

# การวิเคราะห์ปรับปรุงสายการผลิตตามการผลิตแบบลีนโดยอาศัยการจำลองสถานการณ์: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

## Production Line Improvement Analysis based on Lean Manufacturing by Computer Simulation:

### A Case Study of Electronics Industry

บุษบา พุกษาพันธุ์รัตน์\* และ พชร อุไรพงษ์

Busaba Phruksaphanrat\* and Patchara Uraipong

\*ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12121

### บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง และความต้องการของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ผู้ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงสายการผลิตและลดความสูญเปล่าในกระบวนการ เพื่อให้กระบวนการมีความสามารถที่สูงขึ้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แห่งหนึ่ง เพื่อให้ไปสู่ประสิทธิภาพสูงสุดของโรงงาน โดยอาศัยหลักการของลีน แผนภาพกระแสคุณค่า (Value Stream Mapping, VSM) ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความสูญเปล่าของสายการผลิต ความสูญเปล่าของสายการผลิตประกอบไปด้วย การรอคอย การเคลื่อนย้าย กระบวนการ และการเคลื่อนที่ที่มากเกินไป ปัญหาหลัก 2 ประการ คือ ความไม่สมดุลของสายการผลิต และความไม่เหมาะสมของผังโรงงาน ดังนั้น จึงมีการสร้างสมดุลและปรับปรุงสายการผลิตด้วยวิธี ECRS และการพิจารณาจัดสมดุลสายการผลิต นอกจากนี้ผังโรงงานแบบเซลล์ก็ได้ถูกนำเสนอเพื่อลดการเคลื่อนย้ายที่มากเกินไป ในการวิเคราะห์และแสดงผลของประสิทธิภาพสายการผลิตทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย ผลจากการจำลองสถานการณ์พบว่าผังแบบเซลล์ให้ผลดีกว่าผังในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของสายการผลิตให้เพิ่มขึ้น 19.53%, อัตราการผลิตเพิ่มขึ้น 42.7% อัตราการใช้ประโยชน์ของพนักงานเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 20.57% และสามารถลดปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตโดยเฉลี่ยได้ 1.27% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด

คำสำคัญ : การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์, การปรับปรุงสายการผลิต, หลักการของลีน, สายธารคุณค่า, อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

### Abstract

Electronics industry in Thailand has grown continuously, and the demand of hard disk drive components is also increasing dramatically. Therefore, the component producers need to improve their production lines and reduce wastes in their processes in order to increase their capacities. This research focuses on improving the efficiency of the production line of a hard disk drive component producer to achieve the maximum efficiency of the factory by lean concept. Value Stream Mapping (VSM) was used to analyze wastes of the production line. Wastes of the production line are waiting, transporting, processing and movement. Two main problems are unbalance of the production line and inappropriate layout. So, ECRS method and line balancing were applied to improve and balance the production line. Moreover, the new cellular layout was proposed for reducing over transportation. Computer simulation was used to analyze and show the performance of the production line for both before and after improving. The result from computer

simulation shows that the cellular layout is more preferable than the current layout because it can improve efficiency 19.53%, productivity 42.7%, average utilization 20.57% and the average number of work in process (WIP) 1.27% of the total production quantity.

Keywords: Computer simulation, production line improvement, lean concept, Value stream mapping (VSM), electronics industry

## 1. บทนำ

เนื่องจากการเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ส่งผลให้อุตสาหกรรมชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีแนวโน้มเติบโตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งรวมถึงโรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ที่เรียกว่า APFA (Actuator arm pivot flex assembly) เพื่อเป็นการรองรับความต้องการที่มากขึ้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มความสามารถในการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด แต่เนื่องจากกระบวนการผลิต APFA ในปัจจุบันยังขาดประสิทธิภาพ ทำให้เกิดปัญหาทางค้ำในกระบวนการผลิตในปริมาณมาก เกิดความสูญเปล่าขึ้นในกระบวนการและไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการนี้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อให้สามารถผลิตงานได้ตามความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ในการปรับปรุงการผลิตและลดความสูญเปล่าโดยทั่วไประบบการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing) มักถูกนำมาประยุกต์ใช้ [1-5] ระบบการผลิตแบบลีนมีการประยุกต์ใช้งานในทั้งภาคการผลิตและภาคบริการ เทคนิคต่างๆ ที่มีการนำมาใช้งาน ได้แก่ ไคเซน (Kaizen), Single Minute Exchange of Dies (SMED), คัมบัง (Kanban), แผนภาพกระแสคุณค่า (Value Stream Mapping, VSM) การผลิตแบบเซลล์ (Cellular Manufacturing, CM) เป็นต้น [1-3, 6] ทั้งนี้มีเป้าหมายหลักคือการลดความสูญเปล่าซึ่งประกอบด้วยของเสีย การผลิตที่มากเกินไป การเคลื่อนไหวที่มากเกินไป กระบวนการที่มากเกินไป การรอคอยสต็อกที่มากเกินไป และขนย้ายที่มากเกินไป [3]

จากการศึกษาปัญหาเบื้องต้นของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์พบว่าเกิดความสูญเปล่า ได้แก่ การเคลื่อนไหวที่มากเกินไปเนื่องจากสถานีงานอยู่ห่างกัน กระบวนการที่มากเกินไป ขั้วซ้อนต่อการทำงานของพนักงาน

