การลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา

เอกตระกูล สุมาลา

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2555

SET UP TIME REDUCTION IN PLASTIC INJECTION PROCESS

A CASE STUDY

Aketrakool Sumala

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2013

หัวข้อสารนิพนธ์	การลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา
โดย	เอกตระกูล สุมาลา
สาขาวิชา	การจัดการอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์)

..... กรรมการ
(ดร. จักรพงษ์ ลิมปนุสสรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

เอกตระกูล สุมาลา : การลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน, 70 หน้า.

สารนิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำหลักการและเทคนิคการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) เพื่อลดเวลาในการปรับตั้ง (Setup Time) แม่พิมพ์ที่กระบวนการฉีดพลาสติกอย่างน้อย 50% โดยอาศัยเครื่องมือในการวิเคราะห์ ได้แก่ Routing Diagram การจับเวลา แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Process Flow Chart) แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart)

จากสภาพปัจจุบันของกระบวนการฉีดพลาสติก พบว่า กระบวนการปรับตั้งแม่พิมพ์ใช้เวลาปรับตั้ง (Setup Time) เท่ากับ 211 นาที และมีขั้นตอนเท่ากับ 21 ขั้นตอน จึงได้แยกงานภายใน ออกจากงานภายนอกตามหลักการและเทคนิคSMED นอกจากนั้นได้ประยุกต์หลักการกำจัดความสูญเปล่าของกระบวนการรอคอย และการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นในขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ ได้ประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องมือและเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการ (IE Technique) ใช้ในการปรับปรุง โดยได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายตั้งแต่ผู้บริหาร ไปจนถึงผู้ปฏิบัติงาน

การปรับปรุงขั้นตอนที่ 1 ทำให้สามารถลดเวลาปรับตั้งแม่พิมพ์จาก 211 นาที เหลือ 140 นาที คิดเป็น 33.65 % และลดขั้นตอนจาก 21 ขั้นตอน เหลือ 13 ขั้นตอน การปรับปรุงขั้นตอนที่ 2 สามารถลดเวลาจาก 140 นาที เหลือ 100 นาที คิดเป็น 28.57 % และจาก 13 ขั้นตอน เหลือ 6 ขั้นตอน และการปรับปรุงขั้นตอนที่ 3 สามารถลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์จาก 100 นาที เหลือ 33 นาที คิดเป็น 67 % จากนั้นได้กำหนดมาตรฐานและคู่มือปฏิบัติงานไว้สำหรับใช้ในการปฏิบัติงานการปรับตั้งแม่พิมพ์

บัณฑิตวิทยาลัย ลายมือชื่อนักศึกษา.....
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2556

AKETRAKOOL SUMALA : SET UP TIME REDUCTION IN PLASTIC INJECTION PROCESS: A CASE STUDY. ADVISOR : DR. DUMRONGKIAT RATANAAMORNPIN, 70 PP.

The purpose of this study is to reduce the setup time of plastics injection process down to at least 50% by applying the principles and techniques of Single Minute Exchange of Die (SMED), incorporated some analyzing tools such as routing diagram, work study, process flow and multiple activity chart.

Currently, the setup time of the plastic injection process is 211 minutes, and the setup operation process is up to 21 steps. Firstly, the principle of SMED is applied by separating the internal setup operations from the existing process. Waste (MUDA) elimination in waiting process and unnecessary movement principle are applied in setup process. Then, SMED is applied together with the tools and techniques of Industrial Engineering (IE Technique) in order to improve the setup. The task is successful by the cooperation from all parties from top management to employees.

The first improvement, setup time is reduced from 211 minutes to 140 minutes, inclining by 33.65%. The processing steps are reduced from 21 steps to 13 steps. The second improvement, the setup time is reduced from 140 minutes to 100 minutes, inclining by 28.57% and the processing steps are reduced from 13 steps to 6 steps. The final improvement, the setup time is reduced from 100 minutes to 33 minutes, inclining by 67%. Moreover, the standard of operational manual is identified for the further improvement.

Graduate School Student's Signature.....

Field of Study Industrial Management Advisor's Signature.....

Academic Year 2013

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการปรับตั้งแม่พิมพ์ให้ทราบถึงที่มาและสาเหตุของปัญหา กรณีศึกษา โดยสารนิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์เวลาให้คำแนะนำที่ดีเป็นอย่างยิ่ง และแนะนำแนวทางการแก้ไขของสารนิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งๆ ขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ หลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้ศึกษาอย่างมีหลักการ ทำให้ผู้ศึกษามีหลักการในคิด เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษา ที่ได้ให้การสนับสนุน และอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการศึกษาข้อมูล เก็บข้อมูลตั้งแต่ต้น จนเสร็จสิ้น

ขอขอบพระคุณผู้บริหารของโรงงานกรณีศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เป็นกำลังในการศึกษาในครั้งนี้ และให้มีโอกาสศึกษามาจนกระทั่งปัจจุบัน คนในครอบครัวที่เข้าใจในการศึกษาที่ต้องใช้ความทุ่มเทอย่างเต็มความสามารถ ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ ขอบคุณสำหรับมิตรภาพที่จะมีอยู่ด้วยกันตลอดไป

เอกตระกูล สุมาลา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญรูป..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1
สภาวะความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2
ขอบเขตของการศึกษา..... 2
ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการ..... 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
แผนงาน และระยะเวลาการดำเนินงาน..... 3

2 หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
หลักการพื้นฐาน..... 5
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 5
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16

3 วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์..... 22
วิธีการดำเนินงาน..... 22
ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา..... 22
กระบวนการการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา..... 23
ศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล..... 27

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	ออกแบบวิธีการ และแนวทางการปรับปรุงปัญหาด้วยเทคนิคการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED).....	30
4	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	42
	สรุปผลการวิเคราะห์.....	42
	สรุปผลการศึกษา.....	43
	ข้อเสนอแนะ.....	44
	ปัญหา อุปสรรค และการศึกษาต่อไปในอนาคต.....	45
บรรณานุกรม.....		46
ภาคผนวก.....		49
	ภาคผนวก ก ตารางการจับเวลาก่อนการปรับปรุง.....	50
	ภาคผนวก ข แผนภูมิการไหลของกระบวนการก่อนการปรับปรุง.....	54
	ภาคผนวก ค การเปรียบเทียบการย้ายงานภายในเป็นงานภายนอก ก่อนและหลังปรับปรุง.....	57
	ภาคผนวก ง แผนภูมิการไหลของกระบวนการหลังการปรับปรุง.....	59
	ภาคผนวก จ แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart).....	62
	ภาคผนวก ฉ ตารางการจับเวลาหลังการปรับปรุง.....	65
	ภาคผนวก ช ตารางการเปรียบเทียบ Man-Hour และอัตราการใช้เครื่องจักรก่อนและหลังการปรับปรุง.....	68
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.....		70

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แผนงาน และระยะเวลาในการดำเนินการ.....	4
2	ขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์.....	9
3	ความสัมพันธ์ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
4	การเก็บข้อมูลของเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนการปรับปรุง.....	28
5	การแยกงานภายในและงานภายนอก (ก่อนปรับปรุง).....	31
6	การย้ายงานภายในออกจากงานภายนอก.....	32
7	แนวทางการปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์.....	36
8	การเปรียบเทียบขั้นตอนการปรับปรุง.....	44
9	การจับเวลาก่อนการปรับปรุง.....	51
10	แผนภูมิการไหลของกระบวนการก่อนการปรับปรุง.....	55
11	แสดงการเปรียบเทียบการย้ายงานภายในเป็นงานภายนอก ก่อนและหลังปรับปรุง.....	58
12	แผนภูมิการไหลของกระบวนการหลังการปรับปรุง.....	60
13	แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart).....	63
14	การจับเวลาหลังการปรับปรุง.....	66
15	การเปรียบเทียบ Man-Hour ก่อนและหลังการปรับปรุง.....	69
16	การเปรียบเทียบอัตราการใช้เครื่องจักร ก่อนและหลังการปรับปรุง.....	69

TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	รอบของการฉีดพลาสติก	6
2	ส่วนประกอบของเครื่องฉีด	7
3	แม่พิมพ์	7
4	ชิ้นงานขึ้นรูป	8
5	เสาหลักของระบบการผลิตแบบโตโยต้า	11
6	หัวใจหลักของการลดเวลาการปรับตั้ง (Setup Time)	17
7	เวลาทั้งหมดที่ต้องการเพื่อให้งานสำเร็จ	18
8	ผังการไหลขั้นตอนของกระบวนการฉีดพลาสติก	23
9	แผนผังของเครื่องฉีดพลาสติก ขนาด 250 ตัน	24
10	เครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ในกรณีศึกษา	25
11	พื้นที่จัดเก็บ และบำรุงรักษาแม่พิมพ์	26
12	รถเข็นสำหรับลำเลียงแม่พิมพ์	26
13	พื้นที่เก็บเครน	26
14	รถเครื่องมือ และอุปกรณ์	27
15	แผนภูมิแท่งเวลาของขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์	29
16	แผนภูมิ Pareto เวลาของขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์	29
17	Routing Diagram แสดงเส้นทางเดินของพนักงานปรับตั้งแม่พิมพ์	30
18	แผนภูมิแยกจำนวนงานที่สามารถปรับปรุง	33
19	แผนภูมิแยกเวลางานที่สามารถปรับปรุง	34
20	Routing Diagram แสดงเส้นทางเดินของพนักงานปรับตั้งแม่พิมพ์หลังการย้ายงาน	35
21	คู่มือการปรับตั้งแม่พิมพ์	38
22	ข้อมูลการจับเวลามาตรฐานก่อนการปรับปรุง	52
23	ข้อมูลการจับเวลามาตรฐานหลังการปรับปรุง	67

บทที่ 1
บทนำ

สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผลและปัญหา

แนวโน้มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไทยคาดการณ์ว่าจะมีการขยายตัวที่สูงขึ้น ซึ่งองค์กรธุรกิจในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อการพัฒนา และทำการปรับปรุงประสิทธิภาพกันอย่างมาก เพื่อให้สามารถแข่งขันและอยู่รอดในตลาดโลกที่กำลังเปลี่ยนแปลง ทุกบริษัทจำเป็นต้องพึ่งตนเองอย่างเต็มกำลังความสามารถด้วยการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีจุดมุ่งหมาย คือสมรรถนะระดับโลก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความรุนแรงในแข่งขัน และการคาดหวังของลูกค้าด้านคุณภาพ การตอบสนอง และความยืดหยุ่นของผู้จัดส่งสินค้าที่สูงขึ้นมาก ยิ่งไปกว่านั้นการแข่งขันของอุตสาหกรรมฉีดพลาสติกก็สูงขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบันทั้งทางด้านการค้า การลงทุน การผลิตสินค้า และการบริการที่มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรง รวมถึงมีการคิดค้นและการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีใหม่ๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆ ยิ่งไปกว่านั้น การแข่งขันทางด้านต้นทุนเป็นเรื่องหนึ่งที่ทำให้การแข่งขันเป็นข้อได้เปรียบกับคู่แข่งทางการค้า ดังนั้นวิธีการลดสินค้าคงคลัง และการลดชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิต ก็เป็นอีกวิธีที่สำคัญที่ทำให้ต้นทุนลดอย่างมาก

จากผลของสภาวการณ์การแข่งขันที่สูงขึ้น ณ ปัจจุบัน ส่งผลให้หลายๆ อุตสาหกรรมต้องให้ความสำคัญในด้านต้นทุนเป็นส่วนใหญ่ กล่าวคือต้องทำการลดต้นทุนในการผลิตให้มากที่สุด และทำการปรับปรุงกระบวนการ รวมถึงการพัฒนากระบวนการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยแนวทางการในการลดต้นทุนการผลิตที่ดำเนินการอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้ ก็คือการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบโตโยต้า สำหรับแนวคิดและหลักการของระบบการผลิตแบบโตโยต้านี้ เป็นการผลิตแบบตามจำนวนที่ลูกค้าต้องการ คุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ และต้องให้ทันตามเวลาที่ลูกค้ากำหนด ระบบการผลิตแบบโตโยต้า จะทำให้เกิดการลดต้นทุนทั้งกระบวนการ และส่งผลให้เห็นปัญหาที่ถูกซุกซ่อนไว้ในระบบการผลิตอีกด้วย

เป็นที่ทราบกันดีสำหรับในตลาดทุกวันนี้ บริษัทผู้ผลิตต่างๆ คงไม่สามารถดำรงอยู่ได้ถ้าปราศจากการจัดการการผลิตที่ดี กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ระบบการผลิตแบบโตโยต้า จะมองในเรื่องการผลิตเท่าที่ลูกค้าต้องการ โดยจะขึ้นอยู่กับคุณภาพที่ดี และสามารถส่งมอบสินค้าในต้นทุนที่ต่ำกว่าบริษัทอื่นๆ ถ้ามองในเรื่องของวิธีการลดสินค้าคงคลัง และการลดชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิตแล้ว ยังส่งผลในเรื่องความสามารถในการจัดการเรื่องของใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุดอีกด้วย จากนั้นระบบการผลิตแบบโตโยต้า ยังทำให้บริษัทสามารถจัดการระบบการผลิตได้เป็นอย่างดี ในเรื่องของความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตลดลง เมื่อสามารถกำจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ แต่อย่างไรก็ตาม ระบบการผลิตแบบโตโยต้านั้น

จะมุ่งเน้นเกี่ยวกับการจัดการลดสินค้าคงคลัง และการลดชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิต โดยไม่ให้ผลิตมากเกินความต้องการของลูกค้า ซึ่งต้องเริ่มจากการลดเวลาการปรับตั้ง (Setup Time) แม่พิมพ์ที่กระบวนการฉีดพลาสติกให้สั้นที่สุดก่อน

ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้นำประเด็นในเรื่องของการลดเวลาการปรับตั้ง (Setup Time) แม่พิมพ์ที่กระบวนการฉีดพลาสติกมาทำการศึกษา เนื่องจากกระบวนการการลดเวลาการปรับตั้ง (Setup Time) แม่พิมพ์ที่กระบวนการฉีดพลาสติก เป็นกระบวนการใช้เวลาที่ยาวนาน ที่ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองเกินกว่าที่จำเป็น ซึ่งจะส่งผลให้มีการผลิตชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิต มาทดแทนปริมาณกับเวลาที่หยุดไป จึงเกิดความสูญเปล่าในหลายๆ ด้าน เช่น ความสูญเปล่าที่เกิดจากชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิตที่มีขนาดใหญ่ เกิดความล่าช้าในการจัดส่ง คุณภาพลดลง โดยกรณีศึกษานี้จะใช้การประยุกต์เทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) มาเป็นเครื่องมือในการศึกษาและการลดเวลาการปรับตั้ง (Setup Time) แม่พิมพ์ที่กระบวนการฉีดพลาสติก

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในการศึกษาได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ เพื่อนำหลักการและเทคนิคการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) เพื่อลดเวลาในการปรับตั้ง (Setup time) แม่พิมพ์ที่กระบวนการฉีดพลาสติกอย่างน้อย 50%

ขอบเขตของการศึกษา

เป็นการศึกษา การดำเนินการการปรับตั้งแม่พิมพ์ในโรงงานฉีดพลาสติก เนื่องจากการฉีดพลาสติกมีผลิตภัณฑ์ของชิ้นงานที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้มีขั้นตอนในการปรับตั้งแม่พิมพ์ที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นผู้ศึกษาจึงเลือกศึกษาเฉพาะเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 250 ตัน ที่มีทั้งหมด 7 เครื่อง ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ เพื่อเป็นกรณีศึกษาในการเก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาอยู่ในขอบเขตที่จำกัด โดยใช้หลักการ และเทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)

ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการ

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้วิธีการสังเกต และการจดบันทึกข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงาน เพื่อทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการการปรับตั้งแม่พิมพ์
2. ศึกษาขั้นตอนของเทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)
3. เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์

4. ออกแบบวิธีการ และแนวทางการปรับปรุงปัญหาด้วยเทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)

5. สรุป และนำเสนอผลที่คาดว่าจะได้รับ

6. จัดทำรูปเล่มผลงานวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ให้น้อยลง เพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการ

2. ลดปริมาณการผลิตที่มีล๊อตขนาดใหญ่ของชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิตของกระบวนการฉีดพลาสติก

3. สามารถปรับตั้งแม่พิมพ์ได้บ่อยขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่ต้องการความยืดหยุ่น (Flexibility) มากขึ้น

4. ทำให้อัตราการใช้เครื่องจักรให้เกิดประโยชน์เพิ่มมากขึ้น

5. นำผลของกรณีศึกษาไปพัฒนาต่อยอด

แผนงาน และระยะเวลาดำเนินการ

จากแผนงาน สามารถนำมากำหนดระยะเวลาการดำเนินการได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนงาน และระยะเวลาในการดำเนินการ

ลำดับ	หัวข้อการดำเนินการ	2555			2556						
		ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
1	ศึกษา และทำความเข้าใจในสภาพปัจจุบัน										
2	ศึกษาเนื้อหา และทฤษฎีเกี่ยวกับเทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)										
3	เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลของปัญหา										
4	ออกแบบวิธีการและแนวทางการปรับปรุงปัญหา										
5	สรุป และเสนอแนะวิธีการจัดการที่เหมาะสม										
6	จัดทำรูปเล่มรายงานงานวิจัย										

บทที่ 2
หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการพื้นฐาน

การศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้วิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) เพื่อการลดเวลาในการปรับตั้ง (Setup Time) แม่พิมพ์ที่กระบวนการฉีดพลาสติกในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้รวบรวมสาระความรู้ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา โดยมีเนื้อหาดังนี้

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
    1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการฉีดพลาสติกเบื้องต้น
        1.1.1 กระบวนการฉีดพลาสติก
        1.1.2 ขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์
2. แนวคิด และเทคนิคเกี่ยวกับวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)
    2.1 ที่มาของทฤษฎีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)
    2.2 ขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)
    2.3 เครื่องมือที่ประยุกต์ใช้ในการปรับปรุง
3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

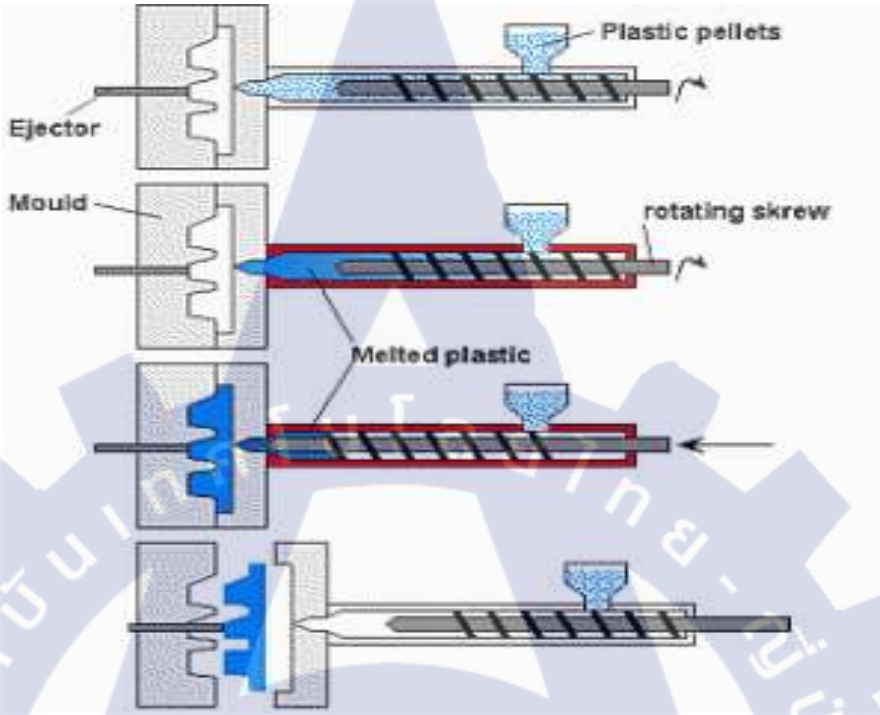
<u>1. ทฤษฎีเกี่ยวกับการฉีดพลาสติกเบื้องต้น</u>

การฉีดขึ้นรูปเป็นวิธีการเพื่อให้ได้ชิ้นงานขึ้นรูป โดยฉีดพลาสติกเหลวเข้าไปสู่แม่พิมพ์ แล้วจึงทำการหล่อเย็นและทำให้ชิ้นงานขึ้นรูปแข็งตัว วิธีการนี้เหมาะสมสำหรับชิ้นงานที่มีรูปทรงซับซ้อน สามารถผลิตได้ครั้งละมากๆ และสามารถผลิตชิ้นงานขนาดใหญ่

1.1 กระบวนการฉีดขึ้นรูปสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- การปิดแม่พิมพ์
- การฉีด
- การย้ำหรือการแช่
- การหล่อเย็น
- การเปิดแม่พิมพ์

- การนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ขั้นตอนของรอบการฉีดพลาสติก ได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รอบของการฉีดพลาสติก

ที่มา : **พลาสติกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม.** (ม.ป.ป.). ออนไลน์.

