33	0.33	12.7
		0.28	0.28	0.32	0.32	0.32	0.37	0.33	0.37	0.35	0.30		
		0.33	0.33	0.37	0.33	0.30	0.28	0.33	0.33	0.37	0.28		
16	ติดตั้ง Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นล่าง ชั้นละ 2 ตัว	1.25	1.50	1.83	1.67	1.28	1.32	1.30	1.44	1.69	1.65	1.50	21.4
		1.28	1.63	1.53	1.53	1.32	1.77	1.32	1.48	1.63	1.75		
		1.28	1.55	1.40	1.69	1.77	1.43	1.42	1.33	1.35	1.45		
17	ปรับยกแม่พิมพ์ชั้นบนขึ้นแล้วขันโบลด์ของชุด Clamp ที่แม่พิมพ์ชั้นกลางให้แน่นข้างละ 2 ตัว	1.11	1.27	1.13	1.24	1.24	1.22	1.15	1.15	1.12	1.23	1.18	2.5
		1.17	1.12	1.17	1.13	1.12	1.18	1.13	1.17	1.13	1.18		
		1.22	1.18	1.18	1.18	1.12	1.13	1.25	1.22	1.23	1.18		

ข้อมูลการจับเวลาเบื้องต้น 30 ครั้ง ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	จับเวลาเบื้องต้น จำนวน 30 ครั้ง (นาที)										ค่าเฉลี่ย	จำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา
18	ขัน Bolt ตัวบนของแท่นปีกของเครื่องพิมพ์ร้อนให้แน่นทั้ง 2 ข้างจำนวน 4 ตัว	1.22	0.89	0.90	1.00	0.95	1.18	0.96	1.17	1.10	0.95	1.04	17.1
		0.98	1.22	1.02	1.07	0.90	0.98	1.00	1.22	0.98	1.10		
		0.92	1.18	1.05	1.07	1.19	1.10	0.90	0.92	1.15	1.02		
19	ปรับยกแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นกลางขึ้นปรับโบลด์ตัวล่างของแท่นข้างซ้ายและขวาของเครื่องพิมพ์ร้อนให้มีความสูงพอดีกับแม่พิมพ์ชั้นล่าง	0.66	0.58	0.77	0.64	0.72	0.65	0.72	0.73	0.60	0.66	0.67	12.4
		0.65	0.62	0.70	0.73	0.77	0.73	0.63	0.60	0.67	0.75		
		0.63	0.65	0.63	0.58	0.70	0.58	0.77	0.60	0.70	0.73		
20	วัดอุณหภูมิแม่พิมพ์	0.59	0.80	0.49	0.53	0.67	0.57	0.63	0.67	0.58	0.62	0.61	27.2
		0.63	0.65	0.62	0.53	0.60	0.53	0.52	0.49	0.64	0.52		
		0.65	0.80	0.75	0.53	0.66	0.60	0.72	0.58	0.61	0.62		
21	รออุณหภูมิให้ได้ตามเงื่อนไขการผลิต	30.00	30.00	45.00	30.00	15.00	30.00	20.00	0.00	10.00	20.00	23.00	479.7
		20.00	45.00	25.00	35.00	10.00	25.00	32.00	45.00	30.00	15.00		
		23.00	30.00	15.00	15.00	10.00	0.00	0.00	40.00	30.00	15.00		

