การประยุกต์การวิเคราะห์ระบบการวัดในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์โช๊ค)

Application of Measurement System Analysis in Electronics Industry (Case Study: Choke Product)

อรอุมา ลาสุนนท์ [1*] สุโอปอ หิรัญจิรชีพ[2]
On-Uma Lasunon,[1*] Suopor Hiranchiracheep[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของระบบการวัดในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์โช๊ค) เพื่อลดปริมาณของเสียและลดต้นทุนในกระบวนการผลิต โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ ได้แก่ แผนภูมิพาเรโตและแผนภูมิก้างปลาในการวิเคราะห์ประเภทและสาเหตุของของเสียที่เกิดขึ้น จากนั้นใช้เทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัดในการกำหนดแหล่งความผันแปรของระบบการวัดในกระบวนการผลิต 3 แผนก ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้มีการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานช่วยในกระบวนการเชื่อมตะกั่ว จัดทำมาตรฐานการทำงาน พร้อมทั้งจัดโปรแกรมฝึกอบรมเพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้แก่พนักงานเป็นเวลา 1 เดือน ผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตโช๊คลดลงจากร้อยละ 4.6 เป็น ร้อยละ 2.0

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ระบบการวัด การปรับปรุงคุณภาพ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

Abstract

The purpose of this study is to improve the quality of measurement system in electronics industry (case study: choke product) in order to reduce defects and production cost in the process. The statistical tools, i.e. Pareto diagram and Fishbone diagram were applied to analyze types and causes of defects. Then the measurement system analysis (MSA) was employed in three inspection sections to identify the components of variation in the measurement. To improve the process and reduce the defects, the fixture was designed and used in the dip solder process. The standard working procedure was done. Moreover, the 1-month training program was also provided to the operators. The result showed that the choke's defect was reduced from 4.6% to 2.0%.

Keywords: measurement system analysis, quality improvement, electronics industry

---

[1] อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[2] อาจารย์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1] Lecturer, Department of Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham 44150, Thailand.

[2] Lecturer, Faculty of Industrial Technology, Nakorn Ratchasima Rajabhat University, Mueang District, Nakhorn Ratchasima 30000, Thailand.

[*] Corresponding author: On-Uma Lasunon, Department of Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham 44150, Thailand. Email: onuma.la@msu.ac.th

บทนำ

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์นับเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการส่งออกเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศ[1] แต่ในปัจจุบันอุตสาหกรรมดังกล่าวกำลังประสบปัญหาเรื่องขีดความสามารถในการแข่งขันที่ลดลงเป็นอย่างมาก เนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น การบริหารจัดการการผลิตและต้นทุน การต้องพึ่งพาเทคโนโลยีการผลิตจากต่างประเทศ รวมถึงการเกิดคู่แข่งใหม่ เช่น จีน อินเดีย เวียดนาม ซึ่งมีต้นทุนแรงงานต่ำ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ ทำให้บริษัทต่างชาติที่มีฐานการผลิตอยู่ในประเทศไทยจำนวนหนึ่งได้ว่าจ้างให้บริษัทระดับอุตสาหกรรมชุมชนทำการผลิตและประกอบชิ้นส่วนให้ โดยมีตัวชี้วัดด้านระดับคุณภาพ การส่งมอบตรงเวลาและต้นทุนการผลิต เป็นตัววัดศักยภาพของอุตสาหกรรมชุมชน

อุตสาหกรรมระดับชุมชนส่วนใหญ่มักประสบปัญหาเรื่องศักยภาพในการผลิตชิ้นส่วนที่มีคุณภาพด้วยต้นทุนต่ำ รวมถึงการขาดแรงงานที่มีความเชี่ยวชาญทั้งด้านการผลิตและการตรวจสอบ ดังนั้นผู้ศึกษาเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาและเพิ่มศักยภาพของโรงงานระดับชุมชน ให้มีขีดความสามารถในการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพที่สูงขึ้น โดยทำการศึกษาโรงงานอิเล็กทรอนิกส์หนึ่งแห่งในจังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นโรงงานกรณีศึกษา โรงงานดังกล่าวมีพนักงานประจำและรายวันส่วนใหญ่อาศัยในจังหวัดกาฬสินธุ์และมหาสารคาม โดยโรงงานอุตสาหกรรมแห่งนี้ทำการผลิตผลิตภัณฑ์โช๊ค (choke product) และกำลังประสบปัญหาจำนวนของเสียที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในปัจจุบันมีสัดส่วนของเสียเฉลี่ยประมาณร้อยละ 4.6 ของจำนวนผลิตภัณฑ์ ทั้งหมดที่ทำการผลิต