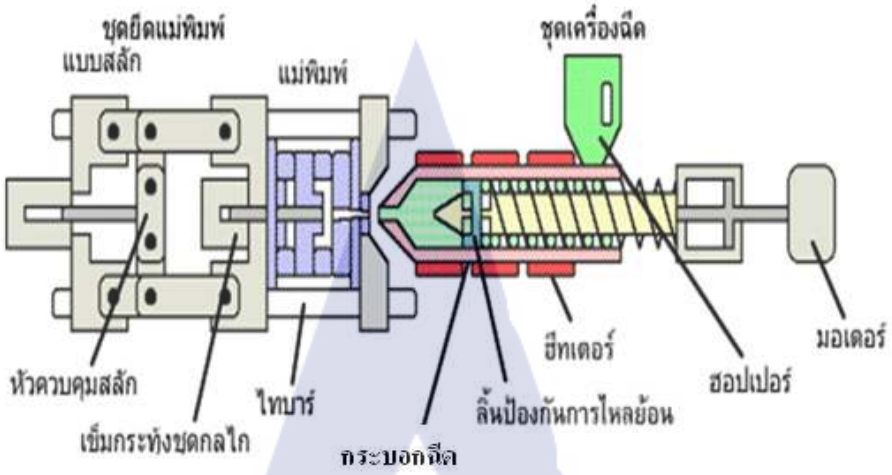
1.1.1 เครื่องฉีดขึ้นรูป

เครื่องฉีดขึ้นรูปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนประกอบแม่พิมพ์และส่วนการฉีด

หน่วยการฉีดจะทำหน้าที่ในการหลอมเหลวพลาสติกด้วยความร้อนแล้วจึงฉีดพลาสติกเหลวเข้าไปในแม่พิมพ์

1.1.2 ส่วนประกอบของเครื่องฉีด

เป็นวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการฉีดพลาสติกที่กำลังหลอมเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์ด้วยความดันสูง เครื่องจักรที่ใช้ในการนี้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และเป็นที่นิยมแพร่หลาย มีส่วนประกอบสำคัญดังรูปที่ 2

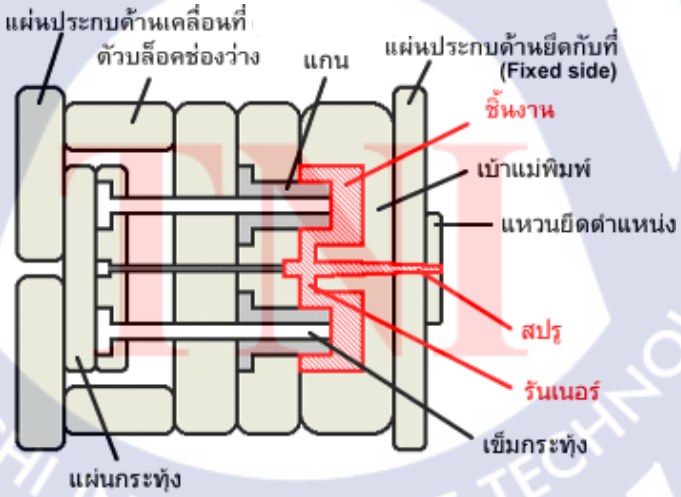


รูปที่ 2 ส่วนประกอบของเครื่องฉีด

ที่มา : Polyplastics Co., Ltd. (2013). **Injection Molding Machine.** Online.

1.1.3 แม่พิมพ์

แม่พิมพ์ทำจากโลหะโดยทำให้มีช่องว่างด้านใน เพื่อให้พลาสติกเหลวที่ถูกฉีดเข้าไปมีรูปทรงตามที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 3

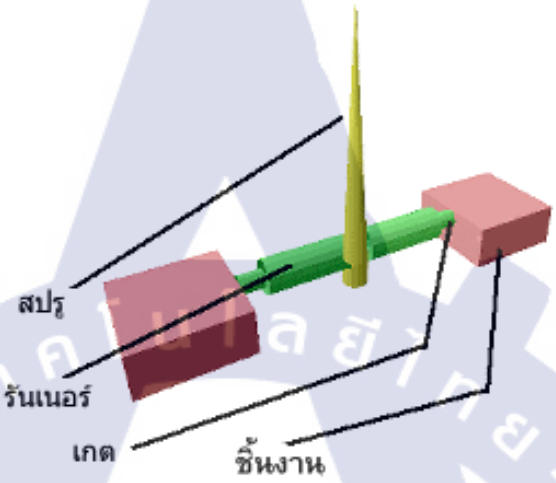


รูปที่ 3 แม่พิมพ์

ที่มา : Polyplastics Co., Ltd. (2013). **Injection Molding Machine.** Online.

1.1.4 ชิ้นงานขึ้นรูป

ชิ้นงานขึ้นรูปประกอบไปด้วยช่องทางเข้าของพลาสติกที่หลอมเหลว ทำหน้าที่เป็นตัวผ่านของพลาสติกหลอมเหลว ก้านชิ้นงาน หน้าที่เป็นตัวนำพลาสติกเหลวไปยังเบ้าแล้วจึงได้เป็นชิ้นงานดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชิ้นงานขึ้นรูป

ที่มา : Polyplastics Co., Ltd. (2013). **Injection Molding Machine.** Online.

1.1.5 การนำเม็ดพลาสติกกลับมาใช้ใหม่

ช่องทางเข้าของพลาสติกหลอมเหลว และก้านชิ้นงาน ที่ได้จากการขึ้นรูปไม่ได้เป็นชิ้นงานที่ต้องการ บางครั้งจึงมีการกำจัดออกไป แต่บางกรณี สามารถนำมาบดและนำมาขึ้นรูปใหม่ ซึ่งเรียกชิ้นส่วนนี้ว่า วัสดุกลับมาใช้ใหม่

1.1.6 ปัจจัยการฉีด

ปัจจัยการฉีดหมายถึง อุณหภูมิกระบอกฉีด ความเร็วในการฉีด อุณหภูมิแม่พิมพ์ เป็นต้น ปัจจัยทั้งหมดนี้ได้ตั้งค่าไว้ในเครื่องฉีด เพื่อให้ได้การฉีดตามที่ต้องการ ถ้ามีการปรับตั้งแปลงปัจจัยในการฉีดจะมีผลทำให้ลักษณะผิวภายนอก ขนาด และคุณสมบัติเชิงกลเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยการฉีดที่เลือกไว้ ดังนั้นการมีประสบการณ์ และเทคโนโลยีในการทดลองที่ดีทำให้สามารถเลือกปัจจัยในการฉีดที่เหมาะสม

1.2 ขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์

ขั้นตอนของการปรับตั้งแม่พิมพ์ มีขั้นตอนการปฏิบัติงานได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์

ลำดับ	ขั้นตอน
1	หยุดเครื่องฉีดพลาสติก และทำการ Purge material (PM)
2	ปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)
3	เดินไปปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)
4	ปิดวาว์ลน้ำเข้า– ออกของ Mold และถอดสายท่อน้ำ
5	ไปนำเครนจากพื้นที่เก็บ และบำรุงรักษามายึดกับ Mold
6	ถอดน็อตยึด Clamping
7	เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก
8	นำ Mold ไปเก็บที่พื้นที่เก็บ และบำรุงรักษา Mold
9	นำชุด Mold ใหม่ออกมาจากพื้นที่เก็บที่เดียวกัน
10	เปิด Clamp และใส่ Mold ชุดใหม่
11	เปิดชุดทำความร้อนกระบอกฉีด
12	เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)
13	ต่อสายท่อน้ำ และเปิดวาว์ลน้ำเข้า/ออก
14	เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)
15	รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu
16	ทำความสะอาด Mold
17	ตรวจสอบCondition ฉีด
18	ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot
19	การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)
20	การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง
21	การตรวจสอบชิ้นงาน

2. แนวคิด และเทคนิคเกี่ยวกับวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)

2.1 ที่มาของทฤษฎีของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)

ในปัจจุบันมีเทคนิคที่ใช้ในการช่วยลดเวลาในการปรับตั้ง (Setup Time) เครื่องจักร และแม่พิมพ์มีหลายเทคนิค เช่น การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการศึกษาเวลา (Time Study) การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการผลิตแบบโตโยต้า หรือการผลิตแบบลีน (Lean Production) เป็นต้น สำหรับการศึกษานี้ได้เลือกใช้เครื่องมือเกี่ยวกับเทคนิคการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ที่เป็นเทคนิคด้านหนึ่งในระบบการผลิตแบบโตโยต้า ซึ่งเทคนิคนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้น โดย Shingeo Shingo ซึ่งเป็นผู้ร่วมกันคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้าร่วมกับ Taiichi Ohno ที่ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเทคนิคการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) เป็นเทคนิคชนิดหนึ่งที่นำไปใช้หนึ่งในสองเสาหลักของระบบการผลิตแบบโตโยต้าก็คือ เสาของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just In Time)

2.1.1 ระบบการผลิตแบบโตโยต้า

นิพนธ์ บัวแก้ว (2547) ได้กล่าวไว้ว่า ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี ได้ถูกคิดค้นขึ้นโดย Taiichi Ohno อดีตรองประธานบริษัท Toyota Motor Corporation เป็นระบบการผลิตที่ทำให้เกิดมาตรฐาน และการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมุ่งเน้นการขจัดการสูญเปล่าในงานต่างๆ ที่ใช้แนวคิดในเรื่องคุณค่าของงานที่กระทำ โดยผลที่คาดหวังก็คือ การมีต้นทุนที่ต่ำ เพิ่มผลผลิต และการทำให้ลูกค้าพึงพอใจทั้งในแง่ของคุณภาพ ราคา และการจัดส่งที่ตรงกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด ดังรูปที่ 5 ซึ่งจะมีเสาหลักในแนวคิดอยู่ 2 แนวคิด คือ

1. ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just In Time) คือ การผลิตตามความจำเป็นตามที่จำนวนของลูกค้าต้องการ และมีการจัดส่งให้ทันเวลาตามคุณภาพที่ลูกค้าพึงพอใจ (Toyota Seisan Houshiki Wo Kangaeru Kai. 2554)

2. ระบบการผลิตหยุดแบบ Autonomy คือ การหยุดเมื่อเกิดข้อบกพร่อง และหยุดเมื่อผลิตครบตามจำนวนที่ต้องการในสายการผลิต โดยจะหยุดแบบ Autonomous

โดยมีหลักการแสดงขั้นตอนการปฏิบัติอยู่ 4 ขั้นตอนหลัก คือ

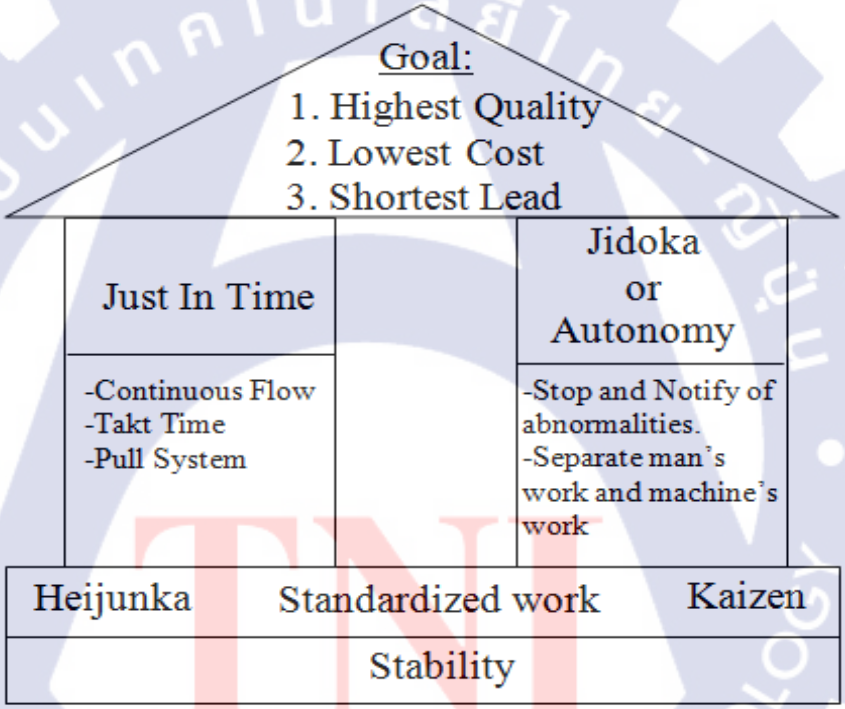
1. การควบคุมสภาพพื้นที่ (Work Site Control) เป็นการควบคุมสภาพของพื้นที่ และสภาพในการทำงานให้อยู่ในการควบคุมด้วยสายตา

2. การจัดการไหลในกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) เป็นการปรับปรุงกระบวนการให้การผลิตสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง รวมไปถึงชิ้นงานสามารถไหลต่อเนื่อง

3. กิจกรรมงานมาตรฐาน (Standardized Work) เป็นวิธีการปรับปรุงงานที่เน้นให้ความสำคัญต่อคน มาตรฐานการปฏิบัติงานที่ชัดเจน เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ และเป้าหมายที่กำหนด ซึ่งเป็นการเฉลี่ยปริมาณงานที่จำเป็นต้องผลิตให้ใกล้เคียงกัน แล้วจึงทำการผลิต เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการผลิตที่มากเกินความจำเป็น และลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น

4. ระบบการผลิตแบบดึง (Pull System) เป็นเครื่องมือการผลิตในรูปแบบระบบ เพื่อทำให้การผลิตมีที่ความพอดีกับความต้องการของลูกค้า โดยมีการลดสินค้าคงคลัง และการลดชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิตที่ใกล้เคียงศูนย์หรือเท่ากับศูนย์

การผลิตแบบโตโยต้าได้มีการกำหนดเสาหลักของระบบการผลิตแบบโตโยต้า ที่บ่งบอกถึงเป้าหมายที่เกี่ยวกับคุณภาพ ต้นทุน และเวลานำ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เสาหลักของระบบการผลิตแบบโตโยต้า

ที่มา : วิฐินัฐ ภัคพรหมินทร์. (2551). **บทความต้นกำเหนิด TPS.** ไม่ปรากฏเลขหน้า.

ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Production) ซึ่ง Jame P. Womack และ Danaiel T. Jones ได้กล่าวเกี่ยวกับในการปฏิบัติสร้างคุณค่าในธุรกิจ ได้รับการต่อยอดจาก

ระบบการผลิตแบบโตโยต้า ที่เป็นแนวคิดพื้นฐาน และรากฐานที่ได้ถูกระบบการผลิตแบบลีนนำไปต่อยอด ซึ่ง Jame P. Womack และ Danaiel T. Jones แสดงให้เห็นการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนแบบทีละขั้นตอน ได้มองจากภาพกว้างของธุรกิจไปจนถึงเจาะเป็นภาพที่เล็กลง โดยมีการมุ่งเน้นสายธารแห่งคุณค่า ตั้งแต่ต้นทางของโซ่อุปทาน ไปจนถึงปลายทางของโซ่อุปทาน จากหนังสือ Lean Thinking (Jame P. Womack ; and Danaiel T. Jones. 1996)

2.1.2 ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Production)

ระบบการผลิตแบบลีน (Lean Production) เป็นคำที่กำเนิดขึ้นจากหนังสือชื่อ The Machine That Changed The World โดย James Womack และ Daniel T. Jones (นิพนธ์ บัวแก้ว. 2547) ซึ่งมีจุดกำเนิดมาจากระบบการผลิตแบบโตโยต้า

โดยมีหลักการแสดงขั้นตอนการปฏิบัติอยู่ 5 ตอนขั้นคือ

2.1.2.1 ระบบคุณค่าสู่ลูกค้า คือ การทำให้สินค้าและบริการ ให้มีคุณภาพและมาตรฐานตรงตามความคาดหวังของลูกค้า (การสร้างคุณค่ามุมมองของลูกค้า)

2.1.2.2 ระบบสายธารคุณค่า คือ การวิเคราะห์ของกระบวนการไหลโดยเริ่มจากกระบวนการแรกไปจนถึงกระบวนการสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ เพื่อปรับปรุงกระบวนการที่เกิดความสูญเปล่า

2.1.2.3 ระบบการไหล คือ การสร้างกระบวนการให้ไหลอย่างต่อเนื่องและราบเรียบตั้งแต่เริ่มผลิตจนเสร็จสิ้นการผลิต โดยการเน้นที่ความสัมพันธ์ระหว่างคนกับเครื่องจักร

2.1.2.4 ระบบการดึง การควบคุมระบบการผลิต โดยใช้การบ่งชี้ให้ทราบสถานการณ์ในการผลิต เพื่อให้สต๊อกในกระบวนการผลิตเข้าใกล้กับศูนย์หรือเป็นศูนย์ กล่าวคือไม่ให้มีสต๊อกในกระบวนการ

2.1.2.5 การมุ่งดำเนินการสู่ความสมบูรณ์แบบ คือ เป็นการปลูกจิตสำนึกในการทำระบบ กล่าวง่ายๆ คือ การให้ระบบลีนเข้าไปอยู่ในสายเลือดของทุกคนให้ได้

ซึ่งไม่ว่าจะเป็นทั้งระบการผลิตแบบโตโยต้า หรือระบบการผลิตแบบลีน (Lean Production) มุ่งเน้นที่จะทำการขจัดความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการตามรายละเอียดที่จะกล่าวถึงต่อไป (นิพนธ์ บัวแก้ว. 2547)

2.1.3 ความสูญเปล่า 7 ประการ

ระบบการผลิตแบบโตโยต้า หรือระบบการผลิตแบบลีน (Lean Production) เป็นระบบที่กำเนิดมาเพื่อกำจัดความสูญเปล่า ซึ่งความสูญเปล่ามีทั้งสิ้นอยู่ 7 ประการ (วิโรจน์ ลักขณาอดิสร. 2552) ดังต่อไปนี้คือ

2.1.3.1 การผลิตที่มากเกินความจำเป็น เป็นการผลิตที่เกินพอดี หรือการผลิตที่เกินความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะส่งผลต่อความเสี่ยงเกี่ยวกับ

- ต้นทุนในการจัดเก็บจากการเก็บรักษา และการขนถ่าย/ขนย้ายสินค้า

- ความเสียหายมากจากข้อบกพร่องจากการผลิตไม่ได้คุณภาพ อาจจะต้องทำการซ่อมแซม หรืออาจจะส่งผลร้ายให้ต้องทิ้งสินค้า

- ทำให้เกิดสินค้าที่ค้างอยู่พื้นที่ไม่สามารถขายออกได้ เนื่องจาก การตกรุ่น หรือเสื่อมสภาพ

2.1.3.2 การรอคอย เป็นลักษณะที่เกี่ยวกับการเตรียมการทำงานในกระบวนการถัดไป

2.1.3.3 การเคลื่อนย้ายหรือการขนถ่ายที่ไม่จำเป็น สำหรับความสูญเปล่านี้ เกิดจากการไหลของกระบวนการไม่ดี การจัดวางผังงานไม่ดี ส่งผลให้เกิดการสูญเปล่าในการขนย้ายบ่อยๆ

2.1.3.4 การมีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็น ซึ่งการผลิตแบบมีวัตถุดิบ ชิ้นงานคงคลังระหว่างการผลิต หรือสำเร็จรูป มาเก็บไว้เป็นจำนวนมาก เพราะมีแนวโน้ม อันเนื่องมาจากการที่มีของเสียมาก สินค้าสำเร็จรูป หรือวัตถุดิบ เป็นสิ่งที่เลวร้ายโดยสิ้นเชิง เพราะถ้ามีการเก็บสินค้าไว้มากๆ ก็จะมีการปกปิดปัญหา หรือการปิดบังปัญหา สุดท้ายก็ต้องแบกรับต้นทุนจากการสำรองไปเรื่อยๆ

2.1.3.5 การมีของเสียมาก ในส่วนมากการมีของเสียเกิดขึ้นจากการไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน อันเนื่องมากจากการมองปัญหาเป็นเรื่อง “ธรรมดา” มองของเสียที่เกิดขึ้นว่าเป็นสิ่งปกติ เกิดเป็นปกติอยู่แล้ว

2.1.3.6 การมีกระบวนการที่ไม่มีประสิทธิภาพ หมายความว่าการผลิตสินค้า 1 ชิ้นมีความคุ้มค่ากับการใช้ไปของปจัจัยนำเข้า (Input) ในกระบวนการหรือไม่สามารถเปรียบเทียบได้จาก ผลิตภาพ (Productivity) กล่าวคือการผลิตที่ได้สินค้าออกมาต่อการป้อนทรัพยากรนำเข้าในกระบวนการ

2.1.3.7 การเคลื่อนไหวเกินความจำเป็น ความสูญเปล่านี้เป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้า หรือความผิดพลาดให้กับผู้ปฏิบัติงาน

ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ (2546) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาต้นแบบในการลดความสูญเปล่า 7 ประการ โดยใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งใช้เครื่องมือ Process Activity Mapping วิเคราะห์เปรียบเทียบกับทฤษฎีความสูญเปล่า 7 ประการ การบริหารพัสดุคงคลัง และเครื่องมือทางด้านคุณภาพ เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการลดความสูญเปล่า

