

การปรับปรุงประสิทธิภาพ การผลิตแผงวงจร ด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ

สุวรรณา ภูพิมาย และ มานพ เรียวเดชะ*

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ ประเทศไทย

*Corresponding author; fiemrd@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

แผนประกอบแผงวงจรด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติในโรงงานผลิตโทรทัศน์ที่ศึกษา มีการผลิตผลิตภัณฑ์ครั้งละน้อยๆ หลายหลายชนิด มีการปรับตั้งเครื่องจักรบ่อยครั้งทำให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำและเกิดปัญหาการส่งมอบงานล่าช้า จากการวิเคราะห์พบสาเหตุหลักของการสูญเสียผลิตภาพคือการปรับตั้งเครื่องจักรและการจัดตารางผลิต ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตจึงมุ่งเน้นที่การพัฒนาการปรับตั้งเครื่องจักรและระบบจัดตารางการผลิต เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรและลดการส่งมอบงานไม่ทันตามกำหนด การลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรใช้เทคนิคการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็วตามแนวคิด SMED (Single-Minute Exchange of Dies) ที่พัฒนาโดย Shingo โดยใช้ร่วมกับเทคนิคการศึกษาการทำงานเพื่อวิเคราะห์และออกแบบการปรับตั้งเครื่องจักร การพัฒนาระบบจัดตารางการผลิตใช้อัลกอริทึมของ Takaku ซึ่งมีเป้าหมายในการส่งงานไม่ทันตามกำหนดให้น้อยที่สุด ระบบนี้ทำให้ต้องพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการรวบรวมข้อมูลและประมวลผลที่ถูกต้องและทันการณ์สำหรับการจัดตารางผลิต

ผลที่ได้จากการปรับปรุงดังกล่าวทำให้มีจำนวนงานส่งมอบล่าช้าลดลงจากร้อยละ 13 เหลือเพียงร้อยละ 3 และลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรลงจากร้อยละ 25.5 ของเวลาการทำงานเครื่องจักรในการผลิตเหลือร้อยละ 1.7 คิดเป็นมูลค่าของต้นทุนที่ประหยัดได้ 42 ล้านบาทต่อปีจากเงินลงทุน 4.3 ล้านบาท

คำสืบค้น

แผงวงจร, การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต, การปรับตั้งเครื่องจักร, การจัดตารางผลิต, การศึกษาการทำงาน

PRODUCTIVITY IMPROVEMENT of AUTOMATIC PRINTED- WIRING-BOARD-ASSEMBLY

Suwanna Pupimai and Manop Readecha*

Department of Industrial Engineering.
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Bangkok, Thailand

*Corresponding author; fiemrd@eng.chula.ac.th

ABSTRACT

The automatic printed-wiring-board assembly section in a television factory under this study is producing many varieties of products in small lots. This requires frequent changeovers, which results in production inefficiency and late deliveries. An analysis revealed that the major causes of productivity loss are setups and scheduling. Therefore, the productivity improvement in this study concentrates on developing new setup method and scheduling system to reduce setup time and late delivery. The setup method improvement to reduce setup-time uses the SMED (Single-Minute Exchange of Dies) techniques developed by Shingo in conjunction with work study techniques for analysis and design. The newly developed scheduling system uses Takaku's algorithm, which aims at minimizing late deliveries. This system also requires the development of a computer system that helps collect and process accurate and timely data for scheduling.

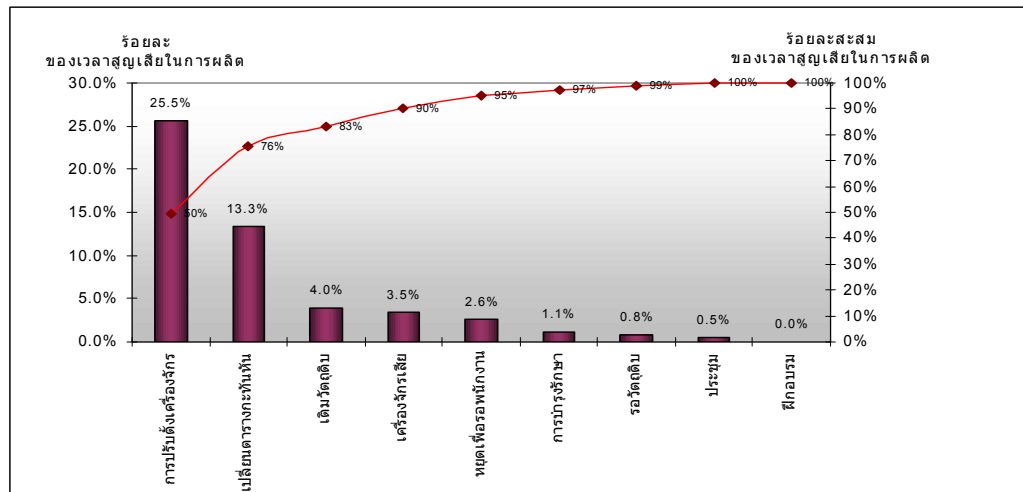
The improvements result in the reduction of late deliveries time 13% to 3% and reduction of setup time from 25.5 % of the machine available time to 1.7 %. The improvements can save the company 42 million baht with a 4.3 million baht investment..

KEYWORDS

Printed-wiring-board, Productivity improvement, Setup time, Job-scheduling, Work study.

