การเพิ่มผลิตภาพของการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์โดยเทคนิค DMAIC กรณีศึกษา : โรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

Productivity Improvement of Electronics Part by Using DMAIC Technique A Case Study of Printed Circuit Board Assembly Manufacturing

ศิวะ ไวทย์รุ่งโรจน์[1] และ ณฐา คุปตัษเฐียร[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยประยุกต์นำเทคนิค DMAIC มาใช้ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การวัดสาเหตุปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุปัญหา การปรับปรุงกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการ โดยประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 3 ส่วน ส่วนแรกคือเพิ่มยอดการผลิตตามความต้องการของลูกค้า จากการทดสอบพบว่ามี 2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณยอดการผลิตคือโปรแกรมการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องจักรและวิธีการจัดเตรียมอุปกรณ์ ซึ่งหลังจากปรับปรุงกระบวนการแล้วสามารถเพิ่มยอดการผลิตได้ 16.5% ในส่วนที่สองทำการแก้ไขปัญหาการลอยของอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ ซึ่งเป็นสิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นสูงสุด โดยมีสาเหตุจากการโก่งของตัวอุปกรณ์ซึ่งเป็นพลาสติกหลังผ่านเครื่องหลอมดีบุก โดยหลังจากแก้ไขปัญหาสามารถลดสิ่งบกพร่องลงจาก 4.12% เหลือ 1.42% และส่วนสุดท้ายคือลดต้นทุนของดีบุกครีมลง 10% ด้วยการเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ ซึ่งหลังจากทดสอบพบว่าค่าความสูงดีบุกมีความแตกต่างกับค่าปัจจุบันจึงต้องทำการทดลองแบบ 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Design) เพื่อกรองหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุก และทดลองซ้ำด้วยการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป (General Full Factorial Design) เพื่อหาค่าระดับที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ α = 0.05 คือความเร็วการปาดดีบุกครีมและระยะห่างแบบพิมพ์กับชิ้นงาน โดยค่าระดับที่เหมาะสมคือ 75 มม.ต่อวินาทีและ 0 มม.ตามลำดับ

คำสำคัญ : ดีบุกครีม, ความสูงดีบุก, ความเร็วการปาดดีบุกครีม, ระยะห่างแบบพิมพ์กับชิ้นงาน

Abstract

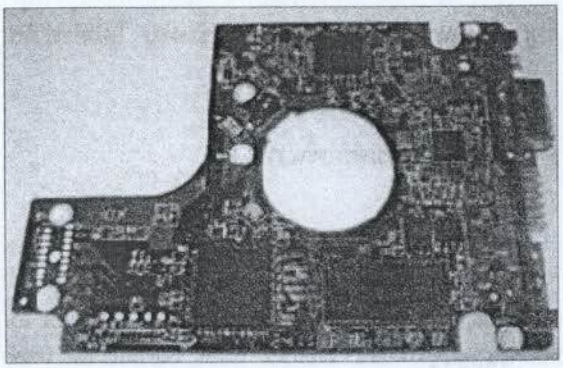
This research has an objective to improve productivity in electronics products by using DMAIC technique as Define Measure Analyze Improve and Control that has substance 3 phases. The First is to increase output follow customer's requirement that has two significant factors with output as Part Mounting Program and Part preparation. After processes improved it can increase the output 16.5%. The Second is to solve the Connector Floating that is the highest defect which root causes as Part bending after passed the Reflow Soldering Process. After improve process it was reduced from 4.12% to 1.42%. The Last phase is to reduce cost of solder paste amount 10% by change new supplier. After test the new one found the solder height value has difference so we have to do DOE with 2^{5-1} Fractional Factorial Design to screen significant factors and retest them by using General Full Factorial Design to optimize level. Conclusion is Printing speed and Print gap was significant factors with solder height at α = 0.05 and the optimize value as 75 mm. /sec. and 0 mm. respectively.

Keywords : Solder Paste, Solder Height, Printing Speed, Print Gap

[1]นักศึกษาปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]หัวหน้าประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและมีการแข่งขันกันสูงเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งฮาร์ดดิสก์เป็นชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์ที่มีปริมาณการผลิตที่มาก ดังนั้นบริษัทที่เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนของฮาร์ดดิสก์จึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยเพิ่มผลผลิตต่อวันให้มากขึ้น ตัดลดขั้นตอนของการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า ลดสัดส่วนของชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องเพื่อที่จะลดต้นทุนการผลิตให้สามารถแข่งขันด้านราคาและคุณภาพกับคู่แข่งได้ บริษัทตัวอย่างกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ ดังในรูปที่ 1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคือ กำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าและต้นทุนการผลิตที่สูง ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงขั้นตอนในกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิค DMAIC



รูปที่ 1 แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0

จากการเก็บข้อมูลของยอดการสั่งผลิตตั้งแต่มกราคม–มิถุนายน 2555 พบว่าผลิตภัณฑ์รุ่น Helios 3.0 มียอดขายรวมสูงสุดซึ่งคิดเป็น 73% ของยอดขายทั้งหมด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงกระบวนการของสินค้ารุ่นนี้เป็นหลัก โดยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วนคือเพิ่มยอดการผลิตต่อวัน ลดปริมาณสิ่งบกพร่องคอนเนคเตอร์ลอย และเปลี่ยนวัตถุดิบยี่ห้อใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิต

ในปัจจุบันลูกค้ามีความต้องการให้จัดส่งสินค้ารุ่น Helios 3.0 ทุกวันจำนวนวันละ 20,000 ชิ้น ซึ่งโรงงานตัวอย่างมีกำลังการผลิตเพียง 17,000 ชิ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาหาแนวทางเพื่อเพิ่มกำลังผลิตให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า โดยทำการปรับปรุงกระบวนการในขั้นตอนของการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพราะเป็นขั้นตอนที่ช้าที่สุดของสายการผลิต ซึ่งเป้าหมายคือจัดส่งสินค้าให้ได้ 20,000 ชิ้นต่อวัน

จากนั้นทำการปรับปรุงในส่วนของสิ่งบกพร่องซึ่งมีความสำคัญต่อการจัดส่งสินค้าแบบวันต่อวันเพราะหากผลผลิตแรก (First Yield) มีค่าต่ำก็อาจส่งงานไม่ทันเพราะจะมีงานรอซ่อมจำนวนมาก ลักษณะปัญหาที่พบมากและซ่อมแซมได้ยากคืออุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา แล้วปรับปรุงแก้ไขตามขั้นตอน DMAIC เพื่อให้ส่งงานได้ตามกำหนด และยังลดปริมาณงานซ่อมซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายแฝงที่อยู่ในต้นทุนผลิต โดยเป้าหมายของการทดลองคือลดปริมาณสิ่งบกพร่องคอนเนคเตอร์ลอยให้ต่ำกว่า 2%

ส่วนสุดท้ายคือเปลี่ยนยี่ห้อดีบุกครีมซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่มีค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสูงสุด โดยเปลี่ยนใช้ยี่ห้อใหม่ที่มีราคาถูกกว่าซึ่งจะลดต้นทุนการผลิตลงได้ 10% โดยใช้เทคนิคการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (Design and Analysis of Experiments: DOE) ทดสอบกับดีบุกครีมใหม่เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าตอบสนอง (Response) แล้วเลือกค่าระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย เพื่อให้ได้ค่าตอบสนองใกล้เคียงกับปัจจุบันมากที่สุด

2. จัดตั้งทีมงานวิจัย

จัดตั้งทีมงานวิจัยซึ่งสมาชิกมาจากส่วนงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 6 คนประกอบด้วยฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง และฝ่ายประกันคุณภาพ แล้วให้ความรู้เบื้องต้นตามขั้นตอน DMAIC เพื่อที่จะร่วมกันระดมความคิดในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ในงานวิจัย

3. การผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่น Helios 3.0

ในกระบวนการประกอบสินค้ารุ่น Helios 3.0 มีทั้งหมด 7 ขั้นตอนคือ

1) การพิมพ์ดีบุก (Solder Paste Printing)
2) การวางอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ (Part Placement)
3) การสุ่มตรวจสอบด้วยตาเปล่า (Visual Inspection)
4) การหลอมดีบุก (Reflow Soldering)
5) การติดบาร์โค้ด (Barcode Attachment)
6) การตรวจสอบด้วยเครื่องจักร (AOI)
7) การตรวจสอบผ่านกล้องจุลทรรศน์ (VMI-10X)

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 เพิ่มยอดผลิตรุ่น Helios 3.0 เป็น 20,000 ชิ้นต่อวัน

4.1.1 การกำหนดปัญหา (Define Phase)

พิจารณาตารางที่ 1 คือความสามารถในสายการผลิตของเครื่องจักรที่เรียงต่อกันด้วยสายพาน โดยขั้นตอนที่เป็นตัวกำหนดยอดงานของสายผลิตคือ เครื่องวางอุปกรณ์ตัวที่ 3 เพราะเป็นขั้นตอนที่ช้าที่สุด ซึ่งรอบเวลางาน (Cycle Time) มีค่าเท่ากับ 43 วินาทีหรือคิดเป็นยอดงานผลิตเท่ากับ 284 ชิ้นต่อชั่วโมง (UPH = 284)

ตารางที่ 1 ความสามารถในสายการผลิตของเครื่องจักรที่เรียงต่อกันในกระบวนการประกอบ

ขั้นตอนการประกอบ	รอบเวลางาน	อัตราผลิตต่อชั่วโมง
1.เครื่องพิมพ์ดีบุก	30 วินาที	408 ชิ้น
2.เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กฯ1	35 วินาที	349 ชิ้น
3.เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กฯ2	37 วินาที	330 ชิ้น
4.เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กฯ3	43 วินาที	284 ชิ้น
5.เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กฯ4	32 วินาที	382 ชิ้น
6.เครื่องหลอมดีบุก	25 วินาที	489 ชิ้น

ความต้องการลูกค้าคือ 20,000 ชิ้นต่อวันโดยส่งสินค้าทุกวัน ดังนั้นเป้าหมายการผลิตต้องเผื่อเปอร์เซ็นต์ของสิ่งบกพร่องไปด้วยเนื่องจากต้องส่งสินค้าทุกวัน หากคิดเปอร์เซ็นต์ของสิ่งบกพร่อง 5% แผนการผลิตที่คำนวณได้คือ 21,053 ชิ้นต่อวัน ตามสูตรความสัมพันธ์นี้

$$\text{แผนการผลิต} = \frac{\text{ความต้องการของลูกค้า}}{\text{1-สัดส่วนของสิ่งบกพร่อง}} \quad (1)$$

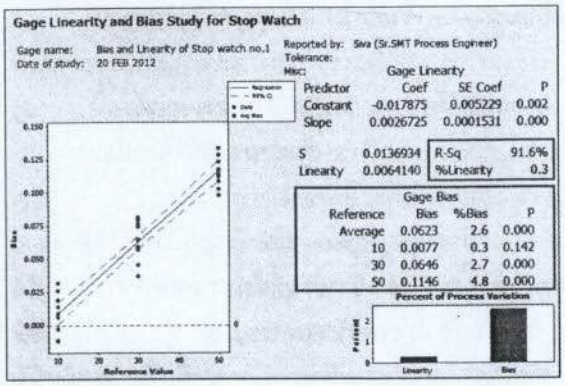
สินค้ารุ่น Helios 3.0 มีสายการผลิตทั้งหมด 3 สาย ดังนั้นจำนวนชิ้นงานที่ต้องผลิตต่อหนึ่งสายคือ 7,018 ชิ้นต่อวัน (คำนวณจาก 21,053 / 3) ซึ่งปัจจุบันมีกำลังการผลิตต่อสายเพียง 5,964 ชิ้นต่อวัน ดังนั้นในส่วนของการผลิตนี้จำเป็นต้องปรับปรุงขั้นตอนในกระบวนการประกอบ โดยขั้นตอนที่ช้าที่สุดที่เป็นตัวกำหนดยอดงานของสายผลิตคือเครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ 3 โดยมีเป้าหมายอยู่ที่ 7,018 ชิ้นต่อวัน หรือ 335 ชิ้นต่อชั่วโมง (คำนวณจาก 7,018 / 21)

4.1.2 การวัดกระบวนการ (Measure Phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) คือการศึกษาและประเมินความสามารถของระบบการวัดที่เกิดจากคน วัด เครื่องมือวัด ชิ้นงานที่ถูกวัด และวิธีการที่ใช้ในการวัด ว่าระบบการวัดมีความผันแปรมากน้อยเพียงใด อยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1) ค่าเอนเอียง (Bias) และสมบัติเชิงเส้น (Linearity)

ให้พนักงาน 1 คนทำการวัดเวลามาตรฐาน 3 ค่า คือ 10, 30 และ 50 วินาที โดยวัดซ้ำค่าละ 10 ครั้งแบบสุ่มแล้ววิเคราะห์ผลพบว่าค่าความเบี่ยงเบนของระบบการวัดเวลาเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 2.6% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก (มีค่า < 5%) และค่าสมบัติเชิงเส้นพบว่าเปอร์เซ็นต์เชิงเส้นตรงเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 0.3% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก (มีค่า < 5%) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) มีค่าเท่ากับ 91.6% แสดงว่าข้อมูลนี้มีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นสรุปได้ว่าค่าเบี่ยงเบนและสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดเวลางานอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วิเคราะห์ค่าความเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้นตรงของนาฬิกาจับเวลา

2) ความมีเสถียรภาพ (Stability)

เลือกเวลามาตรฐาน 1 ค่าคือ 40 วินาทีเพราะใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการศึกษา แล้ววัดเวลาสัปดาห์ละ 2 ครั้งๆละ 5 ข้อมูล โดยเก็บข้อมูล 8 สัปดาห์ แล้ววิเคราะห์เสถียรภาพด้วยแผนภูมิควบคุม (Control Chart) พบว่าข้อมูลอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมของแผนภูมิควบคุมพิสัย (R-Chart) แสดงว่าระบบการวัดมีเสถียรภาพและมีความสม่ำเสมอที่ดี และพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X bar-Chart) พบว่าสภาวะอยู่ภายใต้การควบคุมแสดงว่าระบบการวัดไม่มีปัญหาด้านความถูกต้องในค่าวัด สรุปว่าระบบการวัดมีความสามารถในการวัดอย่างสม่ำเสมอภายในระยะเวลาที่กำหนด

3) ความเที่ยงตรง (Precision)

ให้พนักงาน 2 คนวัดรอบเวลางานของชิ้นงานทั้งหมด 10 ชิ้น โดยทำการถ่ายวีดีโอของชิ้นงานตัวอย่างจากสายผลิตแล้วให้พนักงานทั้ง 2 คนวัดรอบเวลางานจากวีดีโอทีละชิ้นๆละ 2 ครั้งแบบสุ่ม แล้วทำการวิเคราะห์ ซึ่งได้ผลดังนี้

3.1) ค่าการแยกประเภทข้อมูล (Number of Distinct Categories) มีค่าเท่ากับ 13 หมายความว่าเครื่องมือวัดสามารถแยกความแตกต่างข้อมูลได้ 13 ประเภท และตรวจจับความผันแปรในกระบวนการได้ดี ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ (เกณฑ์ > 4)

3.2) ค่าความผันแปรเครื่องมือวัด (Contribution) เท่ากับ 1.06 % หมายความว่า ค่าวัดที่ได้จากนาฬิกาจับเวลามีความผันแปรเนื่องจากเครื่องมือวัดเพียง 1.06 % ซึ่งผ่านเกณฑ์การยอมรับที่ไม่เกิน 2% แสดงว่านาฬิกาจับเวลานี้สามารถใช้ทำการทดลองได้

