บทที่ 2

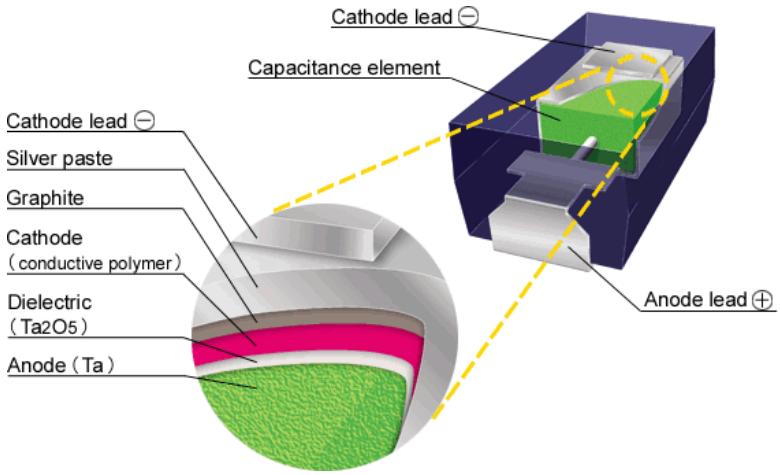
วรรณกรรมและปริทรรศน์

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความรู้พื้นฐานทางด้านชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งหมด รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ได้แก่ การแก้ไขปัญหาโดยใช้คิวซี (QC) เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools) เครื่องมือคุณภาพใหม่ 7 อย่าง (7 New QC Tools) เทคนิคการวิเคราะห์ Why – Why Analysis และการออกแบบการทดลอง

2.1 ความรู้พื้นฐานทางด้านชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์

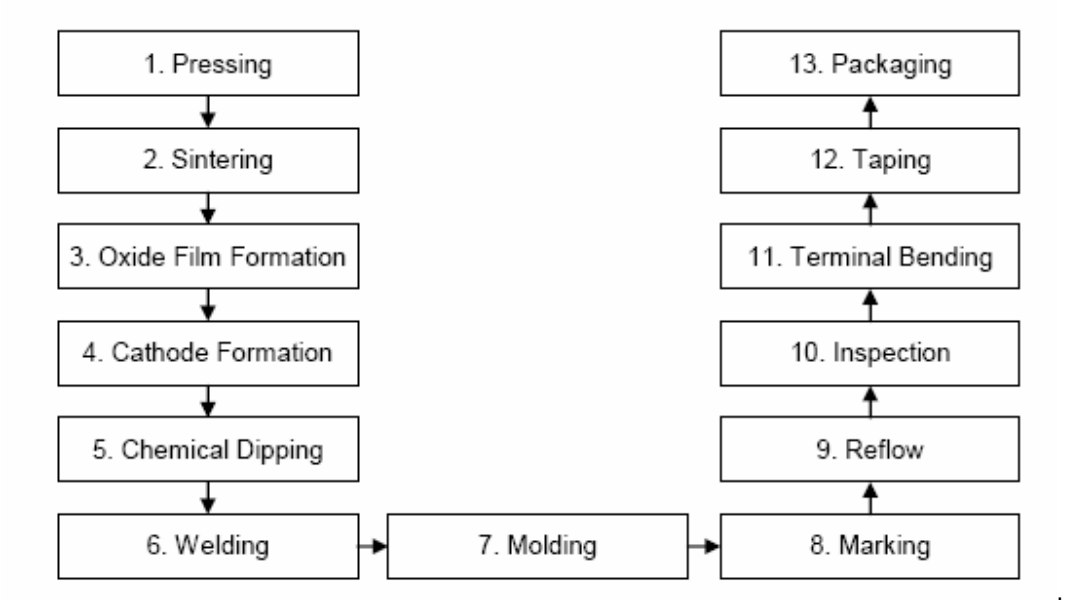
ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์คืออะไร ? (What is Chip Tantalum Capacitors)

จากหนังสือ NEC Capacitor Data Book (2002) กล่าวว่า ชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์คือตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวเก็บประจุชนิดชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์ประกอบด้วยผงแทนทาลัมละเอียดที่ถูกอัดเป็นเม็ด ทำหน้าที่เป็นขั้วบวกที่มีความพรุนสูง มีพื้นที่ประสิทธิผล (Effective area) ที่ครอบคลุมด้วยชั้นกึ่งฉนวนของชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาอาโนไดเซชั่น (Anodization) ซึ่งขั้วลบประกอบไปด้วยชั้นแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO2) หรือชั้นโพลีเมอร์ (Polymer) ชั้นกราไฟต์ (Graphite) ชั้นซิลเวอร์เพลส (Silver plate) ส่วนขั้วภายนอกหรือขางานจะถูกเชื่อมต่อกับชั้นซิลเวอร์เพลสนี้ โครงสร้างของชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์มีส่วนประกอบดังนี้



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของชิปแทนทาลัมคาปาซิเตอร์

2.1.1 กระบวนการผลิตผลิตตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม



ภาพที่ 2.2 กระบวนการผลิตตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม

1) การอัด (Pressing) เป็นกระบวนการขึ้นรูปผงแทนทาลัมโดยการบีบอัดตามขนาด และน้ำหนักที่ถูกออกแบบไว้

2) การเผา (Sintering) เป็นกระบวนการขึ้นรูปโดยการให้ความร้อนเพื่อให้อนุภาคเล็ก ๆ ของผง ผงแทนทาลัมยึดติดกันเพิ่มความแข็งแรง

3) การสร้างชั้นออกไซด์ (Oxide film formation) เป็นกระบวนการสร้างชั้นฉนวนที่ผิวของผงแทนทาลัม

4) การสร้างขั้วลบ (Cathode formation) เป็นกระบวนการสร้างชั้นขั้วลบทับที่ผิวของชั้นออกไซด์

5) การจุ่มสารเคมี (Chemical dipping) เป็นกระบวนการสร้างชั้นรอยต่อผิวของขั้วลบ

6) การเชื่อม (Welding) เป็นกระบวนการประกอบกับขางาน

7) การทำโมลด์ (Molding) เป็นกระบวนการสร้างชั้นห่อหุ้มและป้องกันด้วยเรซิน (Resin)

8) การทำเครื่องหมาย (Marking) เพื่อการระบุชนิดของงานโดยการทำเครื่องหมายลงบนผิวภายนอกของตัวเก็บประจุ

9) การทำรีโฟล์ว (Reflow) เป็นกระบวนการให้ความร้อนกับงาน เพื่อคัดแยกตัวเสียประเภทลัดวงจร

10) การตรวจสอบ (Inspection) เป็นกระบวนการวัดและคัดงานเสียทิ้ง

11) การพับขางาน (Terminal bending) เป็นกระบวนการพับขางานเพื่อให้ตัวเก็บประจุอยู่ในรูปแบบที่พร้อมใช้งาน

12) การทำเทป (Taping) เป็นกระบวนการบรรจุชิ้นงานลงในเทป

13) การบรรจุ (Packaging) เป็นกระบวนการสุดท้าย โดยการบรรจุตัวเก็บประจุลงกล่องเพื่อความสะดวกในการขนส่งและเคลื่อนย้าย

2.2 การแก้ไขปัญหาโดยใช้วิธีคิวซี (QC Story)