สำหรับความสูญเปล่าทั้งหมด ความสูญเปล่าอันเนื่องมาจากการลดสินค้าคงคลัง และการลดชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิตที่มีปริมาณมาก ถือว่ามีความร้ายแรงที่สุด ซึ่งการลดสินค้าคงคลัง และการลดชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิตจะเกิดจากการผลิตที่มีขนาดของล็อตที่ใหญ่

ชินโก (Shingo. 1989) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของของล็อตกับเวลาในการปรับตั้ง (Setup Time) เครื่องจักรว่า การใช้เวลาปรับตั้งเครื่องที่สั้นที่สุด ขนาดของของล็อต ก็จะน้อยที่สุด จะสามารถเพิ่มการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดความสำคัญของขนาดการสั่งซื้อที่แท้จริง วิธีการดังกล่าวนำไปสู่นโยบายการผลิตแบบผลิตเมื่อมีคำสั่งซื้อ

ดังนั้นแนวทางสำหรับในการลดชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิต คือ การลดเวลาในการปรับตั้ง (Setup Time) แม่พิมพ์ที่กระบวนการฉีดพลาสติกที่สั้นที่สุด ก็จะส่งผลให้ปริมาณการผลิตให้มีขนาดของล็อตที่เล็กๆ ในจำนวนที่ไม่มาก เพื่อมาทดแทนปริมาณชิ้นงานที่สูญเสียเวลาไปกับการปรับตั้งเครื่อง

2.1.4 ทฤษฎีของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)

การปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) คือ ระบบที่เป็นทฤษฎี และเทคนิคที่สามารถดำเนินการปรับตั้งแม่พิมพ์ และปรับตั้งเครื่องจักรภายใน 10 นาที หรือกล่าวง่ายๆ ว่าเป็นจำนวนนาทีที่เป็นเลขหลักเดียว เพื่อมาปรับปรุงการปรับตั้งแท่นแม่พิมพ์ และเครื่องมือของเครื่องจักร ณ ช่วงแรก แต่ทว่าหลักการพื้นฐานของ SMED สามารถนำไปใช้ กับการปรับเปลี่ยนประเภทการทำงานได้กับกระบวนการทุกประเภท SMED ยังช่วยให้ผู้ที่นำไปประยุกต์ใช้สามารถลดความสูญเปล่าให้น้อยลง โดยทำให้เกิดความคุ้มค่าในด้านต้นทุนที่จะผลิตของปริมาณที่น้อยลง หรือผลิตที่ขนาดล็อตที่เล็กลง

ซึ่งเทคนิควิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) นี้ถูกคิดค้นโดย Shigeo Shingo ที่ประเทศญี่ปุ่น ซึ่ง Shigeo Shingo ยังเป็นผู้ร่วมคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้า ร่วมกับ Taiichi Ohno ทาง ชินโก (Shingo. 1989) ได้ค้นพบค้นพบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเทคนิค SMED ที่สำคัญอยู่ 2 ประการ คือ (พรเทพ เหลือทรัพย์สุข. 2550)

1. การปฏิบัติการปรับตั้งเครื่องจักรสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

- การปรับตั้งเครื่องจักรภายใน คือ การปฏิบัติการที่ต้องทำในขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงาน
- การปรับตั้งเครื่องจักรภายนอก คือ การปฏิบัติการที่สามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังคงทำงานอยู่

2. เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร สามารถลดไปได้มาก และเครื่องจักรก็สามารถเดินเครื่องได้นานขึ้น โดยการแปลงการปฏิบัติการตั้งเครื่องภายในให้เป็นการปฏิบัติการตั้งเครื่องภายนอกให้ได้มากที่สุด

เดร็ค แวน โกวเบอร์เกน (Dirk Van Goubergen. 2001) ได้กล่าวในว่า การนำเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการมาประยุกต์ใช้หรือเครื่องมือของ IE ร่วมกับวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) เพื่อการลดเวลาในการปรับตั้ง (Setup Time) เครื่องจักร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

2.2 ขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)

2.2.1 ทำการสังเกต และศึกษาข้อมูลปัจจุบันก่อน

2.2.2 แยกงานย่อยๆ ในส่วนของงานภายใน กับงานภายนอก

2.2.3 ย้ายงานภายใน ไปเป็นงานภายนอก และกำจัดงานย่อยที่ไม่เกิดมูลค่ากับชิ้นงาน

2.2.4 ปรับปรุงและแก้ไขในแต่ละงานย่อยให้ดี

2.2.5 ทำการสังเกต และศึกษาข้อมูลหลังมีการปรับปรุง

2.2.6 ทำเป็นมาตรฐานใหม่

2.3 เครื่องมือที่ใช้ประยุกต์ในการปรับปรุง

2.3.1 ใช้การเก็บข้อมูล และลงบันทึกในแบบฟอร์มขั้นตอนการปฏิบัติงาน เวลาการปฏิบัติงาน เพื่อทำการแบ่งแยกงานภายใน กับงานภายนอก

2.3.2 ใช้แผ่นภูมิแท่ง และแผ่นภูมิ Pareto เพื่อบ่งชี้สถาณะของงานที่ควรจะทำการปรับปรุงมาเป็นอันดับแรก

2.3.3 ใช้ Routing Diagram เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการเดินทางของการปรับตั้งแม่พิมพ์

2.3.4 ใช้การศึกษางาน (Work Study) ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

2.3.5 ใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการเกิดความสูญเสียในขั้นตอนของงาน

2.3.6 ใช้แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคนกับเครื่องจักร

2.3.7 ทำการปรับปรุงกระบวนการ ในแต่ละกระบวนการ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

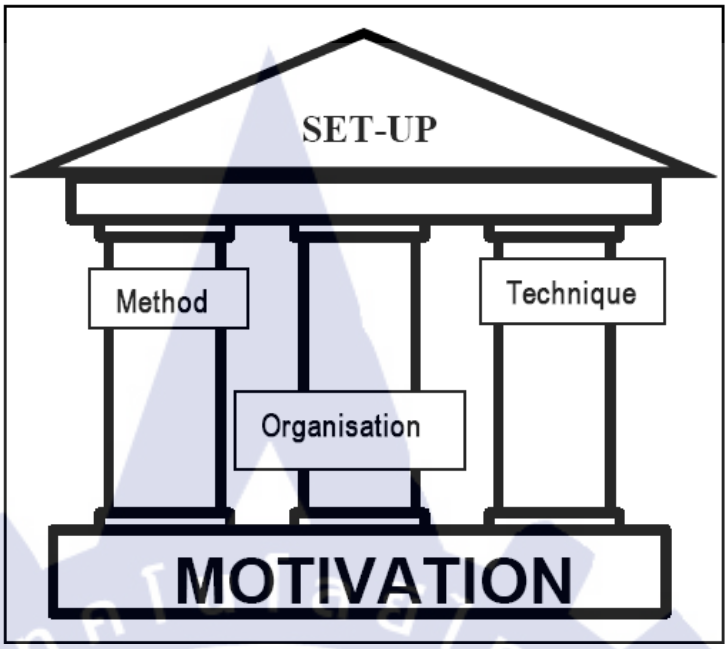
อันโตนิโอ คาร์ริโสส โมเรียร่า ; และกิล แคมปอส ซิลวา เปียร์ (Antonio Carrazo Moreira; and Gil Campos Silva Pair. 2011) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) โดยการลดเวลาในการปรับตั้ง (Setup time) ที่ผ่านการขจัดความสูญเปล่าและงานที่ไม่เกิดมูลค่า เพื่อเพิ่มอัตราผลิตภาพ เวลานำ และจำนวนของล็อตไซด์ โดยดำเนินการของงานวิจัยเป็นแบบกรณีศึกษาของบริษัท ALFA มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้นโดยแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์สภาพพื้นฐานของการปรับตั้งเครื่องจักร และทำการบันทึกผลกระบวนการปรับตั้งทั้งหมด และอธิบายขั้นตอนการปรับตั้ง ทำการจับเวลาในการปรับตั้ง และการวัดความเคลื่อนไหว
2. แยกการปรับตั้งภายในออกจากการปรับตั้งภายนอก
3. ย้ายงานการปรับตั้งภายในให้เป็นงานการปรับตั้งภายนอก
4. ปรับปรุงทุกกระบวนการในมุมมองของการปรับตั้ง เพื่อให้การทำงานที่ง่ายขึ้น และปลอดภัย
5. ทำการประเมินผลของวิธีการทำงาน
6. การเตรียมการดำเนินงานขยายผลไปใช้กับบริษัทอื่นๆ

เดริ์ค แวน โกวเบอร์เกน (Dirk Van Goubergen. 2000) ได้กล่าวว่าวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ที่ใช้รูปแบบองค์ประกอบพื้นฐาน 3 องค์ประกอบโดยขึ้นอยู่กับความรับผิดชอบของทุกคนในองค์กร ที่มีรากฐานมาจากแรงจูงใจ ได้ดังนี้

1. เกณฑ์ด้านเทคนิคของอุปกรณ์ และเครื่องมือ
2. การทำงานขององค์กร
3. วิธีการที่ใช้

ซึ่งได้มีการนำเสนอออกมาเป็น Model ของวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ได้ดังรูปที่ 6 ที่เป็นหัวใจหลักของการลดเวลาในการปรับตั้ง (Setup Time)

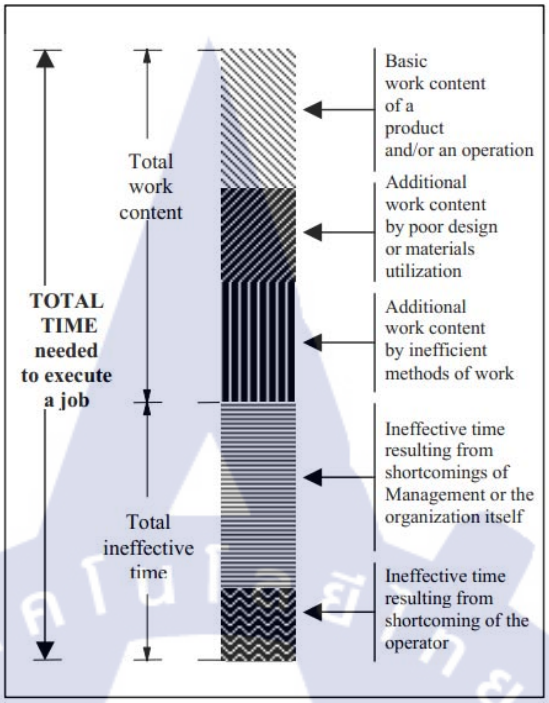


รูปที่ 6 หัวใจหลักของการลดเวลาการปรับตั้ง (Setup Time)

ที่มา : Dirk Van Goubergen. (2000). **Set-Up Reduction as an Organization-Wide Problem.** No Page.

เดร็ค แวน โกวเบอร์เกน ได้นำเสนอการเชื่อมโยงหัวใจหลักของการลดเวลาในการปรับตั้งกับเวลาทั้งหมดที่ต้องการเพื่อให้งานสำเร็จ ได้ดังรูปที่ 7

TNI
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY



รูปที่ 7 เวลาทั้งหมดที่ต้องการเพื่อให้งานสำเร็จ

ที่มา : Dirk Van Goubergen. (2000). **Set-Up Reduction as an Organization-Wide Problem.** No Page.

ซึ่งสามารถบ่งชี้งานได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ผลรวมในรายละเอียดงาน
   - 1.1 เนื้องานพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ หรือการผลิต
   - 1.2 เนื้องานเพิ่มเติมเนื่องจากการออกแบบไม่ดี
   - 1.3 เนื้องานเพิ่มเติมโดยความไม่มีประสิทธิภาพวิธีการทำงาน
2. เวลาที่ไม่มีประสิทธิผล
   - 2.1 เวลาที่ไม่มีประสิทธิผลจากข้อบกพร่องในการบริหารจัดการ และการร่วมมือ
   - 2.2 เวลาที่ไม่มีประสิทธิผลจากข้อบกพร่องของพนักงาน ได้อธิบายเกี่ยวกับความรับผิดชอบในหน้าที่การทำงานอื่นๆ ในองค์กรนอกเหนือจากการผลิต เช่น การบริหารจัดการ เครื่องมือทางวิศวกรรม การจัดซื้อ การออกแบบผลิตภัณฑ์ หน่วยงานควบคุมคุณภาพ การจัดการวัตถุดิบ หน่วยงานซ่อมบำรุง การวางแผนการผลิตและควบคุม และท้ายที่สุดก็คือการปฏิบัติงานในการปรับตั้งเครื่องของพนักงาน

เดร็ค แวน โกวเบอร์เกน ; และเฮนเดริก เวนแลนด์เด็กเฮ็ม (Dirk Van Goubergen; and Hendrik Van Landeghem. 2002) ได้กล่าวไว้ว่าวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ของสายการผลิตแบบต่อเนื่อง ที่ได้นำเสนอ Multi Activities Diagram ซึ่งช่วยกำจัด และลดงานต่างๆ ที่ไม่มีประสิทธิภาพของเครื่องจักร และคนลงไปได้ในสายการผลิต ซึ่งการนำ Multi Activities Diagram ที่เป็นเทคนิคใช้สำหรับการวิเคราะห์บุคคลที่มีการเกี่ยวข้องในการปรับตั้งและการทำงานของเครื่องจักรในระหว่างการปรับตั้ง เพื่อหาสิ่งที่เป็นอิทธิพลต่อการเกิด Down Time ของเครื่องจักรในสายการผลิต ซึ่งงานทั้งหมดจะถูกนำเสนอออกมาในรูปแบบแผนภูมิแท่ง ซึ่งจะถูกวางอยู่ในรูปแบบช่วงเวลาเดียวกัน จะแสดงช่วงเวลาที่ถูกใช้ไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพออกมาอย่างชัดเจน โดยการจัดระเบียบการทำงานนี้จะช่วยลดการใช้เวลาที่ขาดประสิทธิภาพลงไป นอกจากนี้การจัดระเบียบงานจะช่วยกำจัดหรือลดงานต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการใช้เวลาอย่างไม่มีประสิทธิภาพของสายการผลิตแบบ Multi-Stage ซึ่งแบ่งเป็น 2 ความแตกต่างคือ

รูปแบบที่1 ใช้สำหรับแสดงงานที่แตกต่างกันที่ต้องถูกดำเนินไปใน Workstations ของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน

รูปแบบที่ 2 ใช้สำหรับการปรับ Workload ให้มีความสมดุล ระหว่างบุคคลต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

เดร็ค แวน โกวเบอร์เกน (Dirk Van Goubergen. 2001) ได้กล่าวไว้ว่าวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ในเชิงบูรณาการ หรือยั่งยืน โดยการนำหลักการของวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) มาใช้รวมกับเครื่องมือของ IE และเพื่อให้หลักการของวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) เป็นระเบียบปฏิบัติที่เป็นเชิงบูรณาการ การดำเนินการของข้อเสนอด้านเทคนิค ต้องปฏิบัติให้บรรลุผลสำเร็จตามปรัชญา Plan-Do-Check-Act หมายความว่า ภายหลังการดำเนินการปรับปรุงต้องได้รับการตรวจสอบให้ชัดว่า การดำเนินการลดเวลาบรรลุได้จริง หรือถ้าไม่ใช่ต้องเพิ่มการปฏิบัติ เพื่อพิจารณาว่าทำไมไม่บรรลุผลตามเป้าหมาย และแก้ไขปัญหา

ยาสวานท์ ; และ อินาดาร์ (Yashwant R. Mali ; and K. H. Inadar. 2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) โดยใช้การศึกษาเวลา ซึ่งเป็นเครื่องมือของ IE technique มาใช้ในการวิเคราะห์เครื่องจักร โดยมุ่งเน้นเครื่องจักรที่จำเป็น หรือเครื่องจักรที่เกิดวิกฤต เพื่อเลือกมาทำวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) โดยการแยกงานมาเป็นงานย่อยๆ ในการปรับตั้งเครื่องจักร

สำหรับกรณีศึกษา ซึ่งสามารถริเริ่มวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ดังนี้

1. มีการจัดตั้งทีม และมีทีมงานหลักเป็นบุคคลที่คุ้นเคยกับพื้นที่
2. มีการอบรม และให้ศึกษา กับทางทีมงานอย่างต่อเนื่อง
3. มีการบ่งชี้ปัญหา

อนา โซเฟียร์ เอลเวส ; และอเล็กซานดร้า เทนารา (Ana Sofia Alves; and Alexandrla Tenara. 2009) ได้ศึกษาการพัฒนาวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ที่สามารถนำ วิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องมือของ IE ในแบบดั้งเดิม ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า กรณีศึกษานี้ได้นำ Chart Analysis และ Statistical Analysis มาช่วยในการวิเคราะห์ขั้นตอนที่ทำให้เกิดปัญหา และนำไปสู่ขั้นวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)

เซอร์ริ โคเบิล โทรวิงเกอร์ ; และโรเกอร์ อี.บอห์น (Sheri Coble Trovinger ; and Roger E. Bohn. 2005) ได้ศึกษาวิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ในโรงงานทำแผ่น Circuit Board ระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการลดเวลาการปรับตั้ง (Setup Time) ที่ได้ถูกใช้ไป 50% ของเวลาการดำเนินงาน โดยใช้ระบบที่เรียกว่า Feeder Management System ซึ่งแต่เดิมต้องให้มีเวลามาผลิตทดแทนนานขึ้น ซึ่งส่งให้มีการผลิตเป็นแบบล็อตที่มีขนาดใหญ่ ทำให้เกิดชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิต สินค้าสำเร็จรูปสูงในคลังสินค้า เวลานำที่ยาวนาน และการสื่อสารข้อมูลที่ช้า

เมทเทียร์ส โฮลเว็ก (Matthias Holweg. 2007) ได้กล่าวในบทความสรุปประวัติของ TPS ไว้ว่า สำหรับการคำสั่งระบบงาน เป็นสิ่งจำเป็นในการผลิต และการรับชิ้นส่วนประกอบที่มีขนาดล็อตเล็กๆ ซึ่งคุณไทอิจิ โอโนะ ได้มีการปรับตั้งแปลงวิธีการเรื่องการปรับตั้งเครื่องจักรการผลิต วิธีการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ให้เป็นแบบขนาดล็อตเล็กๆ

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลำดับที่	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	ปีที่วิจัย	Single Minute Exchange of die	Lean Manufacturing	Operations Management
1	Single Minute Exchange of Die: A Case Study Implementation. (Antonio Carrazo Moreira; Gil Campos Silva Pair. 2011), Portugal	2011	√		
2	Set-up Reduction as An Organization-Wide Problem. (Dirk Van Goubergen. 2000), USA	2000	√		
3	An Integrated Methodology for More Effective Set-up Reduction (Dirk Van Goubergen. 2001), USA	2001	√		
4	Reducing Set-up Time of Manufacturing Lines. (Dirk Van Goubergen; Hendrik Van Landeghem. 2002), Germany	2002	√		
5	Changeover Time Reduction Using SMED Technique of Lean Manufacturing. (Yashwant R.Mali; K.H. Inadar. 2012), India	2012	√	√	
6	Improving SMED in the Automotive Industry: A Case Study. (Ana Sofia Alves; Alexandra Tenara. 2009), USA	2009	√		
7	Set-up time Reduction for Electronic Assembly: Combining Simple (SMED) and IT Based Method (Sheri Coble Trovinger, Roger E.Bohn. 2005), USA	2005	√		√
8	The Genealogy of Lean Production (Matthias Holweg. 2007), UK	2007	√		√

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์

วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา
2. ศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์

2.2 ใช้แผนภูมิ Pareto เพื่อบ่งชี้สถานะของงานที่ควรจะทำการปรับปรุงเป็นอันดับแรก

2.3 ใช้ Routing Diagram เพื่อวิเคราะห์เส้นทางการเดินของขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์

3. ออกแบบวิธีการ และแนวทางการปรับปรุงปัญหาด้วยเทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ดังนี้

3.1 แยกงานย่อยๆ ในส่วนของงานภายใน กับงานภายนอก

3.2 ย้ายงานภายใน ไปเป็นงานภายนอก

3.3 ปรับปรุง และแก้ไขในแต่ละงานย่อยให้เป็นงานภายในให้ได้มากที่สุด เพื่อลดเวลาการหยุดเครื่องจักร

