

บทที่ 2

ทฤษฎี วรรณกรรมปริทัศน์ และข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของซิกซ์ซิกมา

การใช้กระบวนการทางสถิติเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต เป็นที่แพร่หลายในหลาย ๆ ธุรกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการทาง ซิกซ์ซิกมาเป็นกระบวนการปรับปรุงที่ได้นำเอาหลักการทางสถิติมาจัดรูปแบบของการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงอย่างเป็นขั้นตอน และเป็นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องแบบก้าวกระโดด Raisinghani et al. (2005) ได้กล่าวไว้ว่า ในอดีตนั้นคำว่า ซิกซ์ซิกมาเป็นคำที่ใช้ในวงการวิชาการเท่านั้น แต่เนื่องจากได้มีการนำกระบวนการทางซิกซ์ซิกมามาใช้ในการปฏิบัติจริง ทำให้คำว่า ซิกซ์ซิกมา และ กระบวนการทางซิกซ์ซิกมา เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยผู้ที่ริเริ่มความคิดนี้คือ บริษัท โมโตโรล่า จำกัด (มหาชน) โดยเริ่มตั้งแต่ในช่วงปี ค.ศ.1980 โดยบริษัทได้ใช้กระบวนการในการปรับปรุงคุณภาพ และพยายามลดของเสียในกระบวนการผลิตให้น้อยที่สุด ซึ่งจากการใช้กระบวนการทางซิกซ์ซิกมา ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงและระดับความพึงพอใจของลูกค้าเพิ่มขึ้น

บริษัท เจเนอรัลอิเล็กทริกส์ จำกัด (มหาชน) ก็เป็นอีกหนึ่งบริษัทหนึ่งที่ได้นำซิกซ์ซิกมาไปประยุกต์ใช้โดย นายแจ็ค เวลส์ ได้นำซิกซ์ซิกมาเข้าไปปรับปรุงทั้งสายการผลิตและการบริหารงานด้านการบริการภายในบริษัท ตัวอย่างเช่น การเพิ่มอายุการใช้งานของหลอดไฟ และลดปริมาณของเสียในสายการผลิตเครื่องบินโบอิงเพื่อส่งมอบให้ทันตามความต้องการของลูกค้า

ซิกซ์ซิกมา กลายเป็นที่รู้จักในวงการธุรกิจและอุตสาหกรรมทั่วไป บริษัทหลาย ๆ บริษัทเริ่มที่จะนำกลยุทธ์ซิกซ์ซิกมามาใช้กับธุรกิจของตนเองอย่างแพร่หลาย จนปัจจุบันสามารถกล่าวได้ว่า ซิกซ์ซิกมา เป็นกลยุทธ์ตัวหนึ่งที่บริษัทต่าง ๆ ทั่วโลกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงและสร้างความสามารถทางการแข่งขันทางธุรกิจ ดังนั้นกลยุทธ์ซิกซ์ซิกมา จึงเป็นกลยุทธ์ระดับโลก

ซิกซ์ซิกมา นั้นแท้จริงแล้วเป็นภาษาในวิชาสถิติ ซึ่งสัญลักษณ์ Sigma (σ) เป็นตัวอักษรในภาษากรีก ที่ใช้แทนความหมายของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) ซึ่งค่าซิกม่ายิ่งสูงแสดงว่ามีความแปรปรวนของกระบวนการยิ่งสูง ทำให้มีพื้นที่อยู่นอกเหนือพื้นที่ในการยอมรับน้อยลง นั่นคือมีของเสียที่อยู่นอกเหนือขอบเขตที่ยอมรับได้น้อยลง โดยที่ใน

ระดับ 6 ซิกม่านั้นจะยอมรับให้เกิดของเสียได้ที่ปริมาณ 3.4 ขึ้นในการผลิต 1 ล้านชิ้น หรือที่เรียกว่า 3.4 ppm (parts per million) ซึ่งหากเป็นไปตามเส้นโค้งการกระจายตัวตามปกติ (Normal Distribution Curve) จริง ๆ ทางสถิติที่ระดับ 6 ซิกมาจะมีของเสียอยู่นอกขอบเขตของการยอมรับเท่ากับ 0.002 ขึ้นต่อการผลิต 1 ล้านชิ้นเท่านั้น แต่เหตุผลที่หลักการซิกซิกมาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีการยอมรับของเสียได้ที่ 3.4 ppm ก็เพราะว่าในขณะที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ความแปรปรวนจะมีปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมอยู่ได้ โดยที่ระบบที่ไม่มี ความแปรปรวนเลยนั้นเป็นเพียงระบบที่อยู่ในอุดมคติเท่านั้น ดังนั้นแนวทางการปรับปรุงตามกลไกของซิกซิกมาจึงเป็นแนวทางที่ปรับปรุงตามให้ได้ตามเป้าหมายที่ได้กำหนดแบบมีระเบียบและเป็นขั้นตอน