การรอคอยเนื่องจากความไม่สมดุลของแต่ละสถานีงาน และการขนย้ายที่มากเกินไปเนื่องจากการวางผังโรงงานในปัจจุบันสายการผลิตถูกจัดผังแบบตามกระบวนการผลิต (Process layout) ซึ่งไม่เหมาะสมกับการผลิตในปริมาณมาก [7] ดังนั้น จึงต้องมีการพิจารณาการจัดผังโรงงานให้เหมาะสมกับปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นด้วย

ในการวิเคราะห์กระบวนการผลิต APFA ของกรณีศึกษา VSM จะถูกนำมาใช้เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่วิเคราะห์ความสูญเปล่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ [6] เทคนิคของลีนจะถูกนำมาใช้เพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและการประเมินประสิทธิภาพของสายการผลิตทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง จะใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย เพื่อลดต้นทุนและประหยัดเวลาในการดำเนินการ อีกทั้งยังไม่กระทบต่อสายการผลิตในปัจจุบัน (8) การจำลองสถานการณ์ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ มากมาย ได้แก่ การวิเคราะห์ผังโรงงาน การวิเคราะห์สายการผลิต การวิเคราะห์ระบบโครงข่าย เป็นต้น [7, 9]

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1. ระบบการผลิตแบบลีนและการลดความสูญเปล่า

ระบบการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing system) เป็นระบบที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกว่าเป็นระบบการผลิตที่สามารถลดต้นทุน ลดความสูญเปล่าและลดความสูญเสียด้านโอกาสทางการผลิตได้ ทั้งยังเป็นระบบที่สร้างมาตรฐานและแนวคิดสำคัญในการผลิตรวมถึงส่งเสริมการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาอีกด้วย ระบบการผลิตแบบลีนเป็นการเริ่มพิจารณาการกำจัดความสูญเปล่าทั้งหมดในกระบวนการที่โรงงานผลิต [4-5] โดยมีหลักการที่ทำให้เวลาการรอคอยเป็นศูนย์ (zero waiting time) สินค้าคงคลังเป็นศูนย์ (zero inventory) การไหลของกลุ่มผลิตภัณฑ์ (ลดขนาดกลุ่ม) การปรับสมดุลการผลิตและลดเวลาการผลิต การผลิตแบบลีนเป็นการติดตามความสูญเปล่าเพื่อกำจัดให้

หมดไปจากระบบอย่างไม่มีที่สิ้นสุด โดยความสูญเปล่านั้นคือทุกๆ สิ่งที่ไม่เกิดคุณค่าแก่ผลิตภัณฑ์ [10] องค์ประกอบของสิ้นประกอบไปด้วย การสร้างความยืดหยุ่นของทรัพยากร การจัดผังโรงงานแบบเซลล์ การผลิตแบบดึง การใช้คัมบัง การผลิตด้วยหุ่นขนาดเล็ก การติดตั้งที่รวดเร็ว การผลิตที่ระดับสม่ำเสมอ การควบคุมคุณภาพ ณ จุดกำเนิด การบำรุงรักษาวิผลและ การทำโครงข่ายกับผู้ส่งมอบ [5] โดยเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย

- *VSM* คือ แผนภาพที่ใช้แสดงกิจกรรมทั้งที่เพิ่มมูลค่าและไม่เพิ่มมูลค่าที่จำเป็นสำหรับการผลิตสินค้า โดยแสดงการไหลทั้งข้อมูลและวัตถุดิบตลอดโซ่อุปทาน เป้าหมายเพื่อแสดงให้เห็นความสูญเสียดังกล่าวในสายธารคุณค่า [6] หลักการ ECRS เป็นหลักการที่ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) ซึ่งเป็นหลักการง่ายๆ ที่สามารถใช้ในการเริ่มต้นลดความสูญเปล่าได้เป็นอย่างดี [11]

- *การจัดสมดุลสายการผลิต* คือ การสร้างสมดุลให้แต่ละสถานีงานของสายการผลิตมีภาระงานที่เท่าเทียมกัน โดยการปรับขั้นตอนของกระบวนการให้สม่ำเสมอ [5]

- *ผังโรงงานแบบการจัดสายการผลิตแบบเซลล์ (Cellular layout)* เป็นการนำเครื่องจักรมาวางไว้ใกล้กันตามลำดับของการผลิต โดยจะมี คน เครื่องมือ และอุปกรณ์เป็นของตนเอง ถูกจัดไว้รวมกันในหนึ่งเซลล์และจะถูกกำหนดไว้แน่นอนว่าเซลล์นี้จะใช้สำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการคล้ายคลึงกัน เซลล์จำเป็นต้องทำให้สมดุลเพื่อรักษาการไหลที่ดีของงาน เหมาะสำหรับการผลิตปริมาณปานกลางและมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ปานกลาง [12]

## 2.2. การจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) คือวิธีการเลียนแบบพฤติกรรมของระบบจริง [8] เพื่อใช้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานจริง ภายใต้ข้อกำหนดต่างๆ ที่วางไว้ เพื่อประเมินผลการดำเนินงานของระบบ แล้ววิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป การจำลองสถานการณ์ในปัจจุบันใดๆ มักจะนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ เนื่องจากสามารถรองรับปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อน และสามารถคำนวณหาข้อมูลต่างๆ ที่