การศึกษานี้ได้มีการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติได้แก่ แผนภูมิพาเรโต (pareto diagram) และแผนภูมิก้างปลา (fishbone diagram) หรือแผนภูมิเหตุและผล (cause-effect diagram) ซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ประเภท ที่มาและสาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต [2-4] รวมถึงทำการศึกษาเพื่อกำหนดแหล่งความผันแปรของระบบการวัด โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด (measurement system analysis: MSA) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิธีซิกซ์ ซิกมา (six sigma) และเป็นเครื่องมือคุณภาพที่สามารถใช้ในการปรับปรุงคุณภาพการผลิต ลดของเสียและลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ[2-8]

ความผันแปรในระบบการวัด[9]

ความผันแปรในระบบการวัดเป็นลักษณะของความคลาดเคลื่อนของค่าวัดจากสิ่งที่นำมาทำการวัดในกระบวนการวัดหนึ่งๆ ซึ่งค่าจากการวัดจะมีความผันแปรจาก 2 สาเหตุใหญ่ๆ คือ สาเหตุจากธรรมชาติ ซึ่งเป็นลักษณะของความผันแปรภายในทั่วๆไปที่เกิดขึ้นโดยปกติและสามารถคาดการณ์ได้ และสาเหตุผิดพลาดกรณีพิเศษ ซึ่งเป็นลักษณะของความผันแปรภายนอกที่ไม่สามารถคาดการณ์และควบคุมได้ ดังนั้นการศึกษาความผันแปรของระบบการวัดจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการภายใต้สภาวะการควบคุมเพื่อให้ความคลาดเคลื่อนของค่าวัดเป็นผลมาจากสาเหตุธรรมชาติเท่านั้น

ความผันแปรจากระบบการวัด แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ ความผันแปรของตำแหน่ง (location variation) และความผันแปรของความกว้าง (width variation) ซึ่งความผันแปรของตำแหน่งเป็นลักษณะของความแตกต่างระหว่างค่าวัดได้กับค่าจริงของชิ้นงานนั้นๆ หรือเรียกอีกอย่างว่า ความเที่ยงตรง (accuracy) โดยความผันแปรของตำแหน่งสามารถพิจารณาได้จาก 3 ลักษณะ คือ ลักษณะด้านความเอนเอียงหรือไบอัส (bias) ลักษณะด้านความเสถียร (stability) และลักษณะด้านความเป็นเชิงเส้นตรง (linearity) ส่วนความผันแปรของความกว้าง เป็นลักษณะของความผันแปรหรือความแตกต่างของค่าที่ได้จากการวัดชิ้นงานเดิมด้วยเครื่องมือวัดอันเดิม โดยทั่วไปแล้วจะเรียกความผันแปรของความกว้างของระบบการวัดว่า ความแม่นยำ (precision) ซึ่งความผันแปรของความกว้าง สามารถพิจารณาได้จาก 2 ลักษณะ คือ ลักษณะด้านความผันแปรภายในเงื่อนไขของระบบ

การวัด หรือความสามารถในการทำซ้ำ (repeatability) และ ลักษณะด้านความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของระบบการวัด หรือ ความสามารถในการผลิตซ้ำ (reproducibility)

ระบบการวัดที่มีความเที่ยงตรงจะต้องมีความเสถียร ไม่มีความเอนเอียงหรือไบอัส และไม่มีความเป็นเชิงเส้นตรง และระบบการวัดที่มีความแม่นยำจะต้องแยกความผันแปรระหว่างพนักงานวัดและชิ้นงานได้ โดยที่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานวัดและชิ้นงาน[9]

ในการศึกษานี้พิจารณาความผันแปรของระบบการวัด 2 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะด้านความเอนเอียงเพื่อพิจาณาค่าความเที่ยงตรงในการวัด และลักษณะด้านความสามารถในการทำซ้ำเพื่อพิจารณาค่าความแม่นยำในการวัด

ลักษณะด้านความเอนเอียง (bias)

ลักษณะด้านความเอนเอียง เป็นลักษณะของการเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากผลการวัดหลายๆ ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง (reference value) หรือค่าที่แท้จริง ปริมาณความเอนเอียง (bias) เป็นความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัดที่วัดได้บนคุณลักษณะและชิ้นงานวัดเดียวกัน ดังรูปใน Figure 1

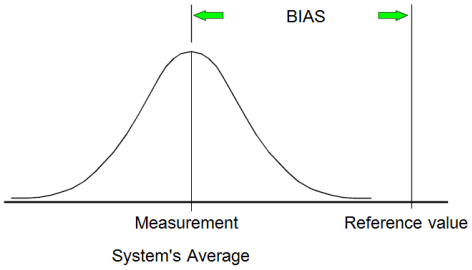

Figure 1 Bias characteristic of measurement System

ระบบการวัดที่ไม่มีความเอนเอียงนั้น พนักงานตรวจสอบทุกคนต้องสามารถตรวจสอบชิ้นงานได้ผลที่เหมือนกันและตรงตามคุณภาพชิ้นงานแท้จริง[8]