ฮิโตชิ คุเมะ (2543) และคัทซึยะ โฮโซตานิ (2545) ในกระบวนการปรับปรุงอย่างมีประสิทธิผล จะต้องมีการดำเนินการโดยมีลำดับขั้นตอนที่ดีอย่างเป็นระบบ อิงข้อมูล อิงเหตุผล อิงความรู้เชิงวิชาการ กระบวนการนี้นิยมเรียกกันว่าเรื่องราวของคิวซี (QC Story) ซึ่งมีทั้งหมด 8 ขั้นตอน ด้วยกันดังนี้คือ ขั้นตอนที่ 1 ระบุตัวปัญหา ขั้นตอนที่ 2 ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา และตั้งเป้าหมาย ขั้นตอนที่ 3 วางแผนกิจกรรม ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนที่ 5 พิจารณามาตรการแก้ปัญหาและนำไปปฏิบัติการ ขั้นตอนที่ 6 ประเมินผลการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 7 จัดทำเป็นมาตรฐานการปฏิบัติ และจัดทำวิธีการควบคุม หรือย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 3 หรือ 4 ขั้นตอนที่ 8 สรุปผล ทบทวนขั้นตอนการแก้ปัญหา และวางแผนงานต่อไป

2.2.1 ระบุตัวปัญหา (Define the Problem)

เป็นขั้นตอนดำเนินการในการกำหนดหัวข้อเรื่องที่แสดงให้เห็นถึง วัตถุประสงค์ หรือความมุ่งมั่นตั้งใจที่จะปรับปรุง หรือหัวข้อปัญหาที่อยากจะแก้ไขปรับปรุง

จุดสำคัญของขั้นตอนที่ 1 คือ หัวข้อเรื่องต้องแสดงให้เห็นถึงปัญหา นอกจากนี้การตั้งชื่อหัวข้อควรจะระบุว่าผลของการปรับปรุงปัญหา (ผลของการทำงาน) คืออะไร และมีปัญหาเกิดขึ้นที่ไหนให้ชัดเจน

การคัดเลือกหัวข้อปัญหาที่ดี ต้องอาศัยเทคนิคช่วยในการคัดเลือกปัญหา ได้แก่

1) การตรวจสอบบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานตนเอง
2) ตรวจนโยบายและวัตถุประสงค์ขององค์กร
3) ระบุและรวบรวมรายการปัญหา
4) ประเมินตัวปัญหาและคัดเลือกหัวข้อ

2.2.2 ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา และตั้งเป้าหมาย (Understand Situation and Set Target)

ทำการสำรวจสถานะการณ์ในปัจจุบัน เพื่อตั้งเป้าหมายในการทำงาน มีขั้นตอน 3 ขั้นตอน

1. พิจารณาเลือกดัชนีวัดสำหรับควบคุม

ดัชนีวัดต้องสะท้อนวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงได้ถูกต้อง ตรงจุด มีสูตรการคำนวณหรือนิยามของการวัด และมีหน่วยนับที่แน่นอน จุดมุ่งหมายของการมีดัชนีวัดเพื่อ ทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลที่ต้องการได้ แสดงให้เห็นสถานะภาพปัจจุบันของปัญหาที่จะปรับปรุงด้วยข้อมูล แสดงให้เห็นความคืบหน้าในระหว่างดำเนินการปรับปรุง ช่วยให้สามารถตรวจสอบประสิทธิผลของการปรับปรุงได้เป็นตัวเลข ทำให้รู้ว่าระดับคุณภาพของภายหลังการปรับปรุงดีพอแล้วหรือยัง มีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงให้ดีหรือไม่

2. ทำความเข้าใจสถานะการณ์ของปัญหา

รวบรวมข้อมูลตามสูตรคำนวณหรือนิยามต่าง ๆ ตรวจสอบสถานะภาพที่เป็นอยู่และแนวโน้มที่ผ่านมาจากอดีตถึงปัจจุบันด้วยข้อมูลจริง รวมทั้งแยกแยะแจกแจงประเภท หรือลักษณะของปัญหาออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อให้ง่ายต่อการหาสาเหตุและรวบรวมข้อมูลอีกครั้ง เพื่อแสดงน้ำหนักของแต่ละลักษณะปัญหา

มีการเข้าใจในสภาพปัจจุบันได้อย่างถูกต้อง จะต้องรวบรวมข้อมูลจริงนำมาวิเคราะห์ ห้ามใช้ความรู้สึกหรืออัตตวิสัย และจะต้องมีการแจกแจงแยกแยะลักษณะของปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกันให้เป็นกลุ่ม หมวด หมู่ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ และพึงระลึกเสมอว่าปัญหาแต่ละอาการหรือแต่ละลักษณะเกิดจากสาเหตุที่ไม่เหมือนกันการแยกแยะแจกแจงอาการของปัญหาที่ไม่เหมาะสมอาจจะทำให้เป็นอุปสรรค ในขั้นตอนวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแต่ละอาการได้

3. การกำหนดเป้าหมายและกำหนดเสร็จ

การกำหนดดัชนีวัดเป้าหมาย เพื่อแปลวัตถุประสงค์ของหัวข้อที่ตั้งใจจะปรับปรุง ให้มีความหมายที่แน่นอน ชัดเจน เป็นรูปธรรม และวัดค่าได้ เพื่อช่วยให้ทุกคนเกิดความเข้าใจวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงได้ถูกต้องตรงกันอย่างถ่องแท้ ช่วยลดความกำกวมอันเนื่องมาจากภาษาพูด ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เป้าประสงค์ ของการดำเนินการปรับปรุง เบี่ยงเบนหลุดออกไปจากวัตถุประสงค์ที่แท้จริงได้ การกำหนดเป้าหมายคือการคาดหวังหรือต้องการอยากให้ได้ผลของการปรับปรุงเป็นเท่าไร ภายในกำหนดเวลาเมื่อใด

เป้าหมาย คือตัวเลขที่แสดงระดับของการปรับปรุง ซึ่งต้องวัดและประเมินเทียบกับอดีตได้ การตั้งเป้าหมายและกำหนดเสร็จตามเป้าหมายย่อมขึ้นอยู่กับเงื่อนไขสภาพแวดล้อม บุคลากร เวลา และความเร่งด่วนของปัญหา การตั้งเป้าหมายที่ดีต้องมีประเด็นสำคัญ 2 ข้อ คือ

1) จะทำอะไร (What) ระบุลักษณะจำเพาะสำหรับควบคุมลงไปให้ชัดเจน

2) จะเสร็จภายในเมื่อใด (by When) กำหนดวัน เดือน ปี ที่จะทำเสร็จลงไป

3) ปริมาณที่ต้องการ (By How much) ระบุเปอร์เซ็นต์, จำนวนหน่วย หรือมูลค่าที่นับได้

2.2.3 วางแผนกิจกรรม (Plan Activities)

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดรายการกิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องทำ เพื่อให้มั่นใจว่ากระบวน การแก้ปัญหาจะดำเนินไปได้อย่างราบรื่น ถูกต้องและสมบูรณ์ หลักการสำคัญ คือ ใคร (Who) และทำอย่างไร (How) การวางแผนมีขั้นตอน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ตกลงใจเลือกกิจกรรมที่ต้องทำ
2) กำหนดตารางทำกิจกรรม
3) เขียนแผนกิจกรรม