รูปที่ 2

ผังพาเรโตของสาเหตุ
การสูญเสียเวลาใน
การผลิต



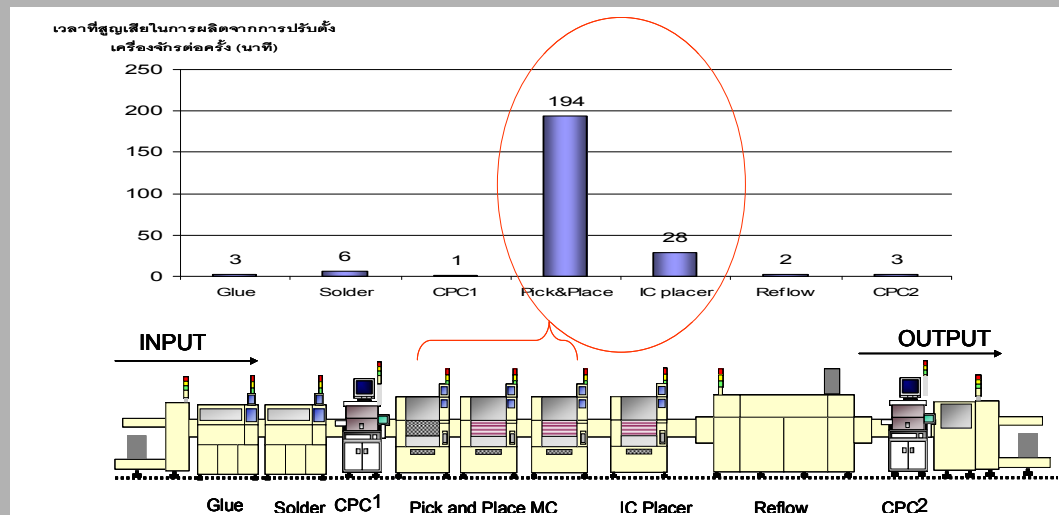
II. การปรับปรุงประสิทธิภาพการปรับตั้งเครื่องจักร

2.1 สภาพการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนปรับปรุง

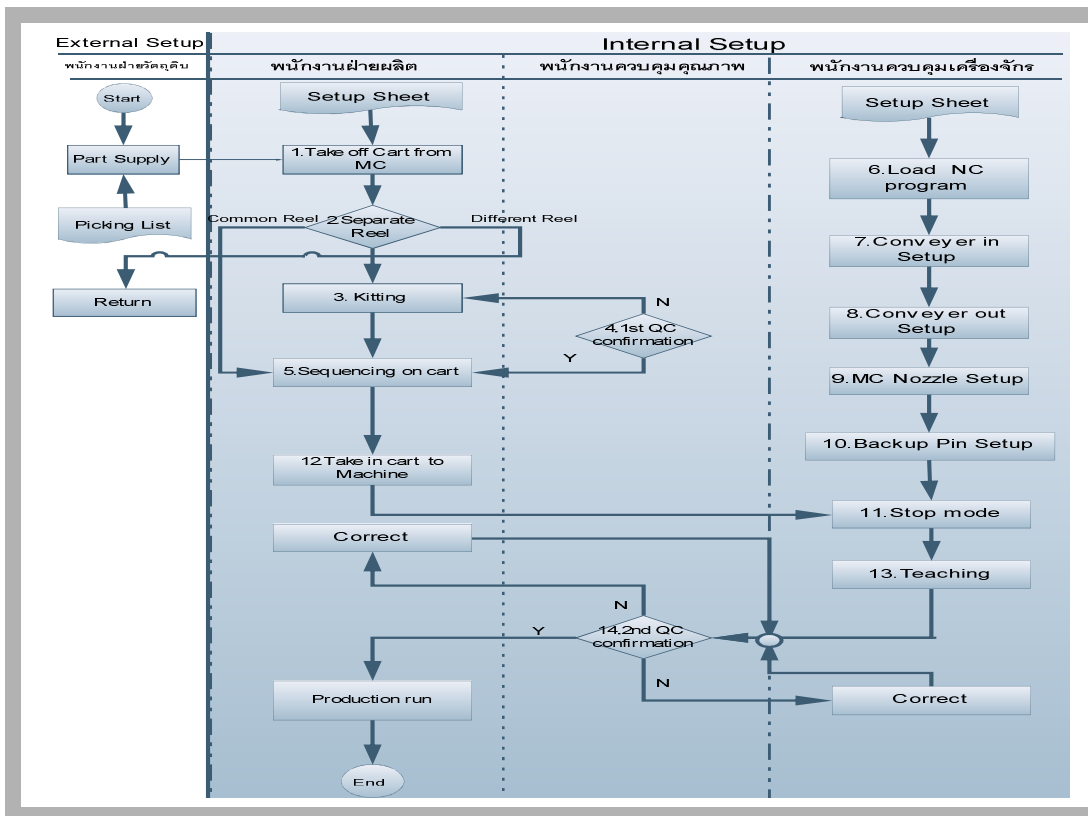
เนื่องจากสถานีนงาน SMT มีลักษณะกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องประกอบไปด้วยเครื่องจักรหลายชนิดเชื่อมต่อกันเป็นสายการผลิต ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการปรับตั้งเครื่องจักรจึงมุ่งที่จะทำให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรที่เป็นคอขวดใช้เวลาไม่เกินที่ยอมรับได้และจากการจับเวลาของการปรับตั้งเครื่องจักรทุกเครื่องในสายการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าเครื่องจักรที่ใช้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรนานเกินกว่าที่ยอมรับได้ คือ เครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก (Pick & place) และ เครื่องวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่ (IC placer) ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพในการปรับตั้งเครื่องจักรจึงมุ่งศึกษาการปรับตั้งเครื่องจักรที่เครื่องจักรดังกล่าวทั้ง 2 ชนิด เป็นหลัก

รูปที่ 3

แสดงเวลาในการปรับตั้ง
เครื่องจักรแต่ละประเภทใน
สถานีนงาน SMT



จากการศึกษาวิธีการทำงานของการปรับตั้งเครื่อง Pick & place และเครื่อง IC placer พบว่าขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรทั้ง 2 เครื่องเหมือนกัน แต่ใช้เวลาในการทำงานแตกต่างกันขึ้นอยู่กับจำนวนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เครื่องจักรแต่ละเครื่องต้องประกอบลงบนแผงวงจร ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4