3.4 กำหนดให้เป็นมาตรฐาน

3.5 การปรับปรุงมาตรฐาน

ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

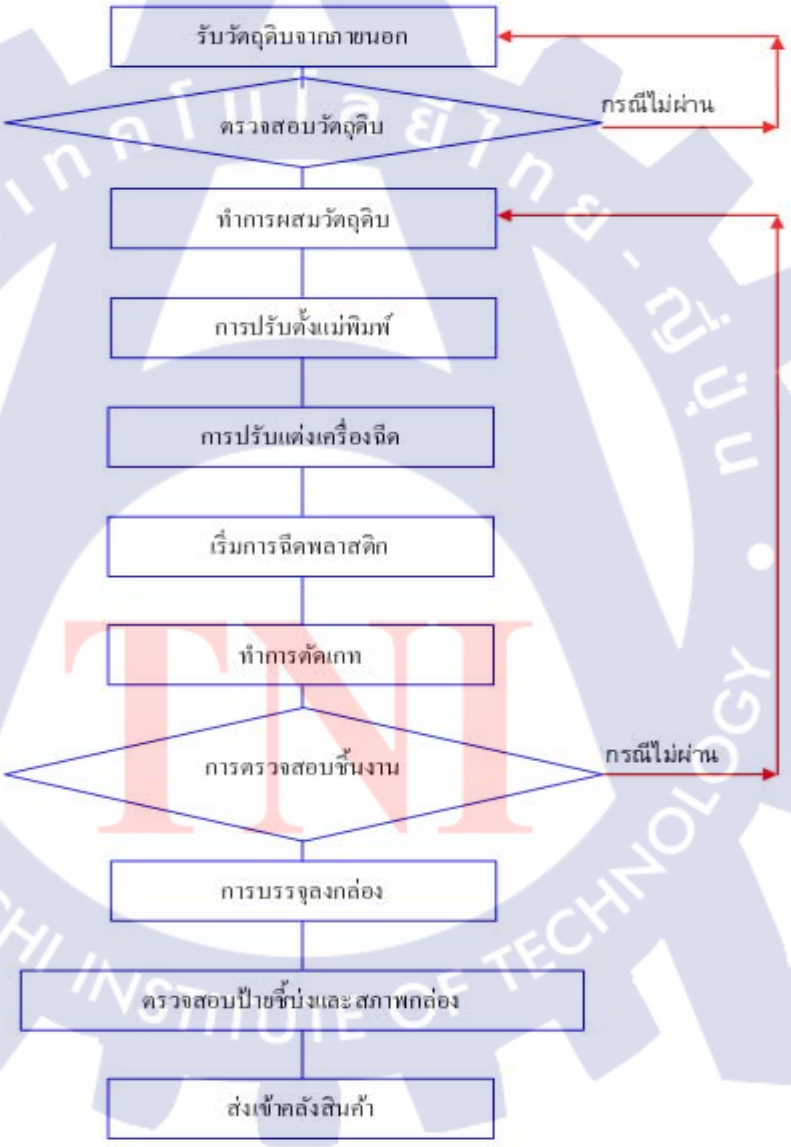
บริษัทกรณีศึกษา สวนอุตสาหกรรมโรจนะ เริ่มก่อตั้งวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2544 โดยมีทุนจดทะเบียน 140,000,000 บาท และเริ่มดำเนินการผลิตในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2545 ผู้ถือหุ้นใหญ่เป็นคนญี่ปุ่น เป็นบริษัทที่ดำเนินการธุรกิจเกี่ยวกับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ที่เกี่ยวกับ กระจกมองหลัง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เป็นตราสัญลักษณ์เครื่องหมายการค้าของบริษัทเอง โดยมีช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ให้กับผู้ผลิตรถยนต์ทั้งใน และต่างประเทศ สำหรับบริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทที่จัดอยู่ในกลุ่มของอุตสาหกรรมขนาดกลาง ที่มีบุคลากรรวมทั้งสิ้นประมาณ 270 คน สำหรับกระบวนการฉีดพลาสติกจะมีพนักงานประมาณ 40 คน ซึ่งมีข้อจำกัดในด้านบุคลากรที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยมีเครื่องฉีดพลาสติกทั้งหมด 17 เครื่อง

จากการมุ่งมั่นในการที่จะเริ่มทำระบบเกี่ยวกับการผลิตแบบโตโยต้าของบริษัทกรณีศึกษา แต่จากการสังเกตสถานที่จริง พบว่าชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิตของกระบวนการฉีด

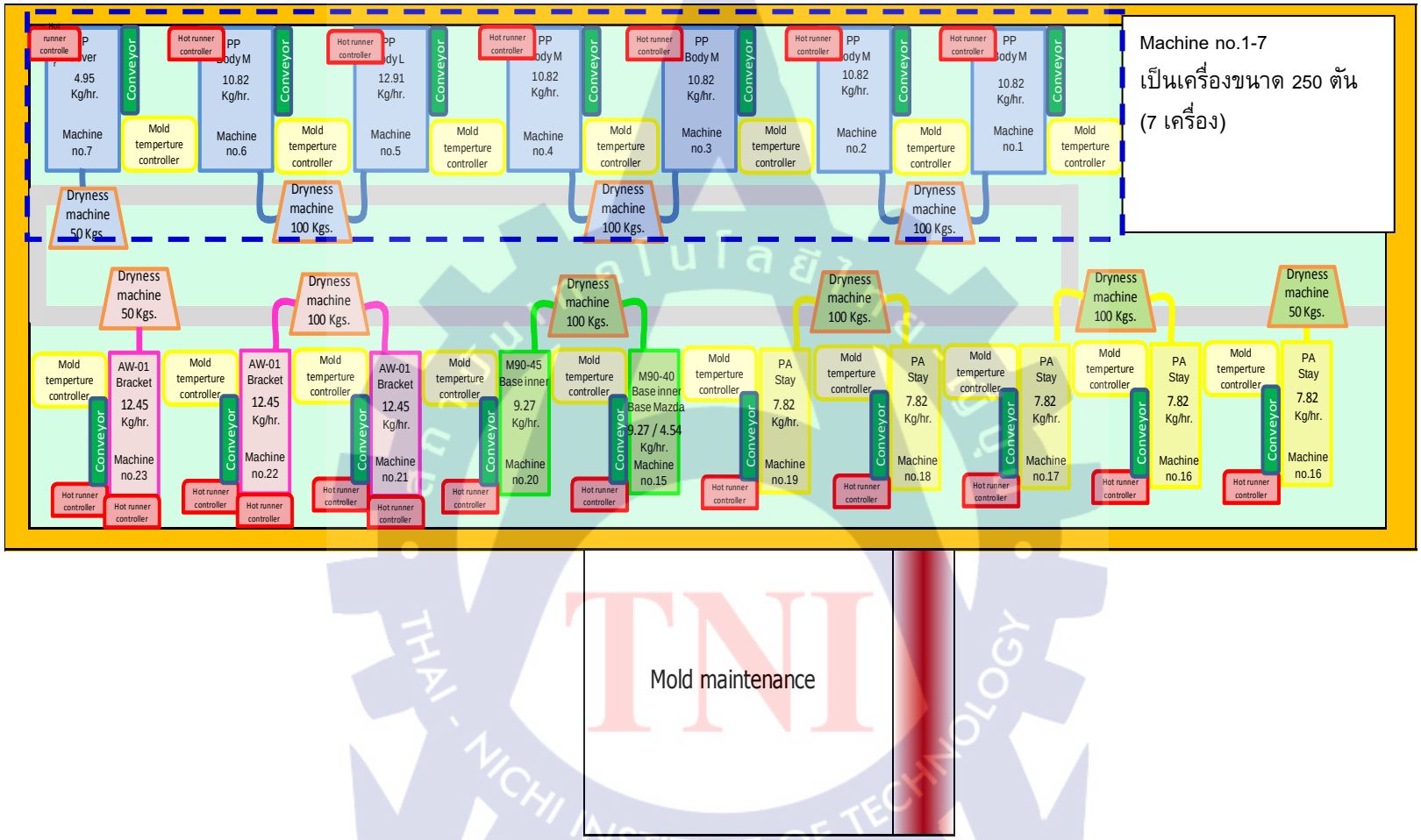
พลาสติกยังมีปริมาณมาก ดังนั้นจากปัญหาที่พบจึงเป็นแรงจูงใจให้ผู้ศึกษา ได้มีความคิดที่ต้องการปรับปรุง เพื่อลดชิ้นงานคงคลังระหว่างผลิตของกระบวนการฉีดพลาสติก เนื่องจากเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ยาว จึงส่งผลต่อการผลิตออกมาแต่ละครั้งที่มีจำนวนมากๆ โดยการลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ เพื่อเป็นแนวทางที่สามารถนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ได้

กระบวนการการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

กระบวนการผลิตของโรงงานสามารถแสดงเป็นขั้นตอนการฉีดพลาสติกได้ดังนี้ โดยเริ่มตั้งแต่การรับวัตถุดิบไปจนถึงการส่งมอบเข้าคลังสินค้า ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผังการไหลขั้นตอนของกระบวนการฉีดพลาสติก



รูปที่ 9 แผนผังของเครื่องฉีดพลาสติก ขนาด 250 ตัน

เครื่องจักรซึ่งเป็นกรณีศึกษาได้กำหนดขอบเขตในการศึกษาดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 กำหนดเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 250 Ton จำนวน 7 เครื่อง โดยมีผัง Layout เครื่องจักร ที่มีพื้นที่ศึกษา ดังรูปที่ 9

รายละเอียดของส่วนประกอบในพื้นที่แผนกฉีดพลาสติกของบริษัทกรณีศึกษา

1. พื้นที่ของเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 250 ตัน ที่มีจำนวน 7 เครื่อง ดังรูปที่ 10 ประกอบไปด้วยเครื่องหมายเลข

1.1 เครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข 1

1.2 เครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข 2

1.3 เครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข 3

1.4 เครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข 4

1.5 เครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข 5

1.6 เครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข 6

1.7 เครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข 7

รูปที่ 10 เครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ในกรณีศึกษา

2. พื้นที่จัดเก็บแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 11 ซึ่งเป็นพื้นที่ของหน่วยงานควบคุมดูแลการจัดเก็บ หลังจากการถอดแม่พิมพ์จากเครื่องฉีดพลาสติก และนำแม่พิมพ์มาทำการบำรุงรักษา

รูปที่ 11 พื้นที่จัดเก็บ และบำรุงรักษาแม่พิมพ์

3. การเคลื่อนย้ายแม่พิมพ์ จากพื้นที่จัดเก็บมายังพื้นที่ของเครื่องฉีกพลาสติก ซึ่งขนย้ายโดยใช้รถเข็นบรรทุกแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 รถเข็นสำหรับลำเลียงแม่พิมพ์

4. การนำเครนขนาด 3.3 ตัน จากพื้นที่เก็บ มาในบริเวณพื้นที่เครื่องฉีดพลาสติก ดังรูปที่ 13

รูปที่ 13 พื้นที่เก็บเครน

5. รถเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการปรับตั้งแม่พิมพ์ ที่ไม่มีความเป็นระเบียบ ดังรูปที่ 14

รูปที่ 14 รถเครื่องมือ และอุปกรณ์

ศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล

1. เก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการศึกษาในขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์

เนื่องจากสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา ยังไม่มีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงดำเนินการเก็บข้อมูลจากขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ตามสภาพปัจจุบัน โดยมีพนักงานในการปรับตั้งเพียง 1 คน และมีเครนขนย้ายแม่พิมพ์มาปรับตั้งเพียง 1 เครื่อง พบว่าจะใช้เวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์เป็นเวลา 211 นาที ดังตารางที่ 4 เป็นขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ทำงานที่หน้างานจริง

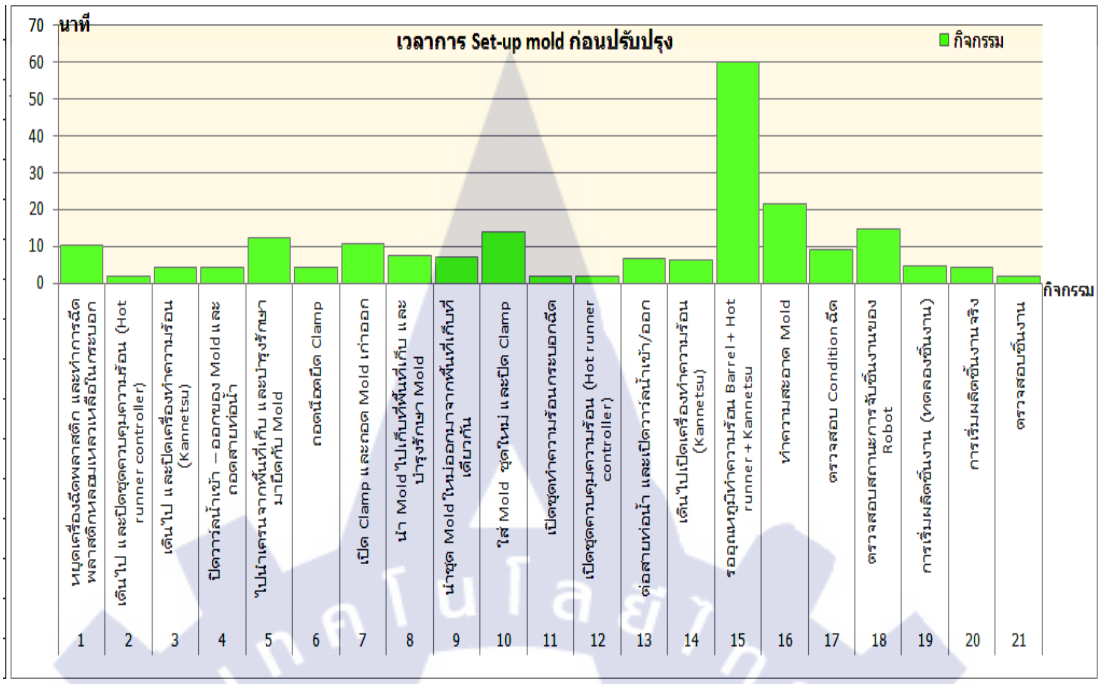
จากตารางที่ 4 การดำเนินการศึกษางานของการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนการปรับปรุงได้จับเวลาในจำนวนครั้งเท่ากับ 20 ครั้ง ซึ่งจากการดำเนินการจับเวลาก่อนการปรับปรุงพบว่าค่าความเบี่ยงเบนค่อนข้างมีค่าอยู่ด้านค่าติดลบ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ค่าจับเวลาส่วนมากดำเนินการติดตั้งแม่พิมพ์ได้เร็วกว่า ค่าเฉลี่ยออกของการจับเวลาก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 211.15 นาที แต่เป็นค่าความผันแปรสูง สามารถอ้างอิงรายละเอียดขั้นตอนจับเวลาและวัดค่าความผันแปรของเวลา ได้จากตารางการจับเวลามาตรฐานก่อนการปรับปรุงในภาคผนวก ก. เป็นการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution)

ตารางที่ 4 การเก็บข้อมูลของเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนการปรับปรุง

ก่อนปรับปรุง		
ลำดับ	ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	หยุดเครื่องฉีดพลาสติก และทำการฉีดพลาสติกหลอมเหลวเหลือในกระบอก	10
2	เดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	2
3	เดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	4
4	ปิดวาว์ลน้ำเข้า – ออกของ Mold และถอดสายท่อน้ำ	5
5	ไปนำเครนจากพื้นที่เก็บ และบำรุงรักษามายึดกับ Mold	12
6	ถอดน็อตยึด Clamp	4
7	เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก	11
8	นำ Mold ไปเก็บที่พื้นที่เก็บ และบำรุงรักษา Mold	7
9	นำชุด Mold ใหม่ออกมาจากพื้นที่เก็บที่เดียวกัน	7
10	ใส่ Mold ชุดใหม่ และปิด Clamp	14
11	เปิดชุดทำความร้อนกระบอกฉีด	2
12	เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	2
13	ต่อสายท่อน้ำ และเปิดวาว์ลน้ำเข้า/ออก	7
14	เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	6
15	รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu	60
16	ทำความสะอาด Mold	22
17	ตรวจสอบ Condition ฉีด	9
18	ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot	15
19	การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)	5
20	การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง	5
21	ตรวจสอบชิ้นงาน	2
	รวมเวลา	**211**

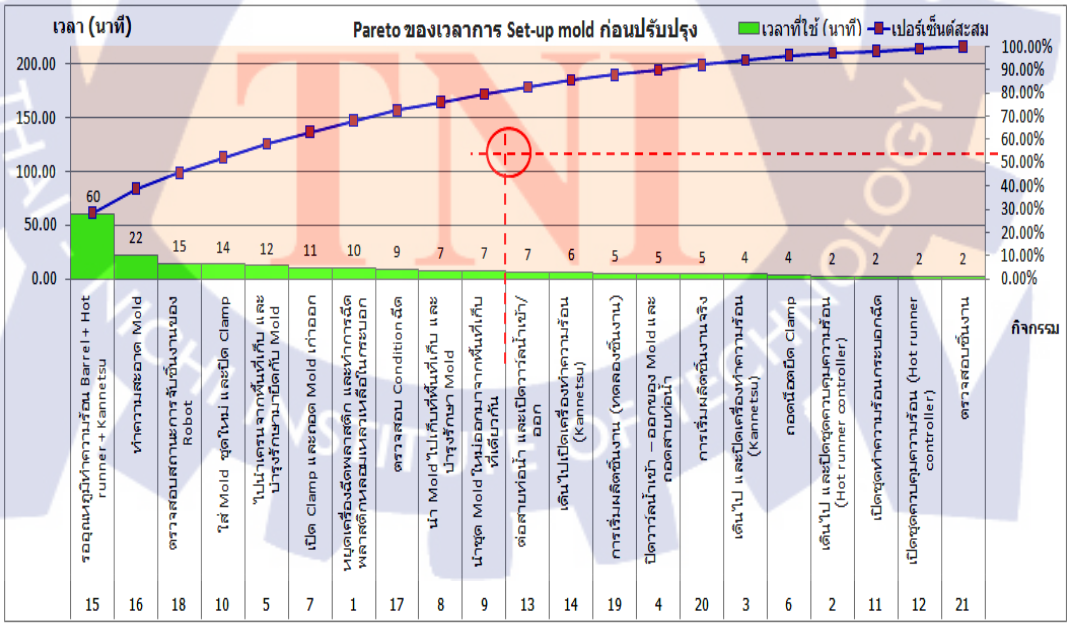
2. นำเวลาขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์จัดทำแผ่นภูมิแท่ง เพื่อเปรียบเทียบเวลาของงาน

ซึ่งจะสามารถเห็นภาพรวมของขั้นตอนการปฏิบัติ ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ (เริ่มผลิตชิ้นงานได้) โดยสามารถเห็นจุดที่เป็นคอขวด และสามารถเห็นจุดที่ควรปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดีขึ้นต่อไป ซึ่งพบว่าขั้นตอนของกระบวนการที่ 15 เป็นกระบวนที่ใช้เวลาในการปฏิบัติที่นานที่สุด ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 แผนภูมิแท่งเวลาของขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์

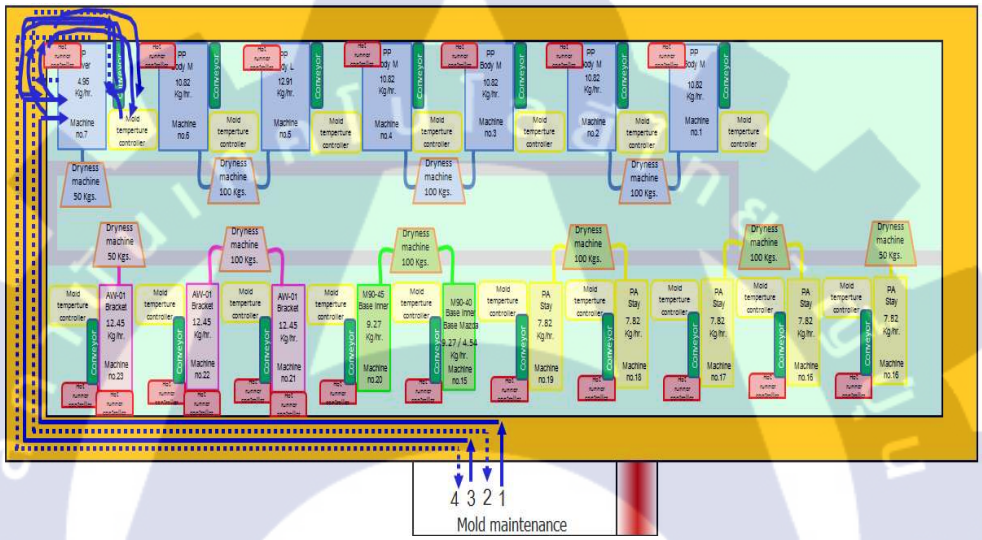
3. จากสภาพปัจจุบัน เวลาของขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ โดยนำมาจัดทำเป็นแผนภูมิ Pareto พบว่าขั้นตอนที่ 15, 16, 10, 18, 5, 7, 1, 17, 8 และ 9 เป็นขั้นตอนที่ควรนำมาพิจารณา เพื่อทำการปรับปรุง ดังรูปที่ 15



รูปที่ 16 แผนภูมิ Pareto เวลาของขั้นตอนของการปรับตั้งแม่พิมพ์

4. เมื่อพนักงานเริ่มดำเนินการปรับตั้งแม่พิมพ์ได้ใช้ Routing Diagram เพื่อวิเคราะห์เส้นทางการเดินของขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ พบว่า ความสูญเปล่าเรื่องการเคลื่อนที่ จากการเดินไปกลับ จากการนำเครนมาที่พื้นที่เครื่องฉีดพลาสติก การเดินไปนำรถเข็นเครื่องมือ และการเดินรอบเครื่องฉีดพลาสติก ดังรูปที่ 17

ดังนั้น จึงได้ดำเนินการวิเคราะห์ขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ โดยใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการก่อนการปรับปรุง ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน 21 ขั้นตอนและมีระยะทางการเดินเท่ากับ 350.50 เมตร ซึ่งสามารถอ้างอิงรายละเอียดการวิเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการไหลของกระบวนการได้จากภาคผนวก ข.