2.1.2 บุคลากรตามหลักการของซิกซิกมา

บุคลากรที่มีความเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพตามหลักการของซิกซิกมานั้น เริ่มตั้งแต่ผู้นำของบริษัท จนกระทั่งถึงพนักงานทั่วไป โดยการดำเนินงานตามหลักการของซิกซิกมาเป็นการดำเนินงานที่เพิ่มขึ้นจากการดำเนินงานประจำที่รับผิดชอบ โดยมีการจัดตั้งเป็นกลุ่ม เรียกว่า โครงการซิกซิกมา ผู้เชี่ยวชาญของโมโตโรล่าได้กำหนดตำแหน่งและหน้าที่ของบุคคลในโครงการซิกซิกมาไว้ดังนี้

2.1.2.1 กลุ่มผู้นำ (Executives/Leader)

หน้าที่สำคัญอันดับแรกของผู้นำก็คือ การตัดสินใจว่าจะดำเนินโครงการซิกซิกมาหรือไม่แล้วเป็นผู้กำหนด สนับสนุนและตั้งขอบเขตการดำเนินงาน อภิปราย วางแผน แนะนำและเรียนรู้เพื่อให้เกิดการคิดอย่างซิกซิกมา นอกจากนี้หน้าที่ของกลุ่มผู้บริหารระดับสูงยังประกอบไปด้วย

- กำหนดบทบาทและโครงสร้างพื้นฐานของการเริ่มต้นการดำเนินงานซิกซิกมา
- เลือกโครงการและจัดสรรทรัพยากร
- ทบทวนตรวจสอบความก้าวหน้าของโครงการตามระยะเวลา
- ให้การสนับสนุนโครงการซิกซิกมา
- กำหนดผลกระทบของซิกซิกมาต่อระดับล่างขององค์กร
- ประเมินความก้าวหน้า ระบุถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของความพยายามในการดำเนินงาน

- แบ่งปันข้อปฏิบัติที่ดีที่สุดไปทั่วทั้งองค์กร
- ช่วยขจัดสิ่งกีดขวางที่เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน
- ประยุกต์ใช้การเรียนรู้เข้ากับรูปแบบการบริหารของตนเอง

2.1.2.2 แชมป์เปียนหรือสปอนเซอร์ (Champion/Sponsor)

แชมป์เปียน คือ ผู้จัดการหรือผู้บริหารที่มีความอาวุโสทำการควบคุมดูแลโครงการปรับปรุง และให้การสนับสนุนแบล็คเบลท์ หรือโครงการของทีมเป็นภาระหน้าที่ ที่ต้องการความสมดุลเพราะทีมต้องการความเป็นอิสระที่จะทำการตัดสินใจด้วยตนเอง แต่ก็ยังต้องการแนวทางจากผู้นำเพื่อกำหนดทิศทางของงาน หน้าที่ของแชมป์เปียนหรือสปอนเซอร์ประกอบไปด้วย

- เป็นผู้เลือกโครงการและตรวจสอบสมรรถนะ
 - กำหนดและรักษาเป้าหมายของโครงการที่อยู่ภายใต้การดูแล
 - ให้คำแนะนำรองรับการเปลี่ยนแปลงในทิศทางและขอบเขตของโครงการ
 - แจ้งข่าวสารความคืบหน้าของโครงการต่อทีมผู้นำ
 - จัดหาและเจรจาต่อรองทรัพยากรมาสนับสนุนโครงการ
 - เป็นตัวแทนของทีมที่จะนำเสนอต่อกลุ่มผู้นำ
 - ช่วยจัดสรรงานอย่างเหมาะสมจากทั้งในและนอกทีม
 - ทำงานร่วมกับผู้รับผิดชอบกระบวนการเพื่อความราบรื่นในขั้นตอนสรุปโครงการ
 - เฝ้าระวังความขัดแย้งการทำงานเหลื่อมซ้อนกันและเชื่อมโยงกับโครงการ
- ซิกซิกมา อื่นๆ

2.1.2.3 มาสเตอร์แบล็คเบลท์ (Master Black Belt, MBB)

มาสเตอร์แบล็คเบลท์ คือ ผู้ที่ทำหน้าที่เป็นโค้ชดูแลและเป็นคนที่ปรึกษาให้กับแบล็คเบลท์ เป็นผู้ช่วยในการเป็นผู้อบรมตรวจสอบและแนะนำ นอกจากนี้ยังช่วยในการเลือกโครงการและคนในการทำงานเมื่อมีการเริ่มโครงการซิกซิกมา ขึ้นมา จะต้องเป็นผู้กำหนดส่วนประกอบต่าง ๆ ที่จำเป็นทั้งหมด การกำหนดและฝึกอบรมพนักงานในบทบาทต่าง ๆ ของตัวเอง การเริ่มโครงการและเก็บรวบรวมข้อมูล โครงการซิกซิกมา มีกลไกในตัวเองที่ช่วยทำให้การริเริ่มดำเนินโครงการนั้นกลายไปสู่การคงอยู่ถาวรได้ ด้วยการที่สมาชิกของทีมจะได้รับประสบการณ์ และมีบางคนที่จะสามารถพัฒนาไปเป็น MBB ได้ ซึ่ง MBB จะเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือต่าง ๆ ของ