ขั้นตอนการปรับตั้ง

เครื่องจักร Pick & place
และเครื่อง IC placer ใน
สถานีสาน SMT

ซึ่งประกอบด้วยงานปรับตั้งภายนอกได้แก่ การจัดวัตถุดิบล่วงหน้าตามใบความต้องการวัตถุดิบ (Picking list) ส่งไปยังแผนการผลิตเพื่อใช้ในการผลิตรุ่นต่อไปและเมื่อเครื่องจักรหยุดทำงานงานการปรับตั้งภายในมีทั้งหมด 14 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้ คือ พนักงานฝ่ายผลิตและพนักงานควบคุมเครื่องจักรจะเข้ามาทำงานพร้อมกัน โดย (1)พนักงานฝ่ายผลิตดึงรถวัตถุดิบออกจากเครื่องจักร (2)แยกวัตถุดิบที่จะต้องใช้ประกอบรุ่นต่อไปและที่แตกต่างเพื่อส่งกลับไปฝ่ายวัตถุดิบ (3)จากนั้นเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิต(kitting)ด้วยการประกอบม้วนวัตถุดิบ(Reel)เข้ากับตัวป้อน(feeder)จนครบตามจำนวนที่ต้องใช้ในการผลิต (4)และรอจนกระทั่งพนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ ตรวจสอบความถูกต้องของการเตรียมวัตถุดิบเสร็จ (5)เริ่มจัดเรียงวัตถุดิบขึ้นรถวัตถุดิบ รอการตรวจสอบซ้ำอีกรอบ (6)ในขณะเดียวกันพนักงานควบคุมเครื่องจักรลง NC program (7)ปรับขนาดสายพานเข้าเครื่องจักร (8)ปรับสายพานออกจากเครื่องจักร (9)เปลี่ยนหัวจับขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (10)เปลี่ยนจอร์จรับแรงได้แผงวงจร (11)จากนั้นสั่งหยุดเครื่อง (12)เพื่อให้พนักงานฝ่ายผลิตนำวัตถุดิบเข้าเครื่องจักร (13)จากนั้นจึงเริ่ม Teaching ซึ่งหมายถึงการปรับค่าความคลาดเคลื่อนของการประกอบแผงวงจร (14)รอพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ ตรวจสอบความถูกต้องของการตั้งค่าเครื่องจักร ก่อนการผลิตจริง

2.2 หลักการและวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพการปรับตั้งเครื่องจักร

หลักการปรับปรุงประสิทธิภาพการปรับตั้งเครื่องจักรของกรณีศึกษา คือ การประยุกต์ใช้แนวคิดการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Single-Minute Exchange of Dies, SMED) ที่พัฒนาโดย Shingo โดยการพิจารณาจากงานปรับตั้งภายใน (งานที่ทำขณะที่เครื่องจักรหยุด)และงานปรับตั้งภายนอก (งานที่ทำขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงาน) ซึ่งกำหนดวิธีการ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการแยกแยะงานปรับตั้งภายในที่สามารถปรับตั้งภายนอกได้ ขั้นตอนการแปลงงานปรับตั้งภายในให้เป็นภายนอก และขั้นตอนการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานทุกๆด้าน ในการดำเนินงานตามขั้นตอนเหล่านี้ได้ใช้เทคนิคการศึกษาการทำงานสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบการทำงานใหม่ ซึ่งรวมถึงการปรับปรุงพื้นที่การทำงาน การ

ขนถ่ายวัสดุ การออกแบบจิ๊ก และด้านความปลอดภัย มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงงานแสดงผลการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนดังนี้

2.2.1. ขั้นตอนที่1 การแยกแยะงานปรับตั้งเครื่องจักรภายในที่สามารถปรับตั้งภายนอกได้

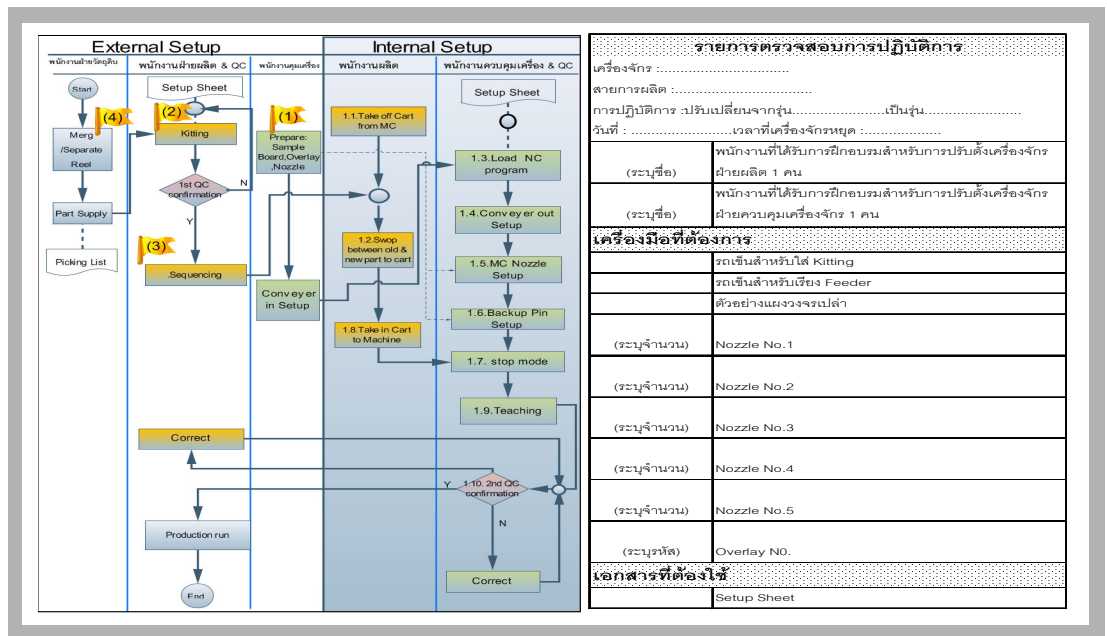
จากการศึกษาวิธีการทำงาน (Work study) ร่วมกับการสัมภาษณ์พนักงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการทำหน้าที่ปรับตั้งเครื่องจักร นำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาวัตถุประสงค์ในการทำงานในแต่ละขั้นตอน นำไปสู่การแยกงานภายในออกจากงานภายนอกได้ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่ามีงานปรับตั้งภายในที่สามารถปรับตั้งภายนอกได้ คือ งานในขั้นตอนที่ (2), (3), (4), (5) และ(7)

