



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีและแนวคิดที่มีการนำมาใช้กับกระบวนการลดปัญหาหรือปรับปรุงคุณภาพสินค้าตลอดจนใช้ในการควบคุมกระบวนการ ควบคุมการปฏิบัติงานตามที่ได้แก้ไขปรับปรุงแล้วหรือเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานดำรงอยู่ ซึ่งก็หมายถึงไม่ใช่เพียงแค่ทำการปรับปรุงแค่ช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น แต่การปฏิบัติในแนวทางที่กำหนดเป็นมาตรฐานยังคงดำเนินต่อไปและมีการติดตามผลอย่างต่อเนื่อง อันจะทำให้การปรับปรุงคุณภาพงานมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล มีเครื่องมือหลากหลายที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดปัญหาทางด้านคุณภาพสินค้า ลดของเสีย และใช้ในการควบคุมเพื่อให้ประสิทธิผลของการปฏิบัติงานยังคงอยู่อีกทั้งพัฒนายิ่งขึ้นไป อย่างเช่น เครื่องมือทางการควบคุมคุณภาพแบบเก่าเจ็ดอย่างและแบบใหม่เจ็ดอย่าง การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis ,FMEA) Fault Tree Analysis ;FTA เป็นต้น ซึ่งได้หยิบยกมาใช้กันอย่างหลากหลาย แต่ในงานวิจัยนี้จะขอกกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพ เครื่องมือทางการควบคุมคุณภาพแบบเก่าเจ็ดอย่าง และการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (FMEA)

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพ

ปัญหามากมายมักจะเกิดขึ้นเพราะความไม่รู้มาตรฐานและแม้จะรู้จักมาตรฐาน แต่อาจล้มเหลวในการปฏิบัติตามมาตรฐานหรือมีการปฏิบัติตามมาตรฐานที่ไม่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้หรือกระบวนการผลิตจะมีการพัฒนาขึ้นได้ก็ด้วยการปรับปรุง คิดค้นและพัฒนามาตรฐานใหม่ๆ ให้นำเชื่อถือ การบริหาร โดยใช้มาตรฐานที่เป็นรากฐานสำหรับการพัฒนาทางด้านต่างขององค์กร จะก่อให้เกิดการปรับปรุงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทำงานแน่นอน ต่อเนื่องไม่เกิดการเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงตัวบุคลากรเพราะได้จัดทำระบบการบริหารงานอันมีคุณภาพไว้อย่างครบถ้วนแล้ว

Juran J.M. (1993) ได้ให้ความหมายของการบริหารคุณภาพ ไว้ดังนี้ การบริหารคุณภาพ หมายถึง กระบวนการของการชี้แจงและการบริหารกิจกรรมต่าง ๆ ที่ซึ่งมีความจำเป็นต่อการดำเนินการให้บรรลุจุดประสงค์ด้านคุณภาพขององค์กร

โดยกระบวนการในการชี้แจงและการบริหารกิจกรรมประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก คือ การวางแผนคุณภาพ (Quality Planning) การควบคุมคุณภาพ (Quality Control) และการปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement)

2.1.1 การวางแผนคุณภาพ (Quality Planning)

การวางแผนคุณภาพ หมายถึง การกำหนดไว้ซึ่งเป้าหมายที่จะบรรลุผู้ความคาดหวังของลูกค้าที่กำหนด แล้วทำการจัดสรรทรัพยากรที่มีจำกัดต่อวิธีการที่จะทำให้เกิดความมั่นใจว่าผลจากวิธีการดังกล่าวทำให้ลูกค้ามีความพอใจ โดยมีขั้นตอนทั่วไปของการวางแผนคุณภาพประกอบด้วย

- 1) การชี้แจงลูกค้า ซึ่งโดยปกติแล้วจะหมายถึงลูกค้าภายนอก
- 2) พิจารณาถึงความต้องการของลูกค้า โดยประเมินจากผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะตอบสนองความจำเป็น (Need) ของลูกค้า และความคาดหวัง (ที่ครอบคลุม Quality , Cost และ Service) ของลูกค้าดังกล่าว
- 3) กำหนดคุณภาพในการออกแบบหรือลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยผ่านการแปรความต้องการของลูกค้า (อาจเรียกกระบวนการนี้ว่าการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ : Quality Function Deployment-QFD)
- 4) การกำหนดเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะได้มาจากนโยบายของผู้บริหารและเป้าหมายคุณภาพ (Quality Target) ประกอบกับคุณภาพในการออกแบบตามขั้นตอนที่ 3
- 5) ทำการออกแบบและพัฒนากระบวนการ (กำหนดวิธีการภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด) ที่จะทำให้คุณลักษณะที่เกิดขึ้นจริงของผลิตภัณฑ์ บรรลุตามเป้าหมายของผลิตภัณฑ์

การวางแผนคุณภาพนี้ถือเป็นกระบวนการต้นน้ำ (Upstream Process) ของกระบวนการบริหารคุณภาพ ดังนั้นถ้าหากการวางแผนคุณภาพได้รับการดำเนินการอย่างไม่สมบูรณ์จะทำให้เป็นสาเหตุสำคัญของความไม่มีคุณภาพด้านความถูกต้องในการผลิต หรือความไร้ประสิทธิภาพด้านคุณภาพ (Quality Deficiencies)นอกจากนี้จะพบว่ามาตรการต่าง ๆ ในการปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement) มักจะเป็นการวางแผนใหม่ (Re-planning) เกี่ยวกับคุณภาพเสมอ

2.1.2 การควบคุมคุณภาพ (Quality Control)

คุณภาพ (Quality) หมายถึง ความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน (Fitness for use) สามารถตอบสนองความต้องการและสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้า (Customer Satisfaction) สำหรับความต้องการของลูกค้าโดยทั่วไปจะกำหนดด้วยข้อกำหนด (Specification) หรือมาตรฐาน (Standard) นั่นคือ คุณภาพเป็นความหมายที่รวมถึงคุณลักษณะและคุณสมบัติเชิงคุณภาพทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามข้อกำหนด ความต้องการและความคาดหวังของลูกค้า

การควบคุมคุณภาพ (Quality Control) ตามความหมายของมาตรฐาน MIL-STD-109 กล่าวว่า การควบคุมคุณภาพ คือการบริหารงานในด้านการควบคุมวัตถุดิบและการควบคุมการผลิต เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จออกมามีข้อบกพร่องและเสียหายได้ และเนื่องจากระบบการผลิตได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ วัตถุดิบ กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

การควบคุมคุณภาพในระบบการผลิตจึงจำแนกออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ
2. การควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิต
3. การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

วัตถุประสงค์ในการควบคุมคุณภาพ คือ การผลิตสินค้าที่มีคุณภาพหรือมีคุณสมบัติตรงตามทีลูกค้าต้องการ อย่างสม่ำเสมอ โดยอยู่ภายใต้ต้นทุนและเวลาที่เหมาะสมตามแนวทางการบริหารงานสมัยใหม่ที่สร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้า นั่นก็คือการมอบคุณภาพของสินค้า ดังนั้นไม่ว่าธุรกิจหรืออุตสาหกรรมใดจึงให้ความสำคัญต่อกิจกรรมการจัดการระบบควบคุมคุณภาพ

2.1.2.1 การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ

การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การตรวจสอบแบบ 100% หมายถึง การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ละหน่วย ทุกๆหน่วย

2. การตรวจสอบเป็นครั้งคราว (Spot-check Inspection) หมายถึง การตรวจสอบแบบเลือกตามใจชอบ โดยมี ได้วางอยู่บนเกณฑ์ด้านวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การตรวจสอบชิ้นงานชิ้นแรก (First-item Inspection) การตรวจสอบชิ้นงานชิ้นสุดท้าย (End-item Inspection) และการตรวจสอบแบบเดินตรวจหรือลาดตระเวน (Patrol Inspection) เป็นต้น
3. การให้คำรับรอง (Certification) หมายถึง การควบคุมคุณภาพเพื่อการยอมรับ โดยการให้วิศวกรหรือสถาบันที่ลูกค้าให้การยอมรับเป็นผู้ออกประกาศนียบัตรรับรองคุณภาพให้ ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยยังมีสถาบันดังกล่าวไม่มากนักและโดยส่วนใหญ่จะเป็นสถาบันราชการ
4. การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling) หมายถึง การตรวจสอบสิ่งตัวอย่าง (Sample) ที่เลือกขึ้นมาจากงานทั้งหมด โดยวิธีการทางสถิติด้วยกฎของความน่าจะเป็น (Probability) และอาศัยคุณลักษณะของสิ่งตัวอย่างที่ตรวจสอบได้ ในการอธิบายคุณลักษณะของชิ้นงานทั้งหมดที่ต้องการตัดสินใจ

2.1.2.2 การตรวจสอบ (Inspection)

Juran และ Gryna กล่าวสรุปไว้ว่า การตรวจสอบเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นจะต้องมีในระบบควบคุมคุณภาพ โดยทั่วไปการตรวจสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการตัดสินใจผลการยอมรับ วัตถุประสงค์ ชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่นๆ ได้แก่ เพื่อวัดความถูกต้องของการตรวจสอบ การวัดผลกระบวนการผลิตหรือการตัดสินใจคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์