ชิกซ์ชิกมา และโดยปกติมักจะต้องมีพื้นฐานความรู้ด้านวิศวกรรมหรือวิทยาศาสตร์รวมถึงเทคนิคต่าง ๆ ของชิกซ์ชิกมา ถือเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าในความเชี่ยวชาญด้านเทคนิคและประสบการณ์เป็นผู้สอน ตรวจสอบและเป็นผู้ดำเนินการเปลี่ยนแปลง จนไปถึงเป็นผู้ฝึกอบรม ชิกซ์ชิกมา

2.1.2.4 แบล็คเบลท์ (Black Belt, BB)

แบล็คเบลท์ คือผู้ทำงานแบบเต็มเวลาให้กับโครงการชิกซ์ชิกมา ซึ่งถือได้ว่าเป็นตำแหน่งที่มีบทบาทสำคัญที่สุด หรือเป็นกระดูกสันหลังของวัฒนธรรมในโครงการชิกซ์ชิกมาเลยทีเดียวได้ แบล็คเบลท์มีหน้าที่เป็นผู้นำทีมและโครงการ เป็นผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมจนเชี่ยวชาญในเรื่องเครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ของชิกซ์ชิกมา และอุทิศตนเพื่อคิดถึงการเปลี่ยนแปลงโดยมีเป้าหมายสำคัญคือ การลดข้อบกพร่องและของเสียในกระบวนการ แบล็คเบลท์จะเป็นผู้ที่ผลักดันทฤษฎีให้กลายเป็นสู่ภาคปฏิบัติ แบล็คเบลท์ จะทำงานเคียงข้างทีมในการทำโครงการ ชิกซ์ชิกมา มีความรับผิดชอบเบื้องต้นในการทำให้ทีมเริ่มทำงาน สร้างความมั่นใจให้กับสมาชิกในทีม สักเกตการณ์และเข้าฝึกอบรมบริหารการเปลี่ยนแปลงภายในทีม และผลักดันโครงการไปสู่ความสำเร็จ ซึ่งแบล็คเบลท์จะต้องมีทักษะในหลาย ๆ ด้านมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาความ สามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูล ความเข้าใจอย่างเป็นระบบและความเป็นผู้นำ

2.1.2.5 กรีนเบลท์ (Green Belt, GB)

กรีนเบลท์ คือผู้ที่ได้รับการฝึกฝนทักษะทาง ชิกซ์ชิกมา ซึ่งโดยปกติแล้วจะอยู่ในระดับเดียวกับ BB แต่ทำงานแบบไม่เต็มเวลาโดยจะเป็นผู้ช่วยแบล็คเบลท์ในการประยุกต์ใช้เครื่องมือชิกซ์ชิกมา เพื่อตรวจสอบและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในโครงการภายในงานทำดำเนินอยู่เป็นประจำทุกวัน ช่วยในการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์การทดลองหรือนำไปสู่งานสำคัญอื่น ๆ ในโครงการ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างกันและถูกนำไปใช้

2.1.3 กระบวนการของชิกซ์ชิกมา

กระบวนการทางชิกซ์ชิกมานั้น เป็นกระบวนการที่มีแบบแผนขั้นตอนโดยเน้นหลักการทางสถิติ ซึ่งการวิเคราะห์แต่ละขั้นตอนนั้นจะต้องมีข้อมูลที่สามารถเก็บค่าได้ทางสถิติ ไม่ใช้ความรู้สึกในการแก้ปัญหา ดังนั้นกระบวนการแก้ปัญหาทางชิกซ์ชิกมา จึงมี 5 ขั้นตอนที่เรียกว่า DMAIC ซึ่งมาจากคำว่า การระบุปัญหา (Define) การประเมินระบบการวัดในกระบวนการ

(Measure) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze) การปรับปรุงกระบวนการ (Improve) และการควบคุมกระบวนการ (Control) ซึ่งในรายละเอียดจะได้กล่าวต่อไปดังนี้ (Pyzdek, 2003)

2.1.3.1 การระบุปัญหา (Define Phase)

ขั้นตอนการระบุปัญหานี้จะเป็นทำการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นที่ส่งผลกระทบต่อผลประกอบการของบริษัทหรือส่งผลกระทบต่อลูกค้า ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำปัญหาขึ้นมาโดยจะต้องระบุว่าเกิดปัญหาอย่างไร แล้วปัญหาที่เกิดขึ้นจะต้องให้คำนิยามของปัญหาอย่างชัดเจน ในขั้นตอนการระบุปัญหาจะต้องมีการตั้งจุดประสงค์ของโครงการให้ชัดเจนและเป้าหมายที่ต้องการที่จะลดปัญหาหรือขจัดปัญหาให้หมดสิ้นไป และปัญหาที่ได้นำมาเพื่อจัดทำโครงการจะต้องมีการแสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับหลังจากได้ปรับปรุงแล้ว จะต้องแสดงให้เห็นว่าปัญหาได้เกิดขึ้นในส่วนของการกระบวนการไหนและจะมุ่งเข้าไปแก้ไข โดยที่แต่ละกระบวนการมีตัวแปรเข้า (Input) และตัวแปรออก (Output) ให้ครบถ้วน