2.2.2. ขั้นตอนที่2 การแปลงงานปรับตั้งเครื่องจักรภายในให้เป็นภายนอก

จากการศึกษาวิธีการทำงานของการปรับตั้งเครื่องจักรในขั้นตอนการทำงานที่ (2), (3), (4), (5) และ(7) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ พบว่าสามารถแปลงงานขั้นตอนดังกล่าวให้เป็นงานการปรับตั้งภายนอกได้ โดยการปรับปรุงตามตำแหน่งสัญลักษณ์รูปธงที่ระบุในขั้นตอนการทำงานใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 5 แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

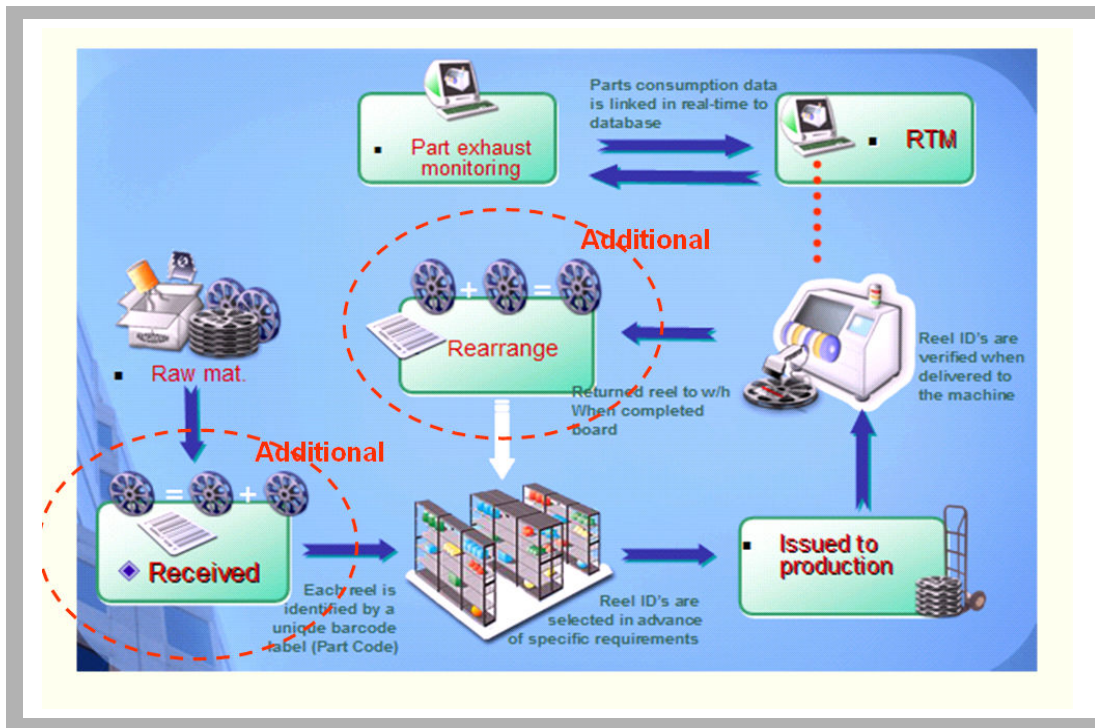
รูปที่ 5

ขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรที่ได้รับการปรับปรุงด้วยวิธีการแปลงงานปรับตั้งเครื่องจักรภายในเป็นภายนอก และใบรายการตรวจสอบการปฏิบัติการเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการปฏิบัติงานจริง



- (1) ออกแบบใบรายการตรวจสอบการปฏิบัติการเพื่อเตรียมความพร้อมของคนและเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ก่อนการปฏิบัติงานจริงซึ่งจะเป็นการลดเวลาสูญเสียจากการรอคอย
- (2) การตัดสายพานลำเลียงที่ยาวเกินความจำเป็นออก จากนั้นจัดผังโรงงานใหม่เพื่อให้การ Kitting ล่วงหน้าและจัดเก็บ Feeder อยู่ในพื้นที่เดียวกัน
- (3) ออกแบบและสร้างรถเข็นที่ใช้ในการจัดเรียงวัตถุดิบ
- (4) เพิ่มกระบวนการแยกหรือรวมม้วนวัตถุดิบให้เพียงพอและเหมาะสมต่อการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 6 เนื่องจากการจัดเตรียมวัตถุดิบล่วงหน้า ทำให้วัตถุดิบชุดเก่าไม่สามารถนำมาใช้ต่อได้ขณะที่จัดเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตชุดถัดไป ส่งผลให้เกิดความจำเป็นต้องใช้ม้วนวัตถุดิบชนิดเดียวกันจำนวนมากขึ้น ซึ่งต้องลงทุนซื้อเครื่องมือในการ แยก-รวมม้วนวัตถุดิบ จำนวน 18 เครื่อง และเพิ่มเวลาการจัดเตรียมวัตถุดิบเป็นเวลา 1.5 นาที ต่อม้วน
- (5) เลือกสายการผลิตตัวอย่างเพื่อทดลองปฏิบัติตามวิธีการปรับตั้งเครื่องจักรที่ปรับปรุง

- (6) จัดอบรมขั้นตอนการปรับตั้งเครื่องจักรที่ปรับปรุงแก้พนักงานที่เกี่ยวข้อง ก่อนนำไปปฏิบัติจริง
- (7) นำไปปฏิบัติจริงเป็นเวลา 1 เดือนในสายการผลิตตัวอย่าง พร้อมเก็บผลการปรับปรุงโดยการจับเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละขั้นตอนตามวิธีการใหม่ พบว่าเวลาในการปรับตั้งภายในของสถานงาน SMT ลดลงจากเดิม 222 นาที เป็น 63.7 นาที