รูปที่ 17 Routing Diagram แสดงเส้นทางเดินของพนักงานปรับตั้งแม่พิมพ์

ออกแบบวิธีการ และแนวทางการปรับปรุงปัญหาด้วยเทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED)

1. ดำเนินการแยกงานภายใน กับงานภายนอก

สามารถแยกขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ที่แยกตามสถานการณ์ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันก่อนปรับปรุง โดยสังเกตการจากพนักงานที่ปฏิบัติตามขั้นตอน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การแยกงานภายในและงานภายนอก (ก่อนปรับปรุง)

ก่อนปรับปรุง			
ลำดับ	ขั้นตอน	เวลาที่ใช้ (นาที)	งาน
1	หยุดเครื่องฉีดพลาสติก และทำการฉีดพลาสติกหลอมเหลวเหลือในกระบอก	10	งานภายใน
2	เดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	2	งานภายใน
3	เดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	4	งานภายใน
4	ปิดวาว์ลน้ำเข้า – ออกของ Mold และถอดสายท่อน้ำ	5	งานภายใน
5	ไปนำเครนจากพื้นที่เก็บ และบำรุงรักษามายึดกับ Mold	12	งานภายนอก
6	ถอดน็อตยึด Clamp	4	งานภายใน
7	เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก	11	งานภายใน
8	นำ Mold ไปเก็บที่พื้นที่เก็บ และบำรุงรักษา Mold	7	งานภายใน
9	นำชุด Mold ใหม่ออกมาจากพื้นที่เก็บที่เดียวกัน	7	งานภายใน
10	ใส่ Mold ชุดใหม่ และปิด Clamp	14	งานภายใน
11	เปิดชุดทำความร้อนกระบอกฉีด	2	งานภายใน
12	เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	2	งานภายใน
13	ต่อสายท่อน้ำ และเปิดวาว์ลน้ำเข้า/ออก	7	งานภายใน
14	เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	6	งานภายใน
15	รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu	60	งานภายใน
16	ทำความสะอาด Mold	22	งานภายใน
17	ตรวจสอบ Condition ฉีด	9	งานภายใน
18	ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot	15	งานภายใน
19	การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)	5	งานภายใน
20	การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง	5	งานภายใน
21	ตรวจสอบชิ้นงาน	2	งานภายใน
	รวมเวลา	**211**	

ตารางที่ 6 การย้ายงานภายในออกจากงานภายนอก

หลังปรับปรุง						
หัวข้อ	ขั้นตอน	สถานะงานก่อนการปรับปรุง	เวลาที่ใช้ก่อนการปรับปรุง (นาที)	การดำเนินการ		
				ขจัด	เปลี่ยน	ลด
1	หยุดเครื่องฉีดพลาสติก และทำการฉีดพลาสติกหลอมเหลวเหลือในกระบอก	งานภายใน	10			√
2	เดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	งานภายใน	2			√
3	เดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	งานภายใน	4			√
4	ปิดวาว์ลน้ำเข้า – ออกของ Mold และถอดสายท่อน้ำ	งานภายใน	5	√		
5	ไปนำเครนจากพื้นที่เก็บ และบำรุงรักษามายึดกับ Mold	งานภายนอก	12	√		
6	ถอดน็อตยึด Clamp	งานภายใน	4			√
7	เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก	งานภายใน	11			√
8	นำ Mold ไปเก็บที่พื้นที่เก็บ และบำรุงรักษา Mold	งานภายใน	7	√		
9	นำชุด Mold ใหม่ออกมาจากที่พื้นที่เก็บ (ที่เดียวกัน)	งานภายใน	7		√	
10	ใส่ Mold ชุดใหม่ และปิด Clamp	งานภายใน	14			√
11	เปิดชุดทำความร้อนกระบอกฉีด	งานภายใน	2	√		
12	เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	งานภายใน	2			√
13	ต่อสายท่อน้ำ และเปิดวาว์ลน้ำเข้า/ออก	งานภายใน	7	√		
14	เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	งานภายใน	6			√
15	รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu	งานภายใน	60	√		
16	ทำความสะอาด Mold	งานภายใน	22	√		
17	ตรวจสอบ Condition ฉีด	งานภายใน	9	√		
18	ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot	งานภายใน	15			√
19	การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)	งานภายใน	5			√
20	การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง	งานภายใน	5			
21	ตรวจสอบชิ้นงาน	งานภายใน	2			
รวมทั้งหมด (นาที)			211	8	1	10

2. ย้ายงานภายใน ไปเป็นงานภายนอก

ดำเนินการย้ายงานภายใน ไปเป็นงานภายนอก ตามสภาพปัจจุบันของพนักงานที่ปฏิบัติอยู่ สามารถย้ายงานภายใน ไปเป็นงานภายนอกได้เพียงงานเดียว ดังตารางที่ 6 เนื่องจากสภาพปัจจุบันของการแยกกิจกรรมงานภายใน กับกิจกรรมงานภายนอก ไม่เหมาะสมตามสภาพปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดเวลาที่สูญเปล่า ซึ่งสภาพปกติต้องใช้เวลาการปฏิบัติงานถึง 211 นาที แต่หลังจากได้ดำเนินงานย้ายกิจกรรมงานภายใน กับกิจกรรมงานภายนอก ด้วยเทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ส่งผลให้เวลาในการดำเนินงานลดลงเหลือ 140 นาที สามารถอ้างอิงรายละเอียดหลักการและวิธีการในภาคผนวก ค.

3. ปรับปรุง และแก้ไขในแต่ละงานย่อยที่เป็นงานภายในให้ได้มากที่สุด

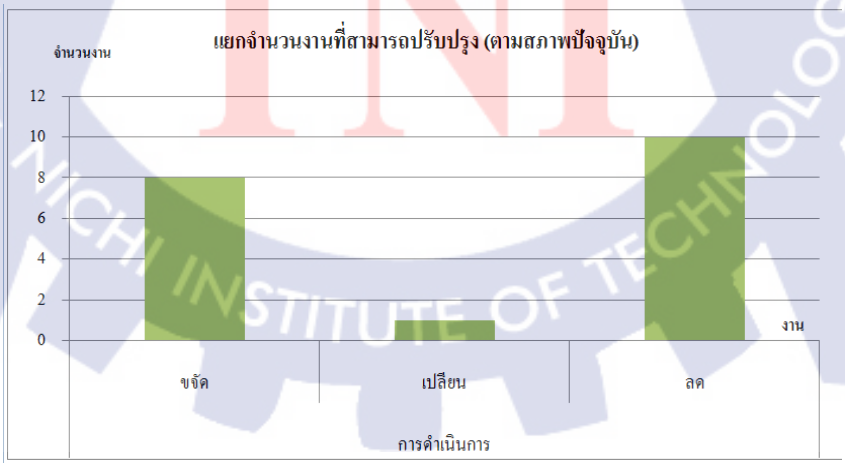
การขจัดขั้นตอน และการลดเวลา เพื่อลดเวลาการสูญเปล่าเวลาของเครื่องจักร ซึ่งจากตารางที่ 6 สามารถแยกการปรับปรุงงานย่อยได้เป็น 3 แบบ คือ

3.1 การปรับปรุงเกี่ยวกับการขจัดงานที่จะต้องทำ ซึ่งสามารถดำเนินการขจัดงานได้ 8 งาน คือ งานที่ 4, 5, 8, 11, 13, 15, 16 และ 17

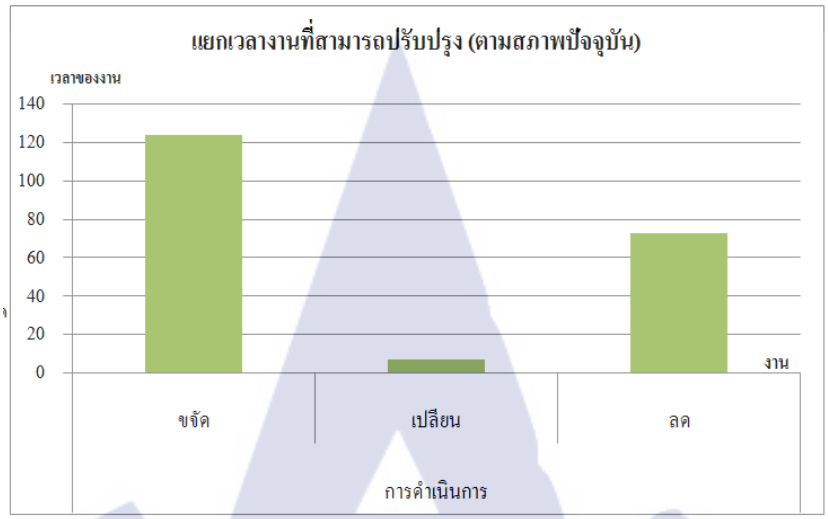
3.2 การปรับปรุงเกี่ยวกับการย้ายงานภายในไปเป็นงานภายนอก ได้เพียง 1 งาน คือ งานที่ 9

3.3 การปรับปรุงเกี่ยวกับการลดเวลางานภายในให้ได้มากที่สุด ได้ 10 งาน คือ 1, 2, 3, 6, 7, 10, 12, 14, 18 และ 19

สามารถสรุปจำนวนงานที่สามารถทำการปรับปรุงได้ ดังรูปที่ 18 และงานที่สามารถทำการปรับปรุงจะมีเวลารวมของกิจกรรม ดังรูปที่ 19 สำหรับงานที่เป็นงานภายในไม่สามารถทำการปรับปรุงได้



รูปที่ 18 แผนภูมิแยกจำนวนงานที่สามารถปรับปรุง

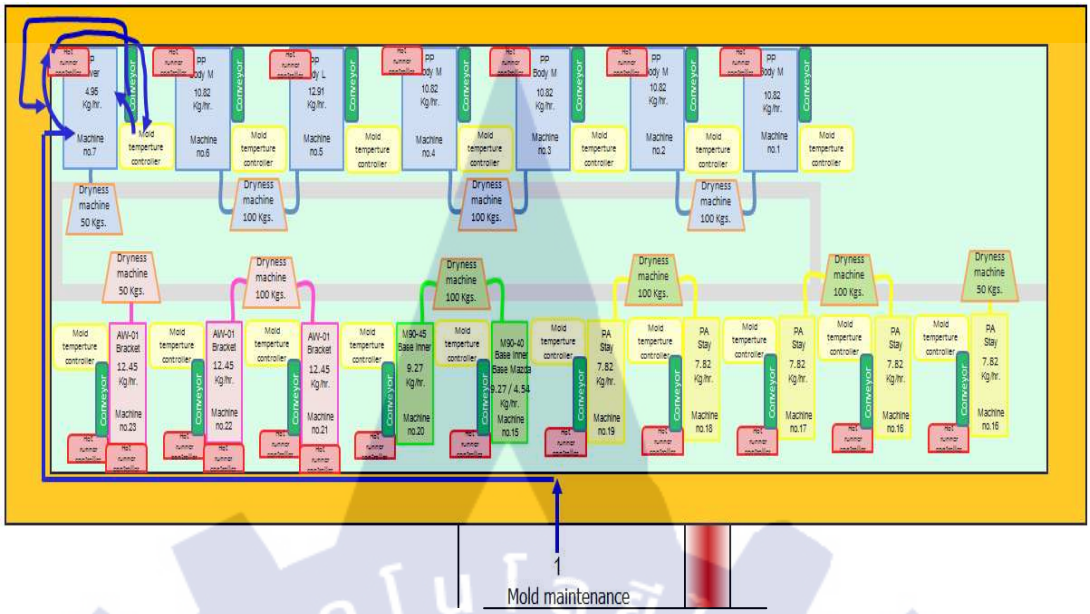


รูปที่ 19 แผนภูมิแยกเวลางานที่สามารถปรับปรุง

ดังนั้น สามารถสรุปการกำหนดแนวทางการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 7 ซึ่งเป็นแนวทางในการปรับปรุงในเวลาของงานตามขั้นตอนได้ดังนี้ โดยอาศัยหลักการของการปรับปรุงงานแบบ ECRS

1. การปรับปรุงเกี่ยวกับการย้ายงานภายในไปเป็นงานภายนอก

การเปรียบเทียบการย้ายงานจากงานภายใน มาเป็นงานภายนอก ระหว่างการปฏิบัติงานในปัจจุบัน กับการย้ายงานด้วยเทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) สามารถลดระยะทางเดินจาก 350.50 เมตร เหลือ 50.5 เมตร สามารถอ้างอิงรายละเอียดหลักการและวิธีการได้ในภาคผนวก ค. และ ภาคผนวก ง. ซึ่งมีเส้นทางการเดินที่ลดลงดังรูปที่ 20 เนื่องจากการย้ายงานจากการเดินหยุดเครื่องจักร โดยไม่ได้เตรียมเครนไปด้วย การเดินไปนำแม่พิมพ์เก่าไปเก็บและนำแม่พิมพ์ใหม่มาปรับตั้ง ให้เหลือเพียงการการนำเครนมาจากพื้นที่จัดเก็บ เพื่อรอการเปลี่ยนแม่พิมพ์ที่พื้นที่ที่เตรียมเท่านั้น



รูปที่ 20 Routing Diagram แสดงเส้นทางเดินของพนักงานปรับตั้งแม่พิมพ์หลังการย้ายงาน

2. การปรับปรุงเกี่ยวกับการขจัดงานที่จะต้องทำ

ได้นำแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart) โดยการดำเนินการให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำงานกับเครื่องจักรมากที่สุด และให้ดำเนินการเพิ่มผู้ปฏิบัติงานจาก 1 คน เป็น 2 คน เพื่อลดเวลาการเคลื่อนที่ และการรอคอยให้เร็วขึ้น และลดขั้นตอนของกิจกรรมลง ซึ่งสามารถลดเวลาจากการปรับตั้งแม่พิมพ์จาก 140 นาที เหลือ 100 นาที คือลดขั้นตอนจาก 13 ขั้นตอน เหลือ 6 ขั้นตอน จากการผู้ปฏิบัติงานจำนวน 2 คน อ้างอิงการปรับปรุงเกี่ยวกับการลดและขจัดขั้นตอนของงานการปรับตั้งแม่พิมพ์ ได้ในภาคผนวก จ.

3. การปรับปรุงเกี่ยวกับการลดเวลา และการรวมงานภายในให้ได้มากที่สุด

ซึ่งแนวทางการปรับปรุงจะเกิดขึ้นจากเพียงคนเดียวไม่ เนื่องจากคนเพียงคนเดียวจะมีมุมมองหรือการแก้ไขเพียงด้านเดียว อาจจะเป็นเหตุทำให้เข้าข้างความคิดของตนเองได้

ดังนั้น แนวคิดการปรับปรุงจะเกิดจากการระสมองทางความคิดของคณะทำงานที่ประกอบด้วยวิศวกร หน้างานหรือผู้ควบคุมงานที่ชำนาญงานกับผู้ปฏิบัติงาน จะทำให้เห็นทุกแง่มุมของความเป็นไปได้ในแนวทางที่ปรับปรุง และจะทำให้มีการประเมินถึงผลกระทบจากการปรับปรุงอีกด้วย

ตารางที่ 7 แนวทางการปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์

หลังปรับปรุง								
หัวข้อ	ขั้นตอน	สถานะงานก่อนการปรับปรุง	เวลาที่ใช้ก่อนการปรับปรุง (นาที)	การดำเนินการ			เวลาที่ใช้หลังการปรับปรุง (นาที)	แนวทางการปรับปรุง
				ขจัด	เปลี่ยน	ลด		
1	หยุดเครื่องฉีดพลาสติก และทำการฉีดพลาสติกหลอมเหลวเหลือในกระบอก	งานภายใน	10			√	4	เพิ่มคนหนึ่งคน ในการเตรียม
2	เดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	งานภายใน	2			√	1	เพิ่มคนหนึ่งคน ในการเตรียม
3	เดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	งานภายใน	4			√	3	เพิ่มคนหนึ่งคน ในการเตรียม
4	ปิดวาว์ลน้ำเข้า – ออกของ Mold และถอดสายท่อน้ำ	งานภายใน	5	√			0	ต่อท่อแบบหมุนเวียนภายในเครื่อง
5	ไปนำเครนจากพื้นที่เก็บ และบำรุงรักษามายึดกับ Mold	งานภายนอก	12	√			0	เปลี่ยนขั้นตอน (นำเครนไปรอที่พื้นที่ก่อนหยุดเครื่อง)
6	ถอดน็อตยึด Clamp	งานภายใน	4			√	3	ใช้ Quick Clamping / เพิ่มคนหนึ่งคนขันน้อตอีกฝั่งของเครื่องฉีดพลาสติก
7	เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก	งานภายใน	11			√	4	เพิ่มความเร็วในการเปิด Clamp
8	นำ Mold ไปเก็บที่พื้นที่เก็บ และบำรุงรักษา Mold	งานภายใน	7	√			0	นำ Mold ไว้ในพื้นที่เตรียมก่อน (จัดพื้นที่เตรียมไว้)
9	นำชุด Mold ใหม่ออกมาจากพื้นที่เก็บที่เดียวกัน	งานภายใน	7		√		0	เตรียม Mold มาพร้อมกับเครน
10	ใส่ Mold ชุดใหม่ และปิด Clamp	งานภายใน	14			√	5	ทำ Stopper ใต้ Mold เพื่อจะสามารถติดตั้งได้ง่ายขึ้น / เพิ่มคนหนึ่งคนขันน้อตอีกฝั่งของเครื่องฉีดพลาสติก
11	เปิดชุดทำความร้อนกระบอกฉีด	งานภายใน	2	√			0	ทำการอุ่นกระบอกฉีดไว้ โดยไม่ต้องปิด
12	เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	งานภายใน	2			√	1	เพิ่มคนหนึ่งคน ในการเตรียม
13	ต่อสายท่อน้ำ และเปิดวาว์ลน้ำเข้า/ออก	งานภายใน	7	√			0	ต่อท่อแบบหมุนเวียนภายในเครื่อง
14	เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	งานภายใน	6			√	2	เพิ่มคนหนึ่งคน ในการเตรียม
15	รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu	งานภายใน	60	√			0	ทำการอุ่นกระบอกฉีดไว้ โดยไม่ต้องปิด
16	ทำความสะอาด Mold	งานภายใน	22	√			0	เตรียมทำความสะอาด Mold ไว้
17	ตรวจสอบ Condition ฉีด	งานภายใน	9	√			0	รวมขั้นตอน 12 กับ 14
18	ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot	งานภายใน	15			√	0	รวมขั้นตอน 12 กับ 14 / เพิ่มคนหนึ่งคน
19	การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)	งานภายใน	5			√	3	ลดชิ้นงานที่ทดลอง
20	การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง	งานภายใน	5				5	
21	ตรวจสอบชิ้นงาน	งานภายใน	2				2	
รวมทั้งหมด (นาที)			211	8	1	10	33	

จากขั้นตอนที่ 1, 2, 3, 6, 12, 14 และ 18 ได้ปรับปรุงเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ โดยการเพิ่มผู้ปฏิบัติงานจาก 1 คน เป็น 2 คน ซึ่งทางแผนกฉีดพลาสติกมีจำนวนผู้ปฏิบัติทั้งหมด 3 คนจึงไม่มีต้นทุนจากการเพิ่มผู้ปฏิบัติงานอีก 1 คน โดยกำหนดงานและรายละเอียดการปฏิบัติงาน ฝึกอบรมให้ผู้ปฏิบัติงานให้เกิดทักษะในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ออกแบบไว้ ดังตารางที่ 7 ซึ่งสามารถอ้างอิงรายละเอียดการปรับปรุงโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานการปรับตั้งแม่พิมพ์จากผนวก จ. ได้แสดงการแยกขั้นตอนระหว่างผู้ปฏิบัติคนที่ 1 กับ ผู้ปฏิบัติคนที่ 2 จากแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart)

และขั้นตอนที่ 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17 และ 19 เป็นขั้นตอนของการปรับปรุงเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ โดยใช้โปรแกรมของเครื่องฉีดพลาสติกที่ได้ติดตั้งมากับเครื่องอยู่แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น เช่น การปรับความเร็วในการเปิด Clamp ให้ไวขึ้นจาก 100 mm/s เป็น 200 mm/s ซึ่งได้มีการทดลองเพิ่มจำนวนความเร็วครั้งละ 50 mm/s เป็นต้น

ซึ่งหลังจากการปรับปรุงสามารถเปรียบเทียบ Man-Hour ก่อนและหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 15 และอัตราการใช้เครื่องจักร ก่อนและหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 16 ในภาคผนวก ช

4. กำหนดให้เป็นมาตรฐาน

หลังจากปรับปรุงแล้ว ได้ดำเนินการปรับปรุงงาน และเวลาจนเห็นสมควรว่าเป็นเวลาที่สามารถลดลงได้ต่ำที่สุดแล้ว ควรมีการจัดทำการบันทึกข้อมูลสำคัญ ๆ ไว้เป็นมาตรฐานพร้อมทั้งฝึกอบรมพนักงานจนมีทักษะเป็นที่พอใจ ได้นำรายละเอียดของมาตรฐานงานที่เขียนเป็นคู่มือปฏิบัติงาน เพื่อใช้ในการฝึกอบรมให้กับผู้ปฏิบัติงานได้อย่างถูกวิธี และเมื่อมีผู้ปฏิบัติงานคนใหม่เข้ามาสามารถใช้ปฏิบัติงานได้อย่างถูกวิธี ดังรูปที่ 21