2.1.3.2 การประเมินระบบการวัดในกระบวนการ (Measure Phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนของการประเมินระบบการวัดในกระบวนการซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- แผนผังมหภาค (Macro Process Map) จะเป็นการแสดงถึงแผนผังกระบวนการในภาพรวมทั้งหมดตั้งแต่ต้นจนถึงจบกระบวนการ จะระบุไปที่กระบวนการที่จะทำการปรับปรุงเพื่อแก้ไขปัญหา
- แผนผังการไหลของกระบวนการ (Process Flow Diagram) จะเป็นการแสดงแผนผังย่อยลงมาถึงกระบวนการไหลของกระบวนการหลังจากที่ได้รับกระบวนการที่ต้องการปรับปรุงได้แล้ว และแสดงให้เห็นถึงกระบวนการแต่ละส่วนว่ามีกระบวนการไหนบ้างที่เป็นกระบวนการที่เกิดคุณค่า (Value Added) และกระบวนการไหนที่ไม่เกิดคุณค่า (Non Value Added)
- ตารางวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบ (Cause & Effect Matrix Analysis, C&E Matrix) ซึ่งจะแสดงถึงผลกระทบต่าง ๆ จากแผนผังการไหลของกระบวนการ ซึ่งจะแสดงให้เห็นได้ว่ากระบวนการขั้นตอนที่มีผลกระทบสูงสุดและจะได้ทำการเข้าไปแก้ไขในกระบวนการนั้นโดยขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยทีมผู้มีส่วนการเกี่ยวข้องในการลงคะแนนความคิดเห็น

- แผนผังรายละเอียดของกระบวนการ (Detail Process Map) เป็นการแสดงถึงรายละเอียดย่อยของกระบวนการที่ได้รับการคัดเลือกจาก C&E Matrix แล้ว เพื่อจะได้เข้าสู่ขั้นตอนของการกำหนดค่าตัวแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการย่อยนี้ เพื่อจะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปให้ได้ถูกต้องตามจุดประสงค์ของปัญหา
- ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) เมื่อได้รายละเอียดของกระบวนการย่อยมาแล้วก็ต้องมาทำการวิเคราะห์ถึงความสามารถของกระบวนการ โดยค่าที่เราจะนำมาพิจารณาคือค่าของ C_p และ C_{pk} โดยที่มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

และ

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \mu}{6\sigma}, \frac{\mu - LSL}{6\sigma} \right\}$$

โดยที่ค่าของ C_p และ C_{pk} ที่ระดับ 3 ซิกซ์มาจะอยู่ที่ 1.00 ถือว่าเป็นกระบวนการที่ดี แต่ในปัจจุบันเนื่องจากการแข่งขันที่สูง ระดับของ C_p และ C_{pk} ที่ 1.00 นั้นอาจไม่เพียงพอ จึงทำให้ต้องมีการพัฒนาค่า C_p และ C_{pk} ให้ดีขึ้น โดยถ้ากระบวนการระดับ 6 ซิกซ์มาจะได้ค่า C_p และ C_{pk} ที่ 2.00 แต่ทั้งนี้กระบวนการวัดค่า C_p และ C_{pk} ก็ยังมีตัวแปรในเรื่องของเครื่องมือวัดและบุคคลที่ทำการวัดโดยจะต้องผ่านมาตรฐานทั้งคู่ดังจะได้กล่าวต่อไป

- Variable Repeatability and Reproducibility ซึ่งเป็นการวัดเพื่อทดสอบค่าของความแม่นยำข้อมูลที่เป็นค่าตัวแปร โดยที่ค่าที่นำมาทดสอบส่วนมากจะเป็นการทดสอบความแม่นยำของเครื่องมือวัดที่อ่านค่าออกมาเป็นตัวแปร
- Attribute Repeatability and Reproducibility ซึ่งวัดคุณสมบัติของการประเมินค่า Attribute R&R นี้จะเป็นเป็นการตรวจสอบเพื่อตรวจสอบพนักงานในการทำงานตรวจสอบดังนี้ เพื่อตรวจสอบพนักงานที่ทำงานต่างเวลา กัน หรือต่างกะเวลาทำงานกัน เพื่อตรวจสอบพนักงานที่ตรวจชิ้นงานซ้ำ ๆ กันเพื่อตรวจสอบถึงค่าของความแม่นยำของพนักงาน โดยที่จะดูค่าความแปรปรวนห่างจากค่าของแม่แบบขนาดไหน เพื่อจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