2.2.4 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Cause Analysis)

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ก็คือการค้นหาปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในกระบวนการทำงานที่ไม่ดี และเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาอาการต่าง ๆ แล้วแจกแจงสาเหตุต่าง ๆ ของปัญหาแต่ละอาการ พร้อมทั้งระบุด้วยว่าสาเหตุใดทำให้เกิดปัญหาอาการใด สักเท่าไร

จุดสำคัญของขั้นตอนที่ 4 คือการปรับปรุงหรือการแก้ไขปัญหาที่จะทำในขั้นตอนต่อไป จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในขั้นตอนนี้ เพราะปัญหาจะแก้ไขได้ก็ต่อเมื่อสาเหตุได้รับการแก้ไข จะต้องพยายามค้นหาสาเหตุที่น่าจะเกี่ยวข้องกับปัญหาออกมาให้ครอบคลุมมากที่สุด และจะให้ข้อมูลจริงในการระบุว่าสาเหตุใดทำให้เกิดปัญหามากน้อยสักเท่าใด หากใช้ข้อมูลจริงไม่ได้ให้ระบุข้อมูลเชิงสมมติฐาน จากการระดมความคิด

กระบวนการวิเคราะห์สาเหตุนั้น สามารถแบ่งย่อยเป็นขั้นตอนที่สำคัญได้ดังนี้

1) สรุปความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะจำเพาะทางคุณภาพและสาเหตุ โดยอาศัยผังแสดงเหตุและผล
2) ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของสาเหตุเหล่านั้น
3) สรุปผลการวิเคราะห์

4) ตัดสินใจว่าจะลงมือแก้ไขที่สาเหตุประเด็นใด

2.2.5 พิจารณามาตรการแก้ไขปัญหา และนำไปปฏิบัติ (Consider and Implement Countermeasure)

การคิดค้นมาตรการแก้ไขที่สาเหตุ วางแผนปฏิบัติการ และทบทวนเป้าหมายคือ การระดมความคิด ค้นหามาตรการแก้ปัญหาหรือวิธีการทำงานใหม่ ๆ ที่จะนำมาดำเนินการปรับปรุงเพื่อแก้ไขหรือลดปัญหาที่สาเหตุสำคัญ ๆ พร้อมทั้ง วางแผนปฏิบัติการอย่างรอบคอบรัดกุม

จุดสำคัญของขั้นตอนที่ 5 คือจากขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา จะต้องมีการระบุปัญหาที่สำคัญอย่างน้อย 2-3 สาเหตุ โดยสามารถทราบได้จากการเก็บข้อมูลความถี่ของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา จากนั้นก็ต้องหามาตรการเพื่อแก้ปัญหาให้ตรงจุดที่เป็นสาเหตุสำคัญ ๆ เสมอ มาตรการจะต้องเป็นรูปธรรมและสามารถปฏิบัติได้ทันที สำหรับการคัดเลือกมาตรการที่จะนำมาดำเนินการก่อนนั้น อาจพิจารณาจากผลตอบแทนที่ได้หรือความเป็นไปได้ในการดำเนินการสำหรับการวางแผนการปฏิบัติการจุดสำคัญคือ จะต้องมีการระบุให้ชัดเจนว่า ใคร ทำอะไร ที่ไหน อย่างไร เท่าไร และเมื่อไร สุดท้ายจะต้องมีการตั้งเป้าหมายในการดำเนินการว่าจะทำให้ปัญหาลดลงมากน้อยเพียงใด ซึ่งน่าจะลดไม่เกินจำนวนความถี่ที่เกิดสาเหตุของปัญหา

2.2.6 ประเมินผลการแก้ปัญหา (Check Result)

ขั้นตอนที่ 6 หลังดำเนินการตามแผนแล้วทำการตรวจสอบประสิทธิผล ปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลแสดงประสิทธิผลที่เกิดขึ้นนำมาเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง ดูว่าได้ผลมากน้อยเพียงไร บรรลุเป้าหมายที่คาดหวังไว้หรือไม่

จุดสำคัญของขั้นตอนที่ 6 คือการแสดงประสิทธิผลหลังการปฏิบัติงานตามแผนการปรับปรุง เพื่อเปรียบเทียบกับก่อนการดำเนินการปรับปรุง และจะต้องพิสูจน์ให้ได้ว่าประสิทธิผลเกิดขึ้นจากมาตรการปรับปรุงที่ได้ดำเนินการไป ไม่ใช่หาเหตุผลไม่ได้ แนวทางในการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง อาจจะใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูล เช่น พาเรโต กราฟหรือฮิสโตแกรม เป็นต้น

การประเมินผลการแก้ปัญหามีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) ตรวจสอบผลหลังการปรับปรุง
2) เปรียบเทียบผลกับเป้าหมายที่วางไว้
3) ระบุคุณประโยชน์ที่ได้รับ

2.2.7 จัดทำเป็นมาตรฐานการปฏิบัติ และจัดทำวิธีการควบคุม (Standardize and Establish Control)

ในกรณีที่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจแล้ว ก็สร้างมาตรฐานใหม่ให้เป็นเครื่องมือป้องกันมิให้ปัญหาที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขไปแล้ว ย้อนกลับไปสู่สภาพเดิมอีก หากเป็นกรณีผลยังไม่เป็นที่น่าพอใจก็ย้อนกลับไปดำเนินการขั้นตอนที่ 3 หรือ 4 อีกครั้ง

จุดสำคัญของขั้นตอนที่ 7 มีดังนี้สำหรับการสร้างมาตรฐานนั้นสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณสมบัติวัสดุและผลิตภัณฑ์ ข้อกำหนดเกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติงานตลอดจนวิธีการจัดเรียงจัดวาง และข้อกำหนดที่เกี่ยวกับคุณภาพของผลงาน ดังนั้นแนวทางในการสร้างมาตรฐานใหม่ ตัวอย่างเช่น การแก้ไขข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณสมบัติวัสดุและผลิตภัณฑ์ลงในเอกสารที่เกี่ยวข้อง การนำมาตรการหรือวิธีการที่คิดค้นขึ้นมาใหม่ ไปแก้ไขหรือเขียนเป็นเอกสารมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานแล้ว การแก้ไขข้อกำหนดระดับใหม่ของคุณภาพของผลงาน พร้อมทั้งระบุรายการ และจุดควบคุมที่เกี่ยวข้อง หรือการประดิษฐ์เครื่องมือหรือกลไกช่วยป้องกันการหลงลืมบ้างหรือไม่ อาทิ เครื่องหมายชี้ ตีเส้นแบ่งเขต จิ๊ก แผนผัง เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องมีการประกาศแจ้งหรือฝึกอบรมให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกหน่วยงาน ได้ทราบและเข้าใจอย่างทั่วถึง พร้อมทั้งติดตามว่ามาตรฐานใหม่ได้นำไปปฏิบัติอย่างแท้จริง และระดับคุณภาพของผลงาน ว่าเป็นไปตามเกณฑ์ใหม่ หรือมีความยั่งยืนหรือไม่