WORK INSTRUCTION (คู่มือการปฏิบัติงาน)		Issued By (จัดทำโดย)	Reviewed By (ตรวจสอบโดย)	Approved By (อนุมัติโดย)	Effective Date (วันที่มีผลในการใช้)		
Title (หัวข้อ)	Set up mold operation วิธีปฏิบัติการติดตั้งและนำแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง					Revision (ครั้งที่แก้ไข)	
Process (ขั้นตอน)	Set up mold การติดตั้งและนำแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง	Model รุ่น	Mold Name ชื่อแม่พิมพ์			Page (หน้า)	1 / 2

1.Purpose (วัตถุประสงค์) : เพื่อใช้เป็นคู่มือในการปฏิบัติงานติดตั้งแม่พิมพ์ ทุกแม่พิมพ์ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้เกิดความพึงพอใจ

2.Scope / Location (ขอบเขต / พื้นที่การใช้) : ใช้เป็นคู่มือในการปฏิบัติงานติดตั้งและนำแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง ทุกแม่พิมพ์ ในขั้นตอนการติดตั้งและนำแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง / ใช้ที่แผนกฉีดพลาสติก บริเวณขั้นตอนการติดตั้งและนำแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง (Injection machine 150,250,300 Ton)

3.Check sheet / Record (แบบฟอร์มบันทึกผล) : บันทึกการผลิตประจำวัน หมายเลขเอกสาร F-IN-006

4.Method (วิธีการ) : ตรวจสอบการติดตั้งแม่พิมพ์โดยใช้สายตา และการใช้มือสัมผัส โดยช่างของแผนก Injection

5.Control point / Caution point (จุดที่ต้องควบคุม)

รูปภาพประกอบการตรวจสอบ

1.Operation equipment อุปกรณ์ที่ใช้ปฏิบัติงาน
- : ถุงมือ (Glove)
- : ห่วงเหล็ก (Eye bolt) M 24
- : ระดับน้ำ (Level gauge)
- : น็อต (Bolt) M 16
- : ประแจ L (Hexagon wrench) 6 mm., 10 mm., 14 mm.
- : แป๊บเหล็ก (Pipe)
- : ประแจปากตาย (Spanner) 16 mm., 19 mm., 22 mm.
- : เครน (Crane)
- : เหล็กตัว C (Cap screw lock)
- : เหล็กรอง (Spacer)
- : สายพานไซ่ (Chain & Belt)
- : Jig ติดตั้งแม่พิมพ์

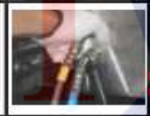
2.Appearance check การตรวจสอบ

Point จุดตรวจที่	Check point details รายละเอียดจุดตรวจสอบ	Method วิธีการ
1	Robot	ด้วยสายตา
2	ระดับน้ำ (Level gauge)	ด้วยสายตา
3	Jig ติดตั้งแม่พิมพ์	มือสัมผัส
4	แผ่นยึดแม่พิมพ์	มือสัมผัส
5	สายน้ำเข้า-ออก ของแม่พิมพ์	มือสัมผัส
6	สายลม	มือสัมผัส
7	สาย Heater	มือสัมผัส

3.Caution point จุดที่ควรระวัง
- : เวลาเปิดแม่พิมพ์ต้องตรวจสอบแผ่นยึดแม่พิมพ์ก่อนทุกครั้ง
- : เวลายกแม่พิมพ์ลงต้องตรวจสอบแผ่นยึดแม่พิมพ์ก่อนทุกครั้ง

6.Remark (หมายเหตุ) : กรณีที่เกิดสิ่งผิดปกติในกระบวนการติดตั้งและนำแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง ให้พนักงานแจ้งหัวหน้างานทราบ เพื่อปรับปรุงแก้ไขและหาวิธีป้องกัน

7.Operation details (วิธีการปฏิบัติ) : S = SAFETY Q = QUALITY

Step ขั้นตอนที่	Figure ภาพประกอบ	7.1 Operation details วิธีการปฏิบัติการติดตั้งแม่พิมพ์	Equipment, jig standard
1		เลื่อน Robot ให้มาอยู่ด้านของ Auto gate cut จนสุดด้านหน้าที่ตั้งไว้ เพื่อที่จะให้เศรษเวลาเลื่อนมาแขวนแม่พิมพ์ ไม่ชนกับ Robot	Robot
2		ห่วงยกยึดที่แม่พิมพ์ และ ใช้เครนแขวนแม่พิมพ์มายึดตั้งที่เครื่องฉีดพลาสติก S = SAFETY ต้องใช้เศรษเกี่ยวที่ห่วงยึดแม่พิมพ์ทั้ง 2 ข้างทุกครั้งเพราะว่า 	เครน,ห่วงยึดแม่พิมพ์,สายพานไซ่,สายพานผ้าดิบ
3		ใช้ระดับน้ำตรวจสอบแม่พิมพ์ ทั้งแนวตั้งแนวนอน เพื่อไม่ให้แม่พิมพ์เอียงไปด้านใดด้านเดียว	ระดับน้ำ
4		ในกรณีที่มี Jig สำหรับติดตั้งแม่พิมพ์ไม่ต้องใช้ระดับน้ำ	Jig ติดตั้งแม่พิมพ์
5		ยึดแม่พิมพ์ด้วย Clamp lock ให้แน่นทั้งสองด้าน และด้านละมี Clamp lock ด้านละ 4 ชุด (ด้านที่อยู่กับที่ 4 ชุด และด้านเคลื่อนที่ 4 ชุด)	Clamp lock,แป๊บเหล็ก,ประแจ L 14 mm.
6		หลังจากรันสลักล็อคแม่พิมพ์ ยึดติดกับเครื่องฉีดพลาสติกเรียบร้อยแล้ว ถอดเศรษและห่วงออกจากแม่พิมพ์	เครน,ห่วงยึดแม่พิมพ์,สายพานไซ่,สายพานผ้าดิบ
7		ถอดแผ่นยึดแม่พิมพ์ออก	ประแจ L 6, 10 mm.
8		ต่อสายน้ำเข้า-ออก ของแม่พิมพ์ให้แน่น ต้องไม่มีน้ำรั่วขณะเครื่องควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ทำงาน โดยสังเกตตามช่องสายน้ำเข้า-ออก จากสลักพลาสติก (สายน้ำเข้าสีเหลือง-สายน้ำออกสีฟ้า) S = SAFETY สวมถุงมือทุกครั้งเพื่อป้องกันก่อนโดนมือโดนขีนขาดเร็ว : Q = QUALITY ต่อสายน้ำให้ถูกต้องตามสีที่ Mark ไว้	ประแจปากตาย 19 mm.,สลักพลาสติกสีเหลือง,ฟ้า
9		ต้องถอดสายลมของ Hot runner ออกจากแผงจ่ายลมก่อนทุกครั้ง จากนั้นนำสายลมจาก Hot runner มาต่อที่แม่พิมพ์ จะมีสายลมด้าน เปิด-ปิด เวลาต่อสายลมให้สังเกตุสัญลักษณ์สีเหลืองเปิด-สีฟ้าปิด ที่สายลม : Q = QUALITY ต่อสายลมให้ถูกต้องตามสีที่ Mark ไว้	สลักพลาสติกสีเหลือง-สีฟ้า

รูปที่ 21 คู่มือการปรับตั้งแม่พิมพ์

WORK INSTRUCTION (คู่มือการปฏิบัติงาน)		Effective Date (วันที่มีผลในการใช้)			
Title (หัวข้อ)	Set up mold operation วิธีปฏิบัติการติดตั้งและนำแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง	Mold Name ชื่อแม่พิมพ์		Revision (ครั้งที่แก้ไข)	
Process (ขั้นตอน)	Set up mold การติดตั้งและนำแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง	Model รุ่น		Page (หน้า)	2 / 2

7.Operation details

(วิธีการปฏิบัติ)

Step ขั้นตอนที่	Figure ภาพประกอบ	7.1 Operation details วิธีการปฏิบัติการติดตั้งแม่พิมพ์	Equipment, jig standard
10		ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้าก่อนทุกครั้ง จากนั้นนำสาย Heater จาก Hot-runner มาต่อที่แม่พิมพ์ เวลาต่อสาย Heater ตรวจสอบตำรับ-เต้ารับให้ตรงกัน และยึดให้แน่น	Heater connector
11		เริ่มการทำงานของเครื่องควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ เมื่อมีการผลิตโดยตรวจสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่ติดตั้งจาก Condition standard ถ้าไม่มีการผลิตให้หยุดเครื่องไว้ และบันทึกลง (F-IN-006)	Kannetsu machine, Condition standard

Step ขั้นตอนที่	Figure ภาพประกอบ	7.2 Operation details วิธีการปฏิบัติการนำแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง	Equipment, jig standard
1		เลื่อน Robot ให้มาอยู่ด้านของ Auto gate cut จนสุดด้านหน้าที่ตั้งไว้ เพื่อที่จะให้ตรงเวลาเลื่อนมาเชื่อมแม่พิมพ์ ไม่ชนกับ Robot	Robot
2		หยุดการทำงานของเครื่องควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ เมื่อมีการหยุดการผลิตตามแผน หรือเอาแม่พิมพ์ลงทำความสะอาดและซ่อมบำรุง	Kannetsu machine
3		ในกรณีนำแม่พิมพ์ลงทำความสะอาดหรือซ่อมบำรุงไม่เกิน 1 ชม. ไม่ต้องหยุดเครื่องควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ ให้เปิดวาล์วน้ำที่ต่อเข้าแม่พิมพ์ และเปิดวาล์ว By pass แทน	Kannetsu machine
4		หลังจากหยุดเครื่องตามขั้นตอนที่ 2 ไปแล้ว 3 นาที ต้องรอแรงดันด้านสูงของเครื่องควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ให้ต่ำลง จากนั้นถอดสายน้ำเข้า-ออกที่ต่อกับแม่พิมพ์ออก	ประแจปากตาย 16, 19 & 22 mm.
5		หลังจากหยุดเครื่องตามขั้นตอนที่ 3 สามารถถอดสายน้ำจากแม่พิมพ์ได้เลย กรณีใช้ข้อต่อสวมเร็ว ก็ไม่ต้องใช้ประแจขันออก S = SAFETY สวมถุงมือผ้าถักหนาๆ เพื่อป้องกันความร้อนขณะถอดสายน้ำ Q = QUALITY ต่อสายน้ำให้ถูกต้องตามสีที่ Mark ไว้	ประแจปากตาย 16, 19 & 22 mm.

Step ขั้นตอนที่	Figure ภาพประกอบ	7.2 Operation details วิธีการปฏิบัติการนำแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง	Equipment, jig standard
6		ถอดสายลมของ Hot runner ออกจากแหล่งจ่ายลมก่อนทุกครั้ง จากนั้นถอดสายลมออกจากแม่พิมพ์	สายลม
7		ต้องปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้าก่อนทุกครั้ง จากนั้นถอดสาย Heater ออกจากแม่พิมพ์ เวลาถอดสาย Heater ต้องปลดล็อคที่ข้อต่อสายก่อน และดึงขึ้นตรงๆ	Heater connector
8		ขันล็อคแผ่นยึดแม่พิมพ์ให้แน่นพอประมาณ S = SAFETY ขันล็อคแผ่นยึดแม่พิมพ์ให้แน่นพอประมาณเพื่อป้องกันแม่พิมพ์ร่วงขณะทำงาน(ในกรณี Down mold)	ประแจ L 6, 10 mm.
9		นำห่วงมายึดที่แม่พิมพ์ และ ใช้เครนเชื่อมแม่พิมพ์ให้ตึงพอประมาณ	เครน,ห่วงยึดแม่พิมพ์,สายพานโยง,สายพานผ้าถัก
10		ถอด Clamp lock ของแม่พิมพ์ออกทั้งสองด้าน แต่ละด้านจะมี Clamp lock ด้านละ 4 ชุด (ด้านที่อยู่กับที่ 4 ชุด และด้านเคลื่อนที่ 4 ชุด)	Clamp lock,แป้นเหล็ก,ประแจ L 14 mm.
11		กอบยกแม่พิมพ์ลงให้กลยหัวฉีดของเครื่องฉีดพลาสติกออกให้อยู่ในตำแหน่งที่ตั้งไว้จนสุดก่อน หลังจากขันสลักล็อคแม่พิมพ์ที่ติดกับเครื่องฉีดพลาสติกออกเรียบร้อยแล้ว ก็ยกแม่พิมพ์ลงจากนั้นบันทึกลง (F-IN-006)	เครน,ห่วงยึดแม่พิมพ์,สายพานโยง,สายพานผ้าถัก

รูปที่ 21 คู่มือการปรับตั้งแม่พิมพ์ (ต่อ)

ขั้นตอนการกำหนดมาตรฐานนั้นได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายตั้งแต่ผู้บริหาร ไปจนถึงผู้ปฏิบัติงานจึงจะส่งผลให้การกำหนดมาตรฐานบรรลุความสำเร็จ ดังนั้นได้กำหนดขั้นตอนในการร่วมมือกันดังนี้

- ผู้มีอำนาจในการบริหารโรงงาน หรือแผนกผู้รับผิดชอบงานต้องยอมรับการเปลี่ยนแปลง ผู้บริหารในสายการผลิตต้องให้ความสนับสนุน และทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องต้องให้การสนับสนุน หลักการ เทคนิค และวิธีใหม่ๆ เพื่อสามารถอำนวยความสะดวกได้
- ในการนำเสนอเพื่อขออนุมัติการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนต่างๆ ควรมีการแสดงการเปรียบเทียบ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ระยะเวลาในการคืนทุน และผลตอบแทนจากการเปลี่ยนแปลงขั้นตอน เป็นต้น
- ควรได้รับการยอมรับ ในการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนจากพนักงานที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงจะต้องเกิดการต่อต้าน เพราะพนักงานคุ้นเคยกับการทำงานในวิธีเก่าๆ กลัวว่าการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนจะได้รับผลกระทบต่อพนักงานเอง
- ต้องมีการฝึกอบรมในการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอน ควรชี้ให้เห็นถึงข้อแตกต่างระหว่างวิธีการทั้งสอง และฝึกอบรมเพื่อสร้างความเคยชินให้กับผู้ปฏิบัติงาน
- ต้องสามารถรักษามาตรฐานในการทำงานให้คงที่ ตามที่ได้กำหนดเป็นมาตรฐานตามคู่มือการปรับตั้งแม่พิมพ์ดังรูปที่ 21 ต้องควบคุมให้ปฏิบัติตามคู่มือการปรับตั้งแม่พิมพ์อย่างเคร่งครัดก่อนและศึกษาวิเคราะห์อย่างละเอียด จึงจะดำเนินการปรับปรุงครั้งต่อไป

5. การปรับปรุงมาตรฐาน

จากการกำหนดมาตรฐาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้ตามการปรับปรุงได้แล้ว อาจจะยังมีปัจจัยบางปัจจัยอาจจะส่งผลให้สภาพเงื่อนไขหากมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมก็ควรมีการดำเนินการศึกษาสาเหตุที่เกิดขึ้น และนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น แม้กระทั่งมีการปรับปรุงขั้นตอนที่เป็นจุดคอขวดไปแล้วก็ตาม ก็ยังมีจุดขอขวดของเวลามาให้ทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ เป็นสิ่งชัดเจนว่าในที่สุด ความรับผิดชอบสุดท้ายขึ้นอยู่กับผู้บริหาร ซึ่งผู้บริหารจะต้องตั้งเป็นเป้าหมายขององค์กรและให้แนวทางในการปฏิบัติการ ถ้าการลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ ไม่ได้กำหนดเป็นเป้าหมายที่สำคัญ ก็จะไม่จูงใจให้พนักงานที่เกี่ยวข้อง (พนักงานฝ่ายผลิต รวมถึงฝ่ายสนับสนุนต่างๆ) ผู้บริหารต้องสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการพัฒนาปรับปรุงการลดเวลาปรับตั้งแม่พิมพ์ (โดยให้เวลา เครื่องมือ เงิน และความช่วยเหลือหากจำเป็น) ผู้บริหารยังต้องทำให้แน่ใจว่าหน่วยงานสนับสนุนต้องไม่สร้างมาตรฐานไม่เหมาะสมกับการปฏิบัติงานจริง และพนักงานในองค์กรต้องตระหนักว่าตนเองมีส่วนเกี่ยวข้องกับการปรับตั้งแม่พิมพ์ไม่ทางตรงก็ทางอ้อม

เมื่อมีเป้าหมายที่ชัดเจนก็มีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และนำเป้าหมายมาสื่อสารให้ทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องรับทราบ เพื่อช่วยกันทำให้เป้าหมายบรรลุตามวัตถุประสงค์ ซึ่งการปรับปรุงมาตรฐานจะมีการจับเวลาใหม่อีกครั้ง หลังการกำหนดมาตรฐานเสร็จสิ้นและมีการอบรม

ใหม่แล้วให้กับผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติมีความเข้าใจ จนถึงให้มีความชำนาญในการปฏิบัติงานในการปรับตั้งแม่พิมพ์ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายก่อนดังขั้นตอนปฏิบัติงานตามรูปที่ 21 และดังตารางการจับเวลาหลังการปรับปรุงในภาคผนวก ฉ. ที่มีการจับเวลาการปฏิบัติงานหลังการปรับปรุงมาตรฐาน ตามแนวทางการปรับปรุงตามตารางที่ 7 ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

บทที่ 4
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์การปฏิบัติงานของการปรับตั้งแม่พิมพ์ในสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้การเทคนิคในการดำเนินการปฏิบัติของการเปลี่ยนแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) พบว่า ถ้ามีการแยกงานตามหลักการของการเปลี่ยนแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) พบปัญหาคือ จากขั้นตอนดำเนินการแยกงานภายในกับงานภายนอกที่ไม่ถูกต้อง ขาดเครื่องมือสนับสนุนในการปฏิบัติงานให้ได้รวดเร็วขึ้น และรวมไปถึงขาดการจัดการในการใช้ทรัพยากรให้เต็มประสิทธิภาพในเรื่องของผู้ปฏิบัติงาน

ดังนั้นการลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ให้ลดลงได้นั้น ไม่สามารถทำได้เพียงผู้เดียว ซึ่งจะต้องมีการตอบสนองตั้งแต่ผู้บริหาร จนกระทั่งผู้ปฏิบัติงาน เนื่องการลดเวลานั้น ต้องใช้องค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. องค์ประกอบด้านวิธีการทำงาน หรือขั้นตอนการปฏิบัติงาน
2. องค์ประกอบด้านเครื่องมือในการสนันสนุน หรือเทคนิค
3. องค์ประกอบในด้านการจัดการ หรือการมีส่วนร่วมในองค์กร

ถ้าทั้ง 3 องค์ประกอบนี้สามารถสนับสนุนกันได้อย่างต่อเนื่อง ก็จะทำเกิดแรงจูงใจกับผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานจะมีมุมมองว่าทุกภาคส่วนมีความสนใจในการมีส่วนร่วมต่อการดำเนินการ ส่งผลให้ตัวผู้ปฏิบัติงานเองทำงานได้ง่ายขึ้น เร็วขึ้น โดยมีทุกฝ่ายค่อยให้ความสนับสนุน

เพราะว่าทั้ง 3 องค์ประกอบนี้ เป็นส่วนในการเชื่อมโยงกับเวลาใน 2 ประเภท คือ

1. เวลาการทำงานที่ใช้อย่างไม่มีประสิทธิผลมีเหตุมาจาก

- เกิดจากที่แผนกฉีดพลาสติกเองขาดเครื่องมือที่มาสนับสนุนให้การทำงานได้เร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น Clamp ล็อคแม่พิมพ์ที่สามารถปรับตั้งได้อย่างรวดเร็ว เป็นต้น

- เกิดจากการขาดมาตรฐานซึ่งทุกๆ ครั้งในการปรับตั้งแม่พิมพ์ถูกดำเนินการอย่างแตกต่างกัน แม้จะเป็นการปฏิบัติงานโดยผู้ปฏิบัติงานคนเดิม รวมถึงการปฏิบัติงานของคนอื่น จึงเป็นการทำงานที่ห่างไกลจากอุดมคติ ซึ่งจะส่งผลต่อการไม่ได้ปฏิบัติงานตามขั้นตอน และล่าช้า ซึ่งสามารถยกตัวอย่างการปฏิบัติที่สามารถปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น และรวดเร็ว เช่น การทำคู่มือการปฏิบัติงานที่ได้จากการศึกษางาน

- ขาดการออกแบบในกระบวนการทำงานที่แสดงให้เห็นว่าการออกแบบสามารถปรับปรุงการปรับตั้ง โดยไม่มีผลต่อคุณค่าของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการออกแบบกระบวนการส่วนใหญ่ที่ไม่ได้คำนึงถึงความต้องการของลูกค้า

2. เวลาที่ไม่มีประสิทธิผลมีเหตุมาจาก

- มาตรฐานจากการจัดการขององค์กร ในการให้ความรู้ และความสำคัญต่อพนักงานทุกคน เช่น ไม่มีการให้ข้อมูลแก่พนักงานเกี่ยวกับความสำคัญ และความจำเป็นในการลดเวลาปรับตั้งแม่พิมพ์ในทุกๆ ส่วนงาน เป็นต้น

- มาตรฐานในเรื่องของตัวผู้ปฏิบัติงานเอง เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานเป็นตัวแปรที่สำคัญจากการควบคุมในหน่วยงาน สามารถทำให้เวลาในการปรับตั้ง (Set up) มาก หรือน้อย เพราะฉะนั้น ต้องมีการจัดทำคู่มือปฏิบัติงานอย่างชัดเจนให้กับผู้ปฏิบัติงาน และคู่มือที่ได้รับการยอมรับและนำไปเป็นขั้นตอนการปฏิบัติจริง จะต้องพัฒนาและเขียนโดยผู้ปฏิบัติงานร่วมด้วย จึงเป็นข้อยืนยันว่า การปรับตั้งจะต้องได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการลดการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้การเทคนิคในการดำเนินการปฏิบัติของการเปลี่ยนแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ของโรงงานกรณีศึกษา เกี่ยวกับงานฉีดพลาสติก สามารถสรุปผลเป็นขั้นตอน และเวลาได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การปรับปรุงเกี่ยวกับการย้ายงานภายในไปเป็นงานภายนอก

สามารถลดขั้นตอนในงานจากสภาพปัจจุบันมีขั้นตอนเท่ากับ 21 ขั้นตอน เหลือ 13 ขั้นตอน และสามารถลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์จากสภาพปัจจุบัน จาก 211 นาที เหลือ 140 นาที คิดเป็น 33.65 % โดยมีผู้ปฏิบัติงานเพียง 1 คน ดังตารางแสดงการเปรียบเทียบการย้ายงานภายในเป็นงานภายนอก ก่อนและหลังปรับปรุง ในภาคผนวก ค.

