

การลดเวลาการติดตั้งเครื่องจักร Slitter

สำหรับการผลิตกระป๋องขนาด 300/214x407 Neck : บริษัทกรณีศึกษา

SET UP TIME REDUCTION IN SLITTER MACHINE FOR MANUFACTURING CAN SIZE 300/214X407 NECK: A CASE STUDY

เคนโตะ อุเอซึจิ^{#1}

[#]บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต / สาขาการจัดการอุตสาหกรรม / สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

¹e-mail:kemjui@hotmail.com

บทคัดย่อ - กรณีศึกษา เป็นการศึกษาลดเวลาการติดตั้งเครื่องจักร Slitter สำหรับการผลิตกระป๋องขนาด 300/214x407 Neck เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักร ลดความสูญเสียที่เกิดในกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรด้วยหลักการ Single Minute Exchange of Die (SMED) โดยการปรับปรุง Process Work Flow จากนั้นใช้หลักการ Eliminate, Combine, Rearrange and Simplify (ECRS) ในการแก้ไขปรับปรุง ลดเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักร Slitter สำหรับการผลิตกระป๋องขนาด 300/214x407 Neck หลังจากการพัฒนาปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานตามหลักการ SMED และ ECRS สามารถลดเวลาการติดตั้งเครื่องจักรลงได้จากเดิม 265 นาที ลดลงเหลือ 212.5 นาที คิดเป็นร้อยละ 19.81

คำสำคัญ - กระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรด้วยหลักการ Single Minutes Exchange Die (SMED)

Abstract - This case study aims to reduce the set up time in a slitter machine for manufacturing cans' size 300/214x407 neck. A study for reducing set up time was conducted by using concept of Single Minute Exchange of Die (SMED) to improve the process work flow. Then the Eliminate, Combine, Rearrange and Simplify (ECRS) concept and Process analysis flowchart were used for reducing the set up time in the slitter machine for manufacturing cans' size 300/214x407 neck. It was found that the set up time in the slitter machine for manufacturing can size 300/214x 407 necks was reduced from 265 minutes to 212.5 minutes or 19.81% set up time reduction.

Keywords - Single Minute Exchange of Die (SMED).

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตนั้นมีการแข่งขันที่สูง เนื่องจากเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้เกิดคู่แข่งรายใหม่ๆ ที่มีเทคโนโลยีที่ดีกว่า มีความสามารถที่สูงกว่า เกิดขึ้นมาเรื่อยๆ ในสถานะที่มีการแข่งขันที่สูงขึ้น องค์กรต่างๆ จึงต้องมีการพัฒนาความสามารถในการผลิตให้มากขึ้น เลือกใช้กลยุทธ์ที่ดียิ่งขึ้น ส่วนบริษัทกรณีศึกษา เป็นผู้ประกอบการอุตสาหกรรมการผลิตกระป๋องบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร ผลไม้ การผลิตเป็นแบบ Made to Order จากการสำรวจสาเหตุ

ของปัญหาด้านการผลิต ทำให้ผู้ประกอบการมีความต้องการที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดของเสียที่เกิดจากการผลิต ลด Break Down และลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร ในช่วงแรกของการผลิตให้เหลือน้อยที่สุด จนกระทั่งหมดไป จากการผลิตที่ผ่านมา มีการ Change Over บ่อยครั้ง เนื่องจากการเปลี่ยนรุ่นผลิตบ่อยครั้ง นอกจากนั้น ยังพบปัญหาอีกหลายประเด็น แต่เนื่องจากเวลาจำกัด จึงจำเป็นต้องคัดเลือกปัญหาเพื่อการศึกษาในครั้งนี้ และพบว่ากระป๋องแบบ Neck ขนาด 300/214x407 มีการผลิตทุกเดือน และผลิตเป็นจำนวนมากที่สุด และใช้เวลาปรับตั้งเครื่องเป็นเวลานาน สูญเสียโอกาสในการผลิตสินค้า ดังนั้น จึงสนใจ การศึกษาการติดตั้งเครื่องจักร Slitter สำหรับการผลิตกระป๋องขนาด 300/214x407 Neck เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักร ลดความสูญเสียที่เกิดในกระบวนการปรับตั้งเครื่องจักรด้วยหลักการ Single Minute Exchange of Die (SMED) โดยการปรับปรุง Process Work Flow จากนั้นใช้หลักการ ECRS ในการแก้ไขปรับปรุง ลดเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักร Slitter [1-4]

2. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษา มีดังนี้

1. ศึกษาสภาพปัญหา เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน โดยใช้ Process Flow Analysis
2. วิเคราะห์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เพื่อลดเวลาการติดตั้งเครื่องจักร Slitter ด้วยหลักการ SMED (Single Minute Exchange of Die) โดยการแยกขั้นตอนการปฏิบัติงาน แต่ละขั้นตอนเป็นงานภายในและงานภายนอก
3. กำหนดมาตรการแก้ไขปรับปรุงปัญหาด้วยเครื่องมือ ECRS

3. ผลการศึกษา

3.1 ศึกษาสภาพปัญหา เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน โดยใช้ Process Flow Analysis

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พบว่า (1) ใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรนาน (2) มีการเปลี่ยนรุ่นผลิตบ่อย และได้พิจารณาเลือกปัญหา สำหรับกรณีศึกษาครั้งนี้ โดยพิจารณาความรุนแรงของปัญหา ความถี่ของการเกิดปัญหา และความสามารถในการแก้ปัญหา โดยพนักงานหน้างาน จึงทำการคัดเลือกปัญหาการปรับตั้งเครื่องจักร

(Set Up) Slitter สำหรับการผลิตกระป๋องรูน Neck ขนาด 300/214x407 มาเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ เพราะถ้าตัดไม่ได้ขนาดจะทำให้เกิดของเสียทั้งกระบวนการ และจากการเปลี่ยนรูนผลิตบ่อย ทำให้มีการปรับตั้งเครื่องบ่อยขึ้น ถ้าขั้นตอนการปรับตั้งไม่ดีจะทำให้เกิดการ Break Down ระหว่างการผลิตทำให้เกิดของเสียได้

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการตั้งเครื่อง Slitter ก่อนปรับปรุง

ช่วงที่	ลำดับ	รายการ เครื่องจักร Slitter	เวลา (นาที)	เวลา รวม
1	1	ปรับตั้งหน้าจอบ้างขนาดที่ผลิต	5	5
	2	ปรับตั้ง Guide กระจกชุดยกกลุ่กลิ้ง	5	10
	3	ปรับตั้ง Guide และ Guide Roll ช่วง First	10	20
	4	ปรับหมุนชุด Plate ทางรีดออกจาก Cutter ช่วง First ขึ้นลง	10	30
	5	ปรับตั้ง Cutter ช่วง First (ขนาด Blank Length)	75	105
	6	ปรับตั้งชุดของรับ Blank ช่วง First	10	115
	7	ปรับตั้งชุด Roll แม่เหล็ก และ Plate ทางรีดประตอง Blank	15	130
2	8	ปรับตั้งโซฟา Blank และใส่ Dog ก่อนเข้า Cutter ช่วง Second	10	140
	9	ถอดชุดของรับ Blank ออกจาก Cutter ช่วง Second	10	150
	10	ปรับตั้ง Cutter ช่วง Second (ขนาด Blank Height)	95	245
	11	ปรับตั้ง Finger ส่ง Blank เข้า Cutter ช่วง Second	10	255
	12	ใส่ชุดของรับ Blank เข้าประกบกับ Cutter ช่วง Second	10	265

จากตารางที่ 1 พบว่าการปรับตั้งเครื่องจักรนั้นใช้เวลาที่ค่อนข้างมาก ถ้าเกิดการ Break Down ก็จะต้องกลับมาติดตั้งใหม่ทำให้เสียเวลามากยิ่งขึ้น และก่อให้เกิดของเสีย จากการทำการตรวจสอบการติดตั้งสายการผลิตจากหน่วยงานจริงโดยใช้ Process Analysis Flowchart แบ่งเป็น 2 ส่วน (การปรับตั้งช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2)