ข้อมูลการจับเวลาเบื้องต้น 30 ครั้ง ในการปรับตั้งแม่พิมพ์หลังปรับปรุง

ลำดับ	ขั้นตอน	จับเวลาเบื้องต้น จำนวน 30 ครั้ง (นาที)										ค่าเฉลี่ย	จำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา
1	คลาย Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและล่าง ชั้นละ 2 ตัว	1.68	1.69	1.68	1.72	1.69	1.67	1.68	1.69	1.68	1.69	1.69	0.1
		1.69	1.70	1.68	1.70	1.70	1.70	1.71	1.69	1.70	1.67		
		1.68	1.70	1.68	1.67	1.68	1.69	1.71	1.71	1.70	1.71		
2	ปรับแท่นกระบอกสูบเครื่องพิมพ์ร้อนให้ยกขึ้น	0.20	0.17	0.17	0.14	0.17	0.18	0.19	0.18	0.18	0.19	0.18	5.7
		0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.16	0.18	0.17	0.18	0.18		
		0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.18		
3	คลายสกรูของแม่พิมพ์ชั้นกลางทางปีกซ้ายและปีกขวา ข้างละ 1 ตัว	1.02	1.01	0.99	0.98	1.00	1.02	1.00	1.03	0.99	0.98	1.00	0.7
		0.97	0.97	1.04	1.00	1.02	0.97	0.95	0.99	1.00	1.04		
		0.98	1.01	1.01	1.03	0.99	0.98	0.98	0.98	1.00	1.00		
4	นำแม่พิมพ์ชุดเก่าวางบนรถยก	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17	0.4
		0.17	0.17	0.16	0.17	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17		
		0.17	0.17	0.16	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17		
5	ขับรถยกไปที่จุดทำความสะอาดแม่พิมพ์	0.80	0.78	0.78	0.82	0.81	0.92	0.91	0.80	0.81	0.84	0.84	2.5
		0.84	0.83	0.84	0.88	0.85	0.83	0.84	0.86	0.89	0.88		
		0.87	0.85	0.84	0.85	0.84	0.85	0.84	0.85	0.85	0.83		
6	ขับรถยกนำแม่พิมพ์ชุดใหม่จากตู้อุ่นไปยังเครื่องพิมพ์ร้อน	1.48	1.72	1.54	1.60	1.74	1.50	1.53	1.59	1.70	1.60	1.62	3.0
		1.60	1.64	1.69	1.67	1.56	1.60	1.65	1.67	1.69	1.68		
		1.61	1.50	1.68	1.69	1.61	1.59	1.55	1.68	1.51	1.66		

ข้อมูลการจับเวลาเบื้องต้น 30 ครั้ง ในการปรับตั้งแม่พิมพ์หลังปรับปรุง (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอน	จับเวลาเบื้องต้น จำนวน 30 ครั้ง (นาที)										ค่าเฉลี่ย	จำนวนครั้งที่ต้องจับเวลา
7	นำแม่พิมพ์ชุดใหม่วางบนแท่นที่เครื่องพิมพ์ร้อน	0.25	0.26	0.26	0.26	0.27	0.25	0.24	0.25	0.22	0.29	0.25	5.7
		0.25	0.24	0.29	0.25	0.25	0.25	0.22	0.25	0.26	0.25		
		0.24	0.25	0.25	0.24	0.24	0.26	0.26	0.27	0.24	0.27		
8	ปรับแท่นกระบอกสูบลงมาให้พอดีกับแม่พิมพ์ชั้นบน ติดตั้ง Jig ของแม่พิมพ์ชั้นบนและชั้นล่าง ชั้นละ 2 ตัว	1.75	1.70	1.71	1.69	1.72	1.71	1.68	1.68	1.65	1.68	1.68	0.7
		1.71	1.70	1.56	1.67	1.72	1.73	1.67	1.68	1.71	1.64		
		1.69	1.68	1.68	1.68	1.64	1.66	1.67	1.72	1.67	1.64		
9	ขันยึดสกรูของแม่พิมพ์ชั้นกลางทางปีกซ้ายและปีกขวา ข้างละ 1 ตัว	0.91	0.82	0.81	0.82	0.84	0.73	0.76	0.83	0.73	0.82	0.79	7.5
		0.81	0.69	0.77	0.74	0.73	0.75	0.73	0.80	0.81	0.73		
		0.84	0.87	0.78	0.74	0.81	0.74	0.83	0.74	0.87	0.69		
10	วัดอุณหภูมิแม่พิมพ์	0.75	0.53	0.66	0.53	0.52	0.62	0.59	0.80	0.53	0.67	0.61	27.2
		0.49	0.60	0.72	0.58	0.61	0.52	0.63	0.65	0.53	0.60		
		0.62	0.57	0.63	0.67	0.58	0.62	0.65	0.80	0.49	0.64		
11	รออุณหภูมิให้ได้ตามเงื่อนไขการผลิต	6.00	2.00	11.00	4.00	11.00	7.00	5.00	10.00	7.00	0.00	10.00	811.7
		10.00	12.00	13.00	17.00	8.00	6.00	0.00	7.00	12.00	5.00		
		17.00	19.00	4.00	26.00	21.00	0.00	28.00	10.00	17.00	5.00		