3.3) อิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่าง ซึ่งมีค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0.301 ซึ่งมากกว่า α = 0.05 หมายความว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3.4) ปัจจัยของพนักงานวัด มีค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0.247 ซึ่งมากกว่า α = 0.05 หมายความว่าพนักงานทั้งสองคนวัดเวลางานได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.3 การวิเคราะห์กระบวนการ (Analyze Phase)

วิเคราะห์ปัญหา "ยอดงานผลิตน้อยกว่าความต้องการลูกค้า" ผ่านแผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) และการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) ซึ่งได้ปัจจัยป้อนเข้าที่น่าจะส่งผลต่อความผันแปร (Potential KPIVs) คือ วิธีการเตรียมม้วนอุปกรณ์และโปรแกรมการวางอุปกรณ์ของเครื่องจักร

1) ทดสอบสมมติฐานของวิธีการเตรียมม้วนอุปกรณ์

ทำการทดสอบเวลาเฉลี่ยของการเตรียมม้วนอุปกรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) เนื่องจากเปรียบเทียบข้อมูล 3 กลุ่มคือแบบปัจจุบัน แบบใหม่ที่ 1 และแบบใหม่ที่ 2 โดยขั้นแรกต้องหาขนาดตัวอย่าง (Sample Size) ของแต่ละกลุ่มข้อมูลเพื่อให้การทดสอบมีความน่าเชื่อถือด้วยโปรแกรมมินิแทป (Minitab Program) ซึ่งได้เท่ากับ 15 ตัวอย่างที่ค่ากำลังการทดสอบเป็น 95% ดังรูปที่ 3

SS Means	Sample Size	Target Power	Actual Power	Maximum Difference
112.5	10	0.80	0.817278	15
112.5	11	0.85	0.858433	15
112.5	13	0.90	0.917235	15
112.5	15	0.95	0.953073	15

รูปที่ 3 การหาขนาดของสิ่งตัวอย่างแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

1.1) วัดรอบเวลาในการเตรียมม้วนอุปกรณ์

ทำการวัดเวลาในการเตรียมม้วนอุปกรณ์ของพนักงานประจำแบบละ 15 ตัวอย่างแบบสุ่ม โดยทดสอบทั้ง 3 แบบ ซึ่งการจัดเตรียมอุปกรณ์แต่ละแบบมีดังนี้

- แบบปัจจุบัน คือม้วนอุปกรณ์ถูกวางรวมกันไม่มีการแยกทำให้ใช้เวลาในการเตรียมนาน
- แบบใหม่ที่ 1 คือแยกม้วนอุปกรณ์ตามชนิด
- แบบใหม่ที่ 2 คือแยกม้วนอุปกรณ์ตามการใช้งานของแต่ละเครื่องจักร

1.2) ทดสอบการแจกแจงข้อมูล

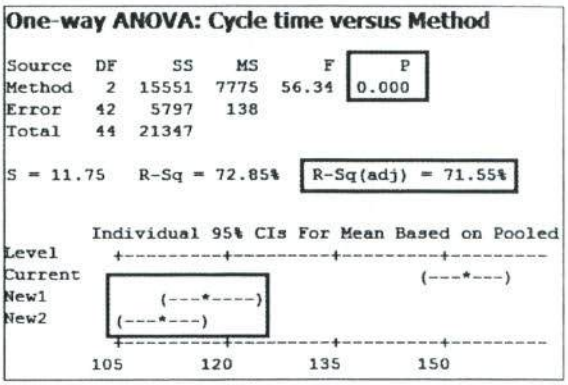
ทดสอบข้อมูลทั้ง 3 กลุ่มโดยใช้การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) พบว่าทุกกลุ่มข้อมูลได้ค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) มากกว่า 0.05 สรุปว่าข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อได้

1.3) ทดสอบความผันแปรของข้อมูล

เปรียบเทียบความผันแปรของข้อมูลทีละคู่โดยใช้การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวน (Test for Equal Variance) ซึ่งพบว่าทั้ง 3 คู่เปรียบเทียบได้ค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) มากกว่า 0.05 สรุปว่าความผันแปรของข้อมูลทั้ง 3 กลุ่มมีค่าไม่ต่างกัน สามารถนำข้อมูลไปเปรียบเทียบในส่วนค่ากลางของข้อมูลต่อไปได้

1.4) ทดสอบสมมติฐานการทดลอง

ทดสอบโดยใช้หลักสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) ได้ค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่าค่า α ที่ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แล้วยอมรับสมมติฐาน H_1 ซึ่งสามารถตีความได้ว่า มีวิธีการเตรียมอุปกรณ์บางแบบมีผลต่อค่ารอบเวลางานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และแสดงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) เท่ากับ 71.55% ซึ่งหมายความว่าวิธีการจัดเตรียมอุปกรณ์มีผลต่อรอบเวลางาน 71.55% ดังแสดงผลในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบรอบเวลาการเตรียมอุปกรณ์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

1.5) สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

พิจารณารูปที่ 4 พบว่าวิธีแบบใหม่ที่ 1 และแบบใหม่ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันในค่าเฉลี่ยรอบเวลางาน แต่มีค่าน้อยกว่าการจัดเตรียมอุปกรณ์ในแบบปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจึงสามารถเลือกวิธีการแบบใหม่ที่ 1 หรือที่ 2 มาใช้เพื่อลดเวลาในการเตรียมม้วนอุปกรณ์ได้ ซึ่งทีมงานวิจัยเลือกแบบใหม่ที่ 2 เพราะสะดวกต่อพนักงานและยังช่วยลดปัญหาการใส่อุปกรณ์ผิด

2) ทดสอบสมมติฐานของโปรแกรมการวางอุปกรณ์

2.1) การวัดรอบเวลางานของสายการประกอบ

วัดรอบเวลาการประกอบชิ้นงานอย่างละ 15 ตัวอย่างเป็นการกระทำแบบสุ่ม โดยทดสอบ 2 แบบคือ แบบปัจจุบันซึ่งเป็นโปรแกรมเดิมที่เครื่องวางอุปกรณ์

ตัวที่ 3 มีรอบเวลางานสูงสุด และแบบใหม่ซึ่งทำการจัดสมดุลย์จำนวนตำแหน่งของอุปกรณ์ใหม่ให้เครื่องวางอุปกรณ์ทั้ง 4 เครื่องมีรอบเวลางานที่ใกล้เคียงกัน

2.2) ตั้งสมมติฐานการทดลอง

$$H_0: \quad \mu_1 = \mu_2 \qquad (2)$$
$$H_1: \quad \mu_1 > \mu_2$$

กำหนดให้

μ_1 = รอบเวลางานเฉลี่ยของสายการประกอบที่ใช้โปรแกรมวางอุปกรณ์ปัจจุบัน

μ_2 = รอบเวลางานเฉลี่ยของสายการประกอบที่ใช้โปรแกรมวางอุปกรณ์ใหม่

2.3) การทดสอบสมมติฐานการทดลอง

ทดสอบการแจกแจงข้อมูลและทดสอบความผันแปรข้อมูล พบว่าข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติและมีค่าความแปรปรวนที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงทดสอบสมมติฐานด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นอิสระต่อกัน (2 Sample-T) พบว่าได้ค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่า α ที่ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แล้วยอมรับสมมติฐาน H_1 ซึ่งตีความได้ว่า รอบเวลาเฉลี่ยของสายการประกอบโดยใช้โปรแกรมการวางอุปกรณ์แบบใหม่มีค่าน้อยกว่าการใช้โปรแกรมการวางแบบปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังผลในรูปที่ 5 ซึ่งรอบเวลางานเฉลี่ยมีค่าลดลงจาก 42.88 วินาทีเหลือ 36.04 วินาที ซึ่งเกิดจากการจัดสมดุลย์ของจำนวนตำแหน่งการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระหว่างเครื่องจักรวางอุปกรณ์