ตารางที่ 2 Process Analysis Flowchart (ช่วงที่ 1) ก่อนการปรับปรุง

PROCESS ANALYSIS FLOWCHART		ก่อนการปรับปรุง	
ชื่องาน : การ Set up Slitter		ช่วงที่ 1	
แผนก : Maintenance		ช่วงที่ 1	
ขั้นตอนการ Set up	ระยะทาง	สัญลักษณ์	สัญลักษณ์
ปรับตั้งหน้าจอบ้างขนาดที่ผลิต			
เดินไปปรับตั้งกระจกชุดยกกลุ่กลิ้ง	1		
ปรับตั้ง Guide กระจกชุดยกกลุ่กลิ้ง			
ปรับตั้ง Guide Roll ช่วงที่ 1			
ปรับหมุนชุด Plate ทางรีดออกจาก Cutter			
ถอด Hupper ช่วงที่ 1 ออก			
ถอด ยาง Cutter ออก			
ร่อนพนักงานมาช่วยยกเครื่องตั้ง Blank			
เดินไปหยิบเครื่องตั้ง Blank	8		
เลื่อนล้อตั้ง Blank ให้ตรงรอยมาร์ค			
ปรับตั้ง Blank ระหว่าง Cutter ช่วงที่ 1			
ถอดเครื่องตั้ง Blank			
นำเครื่องตั้ง Blank ไปวางช่วง Second	3		
ใส่ Hupper ช่วงที่ 1			
ลองตัดแผ่นเหล็กช่วงที่ 1			
นำแผ่นลองตัดไปวัดขนาด	20		
ตรวจสอบขนาดแผ่นเหล็กที่ตัดได้			
เดินกลับมาที่เครื่อง	20		
ปรับตั้งชุดของรับช่วงที่ 1			
ปรับตั้งชุด Roll แม่เหล็ก และ Plate	15		
จำนวนขั้นตอน		20 ขั้นตอน	
ระยะทาง		52 เมตร	
จำนวนเวลาทั้งหมด		130 นาที	

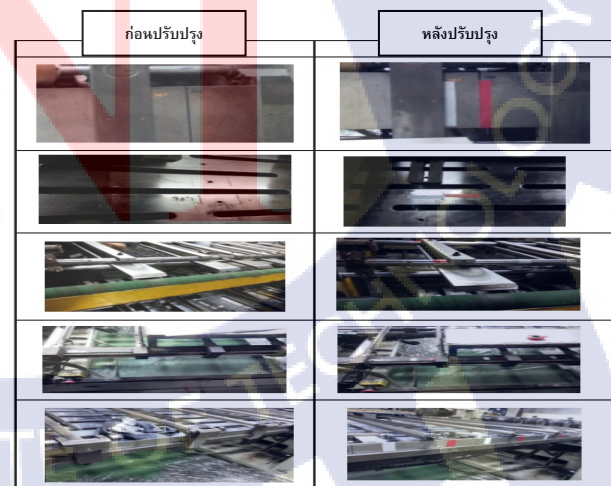
ตารางที่ 3 Process Analysis Flowchart (ช่วงที่ 2) ก่อนการปรับปรุง

PROCESS ANALYSIS FLOWCHART		ก่อนการปรับปรุง	
ชื่องาน : การ Set up Slitter		ช่วงที่ 2	
แผนก : Maintenance		ช่วงที่ 2	
ขั้นตอนการ Set up	ระยะทาง	สัญลักษณ์	สัญลักษณ์
ปรับตั้งโซฟา Blank ก่อนเข้า Cutter	0		
ถอดชุดของรับ Blank ออกจาก Cutter	0		
ถอด Hupper ออก	4		
ถอด ยาง Cutter ออก	5		
ติดตั้งเครื่องตั้ง Blank	5		
ปรับตั้ง Blank ระหว่าง Cutter	25		
เรียกพนักงานมาช่วย ถอดเครื่องตั้ง	5		
นำเครื่องตั้งเก็บห้อง	5		
เดินกลับมาที่เครื่อง	5		
ทำการ Lock ใบ Cutter	5		
ใส่ Hupper	4		
เดินไปหยิบแผ่นเหล็ก	4		
ลองตัดแผ่นเหล็กช่วง Second	3		
นำแผ่นลองตัดไปวัดขนาด	20		
ตรวจสอบขนาดแผ่นเหล็กที่ตัดได้	2		
เดินกลับมาที่เครื่อง	20		
ปรับตั้ง Finger ส่ง Blank เข้า Cutter	10		
ใส่ชุดของรับ Blank เข้าประกบกับ Cutter	10		
จำนวนขั้นตอน		18 ขั้นตอน	
ระยะทาง		59 เมตร	
จำนวนเวลาทั้งหมด		135 นาที	