รูปที่ 6

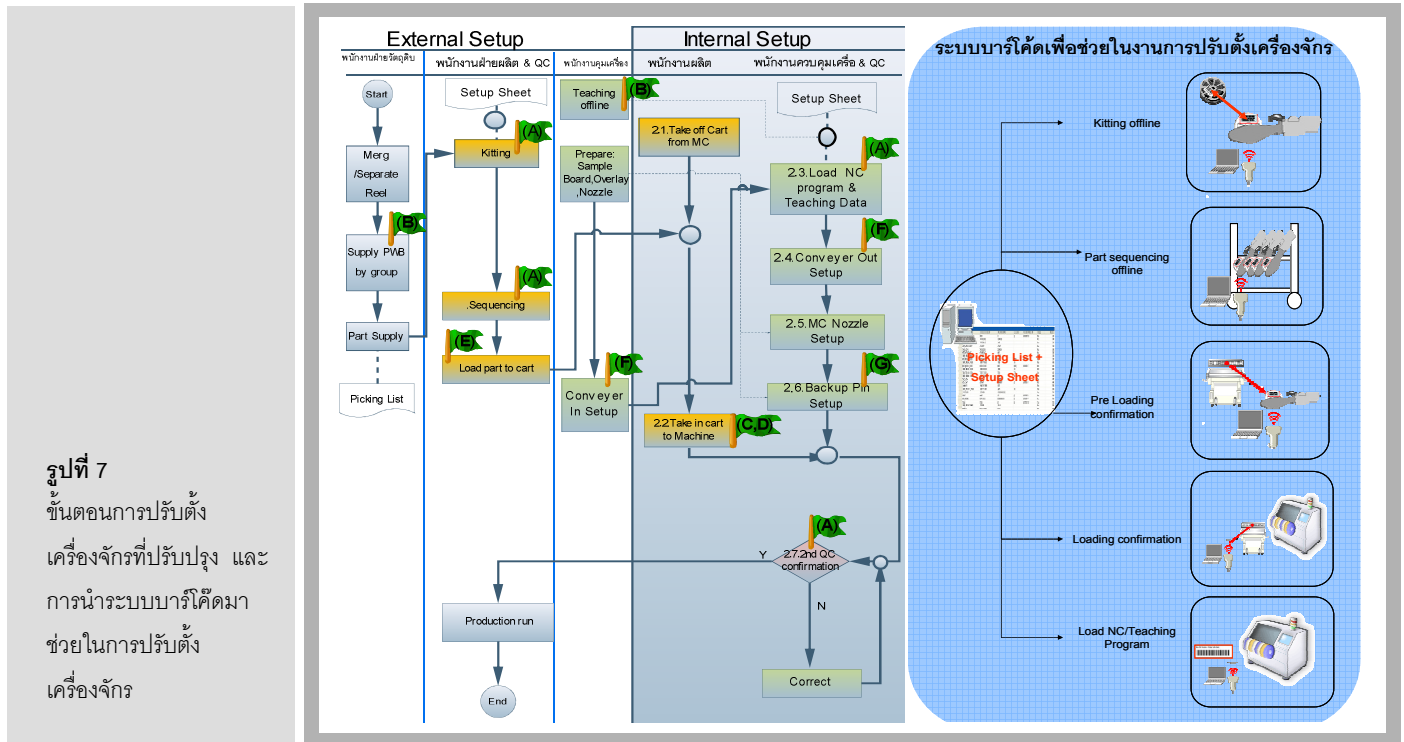
ระบบการควบคุมวัตถุดิบ
ที่ใช้ในการผลิตแผงวงจร
ด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ
ที่ปรับปรุงใหม่

2.2.3. ขั้นตอนที่3 การปรับปรุงประสิทธิภาพในทุกๆด้าน

จากการนำข้อมูลวิธีการทำงาน และศึกษาเวลาของการปรับตั้งเครื่องจักร Pick & place และเครื่อง IC placer มาวิเคราะห์เพื่อหางานที่ไร้ประสิทธิภาพและเสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพในทุกๆด้าน ดังแสดงในรูปที่ 7 สัญลักษณ์ธงแสดงถึงขั้นตอนที่ได้รับการปรับปรุง มีรายละเอียดดังนี้

- (A) การนำระบบบาร์โค้ดมาช่วยในการปรับตั้งเครื่องจักร เพื่อลดเวลาการตรวจสอบความถูกต้องด้วยการอ่านรหัสและป้องกันความผิดพลาดในการทำงาน
- (B) ลดเวลาในการ Teaching ด้วยการจัดทำฐานข้อมูล Teaching ของแผงวงจรแต่ละชนิดนอกสายการผลิต และคัดแยกแผงวงจรเปล่าเป็นหมวดหมู่ก่อนการป้อนเข้าสายการผลิต
- (C) การดัดแปลงเครื่องจักรเพื่อให้สามารถนำวัตถุดิบเข้าเครื่องจักรได้ในขณะที่พนักงานควบคุมเครื่องจักรปรับค่าเครื่องจักร
- (D) ออกแบบพื้นที่การทำงานใหม่โดยการกำหนดให้นำวัตถุดิบเข้าเครื่องจักรด้านหลังเครื่องเท่านั้น เพื่อลดปัญหาพื้นที่การทำงานที่คับแคบ
- (E) การลดเวลาการนำวัตถุดิบเข้าเครื่องจักร โดยมีรถวัตถุดิบสำรองประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่องเพื่อจัดเรียงวัตถุดิบขึ้นรถเข็นล่วงหน้าเมื่อเครื่องจักรหยุดพนักงานสามารถนำคันใหม่แทนที่ได้ทันที
- (F) การลดเวลาและความผิดพลาดจากการคาดคะเนในการปรับความกว้างของสายพานลำเลียงโดยการออกแบบจิ๊กที่ช่วยในการปรับขนาดของสายพานให้เหมาะสมในเวลาอันรวดเร็ว
- (G) การสร้างแผ่นบอกตำแหน่งจุดรองรับ(Overlay) ได้แผงวงจร