Two-Sample T-Test and CI: Current, New

Two-sample T for Current vs New

	N	Mean	StDev	SE Mean
Current	15	42.882	0.231	0.060
New	15	36.038	0.269	0.069

Difference = mu (Current) - mu (New)
Estimate for difference: 6.8440
95% lower bound for difference: 6.6880
T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 74.73 P-Value = 0.000

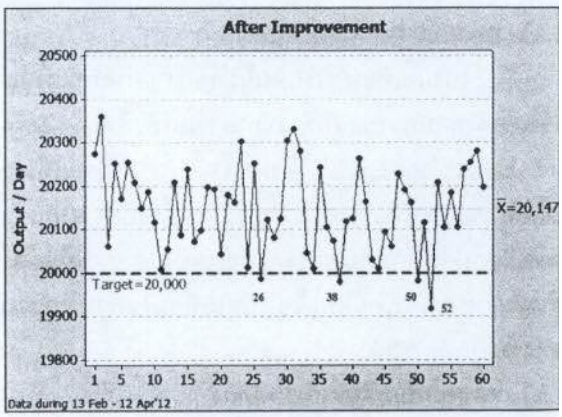
รูปที่ 5 ทดสอบค่าเฉลี่ยรอบเวลางานระหว่างโปรมแกรมปัจจุบันกับโปรแกรมใหม่

4.1.4 การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

เริ่มปรับปรุงกระบวนการในสายการผลิตที่ 1 เพียงสายเดียวก่อนเป็นเวลา 3 วัน แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการปรับปรุงกระบวนการ พบว่าได้ปริมาณงานเพิ่มขึ้น 17% จากนั้นทำการปรับกระบวนการทั้ง 3 สายการผลิตแล้วเก็บข้อมูลเป็นเวลา 6 วันต่อเนื่อง พบว่าปริมาณงานผลิตที่เป็นผลผลิตแรก (First Yield) มีค่าเฉลี่ยที่ 20,229 ชิ้นและไม่มีวันใดที่ได้ยอดผลิตต่ำกว่าเป้าหมายที่ 20,000 ชิ้น

4.1.5 การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

เฝ้าระวังรอบเวลางานของสายประกอบทั้ง 3 สายผลิตด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมพิสัย (X Bar - R Chart) เพราะอาจเกิดการผิดพลาดในขั้นตอนการวางอุปกรณ์เนื่องจากการสึกหรอของหัวหยิบ (Nozzle) หรือการผิดพลาดอื่นๆ ซึ่งอาจส่งผลให้รอบเวลางานสูงขึ้น โดยทำการเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 2 เดือน พบว่ามีเพียง 4 วันที่ปริมาณการผลิตรวมไม่ถึง 20,000 ชิ้น แต่ก็ไม่ส่งผลกระทบเนื่องจากปริมาณงานที่ขาดนั้นมีจำนวนไม่มาก ซึ่งสามารถนำงานดีจากวันก่อนหน้ามาเติมให้ครบตามจำนวนได้



รูปที่ 6 ปริมาณงานผลผลิตแรก (First Yield) หลังจากปรับปรุงกระบวนการเป็นเวลา 2 เดือน

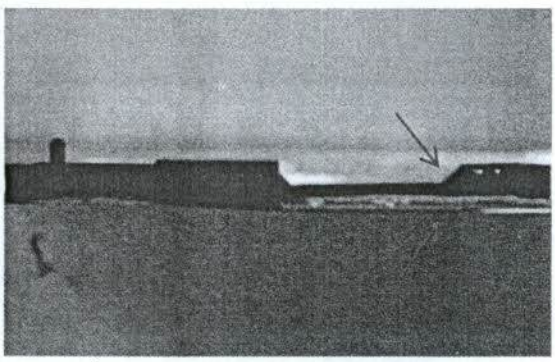
4.1.6 สรุปผลการทดลอง

นำข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการช่วงวันที่ 3 มกราคม – 12 กุมภาพันธ์ 2555 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 17,290 ชิ้นต่อวัน เปรียบเทียบกับหลังปรับปรุงกระบวนการช่วงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ – 12 เมษายน 2555 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 20,147 ชิ้นต่อวัน พบว่ายอดงานเพิ่มขึ้น 16.5% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ 15%

4.2 ลดปริมาณสิ่งบกพร่องอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย

4.2.1 การกำหนดปัญหา

การผลิตสินค้ารุ่น Helios 3.0 พบว่าปัญหาของสิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นสูงสุดคืออุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย ซึ่งคิดเป็น 4.12% จากงานที่ผลิตตั้งแต่มกราคม – มีนาคม 2555 โดยขอบเขตของงานวิจัยนี้จะทำการแก้ไขเฉพาะที่เกิดจากสาเหตุการโก่งของตัวอุปกรณ์หลังจากผ่านเครื่องหลอมดีบุก (Reflow Soldering) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเท่านั้น ถ้าเป็นปัญหาจากบริษัทผู้ผลิต (Supplier) ทีมงานจะส่งข้อมูลไปให้หน่วยงานที่รับผิดชอบต่อไป ซึ่งเป้าหมายที่ตั้งไว้คือลดจำนวนของเสียลงให้เหลือต่ำกว่า 2%

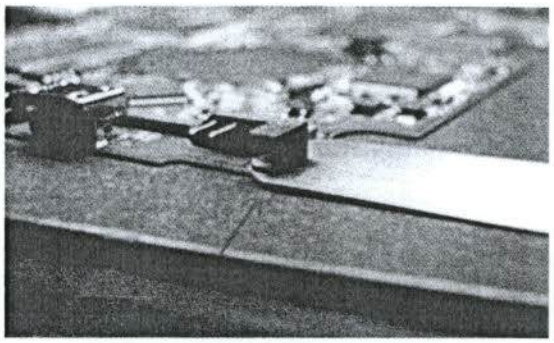


รูปที่ 7 ลักษณะปัญหาอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย

4.2.2 การวัดกระบวนการ (Measure Phase)

1) การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute Gage R&R)

วิเคราะห์ประสิทธิภาพของพนักงานในการตรวจสอบสิ่งบกพร่องที่มีผลลัพธ์อยู่ 2 ทางคืองานดีหรืองานเสีย ซึ่งมีขั้นตอนทดสอบคือเตรียมชิ้นงานต้นแบบจำนวน 40 ชิ้น ซึ่งเป็นงานดี 15 ชิ้น งานเสีย 15 ชิ้น งานเกือบดี 5 ชิ้น และงานเกือบเสียอีก 5 ชิ้น แล้วให้พนักงานประจำจำนวน 6 คน ทำการตรวจสอบชิ้นงานต้นแบบทุกชิ้นๆละ 2 ครั้งโดยทำการทดลองแบบสุ่ม



รูปที่ 8 การตรวจสอบปัญหาอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย

ซึ่งในการตรวจสอบนั้นให้ใช้เกจวัดความหนา (Feeler Gauge) ความหนา 0.15 มม.สอดเข้าไปใต้ตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ (Connector) ดังรูปที่ 8 โดยมีข้อกำหนดเฉพาะคือต้องไม่สามารถสอดเกจวัดความหนาเข้าไปได้ถึงจะเป็นงานดี ซึ่งหมายความว่าตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ไม่ลอยหรือลอยไม่เกิน 0.15 มม. จากนั้นให้บันทึกผลการตรวจสอบแล้วคำนวณค่าทดสอบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าพนักงานทุกคนมีค่าความมั่นใจ (Consistency) ที่ 100 % แสดงว่าพนักงานมีความมั่นใจในการตรวจสอบชิ้นงานดีมาก มีประสิทธิผลในการตรวจสอบมากกว่า 95% ซึ่งมากกว่าเกณฑ์การยอมรับที่ 90% มีค่าปฏิเสธผิดพลาดไม่เกิน 5% ซึ่งเท่ากับเกณฑ์การยอมรับ และค่ายอมรับผิดพลาดที่ 0% ซึ่งหมายความว่าพนักงานกลุ่มนี้จะไม่ปล่อยงานเสียออกไปสู่ลูกค้า สรุปคือระบบการวัดผลของพนักงานกลุ่มนี้อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ไม่ต้องส่งพนักงานคนใดกลับไปอบรมใหม่ แล้วสามารถนำข้อมูลที่ผ่านระบบการวัดผลนี้ไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