ลักษณะด้านความสามารถในการทำซ้ำ (repeatability)

ความผันแปรภายในเงื่อนไขในระบบการวัด หรือความสามารถในการทำซ้ำ หมายถึง ความผันแปรของค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดเดียวกัน ซึ่งใช้โดยพนักงานคนเดียวกัน และวัดค่าชิ้นงานเดิมหลายๆ ครั้ง กล่าวได้ว่า ความสามารถในการทำซ้ำ คือ การที่พนักงานคนเดิมใช้เครื่องมือวัดอันเดิม วัดชิ้นงานเดิมแล้วได้ผลการวัดเหมือนเดิมหรือใกล้เคียงกับค่าเดิมทุกครั้ง ลักษณะของความผันแปรชนิดนี้ แสดงใน Figure 2

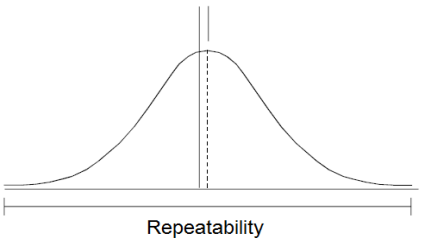

Figure 2 Repeatability characteristic of measurement system

ลักษณะด้านความเอนเอียงและลักษณะด้านความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานแต่ละคน สามารถคำนวณด้วยสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$\%\,\text{bias} = \frac{N_b}{N} \times 100 \qquad (1)$$

$$\%\,\text{repeatabiltiy} = \frac{N_r}{N} \times 100 \qquad (2)$$

ประสิทธิผลของระบบตรวจสอบของพนักงานทุกคน ด้านความเอนเอียง (bias effectiveness) และด้านความสามารถในการทำซ้ำ (repeatability effectiveness) คำนวณได้จากสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ

$$\%\,\text{bias effectiveness} = \frac{N_{be}}{N} \times 100 \qquad (3)$$

$$\%\,\text{repeatabiltiy effectiveness} = \frac{N_{re}}{N} \times 100 \qquad (4)$$

เมื่อ N_b คือ จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนเดิมและถูกต้องตามคุณภาพที่แท้จริง

N_r คือ จำนวนครั้งที่ได้ผลการตรวจสอบเหมือนเดิมโดยไม่จำเป็นต้องถูกต้องตรงตามคุณภาพที่แท้จริง

N_{be} คือ จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนได้ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้องตามคุณภาพที่แท้จริง

N_{re} คือ จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนได้ผลการตรวจสอบเหมือนกันโดยไม่จำเป็นต้องถูกต้องตรงตามคุณภาพที่แท้จริง

N คือ จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ทำการตรวจสอบ

วิธีดำเนินการศึกษา

ขั้นตอนดำเนินการศึกษา มีดังนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โช๊ค (choke product) ด้วยแผนผังกระบวนการผลิต (flow process chart) และวิเคราะห์กระบวนการผลิตด้วยแผนผัง SIPOC (supplier/ input/ process/ output/ customer chart)

2. เก็บข้อมูลลักษณะของเสียและจำนวนของเสียของผลิตภัณฑ์โช๊คทุกรุ่น เป็นระยะเวลา 4 เดือน (มิถุนายน ถึง กันยายน พ.ศ. 2554)

3. วิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหาการเกิดของเสียโดยใช้แผนภูมิพาเรโตและใช้แผนภูมิก้างปลาในการระดมสมองกับทีมวิจัยในการหาที่มาหรือสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

4. วิเคราะห์แหล่งความผันแปรของระบบการวัดจากแผนกตรวจสอบ 3 แผนก คือ แผนกตรวจสอบการพันเส้นลวดทองแดง แผนกตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า และแผนกตรวจสอบสินค้าสำเร็จรูปก่อนส่งงานให้ลูกค้า โดยให้พนักงานตรวจสอบที่มีประสบการณ์แผนกละ 3 คน มาทำการสุ่มตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานตัวอย่าง 30 ชิ้น จำนวน 3 ครั้ง แล้วทำการคำนวณความผันแปรด้านความเอนเอียงและด้านความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานแต่ละคน พร้อมคำนวณประสิทธิผลรวมของพนักงานทุกคนในแต่ละแผนก

5. ทำการปรับปรุงเครื่องมือ จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานและการตรวจสอบ

6. จัดอบรมให้แก่พนักงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้

6.1 ขั้นตอนการเตรียมการ โดยการเตรียมผู้เข้าอบรมให้อยู่ในสภาพที่พร้อม ค้นหาข้อเท็จจริงถึงสิ่งที่ยังไม่รู้เกี่ยวกับงานและกระตุ้นให้มีความสนใจและอยากเรียนรู้งาน

6.2 ขั้นตอนการแสดงให้ โดยการบอกกล่าว การชี้แนะ การตั้งคำถาม และให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการทำงานและความรู้ที่เกี่ยวกับงาน พร้อมทั้งตรวจสอบความเข้าใจ

6.3 ขั้นตอนการทดลองทำเอง มีการทดสอบให้ทดลองทำงานนั้นด้วยตนเองและคอยสังเกตและแก้ไขข้อผิดพลาด จนกระทั่งแน่ใจว่าทำได้

6.4 ขั้นตอนการติดตามผล มีการมอบหมายให้ไปลงมือทำงานด้วยตนเอง แล้วหมั่นตรวจสอบว่าทำได้ถูกต้องตามคำแนะนำ จนกระทั่งแน่ใจว่าทำได้ดีพอจึงใช้วิธีควบคุมการทำงานตามปกติ

7. ทำการวิเคราะห์ความผันแปรด้านความเอนเอียงและความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานตรวจสอบตามขั้นตอนที่ 4 ภายหลังการปรับปรุงงานแล้วเปรียบเทียบผล ก่อนและหลังการปรับปรุง

8. เก็บข้อมูลของเสียหลังการปรับปรุงระบบการวัดและกระบวนการผลิต เป็นเวลา 2 เดือน (พฤศจิกายน ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2555) แล้วเปรียบเทียบสัดส่วนของเสีย ก่อนและหลังการปรับปรุง

ผลการศึกษา

1. ประเภทและสาเหตุของของเสีย

ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์โช๊ค ซึ่งเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำการศึกษา แสดงใน Figure 3

a) b)

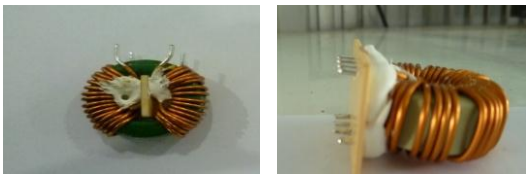

Figure 3 Choke product: (a) top view, (b) side view

จากการเก็บข้อมูลจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ลักษณะของของเสียที่เกิดขึ้นมีหลายประเภท ได้แก่

1. เส้นลวดทองแดงแตก (broken wire)
2. ระยะเคลือบตะกั่วลึกเกินมาตรฐาน (deep solder)
3. เส้นลวดไขว้กัน (tangle wire)
4. ตะกั่วติดชิ้นงาน (lead contamination)

5. การช๊อตของเส้นลวด 1 เส้น (layer fail)
6. การช๊อตของเส้นลวด 2 เส้น (Hi-pot fail)
7. จำนวนรอบของการพันขดลวดไม่ครบ (incomplete wire)
8. ขาลวดสั้น (short leg)

เมื่อทำการการวิเคราะห์สาเหตุของของเสียด้วยแผนภูมิพาเรโตดังแสดงใน Figure 4 พบว่าลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ ชิ้นงานมีระยะเคลือบตะกั่วลึกเกินมาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ 90.3 จากจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด รองลงมาคือเส้นลวดทองแดงแตกและการช๊อตของเส้นลวด 2 เส้น คิดเป็นร้อยละ 4.2 และ 1.7 ตามลำดับ