2.1.3.3 การวิเคราะห์หาสาเหตุแห่งปัญหา (Analyze Phase)

ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุแห่งปัญหานี้จะเป็นการนำข้อมูลที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลมาหาจุดบกพร่องของกระบวนการโดยที่มีขั้นตอนดังนี้

- การวิเคราะห์อาการการขัดข้องและผลกระทบ (Potential Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) ซึ่งจะต้องทำการวิเคราะห์โดยอาศัยความร่วมมือจากกลุ่มทีม เพื่อช่วยในการลงคะแนนความคิดเห็นถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นถ้าหากพบว่าคะแนนที่ได้รับการลงความคิดเห็นสูงก็จะต้องรีบแก้ไขหรือหาทางป้องกันก่อนเป็นอันดับแรก
- การวางแผนออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) จะต้องทำการวางแผนการทดลองในกระบวนการที่ได้ทำการวิเคราะห์แล้วว่าเป็นส่วนที่ควรจะต้องปรับปรุง โดยการวางแผนออกแบบการทดลองนี้นั้นจะต้องครอบคลุมถึงค่าติดตั้งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีผลกระทบต่อกันได้อย่างครบถ้วน
- การหาสมการถดถอย (Regression) เพื่อให้ได้รูปแบบของสมการที่เหมาะสมและสะดวกในการปรับตั้งค่าต่าง ๆ ของกระบวนการให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการโดยการปรับตั้งค่าที่เหมาะสมจะส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ได้ตามจริง

2.1.3.4 การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำผลการทดลองมาสรุปผล เพื่อหาผลกระทบหลักและผลกระทบต่างๆ และทำการตัดค่าปรับตั้งที่ไม่จำเป็นออกไป และเมื่อได้ค่าปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้ได้ตามเป้าหมายแล้วก็จะทำการควบคุมลงในแผนควบคุม

2.1.3.5 การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

ขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการซิกซิกมา นั้นก็คือการควบคุมกระบวนการที่ได้จากปรับปรุงแล้ว เพื่อติดตามผลต่อว่าได้ผลลัพธ์เป็นที่ตามเป้าหมายดังที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ และเมื่อผลลัพธ์ที่ได้ออกมาแล้วสามารถปรับปรุงกระบวนการได้เป็นที่ต้องการก็จะต้องทำการส่งมอบแผนการควบคุมส่งต่อไปยังเจ้าของกระบวนการต่อไป

2.2 วรรณกรรมปริทัศน์

สำหรับซิกซ์ซิกมานั้นได้มีผู้นำไปประยุกต์ใช้มากมายในหลากหลายธุรกิจ ตัวอย่างเช่น

Kohli and Khoh(2003) ได้นำกระบวนการซิกซ์ซิกมาไปประยุกต์ใช้ในการลดต้นทุนการทิ้งของเสียในสายการผลิต SMT(Surface Mount Technology) ซึ่งผลสำเร็จของซิกซ์ซิกมา ได้ทำให้สายการผลิต SMT สามารถลดของเสียได้ถึง 50% จากยอดของเสียเดิม โดยกระบวนการที่มุ่งเน้นในการปรับปรุงเป็นกระบวนการปาดตะกั่ว ซึ่งสามารถทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้เป็นผลสำเร็จ

Mohanty(2003) ได้นำกระบวนการทางซิกซ์ซิกมาไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการ SMT โดยหาค่าที่ดีที่สุดของการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องปาดตะกั่ว ซึ่งผลที่ได้จากการประยุกต์ใช้กระบวนการซิกซ์ซิกมาของ Mohanty(2003) นั้นทำให้เป็นต้นแบบในการตัดสินใจตัดค่าปรับตั้งเครื่องปาดตะกั่วในหลายการประยุกต์ใช้ และทดลองในสายการผลิต SMT

Kumi and Morrow(2006) ได้นำกระบวนการทางซิกซ์ซิกมาไปประยุกต์ใช้ในระบบการจัดการของห้องสมุดมหาวิทยาลัย Newcastle ประเทศอังกฤษ โดยต้องการที่จะลดปัญหาของการจัดหาหนังสือ และลดปัญหาของการตอบคำถามจากผู้ใช้งาน โดยผลสำเร็จสามารถทำให้ลดจำนวนพนักงานที่ต้องคอยบริการลูกค้าส่วนของการตอบปัญหา การเพิ่มจำนวนของผู้ใช้งานผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งส่งผลให้เกิดความคล่องตัวในการจัดการ