ขั้นตอนที่ 2 การปรับปรุงเกี่ยวกับการขจัดงานที่จะต้องทำ

สามารถลดขั้นตอนในงานจากการปรับปรุงจากขั้นตอนที่ 1 มีขั้นตอนเท่ากับ 13 ขั้นตอน เหลือ 6 ขั้นตอน และสามารถลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์จากสภาพปัจจุบัน จาก 140 นาที เหลือ 100 นาที คิดเป็น 28.57 % โดยมีผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ดังตารางแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart) ในภาคผนวก จ.

ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงเกี่ยวกับการลดเวลา และการรวมงานภายในให้ได้มากที่สุด

สามารถลดขั้นตอนของงานการปรับปรุงจากขั้นตอนที่ 2 ได้ปรับปรุงด้วยการใช้โปรแกรมของเครื่องฉีดพลาสติกที่ได้ติดตั้งมากับเครื่องอยู่แล้ว มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ให้ผู้ปฏิบัติงานสามาทำงานได้รวดเร็วขึ้น สามารถลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์จากสภาพปัจจุบันจาก 100 นาที เหลือ 33 นาที คิดเป็น 67 % ดังตารางที่ 7

แนวทางการปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ โดยมีผู้ปฏิบัติงาน 2 คน และได้มีการจัดทำมาตรฐานเป็นคู่มือการปฏิบัติงาน เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้สอดคล้องกับมาตรฐานที่ออกแบบจัดตั้งและกำหนดไว้ รวมไปถึงได้มีการจับเวลาหลังการฝึกอบรมใหม่อีกครั้ง

สรุปผลดำเนินการของการลดเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ จากเวลา 211 นาที เหลือ 33 นาที คิดเป็น 84.36 % สามารถลดขั้นตอนการปฏิบัติงานจาก 21 ขั้นตอน เหลือ 6 ขั้นตอน โดยมีผู้ปฏิบัติงาน 2 คน สามารถเปรียบเทียบแต่ละขั้นตอนการปรับปรุงได้ตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบขั้นตอนการปรับปรุง

รายละเอียด	สภาพปัจจุบัน	ขั้นตอนการ ปรับปรุงที่ 1	ขั้นตอนการ ปรับปรุงที่ 2	ขั้นตอนการ ปรับปรุงที่ 3
เวลาลดลง	211 นาที	140 นาที	100 นาที	33 นาที
คิดเป็น	-	33.65 %	28.57 %	67.00 %
ขั้นตอนลดลง	21 ขั้นตอน	13 ขั้นตอน	6 ขั้นตอน	6 ขั้นตอน
ผู้ปฏิบัติงาน	1 คน	1 คน	2 คน	2 คน

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการจัดทำมาตรฐาน ช่วยให้ลดการผันแปรของเงื่อนไขที่มีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีวิธีการเปลี่ยนไป และส่งผลต่อเวลามาตรฐานสำหรับงานที่จะเปลี่ยนแปลงปรับปรุงไปจากปกติ ถ้าหากไม่มีการบันทึกการปฏิบัติงานไว้เป็นหลักฐานก็ไม่สามารถทราบถึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิบัติงาน ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปลงจนไม่ทันสังเกตเห็น

ดังนั้น ต้องมีการควบคุมสภาพการปฏิบัติงานให้เป็นปกติ เพื่อที่หาความผิดปกติ และมาทำการปรับปรุง หรือนำความผิดปกติมาทำการศึกษาเพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานใหม่

จากการศึกษาบทความที่เกี่ยวกับการลดเวลาการปรับตั้ง (Set up) ของ เดิร์ค แวน โกวเบอร์เกน (Dirk Van Goubergen. 2000) กล่าวเกี่ยวกับความรับผิดชอบของหน่วยงานอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อการปรับตั้ง (Set up) โดยเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบ 3 ประการของปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) มีความสัมพันธ์กับเวลาทั้งหมดที่ต้องการเพื่อให้งานสำเร็จของ IE Model ซึ่งมีบทสรุปความต้องการลดเวลาในการปรับตั้งแม่พิมพ์ถูกพิจารณาในมุมมองของความยืดหยุ่น การลดลงของสินค้าคงคลัง จุดคอขวดและต้นทุนที่ต่ำที่สุด บ่อยครั้งที่การปรับตั้งแม่พิมพ์ถูกพิจารณาว่าเป็นประเด็นเฉพาะของหน่วยงานการผลิต แต่จุดมุ่งหมายของเอกสารนี้ รวมทั้งงานศึกษานี้

ต้องการชี้ให้เห็นว่า ความรับผิดชอบ โอกาส การบังคับควบคุม การพัฒนาปรับปรุง ในการตั้งเครื่องในโรงงานการผลิต เป็นความรับผิดชอบของทุกภาคส่วน และมีส่วนเกี่ยวข้องไม่ทางตรงก็ทางอ้อม ซึ่งจากบทความได้สอดคล้องกับโรงงานกรณีศึกษาที่ได้นำแนวทางของบทความมาประยุกต์ใช้งานในกรณีศึกษานี้

ซึ่งในขั้นตอนการปรับปรุงจากแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart) ที่ยังมีเวลาว่างงาน ดังนั้น มีแนวทางการปรับปรุงขั้นตอนการปรับตั้งแม่พิมพ์ ดังตารางที่ 7 เพื่อปรับปรุงการว่างการให้เกิดการว่างงานให้น้อยที่สุด

ปัญหา อุปสรรค และการศึกษาต่อไปในอนาคต

1. จากปัญหาที่พบจากกรณีศึกษาคือ การที่ผู้ปฏิบัติงานอาจจะมีแรงต่อต้านจากการปรับปรุง เนื่องผู้ปฏิบัติงานกลัวที่จะต้องมีงานเพิ่มจากเดิม (เกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดแรงต่อต้าน) เบื้องต้นต้องมีการสื่อสารถึงข้อดีข้อเสียให้กับผู้ปฏิบัติงานทราบถึงต้นทุนที่ต้องเสียไปโดยเปล่าประโยชน์

2. การศึกษานี้เป็นการศึกษาการดำเนินการลดเวลาปรับตั้งแม่พิมพ์ 1 ผลิตภัณฑ์ ต่อผู้ปฏิบัติงาน 2 คน แต่ยังมีโรงงานที่ต้องการมีการปรับตั้งแม่พิมพ์หลายผลิตภัณฑ์ โดยมีผู้ปฏิบัติงานอย่างจำกัด เช่น โรงงานฉีดพลาสติกแบบ OEM (Original Equipment Machine) ซึ่งทำให้ต้องมีการวางแผนในการปรับตั้งควบคู่กัน หรืออาจจะต้องใช้ระบบคัมบัง (Kanban) มาเป็นเครื่องมือช่วย

3. จากกรณีศึกษานี้ควรมีการศึกษาต่อในอนาคตของเรื่องการลดเวลาการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแม่พิมพ์ อันเนื่องมาจากการปรับตั้งแม่พิมพ์ต้องใช้ความร่วมมือกันทุกฝ่ายขององค์กร ดังนั้นบำรุงรักษาเชิงป้องกันแม่พิมพ์ ผลส่งต่อการปรับตั้งโดยตรง ยิ่งไปกว่านั้นถ้าผลิตภัณฑ์หนึ่ง ที่ไม่มีแม่พิมพ์มาทดแทนในการผลิต ดังนั้นก็ต้องมีการหยุดเครื่องจักร หรือสูญเสียยอดการผลิตได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

นิพนธ์ บัวแก้ว. (2547). **ระบบการผลิตแบบลีน = Introduction to Lean Manufacturing**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

พรเทพ เหลือทรัพย์สุข. (2550). **การปรับเลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว Quick Changeover for Operators: The SMED System**. กรุงเทพฯ. อี.ไอ.สแควร์.

พลาสติกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. (ม.ป.ป.). สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มิถุนายน 2556, จาก http://www.gened.chula.ac.th/chulawisdom/group1/02chulawisdom.htm

ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ. (2546). **การพัฒนาต้นแบบในการลดความสูญเปล่า 7 ประการสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องสำอาง**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิฐิณัฐ ภัคพรหมินทร์. (2551). **บทความต้นกำเหนิด TPS**. กรุงเทพฯ : คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.

วิโรจน์ ลักขณาอดิสร. (2552). **ลีนอย่างไร...สร้างกำไร ให้องค์กร (Profitable Lean Manufacturing)**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สมชาย วรกิจเกษมกุล. (2553). **ระเบียบวิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. อุดรธานี : อักษรศิลป์การพิมพ์.

Ana Sofia Alves; and Alexandrla Tenara. (2009). **Improving SMED in the Automotive Industry : A Case Study**. Retrieved Jan 10, 2013, from http://www.pomsmeetings.org/confpapers/011/011-0621.pdf

Antonio Carrizo Moreira ; and Gil Campos Silva Pais. (2011). **Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation**. Retrieved Jan 5, 2013, from http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-27242011000100011&script=sci_arttext

Dirk Van Goubergen. (2000). **Set-Up Reduction as an Organization-Wide Problem.** Belgium : Department of Industrial Management, Ghent University.

----------. (2001). **An Integrated Methodology for More Effective Setup Reduction**. Belgium : Department of Industrial Management, Ghent University.

Dirk Van Goubergen; and Hendrik Van Landeghem. (2002). **Reducing Set-up Times of Manufacturing Lines.** Belgium : Department of Industrial Management, Ghent University.

Jame P. Womack ; and Danaiel T. Jones. (1996), **Lean Thinking**: **Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. New York : Free Press.

Matthias Holweg. (2007). The Genealogy of Lean Production. **Journal of Operations Management**. 25 (2) : 420-437.

Polyplastics Co., Ltd. (2013). **Injection Molding Machine.** Retrieved June 13, 2013, from https://www.polyplastics.com/en/support/mold/outline/index.html

Sheri Coble Trovinger ; and Roger E. Bohn. (2005). Set-up time Reduction for Electronic Assembly: Combining Simple (SMED) and IT Based Method. **Production and Operations Management**. 14 (2) : 1 – 13.

Shingo, Shigeo. (1989). **A Study of The Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint by Shigeo Shingo**. New York : Productivity Press.

Toyota Seisan Houshiki Wo Kangaeru Kai. (2554). **ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System)**. แปลโดย มังกร โรจน์ประภากร. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

Yashwant R. Mali ; and K. H. Inadar. (2012). Changeover Time Reduction Using SMED Technique of Lean Manufacturing. **International Journal of Engineering Research and Applications.** 2 (3) : 2,441 – 2,445.

ภาคผนวก

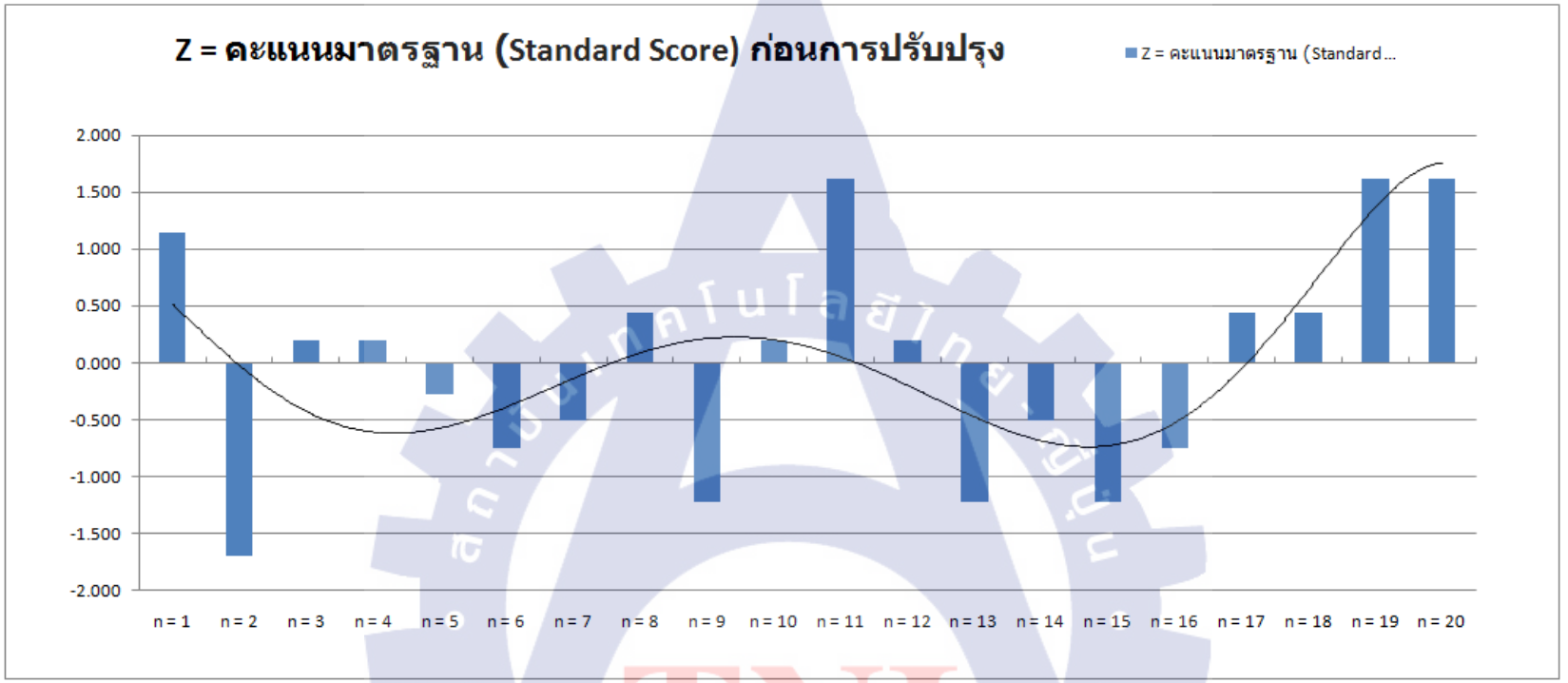
ภาคผนวก ก.
ตารางการจับเวลาก่อนการปรับปรุง

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI

ตารางที่ 9 การจับเวลาก่อนการปรับปรุง

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวนครั้งที่จับเวลาก่อนปรับปรุง																			
		n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10	n = 11	n = 12	n = 13	n = 14	n = 15	n = 16	n = 17	n = 18	n = 19	n = 20
1	หยุดเครื่องฉีดพลาสติก และทำการ Purge material (PM)	10	12	9	10	11	12	10	12	11	12	9	8	9	11	10	10	9	10	10	11
2	เดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	เดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	5	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4
4	ปิดวาว์ลน้ำเข้า– ออกของ Mold และถอดสายท่อน้ำ	5	5	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4
5	ไปนำเครนจากพื้นที่เก็บ และบำรุงรักษามายึดกับ Mold	13	13	11	12	12	11	13	13	14	12	13	13	14	11	11	12	12	13	14	11
6	ถอดน็อตยึด Clamping	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4	5
7	เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก	12	10	11	10	12	11	10	12	12	11	11	10	9	11	10	12	10	10	9	10
8	นำ Mold ไปเก็บที่พื้นที่เก็บ และบำรุงรักษา Mold	8	7	7	8	7	8	7	6	6	7	8	8	8	7	8	7	8	8	8	8
9	นำชุด Mold ใหม่ออกมาจากที่พื้นที่เก็บ (ที่เดียวกัน)	8	6	7	6	8	6	7	8	7	8	7	6	8	8	7	8	8	7	8	8
10	เปิด Clamp และใส่ Mold ชุดใหม่	15	12	14	13	15	15	12	13	15	12	15	15	12	13	15	12	14	13	15	15
11	เปิดชุดทำความร้อนกระบอกฉีด	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
13	ต่อสายท่อน้ำ และเปิดวาว์ลน้ำเข้า/ออก	7	5	7	7	6	7	7	6	6	7	7	6	7	6	7	7	6	7	6	7
14	เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	5	4	6	7	6	7	6	7	7	7	7	6	6	7	6	7	7	6	6	7
15	รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu	60	61	59	63	58	58	59	60	58	62	63	63	58	57	57	60	62	61	63	63
16	ทำความสะอาด Mold	20	21	25	20	22	21	24	20	18	20	23	23	22	21	24	21	21	22	23	24
17	ตรวจสอบ Condition ฉีด	10	10	9	9	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	9	9
18	ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot	15	14	16	15	14	14	14	16	14	14	15	14	14	16	14	14	15	15	15	16
19	การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)	5	4	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	5	5	4
20	การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง	5	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	4	5	4
21	ตรวจสอบชิ้นงาน	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

																						ค่าเฉลี่ยออก	มัธยฐาน	
จำนวนตัวอย่าง (Sampling)	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10	n = 11	n = 12	n = 13	n = 14	n = 15	n = 16	n = 17	n = 18	n = 19	n = 20	∑	Mean	Median	SD.
X = เวลารวมทั้งหมด ($\sum$ CT.)	216	204	212	212	210	208	209	213	206	212	218	212	206	209	206	208	213	213	218	218	4223	211.15	212.0	4.221
x = คะแนนเบี่ยงเบน (Deviation Score)	4.85	-7.15	0.85	0.85	-1.15	-3.15	-2.15	1.85	-5.15	0.85	6.85	0.85	-5.15	-2.15	-5.15	-3.15	1.85	1.85	6.85	6.85	-1.1E-13	-6E-15	0.8	4.221
Z = คะแนนมาตรฐาน (Standard Score)	1.149	-1.694	0.201	0.201	-0.272	-0.746	-0.509	0.438	-1.220	0.201	1.623	0.201	-1.220	-0.509	-1.220	-0.746	0.438	0.438	1.623	1.623	-2.7E-14	-1E-15	0.2	1.000



รูปที่ 22 ข้อมูลการจับเวลามาตรฐานก่อนการปรับปรุง

จากตารางที่ 9 สามารถดำเนินการหาข้อมูลการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งเป็นแจกแจงความถี่ของค่าที่วัดเป็นปกติ ซึ่งการแจกแจงแบบปกติมักพบในการเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ผลคะแนน รายได้ ความสูง น้ำหนัก อายุ และช่วงเวลาของสิ่งต่างๆ เป็นต้น

หาได้จากสูตร

$$z = \frac{X - \overline{X}}{SD} = \frac{x}{SD}$$

เมื่อ

z = คะแนนมาตรฐาน z

X = คะแนนที่ต้องการเปลี่ยนเป็นคะแนนมาตรฐาน

$\overline{X}$ = มัชฌิมเลขคณิต

SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เมื่อค่า z เป็นคะแนนมาตรฐานบนแกน X ซึ่งเป็นส่วนเบี่ยงเบนในหน่วยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานบนเส้นตรงของเส้นโค้งจากค่าเฉลี่ย 0 ถ้าเบี่ยงเบนไปทางขวาของค่าเฉลี่ยจะมีค่าเป็นบวก แต่ถ้าถ้าเบี่ยงเบนไปทางซ้ายจะมีค่าเป็นลบ คะแนนมาตรฐาน z จึงเป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบถึงคะแนนดิบที่ศึกษานั้นว่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยไปเท่าไร จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

แม้ว่าเส้นโค้งจะมีความแตกต่างไปตามค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่เส้นโค้งปกติที่เป็นมาตรฐานจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 หมายความว่าเป็นเส้นโค้งที่มีพื้นที่ทางด้านซ้ายและด้านขาวเท่ากัน หรือสมมาตรกัน โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 (สมชาย วรกิจเกษมกุล. 2553)

จากการดำเนินการจับเวลาของการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนการปรับปรุง ได้จับเวลาในจำนวนครั้งเท่ากับ 20 ครั้ง ซึ่งมีการเก็บข้อมูลในวันที่ 1 ถึง 20 ธันวาคม พ.ศ. 2555 เก็บข้อมูลทุกวัน วันละ 1 ครั้ง ดังตารางที่ 9 เพื่อหาค่ามาตรฐานของเวลาที่จับว่ามีความผันแปรออกจากค่ามาตรฐานมากน้อยเพียงใด ซึ่งจากการดำเนินการจับเวลาก่อนการปรับปรุงพบว่าค่าความเบี่ยงเบนค่อนข้างมีค่าอยู่ด้านค่าติดลบ ซึ่งสามารถบอกได้ว่าเวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ค่าจับเวลาส่วนมากดำเนินการติดตั้งแม่พิมพ์ได้เร็วกว่า ค่าเฉลี่ยออกของการจับเวลาก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 211.15 นาที ดังรูปที่ 22

ภาคผนวก ข.