รายการอ้างอิง

1. วรรณา ยงพิศาลภพ. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2561-63 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์. 2018 20 June 2019]; Available from: https://www.krungsri.com/bank/getmedia/fb1ce3a1-8cc2-44c0-abb9355b7b697444/IO_Auto_Parts_180713_TH_EX.aspx.
2. โกศล ดีศีลธรรม. ก้าวสู่ความเป็นเลิศด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีน. 2010 20 June 2019]; Available from: http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=10255.
3. พรเทพ เหลือทรัพย์สุข และยุพา กลอนกลาง, การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (*Quick Changeover for Operator: The SMED System)*. 2007, กรุงเทพฯ: อี.ไอ.สแควร์ สำนักพิมพ์.
4. Kaizen Institute India. *SMED – Single minute exchange of die – Reduce your setup time*. 2014 20 June 2019]; Available from: https://in.kaizen.com/blog/post/2014/04/03/smed--single-minute-exchange-of-die--reduce-your-setup-time.html.
5. เฉลิมชัย รัตนโสภาจิรสิน, การลดเวลาการเปลี่ยนรุ่นการผลิตแบตเตอรี่ กรณีศึกษา บริษัทสยามยีเอส แบตเตอรี่ จำกัด, in สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม. 2009, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
6. Moore, R., *Kaizen*, in *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools What Tool? When?* 2007, Butterworth-Heinemann. p. 159-172.
7. จินตรัตน์ ศรีสุพรรณ, การปรับปรุงกระบวนการผลิตในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์, in สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม. 2014, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
8. สุขุม มั่นคง. ไคเซ็น (*Kaizen)*. 2011 28 July 2019]; Available from: http://kaizenjapan.blogspot.com/.
9. MOROTHAI. เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานด้วยแนวคิด *KAIZEN*. 2015 28 July 2019]; Available from: http://www.moro.co.th/เพิ่มประสิทธิภาพการทำง-2/.
10. ประจวบ กล่อมจิตร, เทคนิคการเพิ่มผลผลิตในองค์กร : หลักการและตัวอย่างการปฏิบัติ.

2014, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

11. LOGISTICAFE. ไคเซ็น (*Kaizen)* คืออะไร *?* คีย์เวิร์ดสำคัญของการทำไคเซ็น เลิกลด และเปลี่ยน. 2019 [cited 2019 28 July 2019]; Available from: https://www.logisticafe.com/2009/12/kaizen/.

12. รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, การศึกษางานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 5 ed. 2007, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด.

13. บุญสิน นาตอนตู่, การลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์, in สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. 2012, มหาวิทยาลัยบูรพา.

14. อรรถพล เสนาะเสียง, การลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรในสายการผลิตท่อส่งข้าว, in สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ 2016, มหาวิทยาลัยบูรพา.

15. ชาณิดา พิทยานนท์ และปริญญา พิฒนวสันต์พร. การลดเวลาการเปลี่ยนลูกกลิ้งและปรับตั้งเครื่องรีดพลาสติกแผ่นด้วยเทคนิค *SMED*. in การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร 2017.

16. ธนัฐพงษ์ บุญสุวรรณโน, การลดเวลาการติดตั้งแม่พิมพ์ของงานฉีดพลาสติกในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์, in สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. 2017, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

17. วัชรากร อรุณวิราม. การลดเวลาสูญเปล่าและของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ. in การประชุมวิชาการปัญญาภิวัฒน์ 2015.

18. ยุทธณรงค์ จงจันทร์ และคณะ, การปรับปรุงกระบวนการประกอบชุดจับยึดที่นั่งของรถยนต์โดยใช้หลักการสมดุลสายการผลิต. วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย (Thai Industrial Engineering Network Journal), 2017. 3(2): p. 37-46.

19. อำนาจ อมฤก และศิลปชัย วัฒนเสย, การเพิ่มประสิทธิภาพโดยวิศวกรรมคอนเคอร์เร็นท์และเทคนิคอีซีอาร์เอส : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็กของยานยนต์. วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย (Thai Industrial Engineering Network Journal), 2019. 5(1): p. 21-27.

20. Rosa C., et al., *SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry.* Procedia Manufacturing 2017. 13(June): p. 1034-1042.

21. Mashitah M.E., Nor Azian A.R., and Maizurah J., *Reducing High Setup Time in Assembly Line: A Case Study of Automotive Manufacturing Company in Malaysia.* Procedia - Social and Behavioral Sciences 2015. 211(November): p. 215-220.

22. Karam A., L.M., Cristina V., and Radu H., *The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project.* Procedia Manufacturing 2018. 22(October): p. 886-892.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	พรลภัส เลิศศักดิ์วานิช
วัน เดือน ปี เกิด	19 กุมภาพันธ์ 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดนครศรีธรรมราช
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเอกเคมีวิศวกรรม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 4/79 หมู่ที่ 3 ถนนเพชรเกษม ตำบลบางนอน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง 85000