ต้องการสำหรับการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหาและประเมินประสิทธิภาพของระบบได้ โดยในงานวิจัยนี้จะใช้การจำลองเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบทั้งก่อนและหลังปรับปรุง

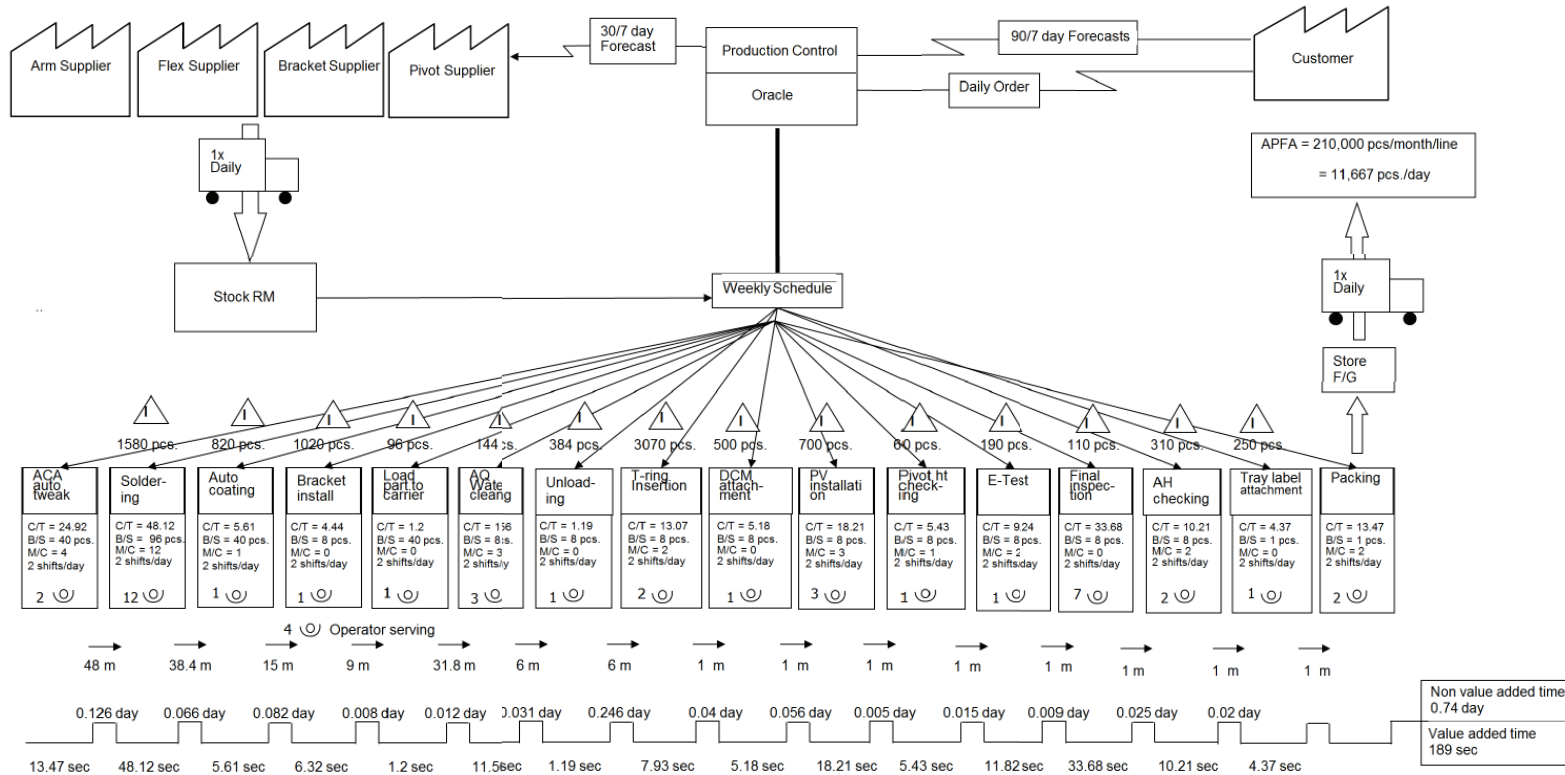
## 3. วิธีการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ APFA โดยใช้ VSM การลดความสูญเปล่า และการวางผังโรงงานใหม่ซึ่งจะใช้การจำลองสถานการณ์ในการประเมินผลของการจัดวางผัง

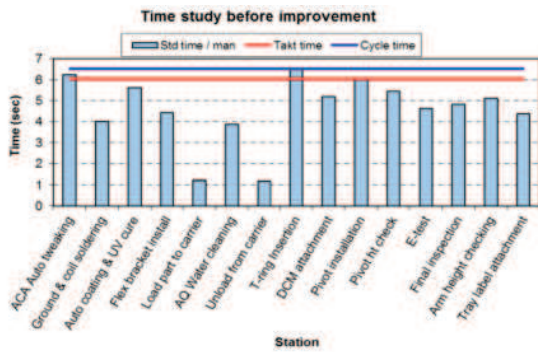
### 3.1. การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหา

APFA ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดทิศทางของหัวอ่านและระยะห่างระหว่างหัวอ่านและแผ่นมีเดีย (Media plate) ในฮาร์ดดิสก์ ชิ้นส่วนประกอบหลักๆ ของ APFA มี 4 ส่วนประกอบ คือ Actuator arm, Flex, Bracket และ Pivot กระบวนการผลิต APFA นั้นมีกระบวนการหลักๆ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ กระบวนการประกอบชิ้นงานและการตรวจสอบ โดย APFA เป็นส่วนที่ประกอบเข้ากับแขนจับหัวอ่าน (Slider head) ซึ่งต้องการความแม่นยำสูงเพื่อนำไปประกอบในฮาร์ดดิสก์ โดยมีขั้นตอนย่อยทั้งหมด 16 ขั้นตอน

ในการวิเคราะห์สถานะปัจจุบันของสายการผลิตสามารถใช้ VSM ช่วยในการวิเคราะห์หาความสูญเปล่าได้ ดังรูปที่ 1 จากรูปจะพบว่า เกิดงานระหว่างกระบวนการในปริมาณมากในกระบวนการที่มากที่สุดคือ T-ring inspection มีเวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่า 0.74 วัน แต่มีเวลาที่เพิ่มมูลค่าเพียงเพียง 189 วินาทีเท่านั้น และเกิดการเคลื่อนย้ายในทุกกระบวนการเนื่องจากกระบวนการต่างๆ มีระยะทางที่ห่างกันเพราะสายการผลิต APFA ปัจจุบันมีการจัดวางผังแบบจัดวางตามกระบวนการผลิต แต่ปริมาณการผลิตมีปริมาณมากทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายระหว่างกระบวนการสูง นอกจากนั้น สายการผลิตยังขาดสมดุลจึงทำให้เกิดงานระหว่างกระบวนการในปริมาณมากเนื่องจากเวลาของกระบวนการต่างๆ มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2 รอบเวลาของการผลิต (Cycle time) 6.53 วินาทีต่อชิ้น (ดูจากเวลาที่มากที่สุดของทุกกระบวนการ) แต่อัตราความต้องการของลูกค้า (Takt time) เป็น 6.048 วินาทีต่อชิ้น ซึ่งคำนวณมาจากความ



รูปที่ 1 แผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน (Value Stream Mapping Current State)



รูปที่ 2 สมดุลสายการผลิตก่อนปรับปรุง

ต้องการของลูกค้าที่ 12,500 ชิ้นต่อวัน เวลาทำงาน 21 ชั่วโมง/วัน ตามสมการ (1)

$$\text{Takt time} = \frac{\text{เวลาการทำงานทั้งหมดต่อวัน}}{\text{อุปสงค์ของลูกค้าต่อวัน}} \quad (1)$$

คอขวดของกระบวนการอยู่ที่กระบวนการ T-ring inspection ในบางกระบวนการพบว่าใช้เวลาน้อยมากในการดำเนินงานทำให้ไม่มีความสมดุลของสายการผลิต โดยสายการผลิตในปัจจุบันก่อนปรับปรุง มีอัตราผลผลิต (Productivity) 6 ชิ้น/ชม./คน ซึ่งคำนวณมาจากปริมาณการผลิตปัจจุบันที่ 11,000 ชิ้นต่อวัน ใช้พนักงานทั้งหมด 84 คน ดังสมการ (2)

$$\text{Productivity} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน}}{\text{เวลาในการผลิตต่อวัน} \times \text{จำนวนพนักงาน}} \quad (2)$$

ร้อยละของอัตราประโยชน์ของพนักงาน (Utilization) เฉลี่ยเฉพาะพนักงานในสายการผลิตคือ 48.4 คำนวณจากอัตราประโยชน์ของพนักงานทุกคน ในสายการผลิตโดยอัตราประโยชน์ของพนักงานแต่ละคนคำนวณจากสมการที่ (3) และนำมาหาค่าเฉลี่ย

$$\% \text{ Utilization} = (\text{Output/Input}) \times 100 \quad (3)$$

ประสิทธิภาพของสายการผลิต (Efficiency) เป็น 70% คำนวณได้ดังสมการที่ 4

$$E = \frac{\sum_{i=1}^j t_i}{nC_a} \quad (4)$$

โดย  $t_i$  คือเวลาของงานย่อย  $i$  โดยมีงานย่อยทั้งหมด  $j$  งาน จำนวนสถานีงาน ทั้งหมดมี  $n$  สถานีงาน และ  $C_a$  แทนรอบเวลาของการผลิต ดังนั้น สายการผลิตในปัจจุบันมี

ประสิทธิภาพเป็น 70% ดังผลการคำนวณต่อไปนี้

$$\begin{aligned} E &= (6.23 + 4.01 + 5.61 + 4.44 + 1.2 + 3.85 + 1.18 \\ &\quad + 6.53 + 5.18 + 6.07 + 5.43 + 4.62 + 4.81 + 5.1 \\ &\quad + 4.37) / (15 \times 6.53) \\ &= 0.70 \end{aligned}$$