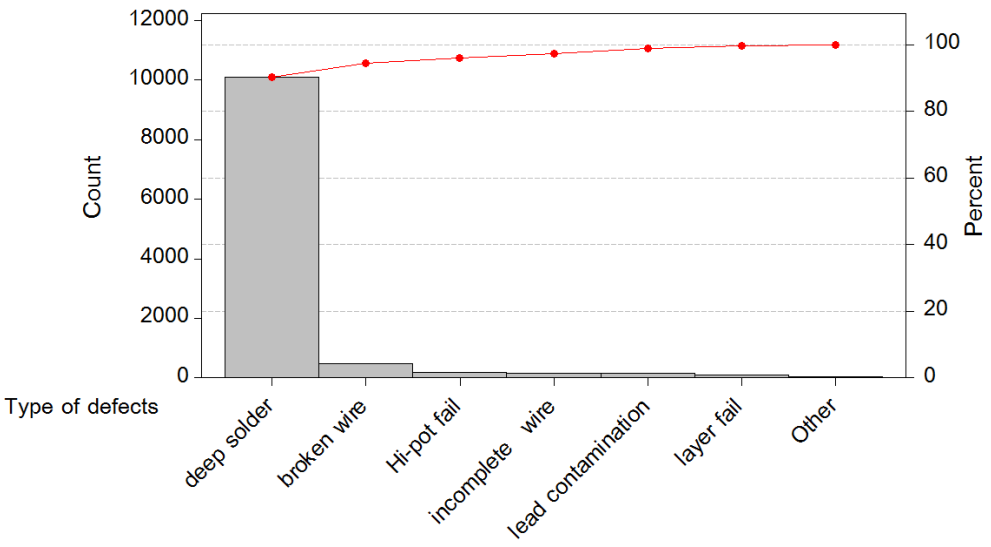

Figure 4 Pareto diagram of type and number of choke's defects

หลังจากวิเคราะห์หาลักษณะของของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุดด้วยแผนภูมิพาเรโตแล้ว จึงนำปัญหาหลักคือ ชิ้นงานมีระยะเคลือบตะกั่วลึกเกินมาตรฐาน (deep solder) มาวิเคราะห์หาสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยที่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพของชิ้นงาน โดยการระดมสมองของทีมผู้ศึกษา วิศวกรและพนักงานในแผนก ผลการวิเคราะห์สาเหตุแสดงได้ดังแผนภูมิก้างปลาใน Figure 5

จะเห็นว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียมาจากสาเหตุสำคัญหลายประการ เช่น การขาดมาตรฐานในการทำงานและการตรวจสอบ พนักงานฝ่ายผลิตและพนักงานตรวจสอบส่วนหนึ่งไม่มีประสบการณ์และขาดความเข้าใจในการทำงาน การตั้งค่าอุณหภูมิในการเคลือบตะกั่วไม่เหมาะสม การเคลือบชิ้นงานผิดด้านวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน สภาพแวดล้อมการทำงานไม่เหมาะสม เป็นต้น

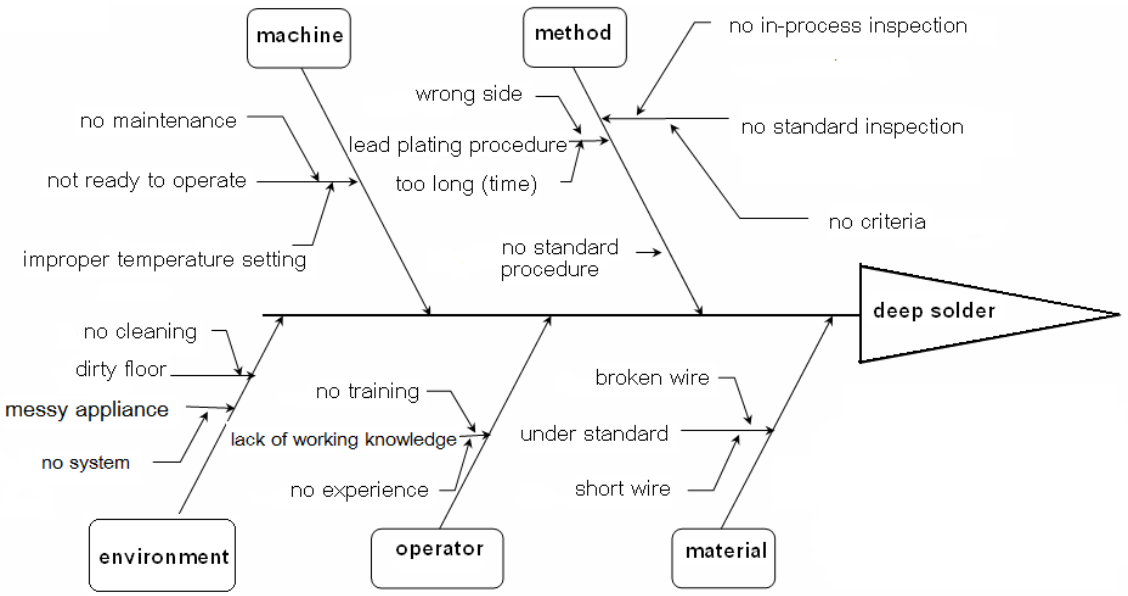

Figure 5 Fishbone diagram indicated cause and effect in deep solder defects

2. แหล่งความผันแปรของระบบการวัด

ในการวิเคราะห์แหล่งความผันแปรของระบบการวัด ได้เลือกแผนกการตรวจสอบ 3 แผนก คือแผนกตรวจสอบการพันเส้นลวดทองแดง (winding inspection section) แผนกตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า (electrical inspection section) และแผนกตรวจสอบสินค้าสำเร็จรูปก่อนส่งงานให้ลูกค้า (finish goods inspection section)