การสร้างมาตรฐานและจัดทำวิธีการควบคุม มีขั้นตอนดังนี้

1) ประกาศมาตรฐานการปฏิบัติชั่วคราวให้เป็นทางการ

2) พิจารณาเลือกวิธีการควบคุม

3) แผยแพร่มาตรฐานให้ทั่วถึง

4) จัดฝึกอบรมบุคคลที่ต้องนำมาตรฐานนี้ไปใช้

5) ตรวจสอบผลของมาตรฐานใหม่ว่ายังคงอยู่หรือไม่

2.2.8 สรุปผล ทบทวนขั้นตอนการแก้ปัญหา และวางแผนงานต่อไป (Conclusion, Review the problem solving procedure and next plan)

หลังจากได้ดำเนินการปรับปรุงจนบรรลุเป้าหมายเป็นที่น่าพอใจแล้ว ตรวจตราดูว่ายังมีประเด็นปัญหาใดบ้างที่ยังหลงเหลือ จะนำมาปรับปรุงต่อไปอีกหรือไม่ หรือจะเปลี่ยนไปหาหัวข้อใหม่นำมาปรับปรุงต่อไป

จุดสำคัญของขั้นตอนที่ 8 คือการปรับปรุงคุณภาพงานไม่ควรที่จะหยุดนิ่ง และการปรับปรุงคุณภาพงานถือเป็นการยกระดับสถานที่ทำงานและคุณภาพชีวิตพนักงานอีกด้วย

2.3 เครื่องมือคิวซีทั้ง 7 (The 7 QC Tools)

ฮิโตชิ คุเมะ (2543) เครื่องมือ 7 อย่างของคิวซี (The 7 QC Tools) ใช้เพื่อช่วยให้การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ปัญหา ตลอดจนการคิดค้นมาตรการแก้ปัญหา เป็นไปได้โดยสะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เครื่องมือดังกล่าวประกอบด้วย แผ่นบันทึกข้อมูล (Check Sheet) ผังผาเรโต (Pareto Analysis) ฮิสโตแกรม (Histogram) ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram) กราฟ (Graph) ผังสหสัมพันธ์ (Scatter Diagram) แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

การประยุกต์ชุดเครื่องมือแก้ปัญหา 7 อย่าง สามารถจำแนกการใช้ชุดเครื่องมือแก้ปัญหานี้ออกเป็น 3 กลุ่มการประยุกต์ใช้ดังนี้คือ

1. ชุดเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูล จุดประสงค์ คือ การศึกษาสิ่งตัวอย่าง เพื่อการพิจารณาว่าประชากรที่พิจารณาได้รับการทำให้เป็นมาตรฐานแล้วหรือไม่ ชุดเครื่องมือสำหรับจุดประสงค์นี้ประกอบด้วย พาเรโต สำหรับข้อมูลที่มีการแยกประเภท กับแผนภูมิควบคุม สำหรับข้อมูลที่ไม่มีการแยกประเภท
2. ชุดเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความผันแปรในข้อมูล จุดประสงค์ของเครื่องมือกลุ่มนี้ คือ ใช้ทั้งในการศึกษาแบบยกสิ่งตัวอย่าง และการวิเคราะห์ในจุดประสงค์การศึกษาเครื่องมือแก้ปัญหาที่ใช้คือ ใบตรวจสอบกับ ฮีสโตแกรม ส่วนการวิเคราะห์นั้นจะใช้แผนภูมิควบคุม ในการแยกสาเหตุแบบไม่ธรรมชาติออกจากความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ
3. ชุดเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์สาเหตุและผล จุดประสงค์เพื่อการวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาแทน จะประกอบด้วยเครื่องมือ แผนภาพก้างปลา สำหรับการกำหนดสมมุติฐานของสาเหตุการพิสูจน์ และผลโดยอาศัยแผนภาพการกระจาย ฮีสโตแกรม และกราฟ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือคิวซีทั้ง 7 มาใช้ในการชี้บ่ง วิเคราะห์ ค้นหามาตรการในการแก้ไขและ ควบคุมปัญหา

2.3.1 ผังพาเรโต (Pareto Analysis)

ฮิโตชิ คุเมะ (2543) ผังพาเรโต คือเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ และเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาหรือสาเหตุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานที่ทำงานหนึ่ง ๆ เช่น เรียงลำดับความสำคัญของลักษณะ

ต่าง ๆ ของสินค้าบกพร่อง, ประเภทต่าง ๆ ของข้อร้องเรียนจากลูกค้า, ประเภทต่าง ๆ ของการเกิดอุบัติเหตุ, ประเภทต่าง ๆ ของเครื่องจักรที่ชำรุดบ่อย ๆ เป็นต้น

ผังพาเรโตจะเป็นการนำปรากฏการณ์ที่เป็นมา หรือสาเหตุ ทั้งหลายเหล่านั้นมาแยกแยะประเภทหรือแจกแจงให้เป็นกลุ่ม แล้วเรียงลำดับตามค่าของข้อมูลจากมากไปหาน้อยในแนวนอน และแสดงค่าความมากน้อยนั้น ด้วยความสูงของกราฟแท่ง และแสดงค่าสะสมของข้อมูลด้วยกราฟเส้น

2.3.2 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุมคือ แผนภูมิที่ใช้สำหรับเฝ้าติดตามค่า ของตัวแปรที่ต้องการควบคุมว่าเกิดความผันแปรเกินพิกัด (ขีดจำกัด) ที่กำหนดไว้หรือไม่ และความผันแปรนั้นมีแนวโน้มอย่างไร

ลักษณะของแผนภูมิควบคุมจะคล้ายกราฟเส้น แต่เนื่องจากมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อเฝ้าติดตามดูความผันแปรของค่าของข้อมูล จึงประกอบด้วยเส้นพิกัดบน เส้นพิกัดล่าง และเส้นกลาง แผนภูมิควบคุมมีประโยชน์ดังนี้

1. ใช้เฝ้าติดตามดูว่า ตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการทำงานที่มีค่าอยู่ในพิกัดที่ต้องการหรือไม่
2. ใช้เฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่ต้องการควบคุมว่า มีแนวโน้มอย่างไร ทำ ให้ทราบได้ล่วงหน้าว่ามีแนวโน้มจะเกิดปัญหาหรือไม่ และไม่สามารถคิดมาตรการและลงมือป้องกันแก้ไขได้อย่างทันท่วงที ก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้น
3. ให้เปรียบเทียบผลก่อน และหลังการแก้ไขปัญหา

2.3.3 แผ่นบันทึกข้อมูล (Check Sheet)

แผ่นบันทึกข้อมูล คือแบบฟอร์มหรือตารางที่มีการออกแบบเอาไว้ล่วงหน้า เพื่อในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีแนวทางในการออกแบบใบรายการตรวจสอบที่สำคัญ 3 ประการดังนี้

1. ช่วยให้สามารถเก็บข้อมูลได้ ครบถ้วน ตรงตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งาน
2. ช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลทำได้ สะดวก ง่ายดาย และถูกต้องแม่นยำ
3. ช่วยให้สามารถอ่านข้อมูลแล้วเข้าใจได้ทันที และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สะดวก

2.3.4 ฮิสโตแกรม (Histogram)

ฮิสโตแกรม คือผังภาพที่แสดงการกระจายตัวของข้อมูลชุดใดชุดหนึ่ง ซึ่งแสดงคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ความยาว น้ำหนัก อุณหภูมิ เป็นต้น แกนนอนของฮิสโตแกรมจะแสดงค่าของ