จะเห็นได้ว่าอัตราผลผลิตต่อชั่วโมงต่อคนที่มีค่อนข้างน้อยรวมถึงค่าอัตราประโยชน์ของพนักงานและเครื่องจักรก็มีค่าค่อนข้างน้อยด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังต้องใช้พนักงานอีก 4 คนในการเก็บงานและส่งงาน เพื่อช่วยให้ผลผลิตงานได้อย่างต่อเนื่อง

### 3.2 การลดความสูญเปล่า

จากการวิเคราะห์สายการผลิตปัจจุบันที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุงพบว่ามีความสูญเปล่า (Non-value added time, NVA) ร้อยละ 99.7 ซึ่งเกิดจากปริมาณ WIP ที่สูง ระยะทางการเคลื่อนย้ายที่มาก และการรอคอย เพราะความไม่สมดุลของกระบวนการ ดังนั้น จึงนำหลักการของระบบการผลิตแบบลีนที่มุ่งเน้นในเรื่องการไหลที่สมดุลของงานมาพิจารณาลดความสูญเปล่า โดยมีแนวทางการปรับปรุงดังนี้คือ

- ลดพนักงานกระบวนการ Ground & Coil soldering เนื่องจากเวลาที่ใช้สั้นกว่า Takt time

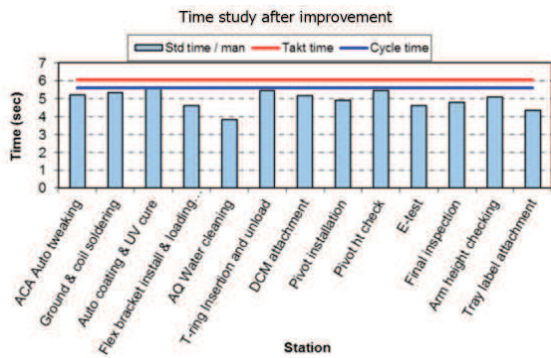
- รวมกระบวนการ Flex bracket install และ Load part to carrier เนื่องจากมีค่าอัตราประโยชน์ของพนักงานต่ำเท่ากับ 64.5% และ 17.5% ตามลำดับ

- รวมกระบวนการ Unload part to carrier มีค่าอัตราประโยชน์ของพนักงานเท่ากับ 17.5% และกระบวนการ T-ring insertion เนื่องจากมีการออกแบบเครื่อง T-ring insertion ใหม่ ทำให้เวลาในกระบวนการลดลง

- กระบวนการ ACA auto tweak เป็นกระบวนการที่ใช้คนและเครื่องจักรทำงานร่วมกันแบบ semi-auto โดยให้พนักงานเป็นผู้ป้อนงานเข้าเครื่องที่ละชิ้นซึ่งใช้เวลามาก จึงได้ออกแบบเครื่องจักรใหม่เป็นระบบ Automatic loading สามารถลดปัญหาคอขวดลงได้

- กระบวนการ T-ring insertion เป็นกระบวนการที่ให้พนักงานทำงานด้วยมือทั้งหมด โดยพนักงานจะนำ Tolerance Ring ที่จุ่มน้ำยาแล้วประกอบเข้ากับ AFA (Actuator Arm Flex Assembly) ในบริเวณที่เรียกว่า Ball Hole แล้วจึง





รูปที่ 3 สมดุลสายการผลิตหลังปรับปรุง

คุณสมบัติที่เอื้อต่อการประกอบออก ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติที่ยู่ยากซับซ้อน ทำให้ใช้เวลาในการประกอบนาน จึงได้ออกแบบปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อช่วยให้พนักงานทำงานได้ง่ายขึ้น

ซึ่งจากการปรับปรุงข้างต้นทำให้สายการผลิตสมดุลมากขึ้น การรอคอยน้อยลง ซึ่งจะส่งผลให้ WIP มีปริมาณน้อยลงตามไปด้วยและทำให้เวลา NVA ลดลงจาก 0.74 วัน หรือ 15.54 ชั่วโมง (ทำงาน 21 ชั่วโมงต่อวัน) เป็น 1.01 ชั่วโมง รอบเวลาลดลงจาก 6.53 วินาทีต่อชิ้นเป็น 5.61 วินาทีต่อชิ้น ดังรูปที่ 3

นอกจากนั้นจะพิจารณาการจัดผังแบบใหม่ให้เป็นแบบเซลล์เพื่อลดเวลาการขนย้าย โดยตัวแบบจำลองสถานการณ์แสดงในหัวข้อที่ 4

### 3.3. การจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตปัจจุบันและกระบวนการผลิตหลังปรับปรุง ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงงานค้างระหว่างกระบวนการ อัตราอรรถประโยชน์ จำนวนสินค้าที่ผลิตได้ และข้อมูลที่สำคัญอื่นๆ โดยข้อมูลจากการคำนวณข้างต้นเป็นเพียงการคำนวณจากค่าเฉลี่ยเพียงอย่างเดียวยังมีได้คำนึงถึงความแปรปรวนของระบบจริง ดังนั้น เพื่อให้ทราบผลที่เชื่อถือได้ของระบบที่จะทำการปรับปรุงใหม่การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์จึงถูกนำมาใช้ในการแสดงผลและช่วยประเมินผลการทำงาน และช่วยหาแนวทางในการปฏิบัติงานที่เหมาะสมโดยจะมีตัวชี้วัดคือ อัตราผลผลิต อัตราอรรถประโยชน์ของพนักงาน งานระหว่างกระบวนการ และประสิทธิภาพของสายการผลิต ในการจำลองสถานการณ์จะต้องมีการเก็บข้อมูลและทำการทดสอบข้อมูลเพื่อให้เกิด