การตรวจสอบเป็นกระบวนการเพื่อค้นหาปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการแก้ไขปัญหาและหาแนวทางในการป้องกันปัญหาเหล่านั้น การตรวจสอบ มาจากการเผาคู วัด และทำการทดสอบต่างๆ ทั้งนี้ก็เพื่อควบคุมให้ได้ผลิตภัณฑ์ตรงตามมาตรฐานและคุณภาพที่ตั้งไว้ เป้าหมายของการตรวจสอบคือ พยายามรักษาระดับคุณภาพให้อยู่ในระดับมาตรฐานที่กำหนดไว้ และหากไม่สามารถจะทำการตรวจสอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์ ก็พยายามควบคุมคุณภาพให้ความผันแปรอยู่ในขอบเขตอันหนึ่งที่พอยอมรับได้ โดยทั่วไปจะสามารถพิจารณาจุดตรวจสอบต่างๆ ได้ดังนี้

1. การตรวจรับวัตถุดิบจากผู้ผลิตหรือผู้ขาย (Vendor Inspection)
2. การเริ่มต้นการปฏิบัติงาน หรือระหว่างการจัดเครื่อง (Setup Inspection)
3. การเคลื่อนย้ายสินค้าจากหน่วยงานหนึ่งไปยังอีกหน่วยงานหนึ่ง (Inspection in Process)
4. กระบวนการที่ต้องคำนึงถึงเรื่องคุณภาพมาก หรือกระบวนการที่มีค่าใช้จ่ายสูง
5. กระบวนการที่จำเป็นต้องควบคุมคุณภาพ
6. เมื่อดำเนินการผลิตเรียบร้อยแล้วทุกขั้นตอนการผลิต (Finish goods Inspection)

ลักษณะของการตรวจสอบ

ลักษณะของการตรวจสอบสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบดังนี้

1. การตรวจสอบแบบตามตัวแปร เป็นการตรวจสอบเพื่อการควบคุมลักษณะที่สามารถวัดได้ของชิ้นส่วน ซึ่งแปรผันให้อยู่ในขอบเขตอันหนึ่ง เช่น การวัดขนาด ความแข็งแรง ความเร็ว เป็นต้น
2. การตรวจสอบแบบ ดี- เสีย เป็นการตรวจสอบเพื่อการควบคุมลักษณะของชิ้นส่วน ที่ไม่สามารถวัดได้ในเชิงปริมาณ เช่น การตรวจสอบการใช้งานของหลอดไฟว่าติดไฟหรือดับ เป็นต้น
3. การตรวจสอบแบบตามจำนวนคำหยาบ เป็นการตรวจสอบเพื่อการควบคุมคำหยาบชิ้นส่วนให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนด เช่น จำนวนคำหยาบในตัวถังรถยนต์ คำหยาบบนเนื้อผ้า จำนวนฟองอากาศในแก้ว เป็นต้น

2.1.2.3 ขั้นตอนการดำเนินการควบคุม

การควบคุม คือ กิจกรรมที่เป็นระบบอย่างหนึ่งที่ฝ่ายจัดการใช้เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยเปรียบเทียบผลงานที่เกิดขึ้นหลังจากปฏิบัติตามแผนงานและมาตรการแก้ไข เมื่อผลงานไม่ได้เป็นไปตามที่ต้องการ

ถ้าองค์กรใดมีแต่การวางแผนแต่ไม่มีการควบคุม โอกาสที่องค์กรจะประสบความล้มเหลวมีสูงมาก อาจพูดได้ว่าการวางแผนเป็นการกำหนดเส้นทางการบิน แต่การควบคุมเป็นการตรวจว่าการบินเป็นไปตามเส้นทางที่ได้กำหนดหรือไม่ เพราะถ้าไม่มีการควบคุมอาจไม่ทราบว่าการบินอยู่ตรงไหน อยู่ห่างจากที่ต้องการมากน้อยเพียงใด

สามารถแบ่งกระบวนการควบคุมออกเป็นสี่ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดมาตรฐานคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำการควบคุม
2. การเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ กับมาตรฐานคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้ว่า ได้ผลตามมาตรฐานคุณภาพที่ต้องการหรือไม่
3. การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและสาเหตุต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากฝ่ายต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และทำการแก้ไขปรับปรุงการผลิตต่อไป
4. การวางแผนการปรับปรุง เป็นขั้นตอนในการพัฒนาปรับปรุงมาตรฐานต่างๆ ทั้งส่วนของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต เป็นต้น เพื่อเพิ่มระดับคุณภาพให้สู่ระดับที่ดีกว่าเดิม

2.1.3 การปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement)

การปรับปรุง (Improvement) หมายถึง การยกระดับเป้าหมายให้สูงขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปจะได้มาจากการทบทวนผลการปฏิบัติงานเดิมแล้วดำเนินการวางแผนใหม่ (Re-planning) และการควบคุมใหม่ (Re-control) เพื่อให้ผลงานเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด

การปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement) คือกิจกรรมที่เป็นวิธีการ เป็นระบบ และกระทำอย่างต่อเนื่องในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางคุณภาพ มีการตั้งเป้าหมายและการชี้แจงอย่างชัดเจนถึงเป้าหมายนั้น มีการวางแผนงานเพื่อให้ไปถึงเป้าหมายที่วางไว้ มีการนำแผนงานมาปฏิบัติ มีการตรวจสอบผลลัพธ์และมีการปฏิบัติการแก้ไขเมื่อจำเป็น

กิจกรรมการปรับปรุงที่เป็นระบบซึ่งเป็นไปตามวงจร PDCA จะประกอบด้วย การวางแผน การนำไปปฏิบัติ การตรวจสอบ และการปฏิบัติการแก้ไข ซึ่งจะเริ่มจากการทำการวางแผน การนำแผนที่วางไว้มาปฏิบัติ การตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ และถ้าผลลัพธ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามที่คาดหมายไว้ จะมีการทบทวนแผนการเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง ดังนั้น การปรับปรุงสามารถอธิบายได้อีกแบบหนึ่งคือ การทำการวางแผน การทำการตรวจสอบ และการแก้ไขซ้ำอีก (PDCA) การทำตามวงจร PDCA อย่างตั้งใจและถูกต้องจะช่วยให้เกิดความเชื่อมั่นในการทำงาน

เมื่อหมุน วงจร PDCA ซ้ำ ๆ จะทำให้เกิดการปรับปรุงและทำให้ระดับของผลลัพธ์สูงขึ้นเรื่อย ๆ การกระทำตามวงจร PDCA นี้จะสร้างคุณภาพที่น่าเชื่อถือให้เกิดขึ้น

การปรับปรุงคุณภาพ มีความหมายเท่ากับ การคาดการณ์ใหม่ ของลูกค้าสำหรับผลิตภัณฑ์เดิมหรือค้นหา “ความจำเป็น” ของลูกค้าสำหรับการพิจารณาผลิตภัณฑ์ใหม่ แล้วทำการวางแผนใหม่ ตลอดจนควบคุมใหม่เพื่อให้บรรลุเป้าหมายใหม่หรืออาจกล่าวได้ว่า ในขณะที่ “การควบคุมคุณภาพ” เป็นการ “ทำลาย” สภาพเดิมและสร้างระบบใหม่ขึ้นมาเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายใหม่ของคุณภาพ

วัตถุประสงค์ของการปรับปรุงคุณภาพประกอบด้วย

- 1) เพื่อทำการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองต่อความพึงพอใจและความต้องการของลูกค้า
- 2) ขยายส่วนแบ่งทางตลาดในตลาดเดิมและสร้างตลาดใหม่
- 3) แก้ไข ปรับปรุง และป้องกันข้อผิดพลาดในระยะสั้น โดยมุ่งความสนใจในการหาทางลดอัตราข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต
- 4) ภายหลังจากการดำเนินการในระยะสั้นแล้ว ทำการพิจารณาปรับปรุงในระยะยาว โดยมุ่งความสนใจไปยังการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า โดยไม่ให้มีข้อบกพร่อง (Zero Defect)
- 5) การลดต้นทุน

โดยมีขั้นตอนทั่วไปของการปรับปรุงคุณภาพประกอบด้วย

- 1) การชี้แจงโครงการเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ โดยทั่วไปแล้วจะได้มาจากการสำรวจความจำเป็นของลูกค้าภายนอก
- 2) การจัดคณะทำงานเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement Team) โดยทั่วไปจะกำหนดให้คณะทำงานประกอบด้วยพนักงานระดับจัดการขององค์กรและมักเป็นการบริหารแบบข้ามสายงาน (Cross Function Team)
- 3) การวินิจฉัยสาเหตุจากระบบ
- 4) พัฒนาวิธีการแก้ไขสาเหตุจากระบบ
- 5) ทวนสอบถึงความมีประสิทธิภาพของวิธีการแก้ไขสาเหตุจากระบบ

- 6) ทำการประเมินถึงแรงต่อต้านการเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปประกอบด้วยแรงต่อต้าน 2 ประการ คือ แรงต่อต้านทางสังคม (Social Resistance) และแรงต่อต้านทางเทคโนโลยี (Technological Resistance) แล้วหาทางแก้ไขเพื่อเอาชนะแรงต่อต้านดังกล่าว
- 7) จัดทำระบบควบคุมขึ้นใหม่และพิจารณาถึงประโยชน์ที่พึงได้รับ

ข้อแตกต่างระหว่าง การวางแผนคุณภาพ การควบคุมคุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพ

การวางแผนคุณภาพ เป็นการวางเป้าหมายที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตและพยายามค้นหาแนวทางหรือ วิธีการ ในการดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายนั้นๆ ซึ่งผลจากการวางแผนมี 2 ทาง คือ

- 1) แผนนั้น สามารถใช้ได้ดีในทางปฏิบัติ
- 2) จากแผนที่ได้วางไว้เมื่อนำไปใช้งานอาจทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในกระบวนการผลิตได้เช่นกันดังนั้นจึงต้องดำเนินการหาวิธีการแก้ไขโดยการ ทบทวนและวางแผนใหม่