ข้อมูลซึ่งแบ่งออกเป็นช่วงที่มีขนาดเท่ากัน (อันตรภาคชั้นหรือช่วงชั้น) และให้ความสูงของกราฟแท่งแสดงแทนความถี่ (จำนวน) ของข้อมูลที่มีค่าอยู่ในช่วงชั้นเดียวกัน

2.3.5 กราฟ (Graph)

กราฟ คือ เครื่องมือสำหรับใช้ในการแสดงข้อมูลที่เป็นตัวเลขออกมาให้เป็นภาพ เพื่อสะดวกในการวิเคราะห์ ข้อมูลที่เป็นตัวเลขทุกประเภทสามารถนำเสนอในรูปกราฟได้

ข้อดีของกราฟ คือเขียนง่าย อ่านง่าย เข้าใจง่าย ช่วยให้ตีความหมายของข้อมูลได้รวดเร็ว สามารถเปรียบเทียบข้อมูลหลาย ๆ ชุดให้เห็นความแตกต่างได้ชัดเจน กราฟที่นิยมใช้กันแพร่หลายและเป็นที่คุ้นเคยกันดี เช่น กราฟเส้น กราฟแท่ง กราฟวงกลม และกราฟเรดาร์ เป็นต้น

กราฟเส้น จะใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงค่าหรือสังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าข้อมูลตามช่วง เวลาต่างๆ ตามปกติจะให้แกนตั้งแสดงค่าข้อมูล และแกนนอนแสดงลำดับของเวลา เมื่อโยงค่าของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาด้วยเส้น ก็จะได้กราฟเส้นที่ชี้ให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าของข้อมูลอย่างต่อเนื่องได้

กราฟแท่ง ใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงค่าเปรียบเทียบค่าของข้อมูลว่า มีขนาดใหญ่-เล็กหรือปริมาณมาก-น้อยกว่ากัน โดยที่จะใช้ความสูง หรือความยาวของแท่งกราฟแทนขนาดหรือปริมาณนั้น

กราฟวงกลม หรือกราฟสัดส่วน ใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างค่าต่าง ๆ ของข้อมูลชุดหนึ่ง โดยการแบ่งพื้นที่วงกลมออกเป็นส่วน ๆ ตามแนวรัศมีให้มีสัดส่วนของพื้นที่ตามสัดส่วนของค่าของข้อมูลแต่ละค่า

2.3.6 ผังการกระจาย หรือ ผังสหสัมพันธ์ (Scatter Diagram)

ผังสหสัมพันธ์ เป็นเครื่องมือที่แสดงว่าข้อมูล 2 ชุดหรือตัวแปร 2 ตัว มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันหรือไม่ และระดับความสัมพันธ์นั้นมีมากหรือน้อยเพียงใด ตัวแปรที่แสดงแทนข้อมูลทั้ง 2 ชุดนั้นอาจจะเป็น

1. ตัวแปรตาม (หรือ Outputs ของกระบวนการ) ทั้ง 2 ตัว
2. ตัวแปรอิสระ (หรือ Factors ภายในกระบวนการ) ทั้ง 2 ตัว
3. ตัวหนึ่งเป็นตัวแปรตาม อีกตัวหนึ่งเป็นตัวแปรอิสระ

ผังสหสัมพันธ์มีประโยชน์ดังนี้

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุดหรือตัวแปร 2 ตัว

2. เพื่อตรวจสอบว่า ผลของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่ง มีผลต่อตัวแปรอีกตัวหนึ่งหรือไม่ และจะเปลี่ยนแปรไปในทิศทางใด (เพิ่มขึ้นตามกัน หรือ ตัวหนึ่งเพิ่มอีกตัวหนึ่งลด)

2.3.7 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

ผังแสดงเหตุผล หรือผังก้างปลา คือผังภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลของการทำงาน (อาการหรือคุณลักษณะของปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง แสดงที่หัวปลา) กับสาเหตุต่าง ๆ (ปัจจัยหรือองค์ประกอบต่าง ๆ ในการทำงานนั้น แสดงไว้ที่ก้างปลา) ประโยชน์ของผังก้างปลามีดังนี้

1. ช่วยให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ได้อย่างมีเหตุมีผล ละเอียดครอบคลุม เจาะลึกถึงสาเหตุที่เป็นรากเหง้า (root causes) ของปัญหา ได้อย่างง่ายดาย และเป็นระบบ อันจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องตรงจุด
2. ใช้เป็นเครื่องมือช่วยระดมความคิดเห็น จากสมาชิกหรือผู้ที่เกี่ยวข้องหลาย ๆ คนมารวมไว้ในผังภาพเดียวกัน ทำให้สมาชิกเกิดความเข้าใจตรงกัน

2.4 เครื่องมือคิวซีใหม่ทั้ง 7 (The 7 New QC Tools)

โยชิโนบุ นายาทานิ (2543) The 7 New QC Tools หรือเครื่องมือใหม่ 7 แบบสำหรับควบคุมคุณภาพ เป็นชุดเครื่องมือด้านคุณภาพที่มีประโยชน์ ในการผลักดันกระบวนการวางแผนของกลุ่ม ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการพัฒนาองค์กรอย่างต่อเนื่อง

ในงานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือคิวซีใหม่ มาใช้เพียง 1 อย่าง คือ แผนผังความสัมพันธ์ ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาต่าง ๆ และแสดงการทำงานในกระบวนการ

2.4.1 แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity Diagram)

แผนผังกลุ่มเชื่อมโยงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับช่วยแก้ไขความสับสนและการนำปัญหามาสร้างเป็นภาพที่ชัดเจน แผนผังนี้ทำได้โดยการรวบรวมข้อเท็จจริงทั้งหลาย ความเห็นและความคิดเห็นในรูปแบบของข้อมูลที่เป็นคำพูดและสังเคราะห์เข้าด้วยกันเป็นแผนผังเดียว

2.4.2 แผนผังความสัมพันธ์ (Relations Diagrams)

เป็นเครื่องมือสำหรับการค้นหากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม จะทำโดยการทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างต้นเหตุของปัญหาที่เกี่ยวข้องกันมีความชัดเจนขึ้น แผนผังความสัมพันธ์จะมี

ประโยชน์ในการเปลี่ยนแปลงความคิดอ่านของคนโดยจับประเด็นของปัญหา และเปิดทางไปสู่การแก้ไข รูปแบบของแผนผังความสัมพันธ์ มีรูปแบบหลัก 4 แบบคือ แบบรวมศูนย์ (Centralized) แบบมีทิศทาง (Directional) แบบแสดงความสัมพันธ์ (Relational) และแบบตามการประยุกต์ใช้ (Applied) ส่วนข้อดีของแผนผังความสัมพันธ์นั้นมีดังนี้

1. ช่วยทำให้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์ทางเหตุและผลหลาย ๆ แขนง ได้รับการแยกออกมาอย่างมีเหตุผล เพื่อประโยชน์ในการวางแผนจะได้มีมุมมองที่กว้างในสถานการณ์โดยรวม
2. ช่วยให้เกิดความคิดที่ตรงกันของสมาชิกกลุ่ม
3. แผนผังนี้ไม่ผูกติดกับรูปแบบโดยเฉพาะทำให้เป็นการพัฒนาความนึกคิดของคน
4. แผนผังช่วยให้สามารถบ่งชี้ลำดับความสำคัญได้อย่างแม่นยำ