เมื่อนำไปปฏิบัติจริงในสายการผลิตตัวอย่างเป็นเวลา 1 เดือนพร้อมเก็บผลการปรับปรุงโดยการจับเวลาการทำงาน พบว่าเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร Pick & place และเครื่อง IC placer เป็นตัวกำหนดเวลาที่สูญเสียในการผลิตจากการปรับตั้งเครื่องจักรของสถานีงาน SMT ได้ลดลงจาก 63.7 นาทีเป็น 7.3 นาที



2.3 ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการปรับตั้งเครื่องจักร

การปรับปรุงประสิทธิภาพของการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ตามแนวคิด SMED ด้วยการศึกษางานนำมาจัดทำมาตรฐานการทำงาน และเวลามาตรฐานเพื่อใช้เป็นคู่มือในการนำไปปฏิบัติงาน จากนั้นนำไปปฏิบัติจริงพร้อมวัดผลการปรับปรุงประสิทธิภาพจากเวลาในการสูญเสียในการผลิตเนื่องจากการปรับตั้งเครื่องจักร ผลปรากฏว่าการสูญเสียในการผลิตลดลงจากเดิมร้อยละ 25.5 ของเวลาเครื่องจักรทำงานในการผลิตทั้งหมดเป็นร้อยละ 1.7

III. การปรับปรุงระบบการจัดตารางผลิต

3.1 การจัดตารางผลิตก่อนการปรับปรุง

พนักงานจัดตารางผลิต ทำหน้าที่จัดตารางผลิตรายวันของแต่ละกะ เพื่อส่งให้ฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง และติดตามควบคุมการผลิตให้ส่งมอบงานทันตามกำหนด หากมีการปรับเปลี่ยนตารางการผลิตและแจ้งให้ฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องทราบล่วงหน้า 4 ชั่วโมง จากการวิเคราะห์วิธีการจัดตารางผลิต พบว่าปัญหาการจัดตารางผลิตมีความยุ่งยากซับซ้อน มีจำนวนงานที่ต้องจัดตารางผลิตรายวันมีจำนวนมาก ประกอบกับการจัดตารางอาศัยประสบการณ์ของพนักงานเท่านั้นไม่ได้คำนึงถึงผลลัพธ์ของการจัดตารางผลิต ทำให้การจัดตารางไม่ทันการณ์ และด้วยประสิทธิภาพมีการส่งมอบงานล่าช้าส่งผลกระทบต่อสายการประกอบโทรทัศน์ต้องหยุดการผลิต ดังนั้นจึงมุ่งปรับปรุงการจัดตารางให้มีประสิทธิภาพ โดยมีเป้าหมายหลักในการส่งงานให้ทันตามกำหนด มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนงานที่ส่งมอบล่าช้าอย่างน้อยที่สุด ลดเวลา รวมของงานสายน้อยที่สุด และลดเวลางานสายมากที่สุดที่มีค่าน้อยที่สุด

3.2 การปรับปรุงการจัดตารางผลิต

ตารางที่ 1 แสดงการเลือกหลักการที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางของกรณีศึกษา ซึ่งเป็นปัญหาที่มีขนาดใหญ่ รองรับกับความต้องการรายวัน กฎเกณฑ์ที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ คือ วิธีฮิวริสติก (Heuristic) จากการศึกษางานวิจัยพบว่า มีหลายฮิวริสติกในการแก้ปัญหาการจัดตารางผลิตของระบบการผลิตแบบไหลลื่นยืดหยุ่นหลายขั้นตอน ซึ่งต่างพิจารณาองค์ประกอบของปัญหาการจัดตารางผลิตและวัตถุประสงค์แตกต่างกัน

Reference	Methode	Factors considered									
		Quick Computation time	Large scale problem	Purpose to minimize due date related criteria (Maximum tardiness, Sum of tardiness and Number of tardy job)	Sequence Independent Setup time	Route Flexibility	Lot sizing	Tool slot	Part transportation	Machine availability	Buffer space
Case study	-	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N
Koichiro Takaku and Kenji Yura, (2005)	Due date priority base on heuristic	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N
Kenji Muramatsu, Aditya Warman and Minora Kobayashi, (2003)	Near-optimal solution that called narrow sense Lagrangian Decomposition Coordination (LDC)	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N
Shimpei Matsumoto, Koji Okuhara, Nobuyuki Ueno and Hiroaki Ishii, (2005)	Lot sizing rule base on heuristic	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N
Tzung-Pei Hong, Pei-Ying Huang and Gwoboa Horng, (2006)	LPT and Palmer approaches to solves group scheduling.	Y	N	N	N	Y	N	N	N	N	N
Hiroshi Morita and Naoki Shio, (2005)	Hybrid Branch and bound with Genetic algorithm	Y	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	N

ตารางที่ 1

หลักเกณฑ์การพิจารณา
หลักการที่เหมาะสมใน
การจัดตารางของ
กรณีศึกษา

ซึ่งจากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของฮิวริสติกต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าหลักเกณฑ์ของ Takaku มีความเหมาะสมสอดคล้องกับปัญหาการจัดตารางผลิตสำหรับกรณีศึกษา ดังนี้ ลักษณะของปัญหาการจัดตารางผลิตเป็นแบบไหลลื่นแบบยืดหยุ่นหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีเครื่องจักรหลายเครื่องที่ทำงานเหมือนกัน จำนวนงานมีมากและหลากหลาย องค์ประกอบของปัญหาไม่มีการแยกงาน ไม่พิจารณาขนาดของรุ่นการผลิตที่เหมาะสม โดยมีเป้าหมายหลักในการส่งงานให้ทันตามกำหนด เช่นเดียวกับกรณีศึกษา ซึ่งหลักเกณฑ์ของ Takaku แสดงสมการที่ (3)

$$D(i, j) = \{d(i) - r(i)\} * \frac{\sum_{l=1}^j p(i, l)}{\sum_{l=1}^n p(i, l)} * \beta(j) + r(i) \quad (1)$$