การควบคุมคุณภาพ เป็นการดำเนินการผลิตให้ตรงกับเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้รวมถึง การตรวจติดตามกระบวนการผลิต เพื่อตรวจจับความแตกต่างระหว่างกระบวนการจริงกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ รวมถึงการแก้ไขเพื่อรักษาสถานะของระบบไว้ไม่ให้เกิดความเปลี่ยนแปลงไปจากเป้าหมายที่ตั้งไว้

การปรับปรุงคุณภาพ เป็นการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีอยู่เดิม โดยมุ่งความสนใจไปยังปัญหาของความบกพร่อง ขณะที่การวางแผนคุณภาพมุ่งเป้าหมายความสนใจไปยังการค้นหาความต้องการของลูกค้าและดำเนินการ โดยมุ่งตอบสนองความต้องการนั้น ๆ การปรับปรุงคุณภาพ มีการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุ และหาแนวทางในการกำจัดสาเหตุของปัญหาที่ปรากฏมีอยู่ในกระบวนการผลิตเดิม ในบางครั้งการปรับปรุงคุณภาพอาจต้องมีการดำเนินการวางแผนคุณภาพใหม่ด้วย

2.2 หลักการเครื่องมือ 7 อย่าง ทางด้านการควบคุมคุณภาพ (แบบเก่า)

แนวทางปฏิบัติของการสร้างระบบบริหารงานคุณภาพ เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายนั้นจำเป็นต้องมีการวางแผนและการกำหนดเป้าหมายไว้อย่างชัดเจน ทั้งนี้โดยอาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างถูกต้อง จึงจะทำให้เข้าใจถึงสภาพการดำเนินงานของแต่ละกระบวนการอย่างแท้จริง เพื่อนำมาประยุกต์ให้ระบบบริหารคุณภาพมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับการดำเนินงานตามสภาพที่เป็นจริง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการใช้เครื่องมือที่เป็นเทคนิค วิธีการ ผัง แผนภูมิ ตาราง และรูปแบบในการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เพื่อช่วยในการค้นหาข้อเท็จจริง ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการค้นหาความคิดอย่างเป็นระบบและการจัดการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ อันจะช่วยในกระบวนการตัดสินใจ การคิดหามาตรการการแก้ไขและนำมาตรการเหล่านั้นมาปรับปรุงงาน การจัดทำมาตรฐานควบคุมและการตรวจติดตามผลหลังจากแก้ไขปัญหาทางานแล้ว

การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูล คือแนวทางสู่การแก้ไขปัญหาและการปรับปรุง จากข้อมูลจะบอก ปรากฏการณ์ พฤติกรรมหรือคุณสมบัติที่ต้องการจะทราบ

วัตถุประสงค์ของการรวบรวมข้อมูล ได้แก่

- 1) เพื่อศึกษาสถานภาพปัจจุบันของกิจกรรมการผลิตหรือการทำงานว่า มีสิ่งใดผิดปกติ สิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่เป็นไปตามความคาดหวังหรือไม่
- 2) เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของความผิดปกตินั้น
- 3) เพื่อตรวจสอบประเมินผลของการปรับปรุงหรือแผนการปฏิบัติงานต่างๆ

การรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้องเหมาะสม เป็นกิจกรรมที่จำเป็นในเบื้องแรกที่จะช่วยให้ทราบว่าปัญหาหรือไม่ ช่วยให้เราสามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหานั้นได้อย่างถูกต้องและช่วยให้สามารถตัดสินใจเลือกแนวทางและวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ผลอย่างถูกต้องได้ รายการเครื่องมือ 7 อย่างมีดังต่อไปนี้

2.2.1 ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

ใบตรวจสอบ เป็นเอกสารที่อยู่ในรูปของตาราง แบบฟอร์มหรือแผนภาพใดๆ ที่ออกแบบให้ง่ายต่อการจดบันทึกข้อมูล การจำแนกข้อมูลและการวิเคราะห์ผล หรืออาจจะมีลักษณะเป็นตารางแสดงรายละเอียดต่างๆ ที่ต้องการตรวจสอบไว้พร้อมแล้ว สามารถนำไปใช้งานโดยไม่ต้องกรอกรายละเอียดใหม่ เพียงแต่กาเครื่องหมายลงไปในช่วงที่ตรงกับรายละเอียดที่จัดไว้เท่านั้น

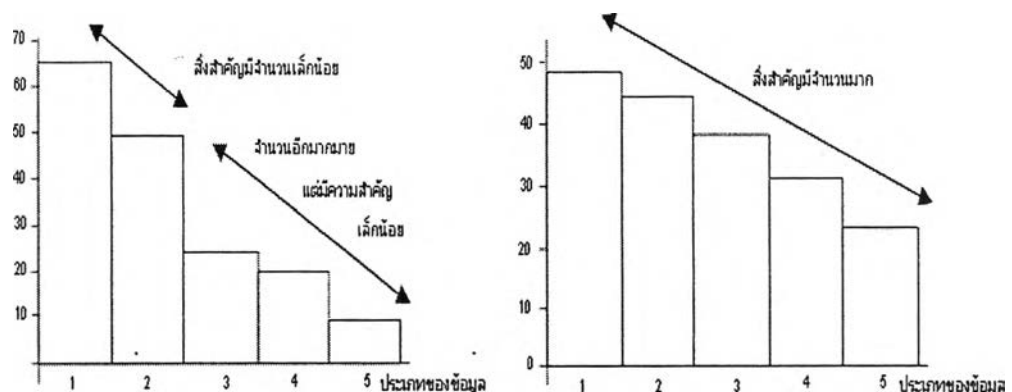
เราสามารถแบ่งชนิดของใบตรวจสอบได้เป็น 3 ลักษณะดังนี้

- ใบตรวจสอบแสดงการกระจายของข้อมูลจากระบวนการผลิต
- ใบตรวจสอบแสดงจำนวนข้อบกพร่องหรือรอยตำหนิ
- ใบตรวจสอบตำแหน่งข้อบกพร่องหรือรอยตำหนิ

2.2.2 แผนภาพพารेटอ (Pareto Diagram)

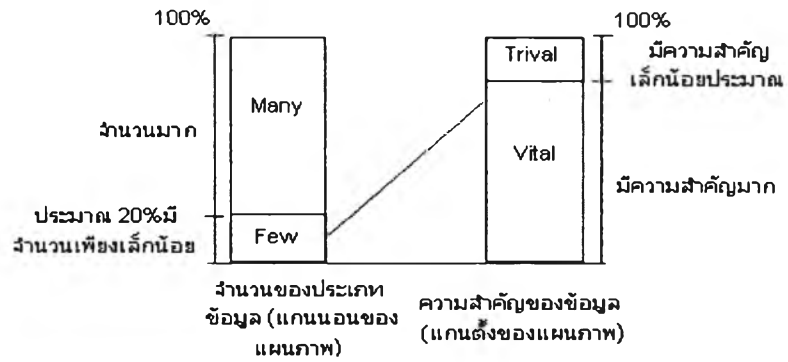
แผนภาพพารेटอ คือ กราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นหรืออาการบกพร่องกับจำนวนที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาสาเหตุที่สำคัญสูงสุด ไปยังน้อยสุด

ดร. โจเซฟ จูราน พบว่า “ถ้าข้อมูลอยู่ในสถานะเสถียรภาพแล้ว ข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital Few) ในขณะที่ข้อมูลที่เหลืออีกจำนวนมากจะมีความสำคัญเพียงเล็กน้อย (Trivial Many)” และเขาเรียกหลักการที่ศึกษาพบนี้ว่า “หลักการพารेटอ (Pareto Principles)” โดยการแยกแยะความผันแปรในข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพสำหรับการเลือกประเภทของข้อมูลนี้ ดร.จูราน ได้เรียกชื่อว่า “แผนภาพพารेटอ (Pareto Diagram)”



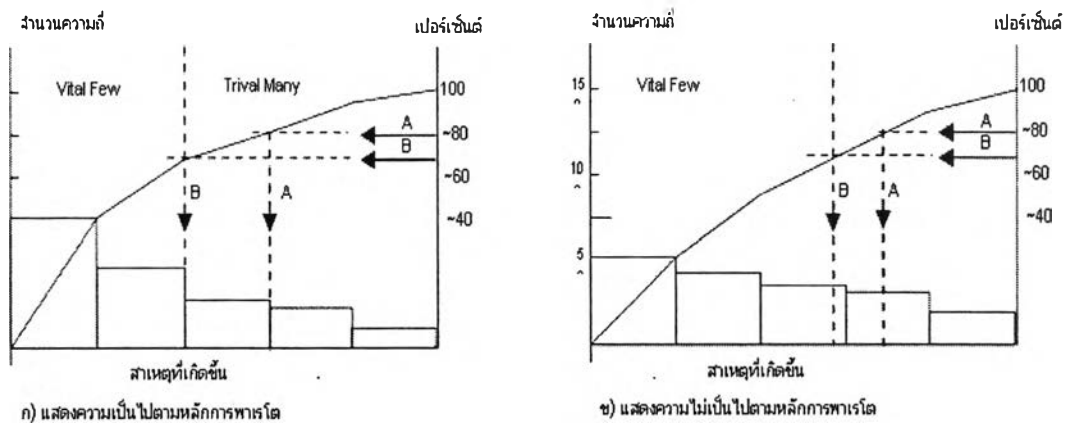
รูปที่ 2.1 แผนภาพพารेटอแสดงถึงความเป็นปกติหรือมีเสถียรภาพของข้อมูล