2.4.3 แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram)

แผนผังต้นไม้หรือที่รู้จักกันดีในชื่อแผนผังระบบ (Systematic Diagram) เป็นการประยุกต์วิธีการที่เริ่มพัฒนามาจากการวิเคราะห์หน้าที่งานในวิศวกรรมคุณค่า

2.4.4 แผนผังเมทริกซ์ (Matrix Diagrams)

แผนผังเมทริกซ์ จะประกอบด้วยแถวตั้ง และแถวนอน ซึ่งจุดที่ตัดกันใช้พิจารณาเพื่อตัดสินตำแหน่ง และลักษณะของปัญหาพร้อมกับ แนวความคิดที่สำคัญสำหรับการแก้ปัญหาการค้นพบแนวความคิดที่สำคัญพิจารณาจากความสัมพันธ์ซึ่งแสดงโดยช่องของเมทริกซ์

2.4.5 แผนผังลูกศร (Arrow Diagrams)

เป็นแผนผังประเภทหนึ่งที่ใช้ใน PERT แผนผังจะประกอบด้วยเครือข่ายของลูกศรและจุดเชื่อมโยงต่างๆ (จุดโนด; node) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ในหมู่ชิ้นงานที่จำเป็นในการนำแผนไปปฏิบัติ แผนผังลูกศรทำเพื่อควบคุมกำหนดการในการดำเนินการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพขึ้น ข้อดีของแผนผังลูกศรมีดังนี้

1. ทำให้ชิ้นงานทั้งหมดมองเห็นได้และสามารถระบุอุปสรรคที่อาจมีก่อนเริ่มทำงาน
2. ใช้เขียนเครือข่ายนำไปสู่การค้นพบการปรับปรุงที่เป็นไปได้ ซึ่งอาจมองข้ามไป
3. ทำให้การตรวจติดตามความก้าวหน้าของงานง่ายขึ้น
4. ปรับปรุงการสื่อสารในระหว่างสมาชิกกลุ่ม ส่งเสริมความเข้าใจ

2.4.6 แผนภูมิขั้นตอนการตัดสินใจ (Process Decision Program Charts: PDPC)

แผนภูมิขั้นตอนการตัดสินใจเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่จะป้องกันสิ่งเหล่านี้ และทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ แผนภูมิขั้นตอนการตัดสินใจใช้ในการวางแผนสำหรับกรณีฉุกเฉินต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น

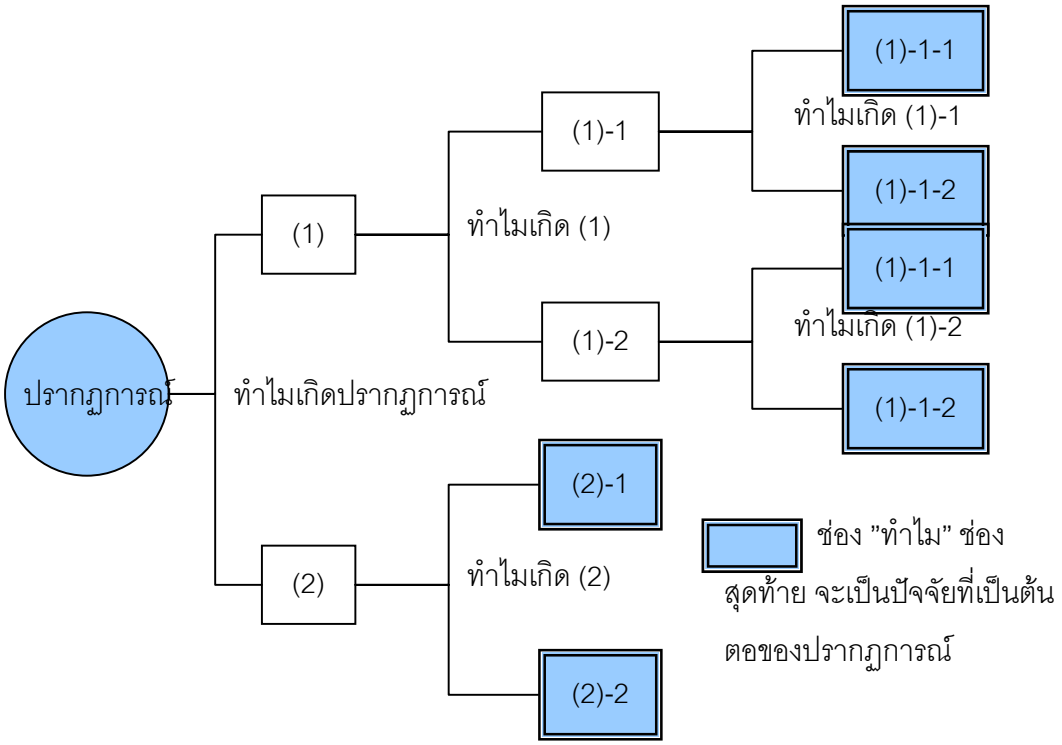
2.4.8 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเมทริกซ์ (Matrix Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลแบบเมทริกซ์ เป็นเทคนิคสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเมทริกซ์ปริมาณมาก หรือตัวแปรหลาย ๆ ตัว ทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าอะไรคือสิ่งสำคัญที่สุด โดยการสำรวจความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของข้อมูลที่มีอยู่ในรูปของข้อมูลที่เป็นตัวเลข

2.5 เทคนิคการวิเคราะห์ Why – Why Analysis

ฮิโตชิ โอกุระ (2545) กล่าวว่า Why – Why Analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ และมีขั้นตอน โดยการถาม “ทำไม” จนกว่าจบค้นพบต้นตอสาเหตุของปรากฏการณ์ ทำให้กำหนดแนวทางแก้ไขปัญหา และใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้น ภาพที่ 2.1 เป็นการอธิบายวิธีการวิเคราะห์ ค้นหาสาเหตุ เมื่อได้ปัจจัยที่เป็นต้นตอของปรากฏการณ์ จึงนำหามาตรการในการแก้ไข

ก่อนทำ Why – Why Analysis ต้องตรวจสอบสถานที่จริงและดูสภาพงานจริง อันเป็นที่มาของปัญหา เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน และต้องทำความเข้าใจโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่เป็นปัญหา อาจเขียนออกมาเป็นผังแสดงการไหลของงาน หรือภาพสเกตช์ของส่วนที่เป็นปัญหา



ภาพที่ 2.3 แผนภูมิอธิบายวิธีการคิดแบบ Why – Why Analysis

แนวทางในการพิจารณาปัญหามี 2 แนวทาง คือ การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็นและการมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี

1. การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น เป็นการมองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างถี่ถ้วนแล้วกำหนดหัวข้อเงื่อนไขที่จำเป็น ซึ่งจะทำให้ปรากฏการณ์นั้นไม่เกิดขึ้น จากนั้นลองสำรวจหัวข้อเงื่อนไขแต่ละอันโดยดูจากของจริง แล้วทำการวิเคราะห์ต่อไปเฉพาะหัวข้อที่คิดว่าผิดปกติ

2. การมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี จะเป็นการวิเคราะห์สาเหตุของปรากฏการณ์อย่างครบถ้วนและทำให้พบต้นตอที่แท้จริงสูงกว่า