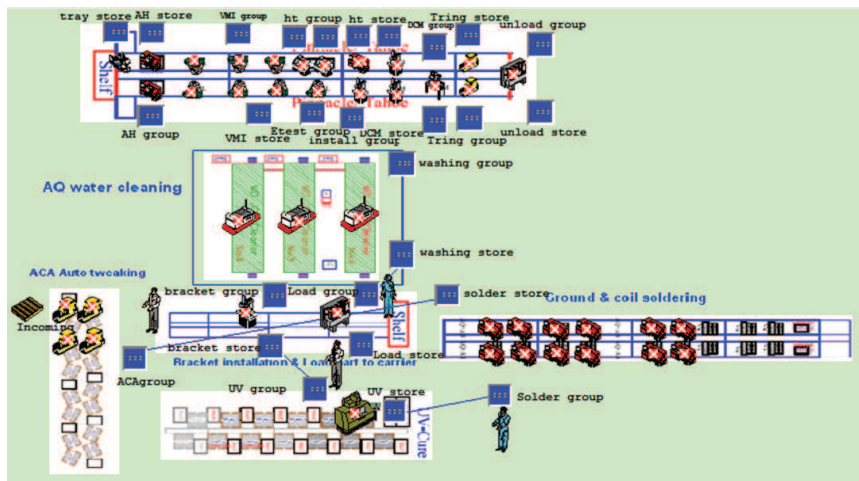
ความน่าเชื่อถือ โดยข้อมูลที่นำมาใช้ได้มีการหาเวลามาตรฐานการทำงาน วิเคราะห์ความเป็นอิสระของข้อมูล (Test of independence) จาก Scatter diagram และ Run test โดยดูจากการกระจายตัวของข้อมูลว่ามีกระจายตัวอย่างอิสระ ไม่มีทิศทางไปในทางใดทางหนึ่ง ทดสอบความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของข้อมูล (Test of homogeneity) โดยดูจาก Histogram ของข้อมูลว่าข้อมูลเป็นกลุ่มเดียวกันหรือไม่ ไม่แยกจากกัน และหาการกระจายที่เหมาะสมโดยวิเคราะห์ Goodness of fit ด้วยวิธี Kolmogorov-smirnov ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนั้นยังได้ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมและแบบจำลองโดยทำการทดสอบสมมติฐานเทียบกับปริมาณการผลิตจริง ได้ผลลัพธ์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยฝั่งโรงงานเดิมและฝั่งโรงงานใหม่แสดงในรูปที่ 4 และ 5

## 4. การวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์

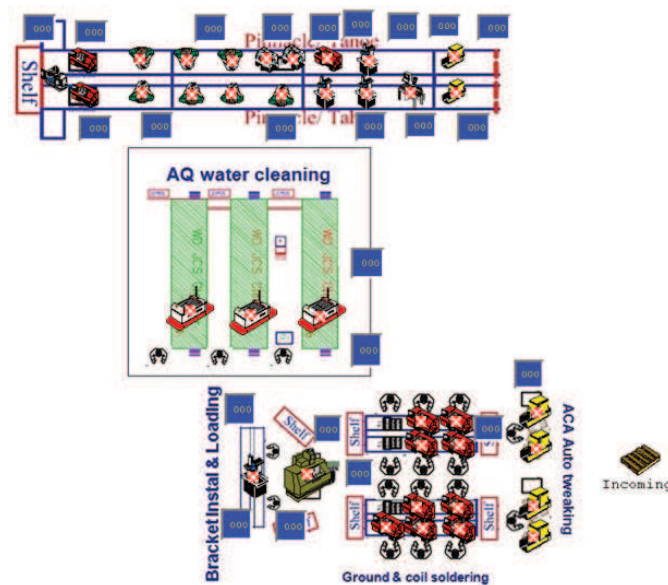
ในการจำลองสถานการณ์ได้กำหนดให้พนักงานและเครื่องจักรประเภทเดียวกันมีความสามารถเท่ากัน ไม่เกิดของเสียในการผลิต และไม่เกิดปัญหาเครื่องจักรขัดข้องขึ้นจากการจำลองสถานการณ์สายการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงซึ่งเป็นการวางผังเครื่องจักรแบบเซลล์แสดงได้ดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ พบว่าสายการผลิตหลังการปรับปรุงตามแนวทางของสิน ที่ระดับการผลิต 11,000 ชิ้นต่อวันใช้จำนวนการทำงานน้อยลง 3.59 ชั่วโมง, พนักงานน้อยลง 20 คนต่อสายการผลิต, อัตราอัตราผลผลิตสูงขึ้น 2.82 ชิ้นต่อชั่วโมงต่อคน อัตราอรรถประโยชน์ของพนักงานสูงขึ้น 20.57 ประสิทธิภาพสายการผลิตสูงขึ้นร้อยละ 18 และมีปริมาณรยะหว่างกระบวนการเฉลี่ยต่ำลง 139.48 ชิ้นต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 2 และทำให้เวลา NVA ลดลงจาก 0.74 วันหรือ 15.54 ชั่วโมง เป็น 1.01 ชั่วโมง ในปัจจุบันลูกค้ามียอดการสั่งซื้อปรับตัวสูงขึ้น เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 325,000 ชิ้น/สายการผลิต/เดือน จากแผนการสั่งซื้อระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงสิงหาคมปี 2555 จากผลของการจำลองสถานการณ์พบว่าสายการผลิตที่จะปรับปรุงใหม่จะสามารถรองรับการผลิตได้ถึง 360,100 ชิ้น/สายการผลิต/เดือน ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการและยังเหลือความสามารถสำหรับความต้องการที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตอีกด้วย