ดร. โจเซฟ จูราน พบว่าตัวแบบของความมีเสถียรภาพของข้อมูลนั้นจะมีลักษณะที่ข้อมูลที่มีความสำคัญมาก (โดยประมาณ 80% ที่ได้จากทั้งหมด) จะมาจากประเภทของข้อมูลจำนวนเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 20% ของประเภทข้อมูลทั้งหมด) จะมีความสำคัญเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 20% ของตัววัดความสำคัญทั้งหมด) บางตำราจะเรียกกฎสำหรับหลักการพาราโตนี้ว่า "กฎ 80-20" กฎ 80-20 นั้นเป็นเพียงแค่ต้องการให้เข้าใจได้โดยง่าย โดยให้รวมกันได้เท่ากับ 100 โดยแท้จริงแล้วอาจแสดงเป็น 80-25 หรือ 75-30 ก็ได้ ซึ่งสามารถอธิบายอย่างง่ายโดยใช้กราฟต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 แผนภาพพาราโตที่เป็นไปตามหลักการพาราโต

เพื่อวิเคราะห์ความหมายตามหลักการของพาราโตด้วยแผนภาพพาราโตนั้น จะมีความง่ายขึ้นถ้าหากมีการใช้เส้นกราฟแสดงค่าสะสมของข้อมูลทุกประเภทแล้วประยุกต์ใช้กฎ 80-20 ดังแสดงในรูปที่ 2.3

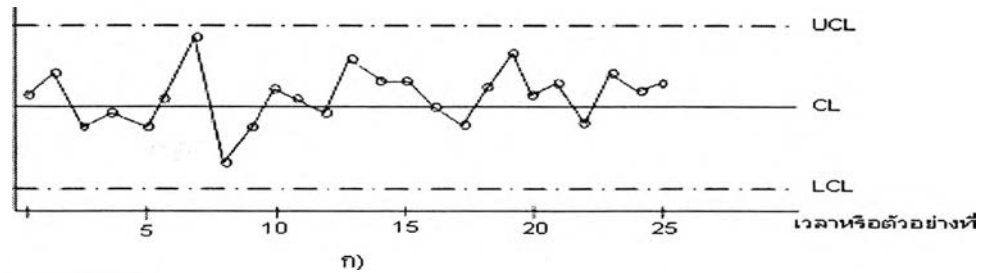


รูปที่ 2.3 แผนภาพพาราโตที่แสดงค่าสะสมของข้อมูลทั้งหมด

2.2.3 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

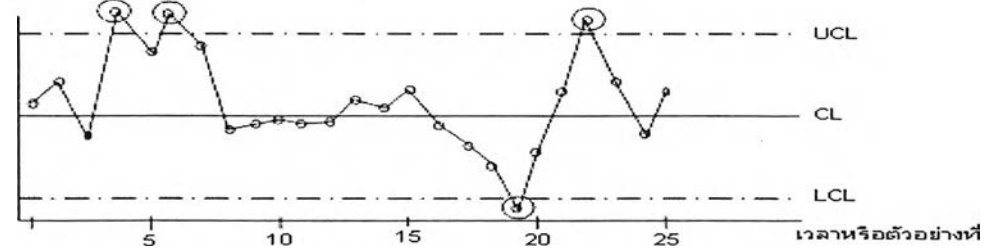
แผนภูมิควบคุม(Control Chart) คือ แผนภูมิหรือแผ่นกราฟที่เขียนขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยข้อมูลจากข้อกำหนดทางเทคนิค(Specification) ที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ทำการผลิตและต้องการจะควบคุมนั้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งจากการตรวจวัดค่าซึ่งวัดได้ (Variable) ที่เรียกว่าค่าวัดหรือการนับจำนวนของค่าที่เป็นหน่วยนับ (Attribute) แล้วเขียนบันทึกลงในแผนภูมินั้น ๆ แผนภูมิควบคุมเป็นแผนภูมิที่มีโครงสร้างประกอบด้วยเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นค่ากลาง (Center Line :CL) คือเส้นที่แสดงจำนวนหรือขนาดของข้อกำหนดหรือเป้าหมายการผลิตและเส้นขอบเขตการควบคุมอีก 2 เส้น ได้แก่ ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit :UCL) และขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit :LCL) คือเส้นขอบเขตของการควบคุมค่าสูงและค่าต่ำที่ยอมให้เกิดขึ้น ถ้าผลผลิตที่ได้มีค่าที่กำหนดอยู่ในขอบเขตการควบคุมระหว่าง 2 เส้นนี้ แสดงว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ หากว่าค่าดังกล่าวอยู่นอกขอบเขตการควบคุม จะถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับไม่ได้ และต้องมีการวิเคราะห์สาเหตุเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องโดยทันทีต่อไป

คุณสมบัติที่ต้องการควบคุม



ก)

คุณสมบัติที่ต้องการควบคุม



ข)

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม 2 กรณี

- ก. แสดงแผนภูมิควบคุมซึ่งบ่งบอกถึงสถานภาพการผลิตในขณะนั้นว่า อยู่ในควบคุม
- ข. แสดงแผนภูมิควบคุมซึ่งบ่งบอกว่าการผลิตในขณะนั้นอยู่นอกการควบคุม จะต้องได้รับการแก้ไขและกำจัดสาเหตุแห่งปัญหาต่อไป

โดยธรรมชาติของกระบวนการผลิตทั้งหลายย่อมมีความผันแปร (Variation) เกิดขึ้นกับชิ้นงานหรือผลผลิตได้ โดยความผันแปรบางชนิดเป็นเรื่องปกติและอนุญาตหรือยอมให้เกิดขึ้นได้ในการผลิต โดยไม่ก่อความเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะทำให้ขนาดของชิ้นงาน (หรือคุณสมบัติบางประการ) ผิดไปจากมาตรฐานกำหนด ดังนั้น การเข้าใจในสาเหตุความผันแปรจึงเป็นสิ่งสำคัญ

สาเหตุสำคัญของความผันแปร ความผันแปรต่างๆ มีผลมาจากสาเหตุสำคัญ ๆ 2 ชนิด คือ

- สาเหตุที่เป็นปกติวิสัย หรือสาเหตุโดยบังเอิญ (Chance Cause) เป็นกลุ่มสาเหตุของความผันแปรที่ไม่มีความรุนแรงและไม่มีผลต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้ เกิดจากความผันแปรหรือความแตกต่างเล็ก ๆ น้อย ๆ ของวัตถุดิบ และปัจจัยการผลิตต่างๆ ซึ่งแน่นอนที่สุดว่า ไม่มีของสองสิ่งที่มีเหมือนกันทุกประการ เพียงแต่ความแตกต่างเหล่านั้นอยู่ในพิสัยที่กำหนดทางเทคนิคได้ อนุญาตเอาไว้แล้ว ในค่า พิกัดความเผื่อ (Tolerance) ของชิ้นงานหรือขนาดวัดต่างๆ ของชิ้นงาน ฉะนั้น ความผันแปร ในคุณภาพผลิตภัณฑ์เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัย ของการผลิต จึงเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ในการควบคุมคุณภาพด้วยแผนภูมิควบคุมนี้
- สาเหตุที่ระบุได้ หรือสาเหตุที่กำจัดได้ (Assignable Cause) เป็นกลุ่มสาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากความผิดพลาด ความผิดพลาด ความซำรุด ความไม่ได้เกณฑ์ ฯลฯ ของปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และไม่ใช่เป็นปกติวิสัยหรือธรรมชาติของการผลิตในเรื่องนั้น ๆ จำเป็นจะต้องได้รับการกำจัดหรือแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของงานผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติอีกครั้งได้ ในแผนภูมิควบคุม เมื่อมีจุดไปปรากฏอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม ย่อมแสดงว่าได้เกิดมีสาเหตุที่ระบุได้เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนั้นแล้ว และเรียกสภาวะการผลิตอันนั้นว่า กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม (The Process is Out of Control)

2.2.3.1 ชนิดของแผนภูมิควบคุม (Type of Control Chart)

ชนิดของแผนภูมิควบคุม (Type of Control Chart) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดดังนี้

➤ แผนภูมิควบคุมเชิงปริมาณ หรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัด เรียกว่า Variable Control Chart โดยทั่วไปนิยมใช้กัน 2 อย่าง คือ แผนภูมิ $\bar{x} - R$ สำหรับข้อมูลแบบกลุ่ม และ X-MR สำหรับข้อมูลเชิงเดี่ยว

- แผนภูมิ \bar{x} เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมตรวจสอบและบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาพปกติหรือไม่
- แผนภูมิ R (R Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมตรวจสอบและบอกถึงการเปลี่ยนแปลงค่าพิสัย (Range) ของผลิตภัณฑ์ว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่
- แผนภูมิ X (X Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าคุณสมบัติที่วัดได้จากผลิตภัณฑ์
- แผนภูมิ MR (MR Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้เพื่อควบคุมค่าการกระจายของคุณสมบัติที่วัด ด้วยค่าพิสัยซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้แผนภูมิควบคุม $\bar{x} - R$ Chart และ X-MR Chart

แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าพิสัย (R Chart)

แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าพิสัย (R Chart) เป็นแผนภูมิที่อาศัยหน่วยค่าวัด (x) และค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ของกลุ่มข้อมูลในการควบคุม โดยหน่วยวัด (x) อาจเป็นความยาว น้ำหนัก ความแข็ง ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะของเหลว เป็นต้น หรือปริมาณน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยบรรจุ (เช่น น้ำหนักของเนื้อแป้งภายใน 1 กระป๋องที่บรรจุเสร็จแล้ว) \bar{x} จะหาได้จากค่าเฉลี่ยของ x ในกลุ่มย่อย (Subgroup) และค่า R หรือพิสัยก็เป็นค่าพิสัยของ x ภายในกลุ่มย่อยนั้น เรามักจะใช้ \bar{x} Chart คู่กับ R Chart เพื่อควบคุมการผันแปรภายในกลุ่มย่อย