หมายเหตุ : การมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี ต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในปัญหานั้นอย่างแท้จริง

ข้อควรระวังในการทำ Why-Why Analysis

ข้อควรระวังในการทำ Why-Why Analysis มีดังนี้

1. ข้อความที่ใช้เขียนตรงช่อง “ปรากฏการณ์” และช่อง “ทำไม” ต้องสั้นและกระชับ

2. หลังจากที่ทำ Why-Why Analysis แล้ว จะต้องยืนยันความถูกต้องตามหลักตรรกวิทยา โดยอ่านย้อนจาก “ทำไม” ช่องสุดท้ายกลับมายัง “ปรากฏการณ์” ได้
3. ให้ตรวจสอบดูว่า ปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ก่อนหน้านั้นได้มีการหยิบยกขึ้นมาอย่างครบถ้วนหรือยัง โดยพิจารณาย้อนกลับว่า ถ้าปัจจัยนั้นไม่เกิดขึ้นแล้ว เหตุการณ์ก่อนหน้านั้นจะไม่เกิดขึ้นหรือไม่
4. ให้ถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบปัจจัยหรือสาเหตุที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่การวางมาตรการการป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้นซ้ำอีก
5. ให้เขียนเฉพาะส่วนที่คิดว่าคลาดเคลื่อนไปจากสภาพปกติ (ผิดปกติ) เท่านั้น
6. ให้หลีกเลี่ยงการค้นหาสาเหตุที่มาจากสภาพจิตใจของคน เช่นใจลอย เหนื่อย
7. อย่าใช้คำว่า “ไม่ดี” ในประโยค

2.6 เทคนิคการออกแบบการทดลอง

ปารเมศ ชุติมา (2545) กล่าวว่า การใช้หลักการทางสถิติในการออกแบบ และวิเคราะห์การทดลองเป็นสิ่งจำเป็น ผู้ทำการทดลองต้องมีความเข้าใจวิธีการในแต่ละขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย

1. การนิยามปัญหา เป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตหรือผลิตภัณฑ์คืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามของปัญหานี้จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2. การเลือกปัจจัยที่มีผล และระดับของปัจจัยเป็นการใช้หลักการทางทฤษฎี และประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อระบุว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ม่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้นควรมีช่วงการทดลองอย่างไร เพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลองสุดท้ายคือระบุว่าระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด (Fixed Level) แบบสุ่ม (Random Levels) หรือแบบผสมผสาน (Mixed Levels)

- แบบกำหนด หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน
- แบบสุ่ม หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน
- แบบผสม หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดและแบบสุ่ม

3. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนองผู้ทำการทดลองต้องมั่นใจว่า เลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการที่ทำการศึกษา ค่าเฉลี่ยหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าวัดจะใช้เป็นตัวแปรตอบสนอง โดยทั่วไปจะเก็บข้อมูลของตัว

แปรตอบสนองเพียงค่าเดียว แต่ก็มีบางการทดลองที่ทำการวัดค่าตัวแปรตอบสนองหลายค่า การวัดค่าจะต้องมีความแม่นยำรวมทั้งความถูกต้องของเครื่องมือวัดด้วย

4. การเลือกแบบการทดลองจะต้องพิจารณาถึงขนาดของข้อมูล หรือจำนวนที่ใช้ในการทำซ้ำ (Replication) ความเหมาะสมของลำดับในการทดลอง ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่จำเป็น ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลอง

5. การดำเนินการทดลอง เมื่อทำการทดลอง ต้องทำการตรวจสอบการทดลองอย่างระมัดระวังว่ามีการดำเนินการตามที่วางไว้ ข้อควรระวังในการทำการทดลองคือความถูกต้องของกระบวนการเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้เกิดความผิดพลาด (Error) น้อยที่สุด เพราะความผิดพลาดนั้นมักจะทำให้การทดลองล้มเหลวได้

6. การวิเคราะห์ข้อมูล หลักการทางสถิติถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลจากการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลอาจใช้ซอฟแวร์ (Software) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ด้วย ซึ่งปัจจุบันมีซอฟแวร์อยู่หลายประเภทที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ วิธีการดงกล่าวถูกนำมาใช้อย่างได้ผล คือ กราฟอย่างง่าย โดยช่วยในการวิเคราะห์และตีความข้อมูลจากการทดลอง การตรวจสอบความเพียงพอของโมเดล (Model Adequacy Checking) เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์เพื่อความเชื่อมั่นของข้อมูลที่เก็บมาจากการทดลอง วิธีการทางสถิติไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลได้แน่นอน เพียงแต่เป็นเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นโดยระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ในการสรุปผลการทดลอง แต่อย่างไรก็ดีการใช้หลักการทางสถิติช่วยให้การตัดสินใจเป็นนามธรรมมากขึ้น

7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ เมื่อข้อมูลถูกวิเคราะห์ จะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ซึ่งอาจแสดงในรูปแบบกราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ ตลอดจนข้อเสนอแนะจากการทดลอง เมื่อสรุปผลแล้ว ควรมีการยืนยันผลจากการทดลองอีกครั้งหนึ่ง

2.7 ชนิดของแผนการออกแบบการทดลอง

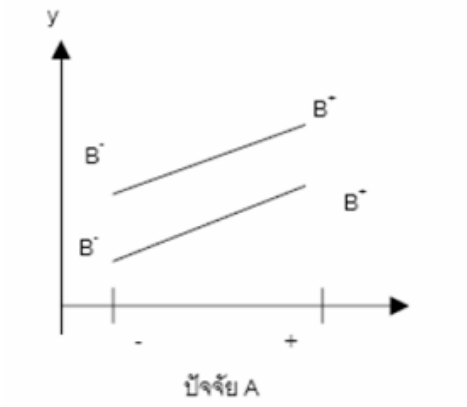
2.7.1. แผนการออกแบบการทดลองแบบปัจจัยเดียว (Single Factor Design) แผนการออกแบบการทดลองแบบปัจจัยเดียวจะต้องเก็บข้อมูลโดยระดับของปัจจัยหรือทรีทเมนต์ (Treatment) เพื่อทดสอบว่าระดับของปัจจัยต่าง ๆ มีผลต่อค่าตอบสนองหรือไม่ โดยแผนการออกแบบการทดลองแบบปัจจัยเดียว สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประภทใหญ่ ๆ คือ

- การทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เป็นการทดลองที่มีปัจจัยเดียว แต่จะทำการเปรียบเทียบระหว่างระดับของปัจจัย มีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ มีผลกระทบน้อย และไม่มีปัจจัยรบกวน (Nuisance Factor) โดยการทดลองจะใช้หลักการทำแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication)