เมื่อ $J(i)$: เวลาเข้ามาถึงของงาน i -th เมื่อ $(i = 1, 2, \dots)$
 $r(i)$: เวลาที่งาน $J(i)$ เข้ามาถึงที่กระบวนการแรก
 $p(i, j)$: เวลาในการผลิตของงาน $J(i)$ ในขั้นตอนการผลิต j -th เมื่อ $(i=1, 2, \dots; j=1, 2, \dots, n)$
 $d(i)$: กำหนดส่งมอบของงาน $J(i)$
 $D(i, j)$: เวลาเป้าหมายของงาน $J(i)$ ผลิตเสร็จ ในขั้นตอน j -th
 $\beta(j)$: เลขสัมประสิทธิ์สำหรับเวลาเสร็จสิ้นของงาน $J(i)$ ในขั้นตอน j -th .

จากหลักการของ Takaku ที่มีการยืดกำหนดการส่งมอบงานเป็นเกณฑ์ ซึ่งมี $\beta(j)$ ที่ได้จากวิธีการเชิงตัวเลข เพื่อหาค่า $\beta(j)$ ที่เหมาะสม ซึ่งในกรณีศึกษาได้ดัดแปลงด้วยการคำนวณ โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยของสัดส่วนระหว่างเวลาที่ได้จากการจับเวลาและเวลามาตรฐานของการผลิตงานในแต่ละสถานี เมื่อได้ค่า $\beta(j)$ ที่เหมาะสมสำหรับสมการที่ 3 เพื่อจัดลำดับงาน จากนั้นจึงจัดงานเข้าเครื่องจักร หลักการดังนี้

- (a) กรณีที่งานเข้ามาที่กระบวนการแล้วมีเครื่องจักรว่างให้เริ่มการผลิตที่เครื่องจักรนั้นได้ทันที
- (b) กรณีที่มีงานเข้ามา ณ.กระบวนการใดๆ แล้วไม่มีเครื่องจักรว่าง ให้พิจารณาว่ามีเครื่องไหนบ้างที่งานสามารถเริ่มต้นผลิตได้เร็วที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ให้จัดงานให้กับเครื่องจักรนั้นๆ
- ซึ่งในการคำนวณได้นำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยเพื่อให้การจัดตารางถูกต้อง และทันการณ์

3.3 ผลการจัดตารางผลิตด้วยวิธีใหม่

โรงงานที่ศึกษามีงานผลิตที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงใช้การทดสอบระบบจัดตารางผลิตที่ปรับปรุงใหม่ ด้วยการใช้คู่ขนานกับวิธีการเดิมเป็นระยะเวลา 11 วัน กล่าวคือเมื่อมีงานเข้ามา ให้จัดตารางผลิตด้วยวิธีเดิมด้วยพนักงานประจำกะละ 4 คน พร้อมวิธีการใหม่ด้วยพนักงานประจำกะเพียง 1 คน

เนื่องจากวิธีเดิม ไม่สามารถระบุกำหนดเสร็จของแต่ละงาน จึงไม่สามารถวัดเวลารวมของงานสาย และเวลางานสายมากที่สุด ดังนั้นจึงวัดผลจากร้อยละของจำนวนงานล่าช้าจากจำนวนงานที่ส่งมอบทั้งหมดของแต่ละวิธี พบว่าจำนวนงานล่าช้าที่จัดด้วยวิธีเดิมมีจำนวนลดลงจากร้อยละ 13 เป็นร้อยละ 3 ซึ่งวิธีใหม่มีเวลารวมของงานสายและเวลาของงานสายมากที่สุดน้อยมากในระดับที่น่าพอใจ

V. ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

ตารางที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จากการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต พบว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพการปรับตั้งเครื่องจักรและการปรับปรุงการจัดตารางผลิตด้วยวิธีการใหม่ ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้ 42 ล้านบาท ด้วยเงินลงทุนเริ่มต้น 4.3 ล้านบาท ด้วยระยะเวลาคืนทุน 1.2 เดือน

ตารางที่ 2

การวิเคราะห์ทาง

เศรษฐศาสตร์ถึงผลได้

ผลเสีย และเงินลงทุนจาก

การปรับปรุงประสิทธิภาพ

การผลิต

Determining ROI of expenditures for Productivity Improvement project				
A. Identify the overall value of machine setup				
1	Shot of one fully burdened hour of machine time per line	from Table 1.1	50,000	shot
2	Number of line		13	Line
3	Cost per shot		0.1	Baht
4	Value of one fully burdened hour of machine time	(1) * (2) * (3)	65,000	Baht
5	Divided by 60 (Minutes per hour)	(4) / 60	1080	Baht
6	Times the average % of downtime for change over	25.26%	272.808	One minute setup value cost
			270	(Significant value)
B. Identify the overall value of job-scheduling system improvement				
7	Number of operator reduction		6	Person
8	Labor cost per hour		20	Baht
9	Value of job-scheduling system improvement	(7) * (8)	120	Baht
10	Value of job-scheduling system improvement by annual	2,500	300,000	Baht per year
B. Identifying the total purchase cost				
11. Identify each item to be purchased (Material and equipment)				
	Item	Price per unit	Unit	Delivered price
11.1	Split / Merge	20,000	18	360,000
11.2	Feeder / Kitting cart	30,000	130	3,900,000
12	Identify labor costs to install (Re-layout by 40 person * 5 Days)	20	2400	48000
13	Identify training cost to implement (59 Person in charge)	20	2000	40000
14	Add all purchase costs (Investment)			4,348,000 Baht
C. Identifying the value of the purchase				
15	Identify number of minutes reduced on each setup (222 to 7.3 Minutes)	214.7		Minutes
16	Time the number of setups per year	720		Times
17	Time the one minute setup value (6)	270		
18	Annual setup value	41,737,680		Baht
19	Total Annual value (10) + (18)	42,037,680		Baht
D. Identifying the payback				
20	Total purchase cost	4,348,000		
21	Divided by annual benefit (ROI)	10%	or	1.2 Month
% ROI Rule of thumb:				
20% or less should be immediate purchase. (2.5 month or less payback)				
20% or 100% should be available from budget. (1 year payback maximum)				
Over 100% needs capital justification. (greater than 1 year payback)				