แผนภูมิควบคุมข้อมูลตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่ (X-MR Chart)

แผนภูมิควบคุมข้อมูลตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่ (X-MR Chart) มีนักการศึกษา กล่าวว่า ในกระบวนการผลิตหลายกระบวนการผลิตที่ขนาดตัวอย่างย่อยที่เก็บจากกระบวนการผลิตมีค่าเป็น 1 (n=1) หรือในบางกระบวนการผลิตที่เป็นการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบทำลาย ซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูงถ้าตรวจสอบหลายหน่วยการควบคุมกระบวนการผลิต ในกรณีนี้จะใช้แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยว ซึ่งหมายถึงแผนภูมิ X (X Chart) และจะใช้ควบคู่กับแผนภูมิ R เคลื่อนที่ (MR Chart)

ในการสร้างแผนภูมิ จะทำโดยการหาค่าพิสัยของข้อมูลสองค่า ที่อยู่ติดกันโดยไม่คิดเครื่องหมาย จากนั้นทำการหาค่าพิสัยเคลื่อนที่ของข้อมูลที่ละสองค่าไปเรื่อยๆ จนกระทั่งหมดข้อมูล กรณีนี้ถือว่าขนาดตัวอย่างย่อยเท่ากับ 2 (n=2) ดังนั้น $d_2 = 1.128$, $D_4 = 3.267$ และ $D_3 = 0$

➤ แผนภูมิควบคุมเชิงคุณลักษณะ หรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจนับ เรียกว่า Attribute Control Chart โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

- แผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสีย (p Chart) และแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย (np Chart) เป็นแผนภูมิที่ตรวจสอบโดยการสุ่มตัวอย่าง แล้วระบุจำนวนของดีหรือของเสียในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่
- แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ (c Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ตรวจสอบโดยการนับจำนวนข้อตำหนิที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์นั้นมีความซับซ้อนหรือมีข้อกำหนดมากมาย การที่จะระบุว่า เป็นของดีหรือของเสียทำได้ยากหรือมีค่าใช้จ่ายสูงสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง แผนภูมิจำนวนตำหนิ ได้แก่ แผนภูมิ c-chart เมื่อใช้จำนวนตัวอย่างกลุ่มย่อยที่มีค่าคงที่และเท่ากับ 1 หน่วย และ u-chart ใช้ในกรณีที่จำนวนหน่วยตัวอย่างของกลุ่มย่อยไม่เท่ากันหรือจำนวนหน่วยตัวอย่างของกลุ่มย่อยมีค่ามากกว่า 1 หน่วย

ตาราง 2.1 ชนิดของแผนภูมิควบคุม

ลักษณะจำเพาะของค่าที่ควบคุม	ชื่อแผนภูมิควบคุมที่ใช้
1. ข้อมูลมีค่าต่อเนื่องหรือข้อมูลจากหน่วยวัด	1.1 $\bar{x} - R$ Chart (แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย) 1.2 X Chart (แผนภูมิควบคุมค่าวัด) 1.3 X-MR Chart (แผนภูมิค่าวัดและพิสัยเคลื่อนที่)
2. ข้อมูลแบบค่าแจงนับหรือข้อมูลจากหน่วยนับ	2.1 np Chart (แผนภูมิควบคุมจำนวนชิ้นงานที่เป็นของเสีย) 2.2 p Chart (แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย) 2.3 c Chart (แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ) 2.4 u Chart (แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อชิ้น)

ตาราง 2.2 รายการสูตรคำนวณที่ต้องใช้ในการสร้างแผนภูมิควบคุมแต่ละชนิด

ชนิดของแผนภูมิควบคุม	Upper Control Limit (UCL) ,Center Line (CL) , Lower Control Limit (LCL)
\bar{x}	$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$ $CL = \bar{\bar{x}}$ $LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$
R	$UCL = D_4 \bar{R}$ $CL = \bar{R}$ $LCL = D_3 \bar{R}$
X	$UCL = \bar{\bar{x}} + 2.66 \bar{R}_s$ $CL = \bar{\bar{x}}$ $LCL = \bar{\bar{x}} - 2.66 \bar{R}_s$
np	$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{np(1-p)}$ $CL = n\bar{p}$ $LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{np(1-p)}$
p	$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$ $CL = \bar{p}$ $LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$
c	$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ $CL = \bar{c}$ $LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
u	$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n}$ $CL = \bar{u}$ $LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$

2.2.4 กราฟต่างๆ (Graphs)

Karatsu and Ikeda (1987) ได้นิยามความหมายของคำว่ากราฟ ว่าหมายถึง แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งสามารถทำง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ (The data (number) of statistical analysis results put into a diagram which is easily understandable at a glance)

กราฟเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับงานทางวิศวกรรม โดยทั่วไปแล้วมักจะมีการใช้ประโยชน์จากกราฟในกรณีต่อไปนี้

- 1) การอธิบายเช่น อัตราส่วนของข้อบกพร่อง ผลผลิตภาพ ฯลฯ
- 2) การสร้างความเข้าใจ โดยการวิเคราะห์ เปรียบเทียบข้อมูลปัจจุบันกับข้อมูลในอดีต
- 3) การควบคุมเช่น การควบคุมอุณหภูมิ การควบคุมค่าผลได้ (yield) ฯลฯ
- 4) การวางแผน เช่น การวางแผนการผลิตประจำวัน ฯลฯ
- 5) การคำนวณเช่น การคำนวณเส้นพิสัยควบคุม ฯลฯ

เนื่องจากกราฟมีมากมายหลายชนิดจนไม่สามารถระบุถึงชนิดต่างๆ ได้ทั้งนี้ขอเพียงแต่ให้รูปภาพดังกล่าวสามารถอธิบายในสิ่งที่ต้องการตามจุดประสงค์ได้ ก็ถือว่าเป็นกราฟที่มีความเหมาะสมแล้ว

โดยทั่วไปแล้ว ขั้นตอนพื้นฐาน ในการสร้างกราฟ ประกอบด้วย

- 1) การทำความเข้าใจกับจุดประสงค์ในการแสดงผลข้อมูลด้วยกราฟ
- 2) การจัดสรร สนเทศตลอดจนข้อมูลต่างๆ ลง ในแบบฟอร์มของกราฟ
- 3) เลือกประเภทของกราฟ ซึ่งในกรณีนี้ผู้วิเคราะห์จะต้องสามารถจำแนกถึงประเภท ข้อดีตลอดจนข้อเสียของกราฟแต่ละประเภทได้
- 4) ระบุหัวข้อของกราฟนั้น ซึ่งจำเป็นต้องเขียนให้สั้น กระชับ และมีความชัดเจนในเนื้อหาและสิ่งที่น่าสนใจ
- 5) ทำการเขียนกราฟ

การใช้กราฟและใบตรวจสอบต่างมีจุดประสงค์เหมือนกันคือ พิจารณาถึงสาเหตุของความผันแปรของข้อมูลที่บันทึก แต่มีความแตกต่างกันตรงที่ใบตรวจสอบจะระบุถึงสาเหตุที่สนใจ ซึ่งมีจำนวนไม่มากนัก จึงเหมาะสมกับปัญหาหน้างาน ในขณะที่กราฟจะมีความเหมาะสมกว่ากับการสังเกตภาพรวม ซึ่งจะวิเคราะห์ได้ถึงสาเหตุจำนวนมากมายได้ ตัวอย่างของกราฟที่มีการประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น กราฟแท่ง กราฟเส้นตรง กราฟวงกลม กราฟเรดาร์ เป็นต้น

2.2.5 ฮิสโตแกรม (Histogram)

ฮิสโตแกรม เป็นแผนภูมิที่แสดงความถี่ของสิ่งที่เกิดขึ้นโดยแสดงเป็นกราฟแท่งสี่เหลี่ยมที่มีความกว้างเท่ากันและมีด้านข้างติดกัน

ประโยชน์ของ ฮิสโตแกรม

- 1) เพื่อศึกษาว่าข้อมูลชุดหนึ่ง มีการกระจายตัวมากน้อยเพียงไร อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ มากน้อยเพียงไร
- 2) ใช้ในการคำนวณค่าทางสถิติของข้อมูลชุดนั้น อาทิ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 3) จากค่าของขอบเขตที่ยอมรับได้ และค่าทางสถิติที่ยอมรับได้ ทำให้สามารถระบุค่าดัชนี วัดค่าความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index ; Cp) ได้ ซึ่งจะเป็น ประโยชน์ในการเทียบเคียง (Benchmarking) และการปรับปรุงกระบวนการอย่างไร
- 4) ใช้ตรวจสอบประสิทธิผลการปรับปรุง

2.2.6 ผังก้างปลาหรือ ผังเหตุและผล (Fishbone Diagram or Causes and Effect Diagram)

ผังก้างปลาเป็นแผนภูมิที่ใช้ต่อจากแผนภูมิพาเรโต กล่าวคือหลังจากตัดสินใจที่จะเลือกแก้ปัญหาใดจากการทำแผนภูมิพาเรโตแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหาที่เลือกขึ้นมา โดยแสดงผลของสาเหตุของปัญหาไว้ที่ปลายของแผนภูมิและระหว่างที่จะถึงปลายของแผนภูมิ จะแสดงสาเหตุต่างๆของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีหลักการเขียนคือ กำหนดปัญหาที่ต้องแก้ไขและเขียนต้นเหตุของปัญหาที่เป็นสาเหตุของปัญหาเล็กๆ แยกแยกแขนงออกจากเส้นตามแนวนอน โดยเริ่มจากต้นเหตุใหญ่ของปัญหา ซึ่ง โดยทั่วไปจะประกอบด้วย