Sehwail and Yong(2003) ได้นำกระบวนการทางซิกซ์ซิกมาไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมบริการ ทางด้านสุขภาพ ซึ่งเป้าหมายของการประยุกต์ใช้เพื่อจะให้เกิดประสิทธิภาพในการบริการ โดยในส่วนของผู้ร่วมมือในโครงการนี้มี มหาวิทยาลัย Michigan ประเทศสหรัฐอเมริกา และศูนย์บริการสุขภาพ ซึ่งผลที่ได้รับสามารถทำให้การบริการผู้ป่วย หรือลูกค้าที่มาใช้บริการได้เกิดประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ทำให้รายรับเพิ่มมากขึ้น และสามารถลดจำนวนพนักงานในการให้บริการได้ รวมถึงความปลอดภัยของพนักงานก็เพิ่มขึ้นอีกเช่นกัน

Maleyeff and Krayenvenger(2004) ได้นำซิกซ์ซิกมาไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นอลูมิเนียม ในส่วนของกระบวนการเจาะแผ่นอลูมิเนียมโดนเลเซอร์ ซึ่งผลของการนำซิกซ์ซิกมาไปประยุกต์ใช้นั้น ทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมในการตั้งเป็นเป้าหมายสำหรับเครื่องเจาะแผ่นอลูมิเนียม โดยค่าที่เหมาะสมนั้นเป็นค่า C_p และ C_{pk} โดยที่ $C_p = 1.72$ และ $C_{pk} = 1.19$ ซึ่งถ้า

เครื่องเจาะอูมิเนียมสามารถทำค่าได้ตามเป้าหมายนี้จำนวนของของเสียก็จะลดลง โดยผลได้ (Yield) จะได้สูงที่ 99.70%

Arnheiter and Maleyeff(2005) ได้ทำการประยุกต์ในการรวมระบบของลีนเข้ามาเป็นส่วนประกอบในการดำเนินกระบวนการซิกซิกมา เพื่อให้เกิดผลและประสิทธิภาพสูงสุด โดยผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าถ้านำระบบลีนและซิกซิกมา จะทำให้เมื่อระยะเวลาสำหรับการผลิตแล้วจะทำให้ต้นทุนยิ่งต่ำลง แต่เมื่อเทียบกับระบบซิกซิกมาอย่างเดียวเมื่อผลิตเป็นจำนวนมากจะไม่สามารถลดต้นทุนได้เท่ากับระบบลีนซิกซิกมา

Motwani, Kumar and Antony(2004) ได้นำระบบซิกซิกมาไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี กับบริษัท Dow โดยเริ่มการใช้ระบบซิกซิกมาในปี 2000 และได้ติดตามผลของการนำระบบซิกซิกมาไปใช้งาน โดยผลของการติดตามผลทำให้ประสบความสำเร็จสามารถลดต้นทุนได้ถึง 1.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี 2005 โดยมีจำนวนของมาสเตอร์เบลท์ 150 คน จำนวนเบลท์ 1400 คน และจำนวน กรีนเบลท์ 2500 คน โดยมีโครงการมากกว่า 3000 โครงการในระยะเวลา 5 ปี ซึ่งแต่ละโครงการทางบริษัท Dow ได้กำหนดขั้นต่ำที่ 250000 ดอลลาร์สหรัฐ ถึงจะอนุมัติโครงการได้

Ingle and Roe(2001) ได้ศึกษากระบวนการประยุกต์ระบบซิกซิกมา โดยเป็นการศึกษาแนวทางและแผนงานที่จะทำให้การนำระบบซิกซิกมาไปประยุกต์ใช้ รวมถึงจำนวนของระดับบุคลากรในซิกซิกมาขององค์กร และส่วนสำคัญที่สุดคือจำนวนต้นทุนที่ลดได้ของกระบวนการทางซิกซิกมา โดยได้ข้อสรุปว่าโครงการซิกซิกมาในองค์กรขนาดใหญ่พนักงานมากกว่า 100,000 คน ควรที่จะทำโครงการซิกซิกมาที่ไม่ต่ำกว่า 230,000 ดอลลาร์สหรัฐ จึงจะเหมาะสมในการอนุมัติโครงการ

2.3 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการประกอบแผ่นวงจรรวม (PCBA)

การประกอบแผ่นวงจรรวมนั้นจะประกอบไปด้วยกระบวนการใหญ่ 2 กระบวนการ คือ 1. กระบวนการด้านหน้า (Front-end Process) และ 2. กระบวนการด้านหลัง (Back-end Process) การผลิตในแต่ละกระบวนการนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของแผ่นวงจรรวมแต่ละประเภท ซึ่งจะมีจำนวนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่แตกต่างกัน จึงต้องมีกระบวนการที่แตกต่างกันไป อาจจะใช้กระบวนการทั้ง 2 กระบวนการหรือเลือกกระบวนการอย่างใดอย่างหนึ่ง

2.3.1 กระบวนการด้านหน้า (Front-end Process)