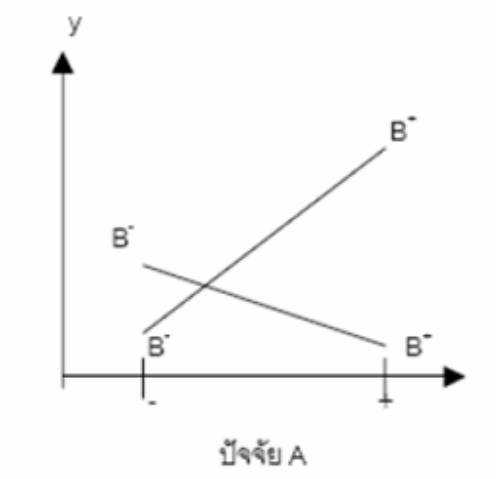
- การทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ภายในบล๊อก (Complete Randomized Block Design: RBD) เป็นการทดลองที่มีปัจจัยเดียวและมีปัจจัยรบกวน (Nuisance Factor) ที่มีผลกระทบต่อค่าตอบสนอง และต้องทำการกำจัดปัจจัยรบกวนดังกล่าวทิ้ง บางครั้งปัจจัยรบกวนนั้นไม่ทราบและไม่สามารถควบคุมได้ จึงใช้วิธีบล็อกในการกำจัดผลของปัจจัยรบกวนออกได้

2.7.2. แผนการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Design) แผนการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล เป็นการทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทลองนั้น ๆ จึงเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้ในการศึกษาถึงผลของปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป

ผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่ง หมายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบสนอง (Response) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยนั้น ๆ ซึ่งเรียกว่าปัจจัยหลัก (Main Effect) และหากผลตอบสนองของปัจจัยหนึ่งขึ้นกับระดับปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งเรียกว่าการมีอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แนวความคิดดังกล่าว แสดงได้ดังภาพที่ 5 และ 6



ภาพที่ 2.4 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่ไม่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย



ภาพที่ 2.5 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย

รูปแบบของแผนการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลยังแบ่งย่อยในกรณีที่แผนการทดลองมีลักษณะเฉพาะตัวอีกดังต่อนี้

2.7.2.1. การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k เป็นการทดลองที่มี k ปัจจัย แต่ละปัจจัยจะมีระดับของปัจจัยอยู่ 2 ระดับ คือระดับต่ำ ใช้สัญลักษณ์ -1 หรือ (-) และระดับสูง ใช้สัญลักษณ์ 1 หรือ (+) การทดลองแบบนี้เหมาะสำหรับการทดลองที่มีปัจจัยมาก ๆ เป็นการทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลเบื้องต้นที่จะช่วยในการทดลองเจาะลึกต่อไป

2.7.2.2 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 3^k

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 3^k เป็นการทดลองที่มี k ปัจจัย แต่ละปัจจัยจะมีระดับของปัจจัยอยู่ 3 ระดับ คือระดับต่ำ ใช้สัญลักษณ์ -1 หรือ (-) ระดับกลางใช้สัญลักษณ์ 0 หรือ (0) และระดับสูง ใช้สัญลักษณ์ 1 หรือ (+) การทดลองแบบนี้เหมาะสมเมื่อผู้ทดลองกำลังสนใจกับผลตอบสนองที่มีลักษณะเป็นส่วนโค้ง

2.7.2.3 การออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล (Fractional Factorial Design)

การออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล เป็นการทดลองที่ใช้ในกรณีเมื่อการทดลองมีหลายปัจจัย ทำให้ต้องเสียเวลาในการเก็บข้อมูลมาก ดังนั้นจะทำให้ความสัมพันธ์ของทรีทเม้นต์ (Treatment combination) บางตัวถูกตัดออกไปโดยอาศัยหลักการของการคอนฟาวด์ (Confound) ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองนั้นลดลง

2.7.3 แผนการออกแบบการทดลองอื่น ๆ

2.7.3.1 แผนการออกแบบการทดลองลาตินสแควร์ (Latin Square Design)

2.7.3.2 แผนการออกแบบการทดลองเนสเต็ด (Nested Design)

2.7.3.3 แผนการออกแบบการทดลองสปิทพล็อท (Split-Plot Design)

2.7.3.4 แผนการออกแบบการทดลองพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Design)

2.8 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้มี 2 เรื่องหลัก คือการใช้เครื่องมือ QC ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา กับ การออกแบบการทดลอง

ในส่วนของการใช้เครื่องมือ QC ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา (อุษา รุจิภัตต์, 2546) ได้นำเครื่องมือคิวซี (QC Story) เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools) เครื่องมือคุณภาพใหม่ 7 อย่าง (7 New QC Tools) มาช่วยในการแก้ปัญหาในกระบวนการผลิตเพื่อให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างเป็นขั้นตอน และช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ในส่วนของการใช้การออกแบบการทดลองในการแก้ปัญหา ในกระบวนการผลิตโดยได้มีการสร้างแบบจำลองและการออปติไมซ์สภาวะการสร้างชั้นกึ่งฉนวน ซ่อมแซมและการคัดแยกของเสียของกระบวนการผลิตแทนทาลัม คาปาซิเตอร์ (จันทรา ยอดมนต์, 2545) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k เมื่อ k คือปัจจัยที่ต้องการศึกษา การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากสามารถใช้ศึกษาถึงผลตอบของปัจจัยหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับของอีกปัจจัยหนึ่งได้ นั่นคือสามารถหาอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยได้ โดยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ ขั้นตอนการสร้างชั้นกึ่งฉนวนที่มีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 6 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความนำไฟฟ้าของโซเดียมเตตระบอเรต แรงดันไฟฟ้าในขั้นตอนเออาโนไดส์เซชั่น เวลาในขั้นตอนเออา

โนไดส์เซชั่น ค่าความนำไฟฟ้าของกรดฟอสฟอริก แรงดันไฟฟ้าในขั้นตอนอาโนไดส์เซชั่น และเวลาในขั้นตอนอาโนไดส์เซชั่น ส่วนขั้นตอนการซ่อมแซมและคัดแยกของเสียมีปัจจัยที่ต้องการศึกษา 4 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้า เวลา และอัตราเร็วในการเพิ่มแรงดันไฟฟ้า

จากความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้สามารถหาสภาวะปฏิบัติการที่ทำให้กระแสรั่วไหลมีค่าต่ำสุดภายใต้ขอบเขตระยะเวลาในการผลิตที่ม้อยที่สุดโดยปริมาณกระแสรั่วไหลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบัดกรีแผนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยกระบวนการใช้คลื่นน้ำโลหะเหลวโดยวิธีการออกแบบการทดลอง (เอนกพงศ์ สุขมี, 2546) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง เพื่อศึกษาสภาวะของพารามิเตอร์ภายในเครื่องบัดกรีแบบอัตโนมัติ ที่จะทำให้เกิดจุดบกพร่องบนชิ้นงานน้อยที่สุดจากผลการทดลองเบื้องต้นโดยการใช้การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^k ในการออกแบบและวิเตราะห์การทดลองซึ่งมีพารามิเตอร์ทั้งสิ้น 6 ตัว

โดยผลการทดลองพบว่า มุมเอียงของรางเลื่อน แรงดันไฟฟ้าคลื่นชิป และแรงดันไฟฟ้าสร้างคลื่นแลมด้า มีอิทธิพลต่อการเกิดจุดบกพร่องบนชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนอุณหภูมิภายในอ่างส่วนผสมโลหะเหลว อุณหภูมิการอุ่นชิ้นงาน และความเร็วในการเคลื่อนที่ของรางเลื่อน ไม่มีนัยสำคัญต่อการเกิดจุดบกพร่องบนชิ้นงานจากการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองนี้ทำให้สามารถปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิต และลดต้นทุนในการผลิตได้