ตารางที่ 2 ความสามารถในการตรวจสอบอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอยของพนักงาน

พนักงานตรวจสอบ	ความมั่นใจ (Consistency)	ประสิทธิผล (Effective)	ปฏิเสธงานดี (Over Reject)	ยอมรับงานเสีย (Over Accept)
1	100%	97.5%	5.0%	0.0%
2	100%	100%	0.0%	0.0%
3	100%	97.5%	5.0%	0.0%
4	100%	97.5%	5.0%	0.0%
5	100%	97.5%	5.0%	0.0%
6	100%	100%	0.0%	0.0%

2) ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

สำหรับปัญหาอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอยต้องใช้หลักการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทวินาม (Binomial) เพราะข้อมูลสิ่งบกพร่องที่ใช้วิเคราะห์เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Distribution) ซึ่งจากข้อมูลตั้งแต่ มกราคม – มีนาคม 2555 ได้ค่าคะแนนมาตรฐาน (Process Z Score) เท่ากับ 1.737 หรือคำนวณเป็นดัชนีวัดความสามารถกระบวนการ (C_{pk}) เท่ากับ 0.58 (1.737/3)

4.2.3 การวิเคราะห์กระบวนการ

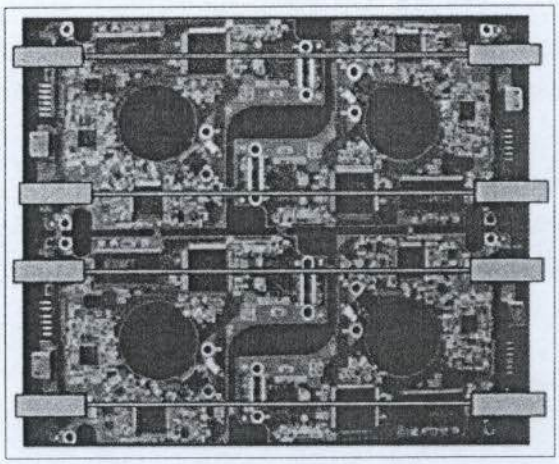
วิเคราะห์ปัญหา "อุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย" ผ่านแผนภูมิก้างปลาผ่านแผนภูมิก้างปลาและการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบซึ่งได้ปัจจัยป้อนเข้าที่น่าจะส่งผลต่อความผันแปรคือตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์มีความสามารถทนอุณหภูมิได้ต่ำเลยเกิดการโก่งหลังจากผ่านเครื่องหลอมดีบุก

1) ทดสอบสมมติฐานการโก่งตัวของ SATA connector หลังผ่านเครื่องอบความร้อน

หาขนาดของสิ่งตัวอย่างที่จะทำการทดสอบ (Sample Size) ซึ่งได้ขนาดของสิ่งตัวอย่างที่ 1,572 โดยมีค่ากำลังการทดสอบเป็น 95%

1.1) วิธีการประกอบอุปกรณ์คอนเนคเตอร์แบบใหม่

เมื่อทราบแล้วว่าความร้อนในเครื่องหลอมดีบุก (Reflow Soldering) ส่งผลให้อุปกรณ์คอนเนคเตอร์เกิดการโก่งตัวจนทำให้เกิดปัญหาการลอยขึ้น แต่เมื่อทำการตรวจสอบอุณภูมิโปรไฟล์พบว่าเป็นค่าที่อยู่ในข้อกำหนดของลูกค้าซึ่งไม่สามารถที่จะปรับลดค่าอุณหภูมิลงมาได้ เพราะอาจทำให้ความสามารถในการเชื่อมติดระหว่างอุปกรณ์กับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) มีคุณภาพต่ำลง ดังนั้นจึงนำทองเหลืองมาทำเป็นแท่งยาวแล้ววางพาดลงบนอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ดังรูปที่ 9 ก่อนที่ชิ้นงานจะเคลื่อนที่เข้าสู่เครื่องหลอมดีบุกเพื่อกดไม่ให้มีการโก่งตัวขณะดีบุกกำลังหลอมเหลว



รูปที่ 9 การวางทองเหลืองกดทับอุปกรณ์คอนเนคเตอร์

1.2) การตั้งสมมติฐานการทดลอง

การทดลองนี้ใช้การเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย 2 กลุ่มตัวอย่าง (2 Proportion – T) ระหว่างวิธีประกอบแบบเดิมกับวิธีประกอบแบบใหม่ ว่าสัดส่วนของเสียจากวิธีแบบใหม่มีค่าน้อยลงจากวิธีแบบเดิมมากกว่า 2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานการทดลองดังนี้

$$H_0: p_1 - p_2 = 0.02 \qquad (3)$$
$$H_1: p_1 - p_2 > 0.02$$

กำหนดให้

P_1 = สัดส่วนของเสียคอนเนคเตอร์ลอยด้วยวิธีการเดิม

P_2 = สัดส่วนของเสียคอนเนคเตอร์ลอยด้วยวิธีการใหม่

1.3) การทดสอบสมมติฐานการทดลอง

ขั้นแรกทำการคัดตัวอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ที่โก่งงอจากผู้ผลิตออกไปก่อน ให้เหลือแต่ตัวดีที่ใช้ทดลองจำนวน 3,200 ตัว เพื่อเป็นการควบคุมปัจจัยให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด จากนั้นทำการทดสอบโดยผลิตแบบเดิม 1,600 ชิ้น และผลิตแบบวิธีใหม่ที่ใช้แท่งทองเหลืองกดทับอีก 1,600 ชิ้น ซึ่งทดลองในสายผลิตเดียวกันและอุณหภูมิโปรไฟล์ของเครื่องอบเท่ากัน จากนั้นทดสอบสมมุติฐานด้วยการเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย 2 กลุ่มประชากร (2 Proportion-T) ซึ่งได้ค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0.012 สามารถตีความได้ว่าสัดส่วนของเสียในการประกอบด้วยขั้นตอนแบบใหม่มีค่าน้อยกว่าสัดส่วนของเสียในการประกอบด้วยขั้นตอนแบบเดิมมากกว่า 2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.4) สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

จากผลการทดสอบสมมติฐานสามารถลดของเสียอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอยจาก 5% เหลือ 1.6% ด้วยการนำแท่งทองเหลืองมาวางกดทับบนอุปกรณ์คอนเนคเตอร์หลังจากวางด้วยเครื่องจักรวางอุปกรณ์ที่ 4 แล้วจึงผ่านชิ้นงานเข้าเครื่องหลอมดีบุก

4.2.4 การปรับปรุงกระบวนการ

1) สั่งผลิตแท่งทองเหลือง

คำนวณแท่งทองเหลืองที่ต้องใช้จากรอบเวลางานของสายประกอบคือ 36 วินาที ซึ่งได้เท่ากับ 400 แท่งต่อสายผลิต หรือคิดเป็นทั้งหมด 1,200 แท่ง