Front-end Process เป็นกระบวนการที่อยู่ด้านหน้า ที่เรียกว่าอยู่ด้านหน้านั้นก็ เนื่องจากว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จะต้องนำมาผลิตในกระบวนการนี้จะเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก และเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วางบนพื้นผิวของแผ่นวงจรเท่านั้น แผ่นวงจรรวมที่จะต้องมีการใส่ อุปกรณ์ที่วางบนพื้นผิวนี้นี้จะเรียกว่า Surface Mount Technology, SMT ซึ่งจะต้องทำการผลิต ก่อนเสมอ กระบวนการ Front-end Process ยังแบ่งย่อยออกเป็น 5 กระบวนการย่อยที่สำคัญดังนี้

2.3.1.1 กระบวนการปาดตะกั่วเหลว (Screen Printing Process) เป็นกระบวนการที่ ทำการปาดตะกั่วเหลว (Solder Paste) ผ่านทางแผ่นสเตนเลสเจาะรู (Stencil) ซึ่งจะมีความหนา ของ stencil ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแต่ละความจำเป็นของแผ่นวงจรรวม เครื่องจักรที่ใช้ในการปาด ตะกั่วเหลวนี้นั้นจะเรียกว่า Screen Printer ซึ่งจะเป็นเครื่องจักรอัตโนมัติ ในกระบวนการปาดตะกั่ว เหลวลงบนแผ่นวงจรรวมนั้น พื้นที่ที่ตะกั่วเหลวลงไปในนั้นเรียกว่า แพด (PAD) ซึ่งแพดนี้จะเป็นพื้นที่ เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับแผ่นวงจรรวม

2.3.1.2 กระบวนการหยิบและวางอุปกรณ์ (Pick and Place component process, P&P Process) เป็นกระบวนการที่ทำการหยิบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้เตรียมไว้ของแต่ละ PCBA มาวางลงบนแพดของแผ่นวงจรที่ได้ทำการปาดตะกั่วเหลวรองรับอยู่แล้ว การวางโดยกระบวนการ นี้จะเป็นการใช้เครื่องจักรหยิบและวาง (Pick and Place machine) ที่เป็นแบบอัตโนมัติ

2.3.1.4 กระบวนการหลอมละลาย (Reflow Soldering Process) เป็นกระบวนการที่ มีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากเป็นกระบวนการที่ทำการหลอมละลายตะกั่วเหลว ให้หลอม

ละลายเข้ากับขาของอุปกรณ์ (Terminal Plating) และแพตของแผ่นวงจร โดยเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการนี้จะมีชื่อเรียกว่า Reflow Oven ซึ่งลักษณะของ Reflow Oven จะเป็นเหมือนเตาหลอมที่มีสายพานลำเลียง PCBA เข้าไปเพื่อหลอมละลาย และก็จะมีการวัดอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆ ภายใน Reflow Oven ซึ่งจะมีความหมายดังต่อไปนี้

- Preheat Zone เป็นช่วงอุณหภูมิอยู่ในระหว่าง 110 – 150 องศาเซลเซียส และเวลาที่อยู่ในช่วงนี้จะอยู่ระหว่าง 60 – 120 วินาที ความหมายในช่วง Preheat Zone นี้จะมีผลต่อโมเลกุลของ Solder Paste ที่จะมีการกระตุ้นการทำงานของสารประกอบที่เรียกว่า Flux ซึ่งจะทำหน้าที่ทำความสะอาดต่าง ๆ ภายในตะกั่วเหลวซึ่งบางที่จะเรียกช่วงนี้ว่า Flux Activate หรือ Soaking Time
- Reflow Zone เป็นช่วงอุณหภูมิที่ 183 องศาเซลเซียส ทั้งในส่วนขาขึ้นและขาลง ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เป็นจุดหลอมละลายตะกั่วเหลว โดยตะกั่วเหลวจะหลอมละลายเป็นน้ำ ซึ่งเวลาที่ใช้ในช่วงเวลานี้จะอยู่ระหว่าง 30 – 90 วินาที ในช่วงเวลานี้จะมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการหลอมละลายระหว่างตะกั่วเหลว แพตวงจร และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- Cooling Zone เป็นช่วงที่เริ่มเย็นตัวของตะกั่วเหลวหลังจากที่ผ่านจุดอุณหภูมิที่ 183 องศาทางด้านขาลง และจะส่งผลให้เกิดความแข็งแรงของจุดหลอมละลายตะกั่วด้วยเช่นกัน สำหรับค่าของความชันของ Cooling Zone

2.3.1.5 กระบวนการตรวจสอบหลังจากการหลอมละลาย (Post Oven Inspection)

เป็นกระบวนการตรวจสอบหลังจากผ่านกระบวนการ Reflow Soldering มาเรียบร้อยแล้วเพื่อตรวจสอบลักษณะของเสียต่าง ๆ และเก็บข้อมูล ลักษณะของการตรวจสอบจะเป็นการตรวจสอบทางกายภาพของลักษณะทั่วทั้ง PCBA ตามมาตรฐาน IPC-610D ซึ่งจะใช้เป็นมาตรฐานของการตรวจสอบของกระบวนการผลิตแผ่นวงจรรวม ผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจะเป็นลักษณะข้อมูลแบบ Attribute data ซึ่งในส่วนนี้จะต้องมีการจัดอบรมพนักงานที่ทำการตรวจสอบก่อน และจะต้องผ่านการทดสอบก่อนเริ่มทำงานจริงได้