จากตารางที่ 2 และ 3 จะเห็นว่าจากเวลารวมทั้งหมดในการปรับตั้งทั้ง 2 ช่วง จะใช้เวลาทั้งหมด 265 นาที เป็นการใช้เวลาในการปรับตั้งที่นานมาก

3.2 กำหนดมาตรการแก้ไขปรับปรุงปัญหาด้วยเครื่องมือ ECRS

1. การทำให้ง่ายขึ้น (Simplify) โดยใช้การควบคุมด้วยสายตา (Visual Control) มาปรับปรุงให้การปรับตั้งสะดวกมากขึ้น ง่ายต่อการติดตั้ง โดยนำสก็อตเทปสำหรับพันสายไฟมาติดตามจุดต่างๆ ของเครื่องจักรเพื่อกำหนดการติดตั้งขนาดของกระป๋องให้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การทำ Visual Control ก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4 แนวทางการปรับปรุงขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักร

ก่อนการปรับปรุง				หลังการปรับปรุง		แนวทางการปรับปรุง
หัวข้อ	รายละเอียดงาน	สถานะก่อนปรับปรุง	เวลาก่อนปรับปรุง (นาที)	สถานะหลังปรับปรุง	เวลาหลังปรับปรุง (นาที)	
1	ปรับตั้งหน้าจอล้างขนาดที่ผลิต	งานภายใน	5	งานภายใน	2	กำหนดขั้นตอนในการปรับตั้งให้ชัดเจน
2	เดินไปปรับตั้งประคองชุดยกหลัก	งานภายใน	1	งานภายใน	1	
3	ปรับตั้ง Guide ประคองชุดยกหลัก	งานภายใน	5	งานภายใน	2.5	ใช้ Visual control ตามจุดที่กำหนดไว้ VC1
4	ปรับตั้ง Guide Roll ช่วงที่ 1	งานภายใน	10	งานภายใน	7	ใช้ Visual control ตามจุดที่กำหนดไว้ VC2
5	ปรับหมุนชุด Plate ทางวิ่งออกจาก Cutter	งานภายใน	10	งานภายใน	7	ใช้ Visual control ตามจุดที่กำหนดไว้ VC3
6	ถอด Hupper ช่วงที่ 1 ออก	งานภายใน	10	งานภายใน	10	
7	ถอดยาง Cutter ออก	งานภายใน	10	งานภายใน	10	
8	รอฟังก์ชันมาช่วยยกเครื่องตั้ง Blank	งานภายใน	2	งานภายใน	2	
9	เดินไปหยิบเครื่องตั้ง Blank	งานภายนอก	2	งานภายนอก	0	เตรียมเครื่องตั้ง Blank ให้เรียบร้อยก่อนทำการติดตั้ง
10	เลื่อนล้อตั้ง Blank ให้ตรงรอยมาร์ค	งานภายใน	10	งานภายใน	7	ใช้ Visual control ตามจุดที่กำหนดไว้ VC4
11	ปรับตั้ง Blank ระหว่าง Cutter ช่วงที่ 1	งานภายใน	15	งานภายใน	12	ใช้ Visual control ตามจุดที่กำหนดไว้ VC5
12	ถอดเครื่องตั้ง Blank	งานภายใน	2	งานภายใน	2	
13	นำเครื่องตั้ง Blank ไปวางช่วง Second	งานภายนอก	2	งานภายนอก	2	
14	ใส่ Hupper ช่วงที่ 1	งานภายใน	10	งานภายใน	10	
15	ลงจัดแผ่นเหล็กช่วงที่ 1	งานภายนอก	5	งานภายนอก	3	เตรียมแผ่นเหล็กก่อนตัด