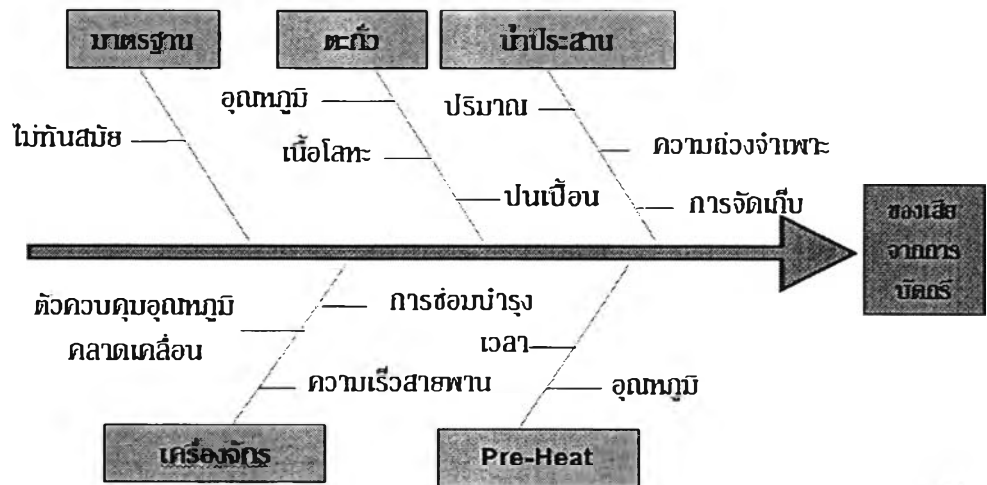
- 1) คน (Man)
- 2) เครื่องจักร (Machine)
- 3) วัสดุ (Material)
- 4) วิธีการทำงาน (Method)
- 5) สภาพแวดล้อม (Environment)

ประโยชน์ที่ได้รับ นอกจากจะทำให้รู้ถึงสาเหตุของปัญหาแล้ว ยังก่อให้เกิด

- 1) การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความชำนาญและประสบการณ์ของสมาชิกในกลุ่ม
- 2) ความสามารถนำที่จะนำไปใช้กับทุกประเภทของปัญหา
- 3) ความสามารถมองภาพรวมและความสัมพันธ์ของสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาได้ง่ายขึ้น

หลักการสร้างแผนภูมิ

1. ชี้ลักษณะคุณภาพที่เป็นปัญหาออกมาให้ชัดเจน
2. ด้านขวาสุดเขียนปัญหาหรือความผิดพลาด ลากเส้นจากซ้ายไปขวามาที่กรอบหรือตัวปัญหา
3. เขียนสาเหตุหลักของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้หลัก 4M 1E
4. เขียนสาเหตุรองและสาเหตุย่อย ๆ ลงไป ที่ส่งผลต่อ ๆ กันไป
5. ตรวจสอบว่ามีสาเหตุอื่นใดอีกหรือไม่
6. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ เพื่อการแก้ไขต่อไป



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างผังก้างปลาหรือ ผังเหตุและผล

วิธีการแก้ไขปัญหามีขั้นตอนดังนี้

- 1) ตัดสาเหตุที่ไม่จำเป็นออก
- 2) ลำดับความเร่งด่วนและความสำคัญของปัญหา
- 3) ถ้ายืนยันสาเหตุนั้นไม่ได้ต้องกลับไปเก็บข้อมูลอีกครั้ง
- 4) คิดหาวิธีการแก้ไข ทั้งเชิงวิชาการและประสบการณ์
- 5) กำหนดวิธีการแก้ไข กำหนดผู้รับผิดชอบ
- 6) ต้องมีการติดตามผลการแก้ไขในรูปแบบที่สามารถวัดค่าได้

เมื่อได้ข้อมูลของผังก้างปลาจนครบทุกก้างแล้ว ต้องทบทวนว่าเราได้ละเว้นสาเหตุหลัก บางอันไปหรือไม่ สาเหตุรอง บางอันได้ละเว้นไปหรือไม่ จากนั้นทำการวิเคราะห์และชั่งน้ำหนัก เปรียบเทียบกันว่า มีสาเหตุอะไรที่ไม่สำคัญและอันไหนที่น่าจะสำคัญในกรณีนั้น ๆ เพื่อ ทำการศึกษาให้ลึกซึ้งต่อไป

ข้อสังเกตในการนำผังก้างปลาไปใช้

1) ก่อนสรุปปัญหาควรใส่นำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุ แต่ละตัวเพื่อจะ ได้ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา (Setting Priority) ก่อนนำไปปฏิบัติต่อไป ควรอาศัยข้อมูลสถิติหรือตัวเลขในการพิจารณาใส่นำหนักหรือให้คะแนนความสำคัญ ของปัจจัยสาเหตุ พยายามหลีกเลี่ยงการใช้ความรู้สึก ของตนเอง (ยกเว้นกรณีไม่มีข้อมูล สนับสนุนอาจอาศัยประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ ได้)

2) ขณะใช้ผังก้างปลา ก็ให้ทำการปรับปรุง แต่งเติม แก้ไขอย่างต่อเนื่องด้วย ก็เนื่อง ว่าผังก้างปลาที่เตรียมขึ้นมาในครั้งแรกอาจจะยังไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อนำไปใช้ในการแก้ไข ปัญหาแล้ว ระหว่างนั้นจะได้ข้อมูลและข้อเท็จจริงเพิ่มขึ้นมามากและอาจเข้าไป หักล้างความเข้าใจแต่เดิมของเราก็ได้ การปรับปรุงไปเรื่อย ๆ จึงเป็นการบันทึกผล การศึกษาค้นคว้าประกอบการแก้ไขปัญหาในการผลิตที่ดีอีกด้วย

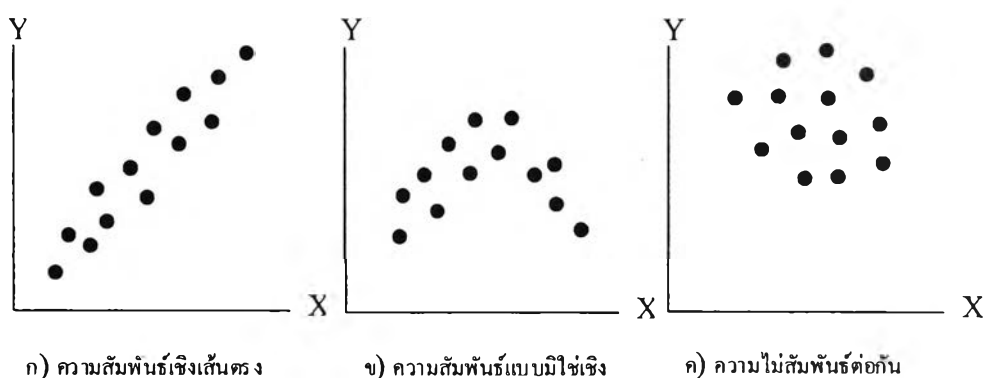
2.2.7 แผนผังการกระจาย

แผนผังการกระจาย คือ ผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของสองตัวแปร ที่ นำเสนอในรูปกราฟสองแกน (แกนนอนและแกนตั้ง) ทั้งนี้เมื่อทำการลงจุดของค่าวัดในกราฟที่เป็น ตัวแทนของความสัมพันธ์กันแล้ว สามารถทำให้บอกได้ว่าตัวแปรที่กำลังศึกษาทั้งสองสิ่งนั้น มี ความสัมพันธ์กันหรือไม่ หากมีความสัมพันธ์กัน จะเป็นความสัมพันธ์รูปแบบใด

ความสัมพันธ์สองตัวแปร ที่เราพบมากคือ

- 1) คุณสมบัติทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์กับตัวแปรของกระบวนการผลิตตัวแปรหนึ่ง
- 2) คุณสมบัติทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สองคุณสมบัติ
- 3) ปัจจัยการผลิตสองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หนึ่งตัว

เมื่อทราบความสัมพันธ์เหล่านี้ ขั้นตอนแรกคือ เราต้องเขียนผังการกระจายก่อนแล้วได้ ข้อมูลจากการทดลองลงไปจากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ โดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งลักษณะ ความสัมพันธ์ของข้อมูลออกเป็น 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 คือ ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เชิงเส้นตรง และความไม่สัมพันธ์ต่อกัน



รูปที่ 2.6 แบบความสัมพันธ์ของข้อมูล

ในรูปที่ 2.6 (ก) แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจจะ แบ่งออกได้เป็นความสัมพันธ์เชิงบวก (positive correlation) และความสัมพันธ์เชิงลบ (negative correlation) คำว่าเชิงเส้นตรง (Linear) ที่กล่าวถึงนี้มีวามหมายว่า ทุก ๆ หน่วยของ X ที่เพิ่มขึ้น หรือลดลง จะทำให้ Y มีค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วยขนาดเท่าเดิมเสมอ โดยทางคณิตศาสตร์ ถือว่า สัดส่วนดังกล่าว ($\Delta Y / \Delta X$) เป็นค่าความชัน (Slope) ของสมการเส้นตรง

ในรูปที่ 2.6 (ข) แสดงถึงความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เชิงเส้นตรง โดยความสัมพันธ์ดังกล่าว นี้หมายความว่าที่แต่ละหน่วยของ X ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจะทำให้ Y มีค่าเปลี่ยนแปลงไปไม่เท่ากัน โดยทางคณิตศาสตร์ถือว่าการคำนวณค่าความชันมีค่าไม่คงที่ จึงเรียกว่า “ ไม่ใช่เชิงเส้นตรง (Non-linear)”