VI. สรุปผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

จากการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตแผงวงจรด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติในโรงงานผลิตโทรทัศน์ที่ศึกษา โดยมุ่งปรับปรุงประสิทธิภาพการปรับตั้งเครื่องจักร และการปรับปรุงการจัดตารางผลิต สรุปผลการดำเนินงานดังนี้

- การปรับปรุงประสิทธิภาพการปรับตั้งเครื่องจักรในสถานีงาน SMT ซึ่งเป็นคอขวดของกระบวนการ พบสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดสูญเสียเวลาในการผลิตคือการปรับตั้งเครื่องจักร Pick & place และเครื่อง IC placer ซึ่งใช้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรเกินจากที่ยอมรับ จึงเสนอแนวทางแก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้วิธีการปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (SMED) ที่พัฒนาโดย Shingo มาเป็นแนวคิดในการปรับปรุงผลานกับหลักการศึกษาการทำงานเพื่อนำเสนอวิธีการใหม่ที่เกิดจากการพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียดรอบคอบ ผลจากการปรับปรุงประสิทธิภาพทำให้เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรในสถานีงาน SMT ลดลงจากเดิม 222 นาที เป็น 7.3 นาที และนำไปปฏิบัติจริงทำให้เวลาสูญเสียในการผลิตเนื่องจากการปรับตั้งเครื่องจักรในสถานีงาน SMT ลดลงจากเดิมร้อยละ 25.5 ของเวลาทำงานของเครื่องจักรในการผลิตทั้งหมดเป็นร้อยละ 1.7
- การปรับปรุงการจัดตารางผลิต จากการวิเคราะห์วิธีการจัดตารางผลิตก่อนการปรับปรุงพบว่าการจัดตารางผลิตเป็นปัญหาที่ซับซ้อน ใช้เวลาการคำนวณที่ยาวนาน อาศัยเพียงประสบการณ์ของพนักงานจัดตารางผลิต ไม่คำนึงถึงผลลัพธ์ของการจัดตารางผลิต ทำให้ผลของการจัดตารางผลิตต่อประสิทธิภาพต้องมีการปรับเปลี่ยนตารางผลิตกะทันหันบ่อยครั้งส่งผลกระทบต่อการทำงานล่าช้าเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการปรับปรุงการจัดตารางผลิต โดยมีเป้าหมายหลักในการส่งงานให้ทันตามกำหนด มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนงานที่ส่งมอบล่าช้าให้น้อยที่สุด ลดเวลารวมของงานสายน้อยที่สุด และลดเวลางานสายมากที่สุดมีค่าน้อยที่สุด ด้วยหลักเกณฑ์ของ Takaku ผลานกับการนำระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการอำนวยความสะดวกในการจัดตารางผลิต จากนั้นวัดประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าจำนวนงานล่าช้าที่จัดด้วยวิธีเดิมมีจำนวนลดจากร้อยละ 13 เป็นร้อยละ 3 ซึ่งวิธีใหม่มีเวลารวมของงานสายและเวลาของงานสายมากที่สุดน้อยมากในระดับที่น่าพอใจ

สรุปผลจากการปรับปรุงประสิทธิภาพการปรับตั้งเครื่องจักรและการปรับปรุงการจัดตารางผลิตด้วยวิธีการใหม่ ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้ 42 ล้านบาท ด้วยเงินลงทุนเริ่มต้น 4.3 ล้านบาท ด้วยระยะเวลาดำเนินการ 1.2 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและโรงงานตัวอย่างที่ให้การสนับสนุนเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

- [1] ชูศรี วงศ์รัตนะ, *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*, ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: เทพนรินทร์การพิมพ์, 2544.
- [2] พรเทพ เหลือทรัพย์สุข, *การป้องกันความผิดพลาด*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ อี.ไอ.แอสควอร์, 2550.
- [3] พิภพ ลลิตาภรณ์, *ระบบการควบคุมการผลิตระดับโรงงาน*, ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย- ญี่ปุ่น), 2541.
- [4] วิจิตร ตัณฑสุทธี, *การศึกษาการทำงาน*, ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.
- [5] วิทยา สุหฤทธดำรง และยุพา กลอนกลาง, *การผลิตทันเวลาพอดี*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ อี.ไอ.แอสควอร์, 2549.
- [6] T. Hong, P. Huang, and G. Horng, "Using the LPT and the Palmer Approach to Solve Group Flexible Flow-shop Problems," *IJCSNS*, vol. 6, pp. 3A-98, 2006.
- [7] S. Matsumoto, K. Okuhara, N. Ueno, and H. Ishii, "Proposal of Heuristic Algorithm for Scheduling of Print Process in Auto Parts Supplier," *JSME International Journal Series C*, vol. 48, pp. 8-14, 2005.
- [8] H. Morita and N. Shio, "Hybrid branch and bound method with genetic algorithm for flexible flowshop scheduling problem," *JSME International Journal Series C*, vol. 48, pp. 46-52, 2005.
- [9] K. Muramatsu, A. Warman, and M. Kobayashi, "A near-optimal solution method of multi-item multi-process dynamic lot size scheduling problem," *JSME International Journal Series C*, vol. 46, pp. 46-53, 2003.
- [10] S. Shingo, *A revolution in manufacturing: the SMED system*: Productivity Press, 1985.
- [11] K. Takaku and K. Yura, "Online Scheduling Aiming to Satisfy Due Date for Flexible Flow Shops," *JSME International Journal Series C*, vol. 48, pp. 21-25, 2005.