การทดสอบระบบการวัดหรือระบบตรวจสอบได้ทำการคัดเลือกชิ้นงานมา 30 ตัว เพื่อกำหนดความสอดคล้องกับเกณฑ์วิศวกรรมโดยวิศวกรการประกันคุณภาพ และถือว่าคุณภาพดังกล่าวคือมาตรฐาน และจากตัวอย่างที่ได้จะมีชิ้นงานที่มีคุณภาพบกพร่อง 15 ชิ้น อีก 15 ชิ้นเป็นงานที่มีคุณภาพดี โดยบางตัวจะมีคุณภาพแบบก้ำกึ่ง ซึ่งในการทดสอบแต่ละแผนกจะใช้พนักงานที่มีประสบการณ์ 3 คน ทำการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานแต่ละชิ้นแบบสุ่มจำนวน 3 ครั้ง โดยพนักงานแต่ละคนจะต้องระบุว่าชิ้นงานเหล่านั้นผ่านการตรวจสอบ (GO) หรือ ไม่ผ่านการตรวจสอบ (NO GO)

ผลการตัดสินใจคุณภาพของชิ้นงานของพนักงานแต่ละคนในแต่ละแผนกแสดงดัง Table 1 โดย N_r คือ จำนวนครั้งที่ได้ผลการตรวจสอบเหมือนเดิมโดยไม่จำเป็นต้องถูกต้องตรงตามคุณภาพที่แท้จริง N_b คือ จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนเดิมและถูกต้องตามคุณภาพที่แท้จริง จะสังเกตเห็นว่าจำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนได้ผลตรวจสอบเหมือนกันโดยไม่จำเป็นต้องถูกต้องตามคุณภาพที่แท้จริง (N_{re}) และจำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนได้ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้องตามคุณภาพที่แท้จริง (N_{be}) มีค่าเท่ากันและมีค่าค่อนข้างน้อย เมื่อพิจารณาในรายละเอียด พบว่าพนักงานมีแนวโน้มจะปฏิเสธชิ้นงานหรือระบุให้ชิ้นงานนั้นไม่ผ่านการตรวจสอบทั้งที่ชิ้นงานนั้นมีคุณภาพดี

ผลการวิเคราะห์ความผันแปรของระบบตรวจสอบด้านลักษณะความเอนเอียงและความสามารถในการทำซ้ำ ก่อนการปรับปรุงจากทั้ง 3 แผนก คำนวณได้จากสมการที่ (1) ถึง (4) และแสดงผลใน Table 2

Table 1 Summary of decision making results obtained from each operator in three inspection sections before improvement

Inspection Section	N_b			N_r			N_{be}	N_{re}
	Op 1	Op 2	Op 3	Op 1	Op 2	Op 3		
Winding section	15	19	30	15	19	30	12	12
Electrical section	24	39	21	24	30	21	18	18
Finish goods section	24	15	27	24	15	27	6	6

Table 2 Assessment of measurement system before improvement

Inspection Section	Operator	%repeatability	%bias	%repeatability effectiveness	%bias effectiveness
Winding section	1	50%	50%		
	2	63.33%	63.33%	40%	40%
	3	100%	100%		
Electrical section	1	80%	80%		
	2	100%	100%	60%	60%
	3	70%	70%		
Finish goods section	1	80%	80%		
	2	50%	50%	20%	20%
	3	90%	90%		

จากการพิจารณาประสิทธิผลของระบบตรวจสอบของพนักงานทุกคน (%repeatability effectiveness) ในทั้งสามแผนกก่อนการปรับปรุง พบว่าอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ คืออยู่ในช่วง 20% ถึง 60% นั่นแสดงว่า โอกาสที่พนักงานทั้งสามคนจะตรวจสอบชิ้นงานแล้วได้ผลการตรวจสอบเหมือนกันแต่ไม่จำเป็นต้องถูกต้องมีค่าค่อนข้างต่ำ ในขณะที่โอกาสที่พนักงานทั้งสามคนจะได้ผลการตรวจสอบเหมือนกันและเป็นผลที่ถูกต้อง (%bias effectiveness) ก็มีลักษณะเดียวกัน (20% ถึง 60%) ซึ่งหมายความว่าพนักงานตรวจสอบมีการตัดสินใจที่ไม่ตรงกับความเป็นจริงค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในแผนกตรวจสอบสินค้าสำเร็จรูป (20%)

เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายบุคคล พบว่าพนักงานมีค่าความสามารถในการทำซ้ำและค่าความเอนเอียง ตั้งแต่ 50% ถึง 100% สำหรับคนที่ได้คะแนนต่ำๆ จะสังเกตได้ว่ามีแนวโน้มจะตัดสินให้ชิ้นงานเป็นงานบกพร่องหรือคุณภาพไม่ดี ทั้งๆ ที่ผลิตภัณฑ์นั้นมีคุณภาพดี กล่าวคือ มีการปฏิเสธเกินความจริง (over rejection) ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ความไม่เข้าใจในเกณฑ์การตัดสินตามข้อกำหนด ความกลัวผิดพลาดว่าจะปล่อยชิ้นงานที่ไม่ดีออกไปแล้วโดนลูกค้าร้องเรียนเป็นต้น