2.3 เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis ,FMEA)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ เป็นวิธีการในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของระบบการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตหรือบริการ โดยเป็นแนวทางในการป้องกัน (Preventive Approach) ที่ใช้สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต โดยพิจารณาความเป็นไปได้ในการเกิดข้อบกพร่อง และทำการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต เพื่อค้นหาสาเหตุและผลกระทบจากข้อบกพร่องนั้นๆ หลังจากนั้นก็ทำการกำหนดวิธีการตรวจสอบและบ่งชี้ข้อบกพร่อง ประเมิน โอกาสการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง และทำการกำหนดวิธีการเกิดขึ้นอีกของข้อบกพร่องนั้นๆ ในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของข้อบกพร่องของการออกแบบและกระบวนการนั้นๆ จัดทำเป็นตาราง ที่มีคะแนนความเสี่ยงสูง เพื่อนำมาจัดลำดับว่าควรปรับปรุงการออกแบบหรือกระบวนการใดก่อน โดยมีจุดมุ่งหมายในการปรับปรุง คือลดคะแนนความเสี่ยงของข้อบกพร่องแต่ละข้อลง

ลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบ หรือการทำ FMEA มีจุดประสงค์ คือ

- 1) การป้องกันข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น โดยทำการแยกแยะและบ่งชี้ลักษณะความเสี่ยงของการออกแบบและกระบวนการผลิต
- 2) มีความพยายามลดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง ลดความรุนแรงของผลอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่อง และ
- 3) นำผลจากการวิเคราะห์ที่ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงการออกแบบและกระบวนการผลิต

ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการวิเคราะห์คือ แผนปฏิบัติการ เพื่อกำจัดหรือลดข้อบกพร่องทางกายภาพของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตโดยการคำนึงถึงลำดับก่อนหลังของความเสี่ยงของปัญหา การทำวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบมีลักษณะเป็นกระบวนการแบบเป็นระบบ หรือ Systematic Technique มีการทำงานเป็นทีมและใช้ความรู้จากบุคลากรที่มีประสบการณ์จากทุกฝ่ายขององค์กร ช่วยทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นมีประสิทธิภาพดียิ่ง

2.3.1 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำ FMEA

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำ FMEA มีดังต่อไปนี้

- ปรับปรุงคุณภาพและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์
- ช่วยให้ทีมงานสามารถจัดลำดับความสำคัญของปัญหาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ และหาวิธีในการป้องกันก่อนเกิดปัญหาเหล่านั้นขึ้น
- ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์
- ช่วยในการสร้างแผนควบคุม (Control Plan) ที่ดี
- ลดความยุ่งยากในการแก้ปัญหาประจำวัน ในกระบวนการ
- บันทึกลงและติดตามผลการปฏิบัติเพื่อลด โอกาสการเกิดความเสียหาย
- ลดค่าใช้จ่ายจากข้อร้องเรียนของลูกค้า
- เพิ่มความพึงพอใจให้ลูกค้า

หลักการเบื้องต้นของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (FMEA) ที่จะต้อง

- 1) สามารถประเมินลักษณะความเสียหายได้อย่างถูกต้องและครอบคลุมทุกผลกระทบที่ อาจเกิดขึ้น
- 2) ได้รับการวิเคราะห์ห้อย่างเป็นระบบและหาวิธีการ ป้องกันที่ถูกต้อง เหมาะสม ก่อนที่ความเสียหายจะเกิดขึ้น หรือช่วยให้ความรุนแรงที่เกิดขึ้นบรรเทาเบาบางลง

2.3.2 ประเภทของการวิเคราะห์

โดยทั่วไปแล้วการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (FMEA) จะมีการจำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ

- 1) การวิเคราะห์ความเสียหายสำหรับการออกแบบ (Design FMEA)
- 2) การวิเคราะห์ความเสียหายสำหรับกระบวนการ (Process FMEA)

➤ **การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับการออกแบบ (Design FMEA)**

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับการออกแบบ (Design FMEA) มีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

- 1) ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ถูกต้องตามความต้องการของลูกค้า
- 2) ออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สะดวกต่อการผลิตในแต่ละขั้นตอน
- 3) ประเมินทุกลักษณะความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ในสายการผลิตได้อย่างครอบคลุม
- 4) จัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาและหาวิธีป้องกันได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและทันเวลา
- 5) นำไปใช้เป็นแบบอย่างในการออกผลิตภัณฑ์ใหม่ในอนาคต

โดยหลักการสำคัญของการวิเคราะห์แบบนี้ คือ

- 1) การวิเคราะห์ DFMEA ควรเสร็จเรียบร้อยก่อนเสร็จสิ้นการออกแบบ
- 2) หากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้นในระหว่างการออกแบบ ควรจัดบันทึกการแก้ไขทุกครั้ง

➤ **การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับกระบวนการ (Process FMEA)**

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับกระบวนการ (Process FMEA) มีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

- แสดงถึงหน้าที่ของชิ้นงาน / ชุดงานและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง
- ทราบถึงลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นในสายการผลิต
- ประเมินทุกลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นในสายการผลิต พร้อมทั้งทำการปรับปรุงกระบวนการและวิธีการตรวจสอบของเสีย
- จัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจในวิธีป้องกันได้อย่าง ถูกต้องเหมาะสมและทันเวลา
- นำไปใช้เป็นมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพผลิตต่อไป

โดยหลักการสำคัญของการวิเคราะห์แบบนี้ คือ

- การวิเคราะห์ PFMEA ควรทำควบคู่ไปกับการวางแผนการผลิตและการปรับปรุงคุณภาพ
- หากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต ควรจัดบันทึกการแก้ไขทุกครั้ง

2.3.3 ลำดับขั้นตอนการสร้าง FMEA สำหรับกระบวนการ (Process FMEA)

ในการสร้าง FMEA สำหรับกระบวนการควรเริ่มต้นจากการสร้างแผนภูมิแสดงการไหลเพื่อแสดงแนวความคิดของกระบวนการ โดยแผนภูมิดังกล่าวควรบ่งชี้ถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการที่สอดคล้องกับแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติการ และแบบฟอร์มของแผนภูมิการไหลนี้ควรจะเป็นเอกสารแนบ FMEA สำหรับกระบวนการที่สร้างด้วย แบบฟอร์ม FMEA ของกระบวนการ ที่มีการระบุหมายเลขไว้เพื่อให้ง่ายต่อการจัดทำตามลำดับขั้นตอนการสร้าง FMEA ดังตารางที่ 2.3

ตาราง 2.3 แบบฟอร์ม FMEA ของกระบวนการ

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)																	
Item: 2											Process Responsibility: 3			FMEA Number: 1			
Model Year(s) / Vehicle(s): 5					Key Date: 6			Page #: _____		Prepared by: 4							
Core Team: 8								Date (Orig.): 7		Date (Rev.): 4		RPN Threshold: _____					
Process Function / Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Occurrence	Current Process Control		U e t i c t i o n	R e s p o n s i b i l i t y	Recommended Action(s)	Responsibility & Target completion Date	Action Results					
						Prevention	Detection					Actions Taken	S u c c e s s	U n d e r t a k e	R e p e t i t i o n	R e m a i n i n g	
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				

ลำดับขั้นตอนการสร้าง FMEA สำหรับกระบวนการจะดำเนินการตามลำดับชั้น
ดังนี้

1. หมายเลข FMEA ให้ใส่หมายเลขเอกสารสำหรับ FMEA ลงไปเพื่อ
ประโยชน์ในการสอบกลับได้
2. ชื่อผลิตภัณฑ์/กระบวนการ ให้ใส่ชื่อและจำนวนระบบ ระบบย่อย หรือ
ชิ้นส่วนประกอบ สำหรับ กระบวนการที่จะทำการวิเคราะห์
3. ผู้รับผิดชอบกระบวนการ ให้ใส่ชื่อผู้ผลิต(OEM) ฝ่ายงานและกลุ่มงานลง
ไป ทั้งนี้อาจรวมถึงรายชื่อของผู้ส่งมอบด้วย
4. ผู้จัดทำ ให้ใส่ชื่อของผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดเตรียม FMEA
พร้อมหมายเลขโทรศัพท์และชื่อของบริษัทที่สังกัด
5. ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ ให้ใส่ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ (ปี พ.ศ. หรือ
โปรแกรม) ที่จะใช้และ/หรือ ได้รับผลกระทบจากกระบวนการที่ทำการวิเคราะห์
6. วันสำคัญ (Key date) ให้ใส่วัน เดือน ปีที่ควรกำหนดเสร็จสิ้น ซึ่งไม่ควร
จะเกินกว่ากำหนดวันเริ่มต้นทำการผลิต แต่ถ้าเป็นกรณีที่ FMEA ได้รับการจัดทำโดยผู้
ส่งมอบ วัน เดือน ปีที่ควรเสร็จสิ้น ซึ่งไม่ควรจะเกิน ไปกว่ากำหนดวันที่ต้องจัดส่ง PPAP
(Production Part Approval Process)
7. วัน เดือน ปี สำหรับ FMEA ให้ใส่วัน เดือน ปี ที่เริ่มต้นจัดทำ FMEA และ
วันเดือนปีที่ทบทวน FMEA ครั้งล่าสุด
8. คณะทำงาน ให้ใส่ชื่อบุคคลที่รับผิดชอบ รวมถึงฝ่ายงานที่มีอำนาจในการ
บ่งชี้และ/หรือดำเนินงาน (แนะนำให้ใส่ชื่อสมาชิก ฝ่ายงาน เบอร์โทรศัพท์ ที่อยู่ของ
สมาชิกทั้งหมด ในคณะทำงาน FMEA ลงในเอกสารแนบ)
9. หน้าที่/ ความต้องการกระบวนการ ให้ใช้คำอธิบายง่ายๆ เกี่ยวกับ
กระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ได้รับการวิเคราะห์(เป็นต้นว่า การกลึง การ
เจาะ การเชื่อมประสาน การประกอบ การลงทะเบียน การบันทึก ฯลฯ) และให้ใส่
หมายเลขของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานลงไปด้วย ในกรณีนี้คณะทำงาน
FMEA ควรมีการทบทวนถึงสมรรถนะวัตถุดิบ กระบวนการ สิ่งแวดล้อม และมาตรฐาน
ความปลอดภัย โดยทั่วไปแล้ว ควรอธิบายอย่างกระชับที่สุดเท่าที่จะทำได้ถึง