ตารางที่ 1 ข้อมูลเวลาในหน่วยวินาทีของชิ้นงาน, รูปแบบของการแจกแจงและพารามิเตอร์

สถานีหลัก	ลำดับงานย่อย	Std time	Distribution	Parameter
ACA Auto tweaking	โหลดงานเข้าเครื่อง	5.38	Weibull	$4+W(4.83, 1.5)$
	Tweaking machine ทำงาน	14.66	Weibull	$9+W(3.19, 6.3)$
	โหลดงานออกจากเครื่อง	4.89	Johnson SB	$4.+2.07*(1./(1.+EXP(-(N(0.,1.)-0.458)/1.45)))$
Ground & coil soldering	หยิบ Arm และ Flex ประกอบเข้าด้วยกัน	2.46	Weibull	$1.+W(4.99, 1.59)$
	โหลดงานใส่ Fixture	1.80	Triangular	$T(1., 1.84, 2.61)$
	เปิด Top clamp	1.00	Weibull	$W(6.76, 1.08)$
	จัดเส้น wire เข้ากับ locator pad	5.61	Weibull	$4.+W(2.86, 1.8)$
	เปิด Guard และทำการ solder ground pin	14.63	Beta	$B(2.66, 1.43, 12., 16.)$
	พลิก Fixture แล้วทำการ solder locator pin	11.00	Johnson SB	$9.+5.2*(1./(1.+EXP(-(N(0.,1.)-0.655)/1.33)))$
	ทำความสะอาดชิ้นงาน	4.86	Loglogistic	$3.+1.7*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.55)$
	เปิด side guard และ top clamp	1.81	Weibull	$1.+W(2.9, 0.913)$
	นำงานออกจาก fixture พร้อมทำการตรวจสอบ	4.93	Inverse Weibull	$4.+(1./1.16)*(-LN(U(0.5,0.5)))**(-1./9.58)$
Auto conformal coating & UV cure	โหลดงานเข้าเครื่อง	1.65	Weibull	$1.+W(2.95, 0.732)$
	Coating & UV machine ทำงาน	2.97	Pearson 5	$2.+P5(63.4, 60.4)$
	โหลดงานออกจากเครื่อง	0.99	Loglogistic	$0.982*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./9.86)$
Flex bracket install	หยิบ bracket ประกอบเข้ากับ AFA	4.44	Loglogistic	$3.+1.26*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.28)$
Load part to carrier	หยิบชิ้นงานใส่ Carrier	1.25	Inverse Weibull	$1.+(1./5.72)*(-LN(U(0.5,0.5)))**(-1./2.76)$
Unload from carrier	นำงานออกจาก Carrier	1.25	Inverse Weibull	$1.+(1./5.72)*(-LN(U(0.5,0.5)))**(-1./2.76)$
T-ring Insertion	ทำ IPA ที่บริเวณรูของ ACA bore hole	3.39	Beta	$B(14.5, 199, 2., 22.5)$
	หยิบ T-ring มาใส่ที่บริเวณรูของ ACA bore hole	6.50	Lognormal	$4.+L(2.51, 0.879)$
	ดูดเศษโลหะออกจากชิ้นงาน	3.18	Loglogistic	$B(1.5, 3., 0., 1.)$
DCM attachment	หยิบ DCM label จากแผ่น plate	1.80	Beta	$B(2.68, 2.12, 1., 2.43)$
	ติด DCM ไปที่ตัวงาน	3.38	Beta	$B(3.47, 3.13, 3., 3.72)$
Pivot installation	โหลดงานเข้าเครื่อง	6.52	Lognormal	$4.+L(2.52, 0.882)$
	Pivot installation machine ทำงาน	9.23	Lognormal	$7.+L(2.23, 0.708)$
	โหลดงานออกจากเครื่อง	2.46	Weibull	$1.+W(3.94, 1.62)$
Pivot ht check	โหลดงานเข้าเครื่อง	1.91	Johnson SB	$1.+1.71*(1./(1.+EXP(-(N(0.,1.)-0.164)/1.21)))$
	Pivot ht check machine ทำงาน	2.52	Gamma	$2.+G(12.9, 4.02e-002)$
	โหลดงานออกจากเครื่อง	1.00	Loglogistic	$0.996*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./10.9)$
E-test	โหลดงานเข้าเครื่อง	1.65	Weibull	$1.+W(2.86, 0.726)$
	Electical testing machine ทำงาน	6.49	Lognormal	$4.+L(2.5, 0.888)$
	โหลดงานออกจากเครื่อง	1.10	Inverse weibull	$(1./0.964)*(-LN(U(0.5,0.5)))**(-1./14.2)$
Final inspection	พนักงานทำการตรวจสอบชิ้นงานใต้กล้อง Microscope 10 เท่า	33.68	Weibull	$22.+W(3.17, 12.9)$
Arm height checking	โหลดงานเข้าเครื่อง	1.67	Loglogistic	$1.+0.632*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.69)$
	Arm Ht checking machine ทำงาน	7.13	Gamma	$5.+G(6.28, 0.341)$
	โหลดงานออกจากเครื่อง	1.40	Pearson 6	$P6(70.2, 150, 2.88)$
Tray label attachment	หยิบ DCM label จากแผ่น plate	1.71	Beta	$B(2.5, 1.66, 1., 2.18)$
	ติด DCM ไปที่ตัวงาน	2.66	Lognotmal	$2.+0.604*(1./((1./U(0.5,0.5))-1.))**(1./3.86)$