ระบบการวัดที่ดีนั้นพนักงานทุกคนควรสามารถตรวจสอบชิ้นงานได้ผลที่เหมือนกันและตรงตามคุณภาพชิ้นงานแท้จริงและอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้[9]

3. การปรับปรุงกระบวนการผลิต ระบบการวัดและการประเมินผลหลังการปรับปรุง

ปัญหาของเสียส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเคลือบสารตะกั่วให้ติดกับขางานของผลิตภัณฑ์โช๊ค ทีมวิจัยจึงทำการปรับปรุงออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (fixture) ใหม่ดังแสดงใน Figure 6

a)

b)

Figure 6 Fixtures (a) original design and (b) new design

จากนั้นจัดทำมาตรฐานการทำงานในการควบคุมเครื่องเคลือบสารตะกั่วให้ติดกับขางานขึ้นใหม่ และจัดอบรมให้พนักงานฝ่ายผลิตเพื่อลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น สำหรับปัญหาอันเกิดจากความผันแปรของระบบการวัดที่ได้วิเคราะห์ผลก่อนการปรับปรุงไว้ใน Table 2 โดยสรุปพบว่า พนักงานตรวจสอบบางคนมีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำซ้ำและค่าความเอนเอียงค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์ ดังนั้นจึงทำการค้นหาสาเหตุเกี่ยวกับความผิดพลาดของพนักงานในแต่ละแผนก รวมถึงระบบการตรวจสอบแบบเดิมแล้วจัดฝึกอบรมวิธีการตรวจสอบที่ถูกต้องใหม่เป็นเวลาหนึ่งเดือน จากนั้นทำการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ความผันแปรของระบบตรวจสอบจากพนักงานคนเดิมในทั้งสามแผนก อีกครั้ง ผลการประเมินแสดงใน Table 3 และ Table 4

Table 3 Summary of decision making results obtained from each operator in three inspection sections before improvement

Inspection Section	N_b			N_r			N_{be}	N_{re}
	Op 1	Op 2	Op 3	Op 1	Op 2	Op 3		
Winding section	27	28	30	27	28	30	25	25
Electrical section	29	30	29	29	30	29	28	28
Finish goods section	27	27	27	27	27	27	25	25

Table 4 Assessment of measurement system before improvement

Inspection Section	Operator	%repeatability	%bias	%repeatability effectiveness	%bias effectiveness
Winding section	1	90%	93.33%		
	2	90%	93.33%	83.33%	83.33%
	3	100%	100%		
Electrical section	1	96.67%	96.67%		
	2	100%	100%	93.33%	93.33%
	3	96.67%	96.67%		
Finish goods section	1	90%	90%		
	2	90%	90%	83.33%	83.33%
	3	90%	90%		

จาก Table 4 เมื่อพิจารณาจากค่าประสิทธิผลด้านความสามารถในการทำซ้ำ พบว่า โดยเฉลี่ยความสามารถในการตัดสินใจของพนักงานตรวจสอบทั้งสามคนในแผนกเดียวกันจะได้ผลเหมือนกันค่อนข้างสูง (83.33% ถึง 93.33%) แสดงว่ามีความเที่ยงตรงสูง และเมื่อพิจารณาจากค่าประสิทธิผลด้านความเอนเอียง พบว่า ทุกคนสามารถตัดสินใจได้ผลเหมือนกันและมีความถูกต้องสูงเช่นกัน แสดงว่ามีระดับความแม่นยำสูง และเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายบุคคลในทั้งสามแผนก พบว่าความสามารถในการตัดสินใจดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึกอบรม ดังแสดงใน Figure 7

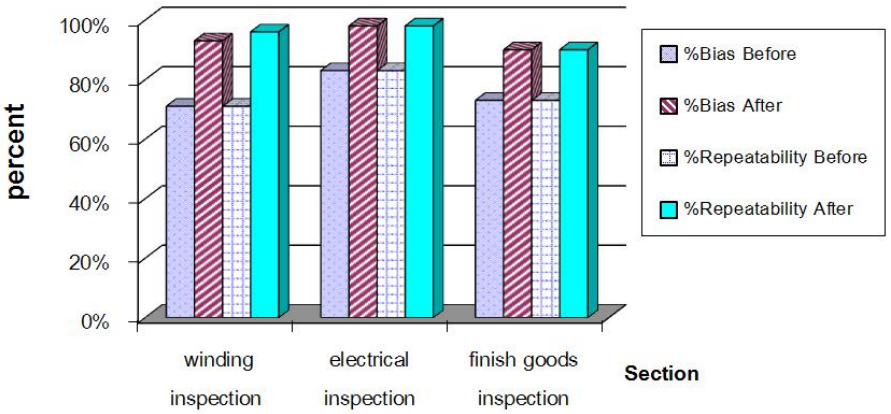

Figure 7 Comparison of average %Bias and average %Repeatability before and after improvement in three inspection sections

4. สัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุง

ภายหลังการจัดทำมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน การพัฒนาอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงาน การฝึกอบรมพนักงานฝ่ายผลิตและพนักงานตรวจสอบ ตลอดจนการควบคุมติดตามให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามมาตรฐาน ได้ทำการเก็บข้อมูลจำนวนการผลิตและจำนวนของเสียของผลิตภัณฑ์โช๊คเป็นเวลา 2 เดือน แล้วเปรียบเทียบสัดส่วนของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง ดังแสดงใน Table 5 พบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียจากร้อยละ 4.6 เป็น 2.0

Table 5 Comparison of defects before and after Improvement

Item	Before (3 months)	After (2 months)
Number of choke products	242,474	91,340
Number of defects	11,187 83-93	1,829
% defect	4.6%	2.0%

สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดและวิธีการของการวิเคราะห์ความผันแปรของระบบการวัด รวมถึงเครื่องมือทางสถิติพื้นฐาน ได้แก่ แผนภูมิพาเรโตและแผนภูมิก้างปลามาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดของเสียของผลิตภัณฑ์โช๊ค ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผลการศึกษาสรุปได้ ดังนี้

1. ของเสียส่วนใหญ่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบสารตะกั่วให้ติดกับขางาน คิดเป็นร้อยละ 90.3

2. จากการวิเคราะห์ความผันแปรของระบบการวัดก่อนการปรับปรุงงาน พบว่าพนักงานตรวจสอบมีความสามารถในการตัดสินใจเรื่องคุณภาพของชิ้นงานทั้งเรื่องความแม่นยำและความเที่ยงตรงค่อนข้างต่ำ (20-60%) ภายหลังการปรับปรุงงานและจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบและการฝึกอบรมพนักงาน พบว่าความสามารถในการตัดสินใจดีขึ้น (83-93%)

3. ผลจากการปรับปรุงเครื่องมือ การฝึกอบรม และการจัดทำมาตรฐานวิธีการทำงานให้แก่พนักงานทำให้ของเสียจากผลิตภัณฑ์โช๊คลดลงจากร้อยละ 4.6 เป็นร้อยละ 2.0

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนายกิตติพงศ์ แก่งจำปาและนายจิรวัฒน์ เจริญรบ สำหรับการศึกษาและเก็บข้อมูลจากโรงงาน

เอกสารอ้างอิง

1. การค้าไทย. “สินค้าออกสำคัญ 10 อันดับแรก”. ได้จาก<http://www2.ops3.moc.go.th/> 15 มิถุนายน 2556.
2. วสันต์ พุกผาสุก และ อรรถกร เก่งพล. การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเก้าพระนครเหนือ, 2551.
3. ศุภกฤต หวังสิทธิเดช. การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยวิธีการทางซิกส์ ซิกม่า: กรณีศึกษาโรงงานประกอบแผงวงจร อิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2552.
4. สิริวดี ไทยด้วง. การลดของเสียในกระบวนการประกอบสายไฟที่ใช้ในการผลิตโทรทัศน์ โดยวิธี Six Sigma กรณีศึกษา: โรงงานผลิตสายไฟประกอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2551.
5. กฤษดา ตันฮะเส็ง, ยุวดี ป้อมเสมาพิทักษ์, นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร. การประยุกต์ใช้เทคนิคซิกส์ซิกม่าเพื่อค้นหาสาเหตุหลักที่มีผลต่อตัวแปรคุณภาพและลดของเสียในโรงงานผลิตอุปกรณ์กึ่งตัวนำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเก้าพระนครเหนือ; 2547.
6. ชิต เหล่าวัฒนา, ณัฐพงศ์ วุฒิกร. การปรับปรุงคุณภาพระบบการวัดความสั่นสะเทือนของสปินเดิลมอเตอร์โดยผ่านแนวทางซิกส์ซิกม่า. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 2544; 24(3): 247-67.
7. พยุงศักดิ์ ชาลีกุล. การลดความผันแปรจากระบบการวัดสำหรับผลิตภัณฑ์แขนจับหัวอ่านในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2551.
8. ศุภชาติ ขมหวาน. การศึกษาความผันแปรในการวิเคราะห์ระบบการวัดและการประยุกต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2552.
9. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. หลักการการควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550.