2.3.1.6 กระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final Inspection) เป็นกระบวนการ

ตรวจสอบทางกายภาพเหมือนกับกระบวนการตรวจสอบหลังจากการหลอมละลาย แต่

กระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายนี้จะใช้อุปกรณ์ที่มีความละเอียดมากขึ้น อย่างเช่นการตรวจได้กล้องไมโครสโคป กำลังขยาย 10 เท่า เป็นต้น

สรุปโดยรวมของการผลิตทาง Front-end Process จะเป็นการผลิตและตรวจสอบทางกายภาพเท่านั้น ซึ่งการผลิตแผ่นวงจรรวมนั้นจะต้องมีการตรวจสอบทางไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และบางครั้งการผลิตทาง Front-end Process จะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า SMT Process ซึ่งก็จะหมายถึงทุกกระบวนการที่เกิดขึ้นใน Front-end Process นั้นเอง เนื่องจากในกระบวนการนี้จะไม่มีการประกอบหรือส่วนอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องกับการผลิตเลย

2.3.2 Back-end Process

Back-end Process เป็นกระบวนการที่อยู่ด้านหลัง ที่เรียกว่ากระบวนการด้านหลัง นั่นก็เพราะว่า เป็นกระบวนการที่จะต้องทำหลังจาก SMT แล้วเท่านั้น ไม่สามารถผลิตได้ก่อน SMT เว้นแต่ว่า PCBA ประเภทนั้น ๆ ต้องการการผลิตเฉพาะแบบ Back-end Process เท่านั้น ในส่วนของกระบวนการ Back-end Process จะประกอบไปด้วย 7 กระบวนการย่อยดังต่อไปนี้

2.3.2.1 กระบวนการใส่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยมือ (Handload) ซึ่งเป็นกระบวนการใส่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบมาสำหรับใส่ลงบนแผ่นวงจร อุปกรณ์ทาง Handload นี้จะเรียนว่าเป็นอุปกรณ์พวก Through hole component ซึ่งอุปกรณ์จะมีลักษณะของมีขาของอุปกรณ์ยื่นออกมาจากลำตัวของอุปกรณ์ ซึ่งจำเป็นจะต้องประกอบบนแผ่นวงจรโดยใส่เข้าไปที่รูของแผ่นวงจรของแต่ละอุปกรณ์

2.3.2.2 กระบวนการเชื่อมตัวอุปกรณ์ (Wave Soldering) เป็นกระบวนการเชื่อมต่อระหว่างขาของอุปกรณ์เข้ากับรูของแผ่นวงจร โดยใช้เครื่องจักรที่เรียกว่า Wave Soldering Machine เป็นเครื่องจักรที่มีลักษณะของสายพานนำพาแผ่นวงจรผ่านเข้าไปสู่บ่อตะกั่วที่พร้อมสำหรับการเชื่อมต่อ

2.3.2.3 กระบวนการตรวจสอบวงจรไฟฟ้า (In-Circuit Test ,ICT) เป็นกระบวนการตรวจสอบทางไฟฟ้าที่ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์พวกตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบของวงจรไฟฟ้าด้วยว่ามีส่วนไหนที่เกิดการชำรุดหรือขาดหายไป และตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ตรงตามที่ลูกค้าได้กำหนดและออกแบบ

2.3.2.4 กระบวนการตรวจสอบการทำงานทางไฟฟ้า (Functional Circuit Test ,FCT) เป็นกระบวนการตรวจสอบการทำงานแบบครบวงจรของ PCBA เพื่อให้มั่นใจได้ว่าการผลิตที่ผ่านมาไม่มีของเสียก่อนส่งมอบให้กับทางลูกค้านำไปใช้งานต่อไป

2.3.2.5 กระบวนการตรวจสอบก่อนส่งขั้นสุดท้าย (Pre-FQA) เป็นกระบวนการตรวจสอบทางกายภาพทั่ว ๆ ไปของ PCBA ก่อนที่จะทำการบรรจุลงกล่องเพื่อเตรียมนำส่งลูกค้า

2.3.2.6 กระบวนการบรรจุ (Packing) เป็นกระบวนการบรรจุลงกล่องเพื่อเตรียมนำส่งมอบให้กับทางลูกค้า

2.3.2.7 การประกันคุณภาพขั้นสุดท้าย (Final Quality Assurance ,FQA) ซึ่งเป็นการสุ่มการตรวจสอบทางกายภาพหลังจากบรรจุเตรียมส่งมอบให้กับลูกค้า เพื่อเป็นการประกันคุณภาพของ PCBA โดยค่าที่ใช้ในการสุ่มนั้นจะใช้ค่าที่ $C=0.65$