16	นำแผ่นลงจัดไปวัดขนาด	งานภายนอก	2	งานภายนอก	0	ขั้นตอนที่ไม่จำเป็น
17	ตรวจสอบขนาดแผ่นเหล็กที่ตัดได้	งานภายนอก	2	งานภายนอก	0	นำเวอร์เนียมาใช้
18	เดินกลับมาที่เครื่อง	งานภายนอก	2	งานภายนอก	0	ขั้นตอนที่ไม่จำเป็น
19	ปรับตั้งชุดรองรับช่วงที่ 1	งานภายใน	10	งานภายใน	7	ใช้ Visual control ตามจุดที่กำหนดไว้ VC6
20	ปรับตั้งชุด Roll แม่เหล็ก และ Plate	งานภายใน	15	งานภายใน	12	ใช้ Visual control ตามจุดที่กำหนดไว้ VC7
21	ปรับตั้งไซพา Blank ก่อนเข้า Cutter	งานภายใน	10	งานภายใน	10	
22	ถอดชุดรองรับ Blank ออกจาก Cutter	งานภายใน	10	งานภายใน	10	
23	ถอด Hupper ออก ช่วงที่ 2	งานภายใน	14	งานภายใน	14	
24	ถอดยาง Cutter ออก	งานภายใน	15	งานภายใน	15	
25	ติดตั้งเครื่องตั้ง Blank	งานภายใน	5	งานภายใน	3	ใช้ Visual control ตามจุดที่กำหนดไว้ VC8
26	ปรับตั้ง Blank ระหว่าง Cutter	งานภายใน	25	งานภายใน	25	
27	ถอดเครื่องตั้ง	งานภายใน	3	งานภายใน	3	
28	นำเครื่องตั้งเก็บห้อง	งานภายนอก	1	งานภายนอก	0	เก็บภายหลังจากที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว
29	เดินกลับมาที่เครื่อง	งานภายนอก	1	งานภายนอก	0	เก็บภายหลังจากที่ติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว
30	ทำการ Lock ใบ Cutter	งานภายใน	5	งานภายใน	5	
31	ใส่ Hupper	งานภายใน	14	งานภายใน	14	
32	เดินไปหยิบแผ่นเหล็ก	งานภายนอก	3	งานภายนอก	0	เตรียมแผ่นเหล็กไว้ก่อนทดสอบ
33	ลงจัดแผ่นเหล็กช่วงที่ 2	งานภายนอก	3	งานภายนอก	3	
34	นำแผ่นลงจัดไปวัดขนาด	งานภายนอก	2	งานภายนอก	0	ขั้นตอนที่ไม่จำเป็น
35	ตรวจสอบขนาดแผ่นเหล็กที่ตัดได้	งานภายนอก	2	งานภายนอก	0	นำเวอร์เนียมาใช้
36	เดินกลับมาที่เครื่อง	งานภายนอก	2	งานภายนอก	0	ขั้นตอนที่ไม่จำเป็น
37	ปรับตั้ง Finger ส่ง Blank เข้า Cutter	งานภายใน	10	งานภายใน	7	
38	ใส่ชุดรองรับ Blank เข้าประคอง Cutter	งานภายใน	10	งานภายใน	7	
รวมทั้งหมด (นาที)			265		212.5	

จากตารางที่ 4 พบว่าหลังจากการปรับปรุงขั้นตอนที่ 9 นั้น ให้เตรียมเครื่องตั้ง Blank ไว้ก่อน เป็นการลดเวลาในการติดตั้งไม่ต้องไปเสียเวลาในการเดินไปหยิบขณะทำการติดตั้ง

ขั้นตอนที่ 28, 29 เครื่องติดตั้ง Blank เก็บ ภายหลังจากที่ทำการติดตั้งเครื่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว

ขั้นตอนที่ 16, 17, 18, 34, 35, 36 ใช้เครื่องมือวัดขนาดแบบพกพาในการตรวจสอบขนาดแผ่นเหล็กที่ทำการทดลองตัดจากการติดตั้งเครื่อง เพื่อเป็นการขจัดความสับสนเปลืองที่ต้องเดินไปใช้เครื่องมือวัดขนาดในห้อง QC

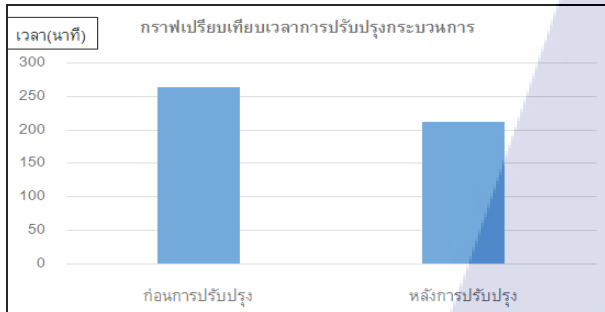
ขั้นตอนที่ 3, 4, 5, 10, 11, 25 เป็นขั้นตอนที่ใช้ Visual Control มาช่วยในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตั้ง ลดเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องจักร Slitter

2. กำหนดให้เป็นมาตรฐาน

หลังจากปรับปรุงแล้ว ดำเนินการปรับปรุงงาน และลดเวลาจนเป็นเวลาที่สามารลดลงได้ต่ำที่สุดแล้ว มีการจัดทำกรบันทึกข้อมูลขั้นตอนการติดตั้งให้เป็นมาตรฐาน เพื่อใช้ในการพัฒนาฝึกอบรมพนักงาน จึงได้นำข้อมูลรายละเอียดนี้ มาทำเป็นคู่มือปฏิบัติงาน เพื่อใช้ในการฝึกอบรมพนักงานได้อย่างถูกต้อง และเมื่อมีพนักงานคนใหม่เข้า

มาสามารถใช้คู่มือปฏิบัติงานในการติดตั้งเครื่องจักร Slitter ได้อย่างถูกต้องวิธี

จากการเปรียบเทียบเวลาในการปรับตั้งก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่า การปรับปรุงนั้นสามารถลดเวลาในการปรับตั้ง Slitter ได้ผลดังนี้



รูปที่ 2 เปรียบเทียบเวลาการปรับปรุงกระบวนการ

ก่อนการปรับปรุงใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร 265 นาทื
หลังการปรับปรุงใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร 212.5 นาทื
คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรลง 19.81%

4. สรุป

จากการใช้หลักการ SMED และ ECRS รวมทั้ง Visual Control ในการปรับปรุงเวลาในการปรับตั้ง Slitter พบว่า หลังการปรับปรุงสามารถลดเวลาการปรับตั้งเครื่อง Slitter ลงได้จากเดิมใช้เวลา 265 นาทื ลดเหลือ 212.5 นาทื คิดเป็นร้อยละ 19.81

เอกสารอ้างอิง

- [1] จินตนา ไชยคุณ. การศึกษาวิธีลดเวลาการสูญเสียในการปรับตั้งเครื่องจักรของกระบวนการผลิตท่อพลาสติกด้วยเทคนิค SMED กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมการผลิตท่อพลาสติก. วิทยานิพนธ์ อส.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, (2553).
- [2] เฉลิม สัมพันธ์ธรรักษ์. การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปั๊มขึ้นส่วนรถยนต์. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมระบบการผลิต). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, (2547).
- [3] นวพล บุญประเสริฐ. การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบในอุตสาหกรรมการผลิตเลนส์แว่นตาโดยการประยุกต์ใช้หลักการของ ECRS. สารนิพนธ์ วศ.ม. (การพัฒนางานอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, (2554).
- [4] นิมิตร เทพอักษร. การลดเวลาเปลี่ยนแม่พิมพ์ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์. สารนิพนธ์ วศ.บ. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, (2553).