รูปที่ 4 ลักษณะของสายการผลิตก่อนปรับปรุง



รูปที่ 5 ลักษณะของสายการผลิตหลังปรับปรุงโดยการวางผังเครื่องจักรแบบเซลล์ (Cellular layout)

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุงจากแบบจำลองที่ระดับการผลิต 11,000 ชิ้นต่อวัน

การวัดผล	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
เวลาที่ใช้ในการผลิต (ชั่วโมง)	20.31	16.72
จำนวนพนักงาน (คน)	84	64
Productivity (ชิ้น/ชั่วโมง/คน)	6.6	9.42
% Utilization เฉลี่ยของพนักงาน	68.48	89.05
% Efficiency ของสายการผลิต	70	88
WIP เฉลี่ยที่เกิดขึ้นในกระบวนการ (ชิ้น)	399.9 (3.64%)	260.42 (3.37%)



## 5. สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสายการผลิตขึ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ด้วยเทคนิคการผลิตของลีนเพื่อลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และใช้การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ในการแสดงผลการปรับปรุงจากการวิเคราะห์ความสูญเปล่าด้วย VSM พบว่ามีเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าคิดเป็น 0.74 วัน จึงทำการปรับลด โดยการสร้างสมดุลสายการผลิต เพื่อลดงานระหว่างกระบวนการ ปรับผังโรงงานเป็นแบบเซลล์เพื่อลดเวลาในการเคลื่อนย้าย ปรับปรุงกระบวนการทำงานด้วย ECRS เพื่อลดการเคลื่อนไหว ลดขั้นตอนและการรอคอย ซึ่งทำให้กระบวนการผลิตมีความสมดุลมากยิ่งขึ้น และมีระยะทางการเคลื่อนย้ายที่น้อยลงสามารถลดจำนวนพนักงานลง ประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้น อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้น อัตราการใช้ประโยชน์ของพนักงานเพิ่มขึ้น และสามารถลดปริมาณงานระหว่างกระบวนการผลิตได้ และทำให้เวลา NVA ลดลงจาก 0.74 วัน เหลือเพียง 1.01 ชั่วโมง โดยแนวทางดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสายการผลิตประเภทอื่นๆ ได้

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Erfan OM. Application of lean manufacturing to improve the performance of health care sector in Libya, *Int. J. Eng. & Tech.*, 2010;10(6): 117-128.
- [2] Singh G, Belokar RM. Lean manufacturing implementation in the assembly shop of tractor manufacturing, *Int. J. Inno. Tech. Explor. Eng.*, 2012; 1(2): 71-74.
- [3] Neha S, Singh MG, Simran K and Pramod G. Lean manufacturing tool and techniques in process industry, *Int. J. Sci. Res. Rev.*, 2013; 2(1): 54-63.
- [4] Desintum G, How to go beyond lean. 1st ed. Bangkok: SE-ED; 2004. (In Thai)
- [5] Bourkeaw N, Introduction to lean manufacturing. 1<sup>st</sup> ed. Bangkok: Technology Promotion Association (Thai-Japan); 2004. (In Thai)
- [6] Abdulmalek FA and Rajgopal J. Analyzing the benefit of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study, *Int. J. Prod. Econ.*, 2007; 107: 223-236.
- [7] Phruksaphanrat B. Analytic hierarchy process for cell layout selection and simulation for electronic manufacturing service layout, *KKU Eng. J.*, 2012; 39(4): 365-374.
- [8] Harrell C, Ghosh BK, Bowden RO. Simulation using Promodel. 2nd McGraw-Hill:Singapore; 2003
- [9] Padhi SS, Wagner SM, Niranjana TT and Aggarwal V. A simulation-based methodology to analyse production line disruptions, *Int. J. Prod. Res.*, 2013; 51(6):1885-1897
- [10] Allen J, Robinson C and Stewart D. Lean Manufacturing: A Plant Floor Guide. Michigan: SME; 2001
- [11] Jirapattarasin K, Industrial work study. 1st ed. Bangkok: Chulalongkorn Publisher; 1996. (In Thai)
- [12] Tompkins JA, White JA, Brozer YA and Tanchoco JMA. Facility Planning. 4th ed. John Wiley and Sons: USA; 2010.