2) เพิ่มขั้นตอนการวางแท่งทองเหลือง

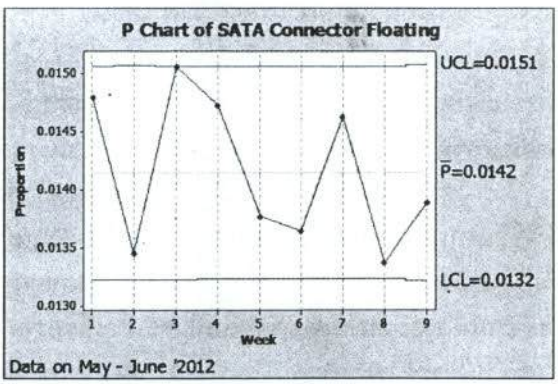
ปัจจุบันมีพนักงานประจำ 1 คนทำการสุ่มตรวจสอบการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องจักรก่อนที่ชิ้นงานจะเคลื่อนเข้าสู่เครื่องหลอมดีบุกอยู่แล้ว ดังนั้นการเพิ่มกิจกรรมนี้ จึงไม่ได้เป็นการเพิ่มจำนวนคนเพียงแต่เป็นการเพิ่มงานให้กับพนักงาน ซึ่งสิ่งที่ต้องควบคุมคืออย่าให้รอบเวลาทำงานของพนักงานในจุดนี้มีค่าสูงกว่า 36 วินาที เพราะอาจส่งผลกระทบต่อยอดงานผลิต แต่จากการวัดรอบเวลางานพบว่าแม้เพิ่มกิจกรรมการวางแท่งทองเหลืองแต่รอบเวลาเฉลี่ยก็ยังมีค่าเท่ากับ 26 วินาที ดังนั้นสรุปว่ากิจกรรมการวางแท่งทองเหลืองที่เพิ่มขึ้นมาจะไม่ส่งผลกระทบต่อยอดงานผลิต

3) ใช้การวางแท่งทองเหลืองกับทั้ง 3 สายผลิต

เริ่มใช้วิธีการประกอบแบบใหม่กับทั้ง 3 สายผลิตเป็นเวลา 6 วัน พบว่าปริมาณของเสียเหลือเพียง 1.43% ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่น้อยกว่า 2%

4.2.5 การควบคุมกระบวนการ

ออกเอกสารถึงขั้นตอนการวางแท่งทองเหลือง (Process Instruction) และรวมถึงเอกสารเกี่ยวกับการตรวจสอบสภาพของแท่งทองเหลืองหลังจากถูกใช้งาน (PM Check Sheet) เพราะต้องผ่านเข้าออกเครื่องอบความร้อนซ้ำๆหลายครั้งจึงอาจมีการเสื่อมสภาพได้ และเนื่องจากข้อมูลของเสียเป็นข้อมูลแบบนับจึงใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-Chart) ในการเฝ้าระวังกระบวนการเป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าสัดส่วนของเสียอยู่ภายใต้การควบคุมแสดงว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะเสถียรสามารถนำข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์และใช้ในการตัดสินใจขั้นต่อไปได้ โดยมีค่าเฉลี่ยของเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน 2555 เท่ากับ 1.42% ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเฝ้าระวังของเสียอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย

4.2.6 สรุปผลการทดลอง

1) การลดปริมาณของสิ่งบกพร่อง

สามารถลดสิ่งบกพร่องจากอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอย โดยเมื่อนำข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม 2555 มาเทียบกับข้อมูลหลังปรับปรุงกระบวนการช่วงเดือนพฤษภาคม – มิถุนายน 2555 พบว่าสิ่งบกพร่องลดลงจาก 4.12% เหลือเพียง 1.42% ซึ่งบรรลุเป้าหมายคือต่ำกว่า 2%.

2) ความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้น

ข้อมูลของสิ่งบกพร่องหลังปรับปรุงกระบวนการตั้งแต่ พฤษภาคม – มิถุนายน 2555 สามารถคำนวณค่าคะแนนมาตรฐาน (Process Z Score) ได้เท่ากับ 2.193 สูงขึ้นจากเดิมที่ 1.7375 หรือเพิ่มขึ้น 26.22%

3) วิเคราะห์จุดคุ้มทุนของโครงการ

ในการลดปัญหาอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ลอยได้ใช้แท่งทองเหลืองเป็นอุปกรณ์ช่วยในการประกอบแผงวงจรอิเล็คทรอนิกส์ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสรุปต้นทุนและคำนวณจุดคุ้มทุนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- เงินลงทุนค่าทองเหลืองทั้งหมด 72,000 บาท
- ต้นทุนค่าซ่อมงานที่ลดลงเท่ากับ 25,770 บาทต่อเดือน ซึ่งคิดจากสิ่งบกพร่องที่ลดลงจาก 4.12% เหลือ 1.42%
- คำนวณจุดคุ้มทุนโดยนำเงินลงทุน 72,000 หารด้วยต้นทุนค่าซ่อมงานที่ลดลงต่อเดือน ซึ่งจะได้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน

4.3 เปลี่ยนยี่ห้อดีบุกครีมเพื่อลดต้นทุนในการผลิต .

4.3.1 การกำหนดปัญหา

วัตถุดิบทางอ้อม (Indirect Material) ที่มีค่าใช้จ่ายการสั่งซื้อมากที่สุดคือดีบุกครีม (Solder Paste) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 250,000 บาทต่อเดือน จึงเป็นเหตุผลที่เลือกทำการลดต้นทุนของวัตถุดิบนี้และเมื่อเทียบราคาดีบุกครีมใหม่ที่มีราคาถูกลงกิโลกรัมละ 250 บาท จะสามารถลดต้นทุนค่าวัตถุดิบลงได้ประมาณ 10%

4.3.2 การวัดกระบวนการ

1) ค่าเอนเอียง (Bias) และสมบัติเชิงเส้น (Linearity)

ให้พนักงาน 1 คนทำการวัดค่าความสูงต้นแบบ 3 ค่าคือ 0.10257, 0.12145 และ 0.15052 มม. โดยวัดซ้ำค่าละ 10 ครั้งโดยการทดลองแบบสุ่ม แล้ววิเคราะห์ผล พบว่าค่าเอนเอียงของระบบการวัดมีความเบี่ยงเบนในการวัดค่าความสูงห่างจากค่าอ้างอิงเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่า 2.0% และค่าสมบัติเชิงเส้นพบว่าเปอร์เซ็นต์เชิงเส้นตรงเทียบกับความผันแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 0.6% และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) มีค่าเท่ากับ 81.3% แสดงว่าข้อมูลนี้มีความน่าเชื่อถือ สรุปได้ว่าค่าเอนเอียงและสมบัติเชิงเส้นตรงของระบบการวัดค่าความสูงดีบุกอยู่ในเกณฑ์ดี

2) ความมีเสถียรภาพ (Stability)

เลือกความสูงต้นแบบ 1 ค่าคือ 0.12145 มม. เพราะเป็นความสูงที่ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการศึกษา แล้ววัดความสูง 2 วันต่อครั้งๆละ 5 ข้อมูล โดยเก็บข้อมูล 20 ตัวอย่าง (ตลอดช่วงของงานวิจัย) แล้ววิเคราะห์เสถียรภาพด้วยแผนภูมิควบคุม พบว่าข้อมูลอยู่ภายใต้สภาวะควบคุมของแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยแสดงว่าระบบการวัดมีเสถียรภาพและมีความสม่ำเสมอที่ดี และอยู่ภายใต้สภาวะควบคุมของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยแสดงว่าระบบการวัดไม่มีปัญหาด้านความถูกต้องในค่าวัด จึงสรุปว่าระบบการวัดมีความสามารถในการวัดอย่างสม่ำเสมอภายในระยะเวลาที่กำหนด

3) ความเที่ยงตรง (Precision)