แผนภูมิการไหลของกระบวนการก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 10 แผนภูมิการไหลของกระบวนการก่อนการปรับปรุง

PROCESS ANALYSIS FLOWCHART (แบบฟอร์มการวิเคราะห์กระบวนการ)

ชื่องาน : การปรับตั้งแม่พิมพ์

แผนก : ฉีดพลาสติก (Injection Section)

√ กระบวนการก่อนการปรับปรุง

กระบวนการหลังการปรับปรุง

การไหลในกระบวนการ	ระยะทาง เมตร	เวลา นาที	สัญลักษณ์				
			การทำงาน	การตรวจสอบ	การขนถ่าย	การจัดเก็บ	การรอ
หยุดเครื่องฉีดพลาสติก และทำการ Purge material (PM)		10	●	□	⇨	▽	D
เดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	0.5	2	●	□	➡	▽	D
เดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	25	4	●	□	➡	▽	D
ปิดวาว์ลน้ำเข้า – ออกของ Mold และถอดสายท่อน้ำ		5	●	□	⇨	▽	D
ไปนำเครนจากพื้นที่เก็บ และบำรุงรักษามายึดกับ Mold	100	12	●	□	➡	▽	D
ถอดน็อตยึด Clamping		4	●	□	⇨	▽	D
เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก		11	●	□	⇨	▽	D
นำ Mold ไปเก็บที่พื้นที่เก็บ และบำรุงรักษา Mold	100	7	●	□	➡	▽	D
นำชุด Mold ใหม่ออกมาจากที่พื้นที่เก็บ (ที่เดียวกัน)	100	7	○	□	➡	▽	D
เปิด Clamp และใส่ Mold ชุดใหม่		14	●	□	⇨	▽	D
เปิดชุดทำความร้อนกระบอกฉีด		2	●	□	⇨	▽	D
เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)		2	●	□	⇨	▽	D
ต่อสายท่อน้ำ และเปิดวาว์ลน้ำเข้า/ออก		7	●	□	⇨	▽	D
เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	25	6	●	□	➡	▽	D
รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu		60	○	□	⇨	▽	D
ทำความสะอาด Mold		22	●	□	⇨	▽	D
ตรวจสอบ Condition ฉีด		9	●	□	⇨	▽	D
ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot		15	●	□	⇨	▽	D
การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)		5	●	□	⇨	▽	D
การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง		5	●	□	⇨	▽	D
ตรวจสอบชิ้นงาน		2	○	■	⇨	▽	D
จำนวนกระบวนการ			21 ขั้นตอน				
ระยะทาง			350.5 เมตร				
รวมเวลาของกระบวนการ			211 นาที				

เนื่องจากวิเคราะห์กระบวนไหลของการปรับตั้งแม่พิมพ์ก่อนปรับปรุง ดังตารางที่ 10 จะทำให้ทราบถึงภาพรวมของกระบวนการที่เป็นความสูญเปล่าจากการปฏิบัติงาน ซึ่งไม่ทำให้เกิดมูลค่าแต่ทางกลับกันทำให้เสียเวลาจากการสูญเปล่า และไม่ทำให้เกิดการยืดหยุ่นในกระบวนการ ส่งผลมีเส้นทางการเคลื่อนที่เดินกลับไปกลับมา

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

ภาคผนวก ค.
การเปรียบเทียบการย้ายงานภายในเป็นงานภายนอก ก่อนและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบการย้ายงานภายในเป็นงานภายนอก ก่อนและหลังปรับปรุง

ก่อนปรับปรุง				หลังการปรับปรุง	
หัวข้อ	รายละเอียดงาน	สถานะก่อนการย้ายงาน	เวลาที่ใช้ก่อนการปรับปรุง (นาที)	สถานะหลังการย้ายงาน	เวลาที่ใช้หลังการปรับปรุง (นาที)
1	หยุดเครื่องฉีดพลาสติก และทำการฉีดพลาสติกหลอมเหลวเหลือในกระบอก	งานภายใน	10	งานภายใน	10
2	เดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	งานภายใน	2	งานภายใน	2
3	เดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	งานภายใน	4	งานภายใน	4
4	ปิดวาว์ลน้ำเข้า – ออกของ Mold และถอดสายท่อน้ำ	งานภายใน	5	งานภายนอก	0
5	ไปนำเครนจากพื้นที่เก็บ และบำรุงรักษามายึดกับ Mold	งานภายนอก	12	งานภายนอก	0
6	ถอดน็อตยึด Clamp	งานภายใน	4	งานภายใน	4
7	เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก	งานภายใน	11	งานภายใน	11
8	นำ Mold ไปเก็บที่พื้นที่เก็บ และบำรุงรักษา Mold	งานภายใน	7	งานภายนอก	0
9	นำชุด Mold ใหม่ออกมาจากที่พื้นที่เก็บ (ที่เดียวกัน)	งานภายใน	7	งานภายนอก	0
10	ใส่ Mold ชุดใหม่ และปิด Clamp	งานภายใน	14	งานภายใน	14
11	เปิดชุดทำความร้อนกระบอกฉีด	งานภายใน	2	งานภายนอก	0
12	เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	งานภายใน	2	งานภายใน	2
13	ต่อสายท่อน้ำ และเปิดวาว์ลน้ำเข้า/ออก	งานภายใน	7	งานภายนอก	0
14	เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	งานภายใน	6	งานภายใน	6
15	รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu	งานภายใน	60	งานภายใน	60
16	ทำความสะอาด Mold	งานภายใน	22	งานภายนอก	0
17	ตรวจสอบ Condition ฉีด	งานภายใน	9	งานภายนอก	0
18	ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot	งานภายใน	15	งานภายใน	15
19	การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)	งานภายใน	5	งานภายใน	5
20	การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง	งานภายใน	5	งานภายใน	5
21	ตรวจสอบชิ้นงาน	งานภายใน	2	งานภายใน	2
รวมทั้งหมด (นาที)			211		140

เนื่องจากสภาพปัจจุบันของการแยกงานภายในกับงานภายนอก ไม่เหมาะสมตามสภาพปัจจุบันนั้น ส่งผลให้เกิดเวลาที่สูญเปล่า ซึ่งสภาพปกติต้องใช้เวลาการปฏิบัติงานถึง 211 นาที แต่หลังจากได้ดำเนินงานย้ายงานภายใน ให้เป็นงานภายนอก ด้วยเทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) ส่งให้เวลาในการดำเนินงานลดลงเหลือ 140 นาที ดังตารางที่ 11

ภาคผนวก ง.
แผนภูมิการไหลของกระบวนการหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 12 แผนภูมิการไหลของกระบวนการหลังการปรับปรุง

PROCESS ANALYSIS FLOWCHART (แบบฟอร์มการวิเคราะห์กระบวนการ)

ชื่องาน : การปรับตั้งแม่พิมพ์

แผนก : ฉีดพลาสติก (Injection Section)

☐ กระบวนการก่อนการปรับปรุง

√ กระบวนการหลังการปรับปรุง

การไหลในกระบวนการ	ระยะทาง เมตร	เวลา นาที	สัญลักษณ์				
			การทำงาน	การตรวจสอบ	การขนถ่าย	การจัดเก็บ	การรอ
หยุดเครื่องฉีดพลาสติก และทำการ Purge material (PM)		10	●	□	⇨	▽	D
เดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	0.5	2	●	□	➡	▽	D
เดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	25	4	●	□	➡	▽	D
ถอดน็อตยึด Clamping		4	●	□	⇨	▽	D
เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก		11	●	□	⇨	▽	D
เปิด Clamp และใส่ Mold ชุดใหม่		14	●	□	⇨	▽	D
เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)		2	●	□	⇨	▽	D
เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	25	6	●	□	➡	▽	D
รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu		60	○	□	⇨	▽	◗
ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot		15	●	□	⇨	▽	D
การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)		5	●	□	⇨	▽	D
การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง		5	●	□	⇨	▽	D
ตรวจสอบชิ้นงาน		2	○	■	⇨	▽	D
จำนวนกระบวนการ			13 ขั้นตอน				
ระยะทาง			50.5 เมตร				
รวมเวลาของกระบวนการ			140 นาที				

หลังจากที่ได้ดำเนินการย้ายงานภายใน ให้เป็นงานภายนอก ด้วยเทคนิคของการปรับตั้งแม่พิมพ์โดยใช้เวลาเป็นจำนวนนาทีที่เป็นตัวเลขหลักเดียว (Single Minute Exchange of Die: SMED) และได้ดำเนินงานปรับปรุงกิจกรรมงานภายในให้ได้มากที่สุดแล้ว สามารถนำมาจัดทำเป็นแผนภูมิการไหลของกระบวนการหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 12

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

ภาคผนวก จ.

แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart)

ตารางที่ 13 แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart)

แผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ (Multiple Activity Chart)					
กิจกรรมของเครื่องจักร		กิจกรรมของผู้ปฏิบัติ			
เครื่องฉีดพลาสติก	เวลา (นาที)	ผู้ปฏิบัติคนที่ 1	เวลา (นาที)	ผู้ปฏิบัติคนที่ 2	เวลา (นาที)
เครื่องหยุดคอยให้ปรับตั้งแม่พิมพ์ใหม่	10	หยุดเครื่องฉีดพลาสติกและทำการ Purge material (PM)	10	เดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	2
				เดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	4
				ถอดน็อตยึด Clamping	4
เครื่องฉีดพลาสติกทำงาน	11	เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก	11	เปิด Clamp และใส่ Mold ชุดใหม่	14
ชุดควบคุมความร้อนทำงาน	2	เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	2		
(ว่างงาน)	1	(ว่างงาน)	1		
เครื่องทำความร้อนทำงาน	6	เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	6	ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot	15
รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu	60	รอเครื่องจักร (ว่างงาน)	60	รอเครื่องจักร (ว่างงาน)	51
เครื่องฉีดพลาสติกเริ่มทำงาน	10	การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)	5	ตรวจสอบชิ้นงาน	2
				ว่างงาน	3
		การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง	5	ว่างงาน	5
สรุป		ผู้ปฏิบัติคนที่ 1		ผู้ปฏิบัติคนที่ 2	
รวมขั้นตอน		6 ขั้นตอน		6 ขั้นตอน	
รวมเวลา		100 นาที		100 นาที	

สัญลักษณ์ : = ว่างงาน = ทำงาน

หลังที่ดำเนินกานปรับในเรื่องของการย้ายงานภายใน ให้เป็นงานภายนอกในข้างต้น ซึ่งจากการสังเกตพบว่า ยังมีเวลาจากการเคลื่อนที่ของผู้ปฏิบัติงานในบางกิจกรรม และการรอคอยในบางกิจกรรม ดังตารางที่ 12 เช่น การเดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller) การเดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu) เป็นต้น

ดังนั้นผู้ศึกษา จึงได้มีการนำแผนภูมิกิจกรรมพหุคูณ โดยการดำเนินการให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำงานกับเครื่องจักรมากที่สุด และให้ดำเนินการเพิ่มผู้ปฏิบัติงานจาก 1 คน เป็น 2 คน เพื่อลดเวลาการเคลื่อนที่ และการรอคอยให้เร็วขึ้น และลดขั้นตอนของกิจกรรมลง ซึ่งสามารถลดเวลาจากการปรับตั้งแม่พิมพ์จาก 140 นาที เหลือ 100 นาที และ ลดขั้นตอนจาก 13 ขั้นตอน เหลือ 6 ขั้นตอน จากการผู้ปฏิบัติงานจำนวน 2 คน

อย่างไรก็ตาม ยังมีงานที่ยังสามารถปรับปรุงได้จากการใช้จากโปรแกรมของเครื่องฉีดพลาสติกที่มีติดตั้งมากับเครื่องอยู่แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้ไว้ขึ้น

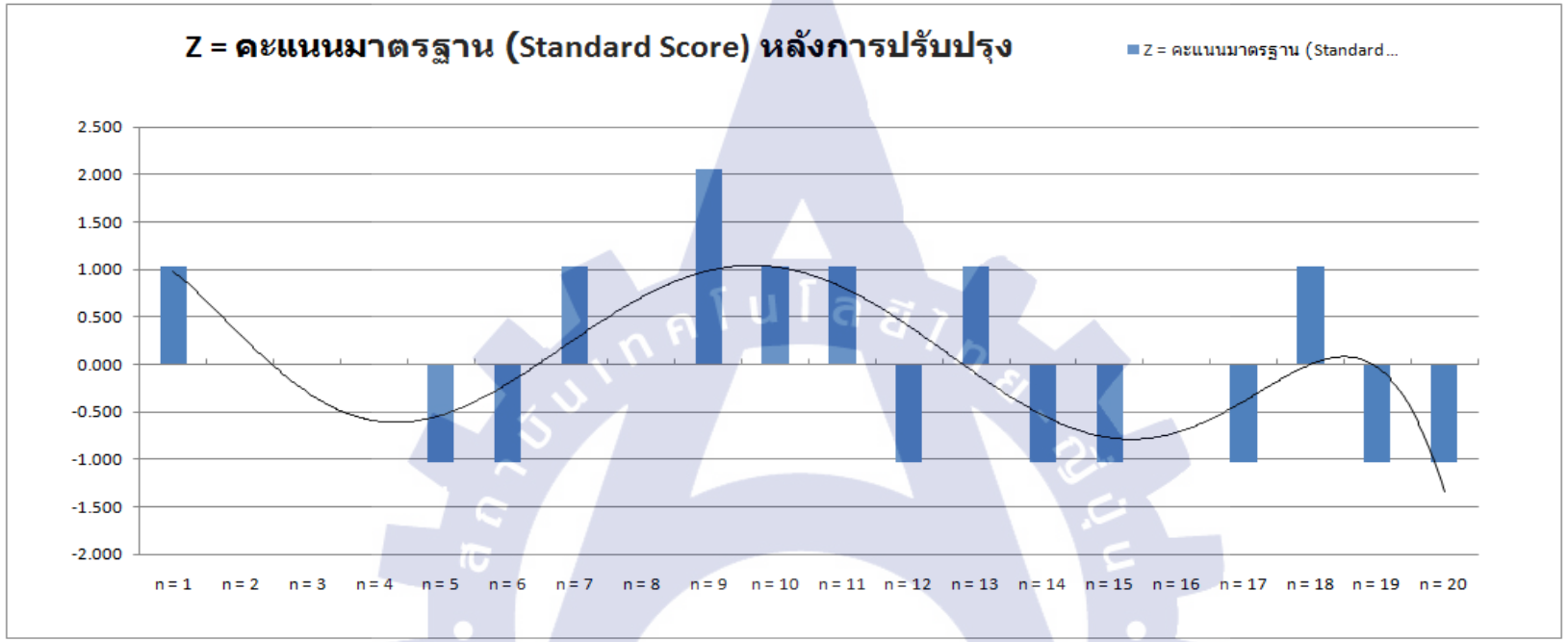
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

ภาคผนวก ฉ.
ตารางการจับเวลาหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 14 การจับเวลาหลังการปรับปรุง

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวนครั้งที่จับเวลาหลังปรับปรุง																			
		n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10	n = 11	n = 12	n = 13	n = 14	n = 15	n = 16	n = 17	n = 18	n = 19	n = 20
1	หยุดเครื่องฉีดพลาสติก และทำการ Purge material (PM)	5	4	5	4	4	5	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4
2	เดินไป และปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	เดินไป และปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	2	3	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3
4	ปิดวาว์ลน้ำเข้า– ออกของ Mold และถอดสายท่อน้ำ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	ไปนำเครนจากพื้นที่เก็บ และบำรุงรักษามายึดกับ Mold	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	ถอดน็อตยึด Clamping	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	4	3	3
7	เปิด Clamp และถอด Mold เก่าออก	5	4	4	4	4	4	5	4	5	5	4	3	4	5	4	3	4	4	4	5
8	นำ Mold ไปเก็บที่พื้นที่เก็บ และบำรุงรักษา Mold	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	นำชุด Mold ใหม่ออกมาจากที่พื้นที่เก็บ (ที่เดียวกัน)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	เปิด Clamp และใส่ Mold ชุดใหม่	5	4	5	6	4	4	5	5	5	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4
11	เปิดชุดทำความร้อนกระบอกฉีด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	เปิดชุดควบคุมความร้อน (Hot runner controller)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	ต่อสายท่อน้ำ และเปิดวาว์ลน้ำเข้า/ออก	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	เดินไปเปิดเครื่องทำความร้อน (Kannetsu)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	รออุณหภูมิทำความร้อน Barrel + Hot runner + Kannetsu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	ทำความสะอาด Mold	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	ตรวจสอบ Condition ฉีด	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	ตรวจสอบสถานะการจับชิ้นงานของ Robot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	การเริ่มผลิตชิ้นงาน (ทดลองชิ้นงาน)	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	3
20	การเริ่มผลิตชิ้นงานจริง	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4
21	ตรวจสอบชิ้นงาน	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

จำนวนตัวอย่าง (Sampling)	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10	n = 11	n = 12	n = 13	n = 14	n = 15	n = 16	n = 17	n = 18	n = 19	n = 20	∑	ค่าเฉลี่ยออก Mean	มัธยฐาน Median	SD.
X = เวลารวมทั้งหมด (∑ CT.)	34	33	33	33	32	32	34	33	35	34	34	32	34	32	32	33	32	34	32	32	660	33.0	33.0	0.973
x = คะแนนเบี่ยงเบน (Deviation Score)	1.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	-1.00	1.00	0.00	2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	0.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	0	0E+00	0.0	0.973
Z = คะแนนมาตรฐาน (Standard Score)	1.027	0.000	0.000	0.000	-1.027	-1.027	1.027	0.000	2.055	1.027	1.027	-1.027	1.027	-1.027	-1.027	0.000	-1.027	1.027	-1.027	-1.027	0	0E+00	0.0	1.000



รูปที่ 23 ข้อมูลการจับเวลามาตรฐานหลังการปรับปรุง

จากการดำเนินการจับเวลาของการปรับตั้งแม่พิมพ์หลังการปรับปรุงได้จับเวลาในจำนวนครั้งเท่ากับ 20 ครั้ง ซึ่งมีการเก็บข้อมูลในวันที่ 1 ถึง 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 เก็บข้อมูลทุกวัน วันละ 1 ครั้ง เพื่อหาค่ามาตรฐานของเวลาที่จับว่ามีความผันแปรออกจากค่ามาตรฐานมากน้อยเพียงใด ซึ่งมีการจับเวลาหลังการปรับปรุงของค่าเฉลี่ยออกของการจับเวลาหลังการปรับปรุง และค่าของมัธยฐานมีค่าเท่ากับ 33 นาที ดังนั้นจากค่าเบี่ยงเบน และค่าของการจับเวลาที่มีค่าเฉลี่ยออกของการจับเวลาหลังการปรับปรุง และค่าของมัธยฐานมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งจากการดำเนินการจับเวลาหลังการปรับปรุงพบว่าค่าความเบี่ยงเบนมีค่าสมมาตรกัน ดังรูปที่ 23

ภาคผนวก ช.
ตารางการเปรียบเทียบ Man-Hour และอัตราการใช้เครื่องจักร ก่อนและหลังการปรับปรุง

ซึ่งสามารถเปรียบเทียบ Man-Hour ก่อนและหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 15 และอัตราการใช้เครื่องจักร ก่อนและหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบ Man-Hour ก่อนและหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	สถานะการปรับปรุง	ผู้ปฏิบัติงาน (คน)	เวลา (นาที)	คำนวณ	ผลลัพธ์
Man-Hour	ก่อนการปรับปรุง	1	211	211÷60	3.52
	หลังการปรับปรุง	2	33	(33x2)÷60	1.10

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบอัตราการใช้เครื่องจักร ก่อนและหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	คำนวณ	อัตราการใช้เครื่องจักร
เวลาการปรับตั้งแม่พิมพ์ (นาที)	211	33	211 - 33	178