ให้พนักงาน 2 คนวัดค่าความสูงดีบุกของชิ้นงานทั้งหมด 10 ชิ้นจากสายผลิต โดยวัดชิ้นละ 2 ครั้ง ด้วยการทดลองแบบสุ่ม ในตำแหน่งอุปกรณ์ IC-U5 เพราะมีจำนวนจุดเชื่อมต่อ (Pad) มากและระยะห่างของจุดเชื่อมต่อใกล้กันมาก จึงเสี่ยงกับปัญหาการเชื่อมต่อของดีบุกระหว่างจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) หากค่าความสูงดีบุกมากเกินไป แล้ววิเคราะห์ผลได้ดังนี้

3.1) ค่าการแยกประเภทข้อมูล (Number of Distinct Categories) มีค่าเท่ากับ 10 หมายความว่าเครื่องมือวัด

สามารถแยกความแตกต่างข้อมูลได้ 10 ประเภท และตรวจจับความผันแปรในกระบวนการได้ดี

3.2) ค่าความผันแปรเครื่องมือวัด (Contribution) เท่ากับ 1.83 % หมายความว่า ค่าวัดที่ได้จากเครื่องวัดความสูงดีบุกมีความผันแปรเนื่องจากเครื่องมือวัดเพียง 1.83% แสดงว่าสามารถใช้เครื่องวัดนี้ทำการทดลองได้

3.3) อิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่าง พบว่าค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0.962 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานวัดและสิ่งตัวอย่าง

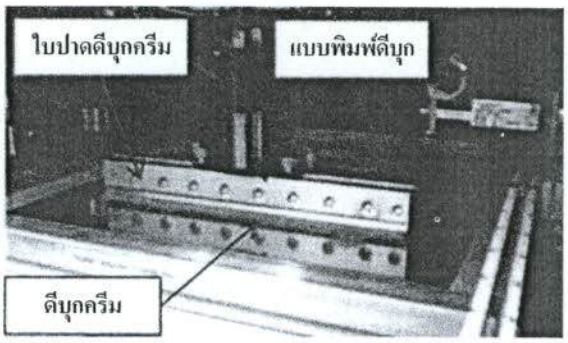
3.4) ปัจจัยพนักงานวัด พบว่าค่าความแตกต่างของประชากร (P-Value) เท่ากับ 0.521 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ หมายความว่าพนักงานทั้งสองคนวัดความสูงดีบุกได้ไม่แตกต่างกัน

4.3.3 การวิเคราะห์กระบวนการ

ดีบุกครีมต่างยี่ห้ออาจมีสมบัติทางเคมีที่เหมือนกันแต่ลักษณะทางกายภาพอาจแตกต่างกันเช่น ความหนืด (Viscosity) หรือขนาดของเม็ดดีบุกที่เป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะส่งผลต่อการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรเพื่อให้ได้ค่าความสูงของดีบุกที่พิมพ์ลงบนชิ้นงานตามต้องการ ดังนั้นต้องทำการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงดีบุกสำหรับการใช้ดีบุกครีมใหม่พร้อมทั้งหาค่าระดับที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัย โดยกำหนดค่าตอบสนองคือค่าความสูงดีบุก (Solder Height) ที่ถูกพิมพ์ลงบนแผงวงจรในตำแหน่งอุปกรณ์ IC-U5 ซึ่งแบ่งปัจจัยดังนี้

1) ปัจจัยควบคุม (Fixed Factor)
- ทดลองในสายผลิตที่ 1
- แบบพิมพ์ (Stencil) ความหนา 0.125 มม.
- ปริมาณดีบุกครีม 500 กรัม
- ใบปาดดีบุกขนาดยาว 30 ซม.

2) ปัจจัยผันแปร (Variable Factor)
- ความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed)
- แรงกดใบปาดดีบุก (Print Force)
- ระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap)
- ความเร็วแยกจาก (Separate Speed)
- ความห่างแยกจาก (Separate Distance)



รูปที่ 11 การพิมพ์ดีบุกลงบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

การทดลอง 5 ปัจจัยด้วยแบบการทดลอง 2^{5-1} แฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Design) โดยกำหนดให้ E = ABCD และทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ด้วยการทำการทดลองแบบสุ่ม ซึ่งกำหนดปัจจัยและค่าระดับดังนี้

A = ความเร็วการปาดดีบุก (ค่าต่ำ = 70 ค่าสูง = 90)
B = แรงกดใบปาดดีบุก (ค่าต่ำ = 6 ค่าสูง = 9)
C = ระยะห่างการพิมพ์ (ค่าต่ำ = 0 ค่าสูง = 1)
D = ความเร็วแยกจาก (ค่าต่ำ = 5 ค่าสูง = 10)
E = ความห่างแยกจาก (ค่าต่ำ = 2 ค่าสูง = 5)

การวิเคราะห์ผลและแยกอันตรกิริยาของคู่แฝดแฝง (Alias) พบว่ามีเพียง 3 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุกคือ ความเร็วการปาดดีบุก แรงกดใบปาดดีบุก และระยะห่างการพิมพ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 การแยกอันตรกิริยาของคู่แฝดแฝง (Alias) ของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความสูงดีบุก

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสูงดีบุก	โครงสร้างของอันตรกิริยาคู่แฝดแฝง (Alias Structure)	จากการแยกสรุปเป็นผลกระทบของปัจจัย
ความเร็วการปาดดีบุก	A + BCDE	ความเร็วการปาดดีบุก (ตามกฎข้อ 1)
แรงกดใบปาดดีบุก	B + ACDE	แรงกดใบปาดดีบุก (ตามกฎข้อ 1)
ระยะห่างการพิมพ์	C + ABDE	ระยะห่างการพิมพ์ (ตามกฎข้อ 1)

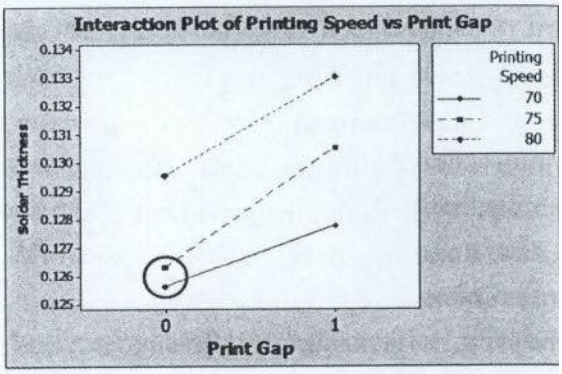
การวิเคราะห์ค่าตอบสนองที่ดีที่สุด (Response Optimization) เพื่อหาค่าระดับของแต่ละปัจจัยให้ใกล้เคียงกับค่าความสูงดีบุกเดิมที่ 0.126 มม. ซึ่งได้ค่ารหัส (Code Unit) คือ A = (−1) B = (1) และ C = (−1) หรือเทียบเป็นค่าตัวแปร (Parameter) คือ ความเร็วการปาดดีบุกเท่ากับ 70 มม./วินาที แรงกดใบปาดดีบุกเท่ากับ 9 กิโลกรัมแรง และระยะห่างการพิมพ์เท่ากับ 0 มม. จากนั้นทดสอบปัจจัยเหล่านี้ด้วยการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปทั่วไป (General Full Factorial Design) ซ้ำอีกครั้ง

4.3.4 การปรับปรุงกระบวนการ

นำปัจจัย A, B และ C ที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกมาแบ่งค่าระดับใหม่ โดยให้คำนึงถึงค่าที่สูงสุดที่ยอมรับได้คือ 0.1297 มม. (ได้ค่า C_{pk} ต่ำสุดเท่ากับ 1.3) ซึ่งได้ค่าระดับของแต่ละปัจจัยคือ

1) ความเร็วการปาดดีบุก แบ่ง 3 ระดับคือ 70, 75 และ 80
2) แรงกดใบปาดดีบุก แบ่ง 2 ระดับคือ 8.5 และ 9.0
3) ระยะห่างการพิมพ์ แบ่ง 2 ระดับคือ 0.0 และ 0.5

ผลวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกมีเพียง 3 ปัจจัยคือความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) ระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) และอิทธิพลร่วมของความเร็วการปาดดีบุกกับระยะห่างการพิมพ์ (Printing Speed x Print Gap) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 12 อิทธิพลร่วมของความเร็วการปาดดีบุกกับระยะห่างการพิมพ์ (Printing Speed x Print Gap)

จากรูปที่ 12 สามารถวิเคราะห์ค่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมคือ หากต้องการความสูงดีบุกใกล้เคียง 0.126 มม. ต้องกำหนดระยะห่างการพิมพ์ (Print Gap) เท่ากับ 0 มม. และความเร็วการปาดดีบุก (Printing Speed) ที่ค่า 70 หรือ 75 มม./วินาที ส่วนแรงกดใบปาดดีบุก (Print Force) ไม่ส่งผลต่อค่าความสูงดีบุกในแบบการทดลองนี้ จึงใช้ได้ทั้ง 8.5 และ 9.0 กิโลกรัมแรง

4.3.5 การควบคุมกระบวนการ

1) พารามิเตอร์เครื่องพิมพ์ดีบุก

กำหนดพารามิเตอร์เครื่องพิมพ์ดีบุกตามตารางที่ 4 เพื่อควบคุมค่าความสูงดีบุกโดยกำหนดความเร็วการปาดดีบุกเท่ากับ 75 มม./วินาที เพื่อจะได้ไม่ส่งผลต่อรอบเวลางานให้สูงขึ้น และแรงกดใบปาดดีบุกเท่ากับ 8.5 กิโลกรัมแรงเพื่อยืดอายุการใช้งานของแบบพิมพ์ดีบุก

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์ของเครื่องพิมพ์ดีบุก

ปัจจัย	ค่าพารามิเตอร์
1. ความเร็วการปาดดีบุก	75 มม./วินาที
2. แรงกดใบปาดดีบุก	8.5 กิโลกรัมแรง
3. ระยะห่างการพิมพ์	0.0 มม.
4. ความเร็วแยกจาก	5.0 มม./วินาที
5. ความห่างแยกจาก	5.0 มม.

2) เฝ้าระวังค่าความสูงดีบุก

เฝ้าระวังค่าความสูงดีบุกด้วยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย (X Bar-R Chart) ในแต่ละสายผลิตทั้งหมด 4 สัปดาห์ พบว่าข้อมูลของทุกสายผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมแสดงว่ากระบวนการอยู่ในสภาวะเสถียร ข้อมูลน่าเชื่อถือ

3) พิจารณาค่าความสามารถกระบวนการ

หาค่า C_{pk} โดยมีข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) เท่ากับ 0.125 +/- 0.015 มม. ได้ค่าเท่ากับ 1.56, 1.37 และ1.60 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับใช้ดีบุกครีมยี่ห้อเดิมแต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ลูกค้ายอมรับที่ค่า C_{pk} ไม่น้อยกว่า 1.30

4) เฝ้าระวังปัญหาการเชื่อมต่อของดีบุกระหว่างจุดเชื่อมข้างเคียง (Solder Bridging) ของอุปกรณ์ IC-U5

เก็บข้อมูลทั้ง 3 สายผลิตตลอดเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่ 0.25% ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับใช้ดีบุกครีมยี่ห้อเดิม แสดงว่าการเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่ไม่ส่งผลให้ของเสียเพิ่มมากขึ้น

4.3.6 สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้มีจุดประสงค์ต้องการเปลี่ยนใช้ดีบุกครีมใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิตลงประมาณ 10% โดยทำการทดลองเพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของดีบุกครีมใหม่ เพื่อให้ได้ค่าความสูงดีบุกไม่แตกต่างจากเดิมและค่า C_{pk} อยู่ในช่วงที่ลูกค้ายอมรับ ซึ่งต้องควบคุมปัจจัยที่ไม่ได้ศึกษาคือความหนาแบบพิมพ์ ปริมาณดีบุกครีมที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ซึ่งกำหนดให้ใส่เพิ่ม 250 กรัม ในทุกๆ 6 ชั่วโมง

5. อภิปรายผล

งานวิจัยทั้ง 3 ส่วนนี้ใช้เทคนิค DMAIC เป็นขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนกำหนดปัญหา (Define) จะมีการตั้งเป้าหมายและกำหนดขอบเขตของการทดลองด้วยเช่น ปัญหาคอนเนคเตอร์ลอยจะทำการแก้ไขเฉพาะส่วนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเท่านั้น ไม่เข้าไปปรับปรุงในส่วนของวัตถุดิบที่ไม่ได้มาตรฐาน ขั้นตอนการวัดกระบวนการ (Measure) จะตรวจสอบว่าปัญหาเกิดจุดใดเพื่อให้ง่ายต่อการแก้ไขและตรวจสอบระบบการวัดผลว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด เพราะถ้าระบบการวัดผลไม่ดีพอ เราจะไม่สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์หรือไปตั้งเป็นเกณฑ์ได้ ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze) ต้องระดมความคิดจากหลายส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อหาว่าสาเหตุน่าจะเกิดจากจุดใดแล้วคิดหาวิธีในการแก้ปัญหา โดยเลือกแก้ไขในสาเหตุที่มีคะแนนลำดับความสำคัญของความเสี่ยงที่สูงก่อน ซึ่งอาจใช้หลักพาเรโตหรือใช้ค่าคะแนนเป็นเกณฑ์ก็ได้ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานตามหลักทางสถิติเพื่อให้ทราบว่าวิธีการใหม่ที่คิดนั้น สามารถแก้ไขปัญหาหรือลดข้อบกพร่องของปัญหาได้หรือไม่ ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve) เริ่มทดลองใช้วิธีการที่ส่งผลต่อค่าตอบสนองในทิศทางที่ดีขึ้น หรือหาค่าระดับที่ดีที่สุดของแต่ละปัจจัยเพื่อใช้ในกระบวนการด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment: DOE) และสุดท้ายคือขั้นตอนควบคุมกระบวนการ (Control) เป็นการเฝ้าระวังกระบวนการที่ปรับปรุงแล้วโดยใช้แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เพื่อให้สามารถปรับเครื่องจักรได้ทันเวลา ไม่ให้เกิดของเสียหรือการสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรหยุด (Downtime) รวมถึงเฝ้าระวังผลกระทบเนื่องจากการปรับกระบวนการผลิตด้วยเช่น หากเปลี่ยนวัตถุดิบเพื่อต้องการลดต้นทุน ก็ต้องเฝ้าระวังปัญหาสิ่งบกพร่องว่าสูงขึ้นตามด้วยหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

[1] เสกสรรค์ นกใหญ่, 2551. **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ**. สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[2] ชัยรัตน์ แจ้งเจนรบ, 2545. **การปรับปรุงคุณภาพของการผลิตชิ้นส่วนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์**.

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[3] สหพร ขำขจร, 2547. **การเพิ่มผลิตภาพการผลิตหัวอ่านเขียนสำหรับฮาร์ดดิสก์**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[4] อรรถพล เฉลิมพลประภา, 2547. **การปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้เทคนิคลีน และซิกส์ซิกมาในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[5] ณัฐนารี แก้วยัง, 2546. **การปรับปรุงค่าซีสกอร์ความสูงของแขนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์โมเดล 10K.7 โดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกม่า**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[6] สมอุษา วรรณฤมล, 2547. **การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องโดยใช้เทคนิคซิกส์ซิกมา**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[7] ศุภกฤต หวังสิทธิเดช, 2552. **การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยวิธีการทางซิกส์ซิกม่า กรณีศึกษาโรงงานประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์**. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[8] ปฐม์พงศ์ พันธ์พิบูลย์, 2552. **การหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการการเคลือบฟิล์มบางโดยการใช้วิธีการทางซิกซ์ซิกม่า**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.