จุดประสงค์ของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ได้รับการวิเคราะห์ รวมถึงสารสนเทศเกี่ยวกับแบบ (ตัววัด/ค่าที่ประมาณ) ของระบบ ระบบย่อย หรือชิ้นส่วนประกอบ

ในกรณีที่กระบวนการประกอบด้วย ขั้นตอนการปฏิบัติงานจำนวนมาก (เช่น สายงานการประกอบ) ที่มีแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องที่แตกต่างกันแล้ว ก็อาจจะทำการแยกพิจารณาจากกันได้ใน การกำหนดหน้าที่ของกระบวนการ ให้ใช้คำถามง่ายๆ ว่า 1. สิ่งนั้นคืออะไร และ 2. สิ่งนั้นใช้ทำอะไร และในกรณีที่มีหน้าที่ของกระบวนการหลายข้อ ควรจะมีการจัดลำดับก่อนหลัง เพราะว่าในบางครั้งอาจจะทำให้มีลักษณะข้อบกพร่องแตกต่างกันได้

ในกรณีที่ใช้ FMEA กับกระบวนการที่ใช้งานอยู่แล้วเพื่อการวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องจากกระบวนการ เช่น ระบบซิกซ์ซิกม่า ในขณะนี้อาจจะเปลี่ยนเป็นขั้นตอนของกระบวนการ (what is the process step) และพิจารณาว่าอะไรคือปัจจัยป้อนเข้าที่สำคัญ (What is the key process input) ทั้งนี้เพื่อการวิเคราะห์ถึงลักษณะข้อบกพร่องในขั้นตอนต่อไป โดยการพิจารณาว่า อะไรคือสิ่งที่ปัจจัยป้อนเข้ามีความผิดพลาด (What ways does the key input go wrong)

10. แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง ซึ่งหมายถึงลักษณะทางกายภาพที่กระบวนการจะไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามที่ออกแบบไว้หรือกำหนดความต้องการไว้ โดยลักษณะข้อบกพร่องที่พิจารณานี้ อาจจะเป็นสาเหตุของลักษณะของบพร่องของกระบวนการ ทำให้น้ำ และอาจจะเป็นผลกระทบจากลักษณะข้อบกพร่องของกระบวนการต้นน้ำ

ในการวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องสำหรับกระบวนการที่พิจารณานี้ให้กำหนดภายใต้ข้อสมมุติว่า ชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่นำเข้ามาจากกระบวนการก่อนหน้ามีความถูกต้องเสมอ เพื่อจะได้พิจารณาถึงลักษณะข้อบกพร่องที่แท้จริงของกระบวนการที่พิจารณาได้ โดยทั่วไปแล้ว สามารถจำแนกข้อบกพร่องของกระบวนการออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. การตรวจสอบวัตถุดิบ - เหตุผลที่ชิ้นงานได้รับการปฏิเสธ
2. การผลิต
 - คุณลักษณะที่ตรวจสอบด้วยคาลิปเปอร์
 - คุณลักษณะที่สามารถวัดได้
 - คุณลักษณะของแบบ

3. การประกอบ - ใช้ชิ้นส่วนประกอบไม่ถูกต้อง หรือทำการประกอบ
ชิ้นส่วนไม่ครบถ้วน

4. การทดสอบและ/หรือการตรวจสอบ

- การยอมรับผลิตภัณฑ์บกพร่อง/การปฏิเสธ

ผลิตภัณฑ์ที่ดี ที่แต่ละหน้าที่หรือความต้องการของกระบวนการที่ได้
ระบุไว้ในหัวข้อที่ 9 อาจจะมีลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์
มากกว่า 1 รายการก็ได้ ดังนั้น จึงควรกำหนดลักษณะข้อบกพร่อง
สำหรับขั้นตอนการปฏิบัติงานต่างๆ ที่เจาะจงในเทอมของคุณลักษณะ
ของชิ้นส่วนประกอบ ระบบย่อย ระบบหรือกระบวนการ โดย
ข้อบกพร่องที่พิจารณานี้ถือว่าสามารถเกิดขึ้นได้ แต่ไม่จำเป็นต้อง
เกิดขึ้นเสมอไปโดยวิศวกรหรือคณะทำงาน FMEA ควรตอบคำถาม
ต่อไปนี้

- กระบวนการและ/หรือชิ้นส่วนประกอบ ไม่ตรงกับ
ความต้องการ ในลักษณะใด?

- โดยไม่คำนึงถึงข้อกำหนดเฉพาะทางวิศวกรรม ให้
พิจารณาว่ามีอะไรอีกบ้างที่ลูกค้า(รวมถึงกระบวนการถัดไป และผู้ใช้)
ให้การปฏิเสธ?

ในการตอบคำถามเหล่านี้ มีข้อเสนอแนะให้ทำการเปรียบเทียบกับ
กระบวนการที่คล้ายคลึงกัน หรือพิจารณาเชิงวิเคราะห์จากร่องเรียนของลูกค้านเกี่ยวกับ
ชิ้นส่วนประกอบหรือระบบที่คล้ายคลึงกัน ทั้งนี้ผู้วิเคราะห์จะต้องมีความเข้าใจถึง
จุดประสงค์ในการออกแบบด้วย นอกจากนี้แล้ว แนะนำให้ทำการบ่งชี้ถึงแนวโน้มของ
ลักษณะข้อบกพร่องด้วยการคิดในด้านลบ หรือพยายามคิดถึงประเด็นที่กระบวนการจะ
ทำงานไม่ได้

ในการระบุถึงแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องจะต้องระบุถึงสิ่งที่
สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย เช่น ปนเปื้อน ตกตะกอน วงจรปิด แดกรั่ว รูไม่กลม รหัสน
ผิดพลาด มีรอยขีดข่วน ไม่มีลายเซ็นผู้อนุมัติ ฯลฯ โดยคำที่ใช้ที่นี่ควรจะเป็นคำที่อยู่ใน
ภาษาเทคนิคหรือลักษณะทางกายภาพมากกว่าอาการที่สังเกตได้โดยลูกค้า เช่น ไม่
ทำงาน ไม่มีสัญญาณ ฯลฯ

11. แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง ในช่องนี้ของแบบฟอร์ม FMEA ให้แสดงแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องที่มีความหมายว่า ผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่องที่กระทบกับลูกค้า โดยผลกระทบดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปของสิ่งที่ลูกค้าสังเกตเห็น หรือสิ่งที่ลูกค้าเคยมีประสบการณ์มาก่อนก็ได้

คำว่า “ลูกค้า” จะหมายถึงลูกค้าภายใน(กระบวนการถัดไป รวมถึงกระบวนการทำน้ำอื่นๆ) จนถึงลูกค้าภายนอก (ผู้แทนจำหน่าย ยี่ปั้ว ผู้จัดส่ง ผู้ใช้ขั้นสุดท้ายและสังคม) ในกรณีที่เป็นลูกค้าภายใน ผลจากข้อบกพร่องจะอธิบายในทอมของสมรรถนะหรือของผลิตภัณฑ์หรือระบบ อาทิ เกิดเสียงดัง ผิวหยาบ ไม่สามารถใช้งานได้ มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ไม่มีเสถียรภาพ รีเวิร์ค ซ่อมบำรุงมาก ใช้ความพยายามมากเกินไป ฯลฯ โดยทั่วไปแล้ว อาจจะจำแนกแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องตามระดับที่เกิดออกเป็น 3 ระดับด้วยกันดังนี้

- ผลกระทบที่จุดเกิด (local effects) หมายถึงผลกระทบที่มีต่อชิ้นส่วนประกอบหรือกระบวนการย่อยที่กระบวนการพิจารณา
- ผลกระทบที่กระบวนการถัดไป (Next Higher Level Effects) หมายถึงผลกระทบที่มีต่อกระบวนการทำน้ำที่มีความสัมพันธ์กับ โครงสร้างรายการการใช้วัสดุ (Bill of Materials; BOM)
- ผลกระทบต่อผู้ใช้ (End user effects) หมายถึง ผลกระทบที่ผู้ใช้สามารถสังเกตเห็นได้หรือได้รับ

นอกจากนี้แล้ว ในการวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของผลกระทบจากข้อบกพร่องนี้ จะสามารถวิเคราะห์ได้จากเอกสารต่างๆ อาทิ ข้อมูลการทดสอบความไว้วางใจตลอดจน เอกสาร FMEA สำหรับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน รวมถึง FMEA สำหรับการออกแบบ ฯลฯ

12. ความรุนแรงของผลกระทบ (S; Severity) ในช่องนี้จะวิเคราะห์ถึงความรุนแรงของแนวโน้มของผลกระทบจากข้อบกพร่องที่กำหนดในช่องที่ 11 โดยความรุนแรงจะหมายถึงขนาดของความรุนแรง (Seriousness) ของผลกระทบและความรุนแรงนี้จะเป็นลักษณะเชิงสัมพัทธ์ ภายใต้ออบเขตของแต่ละ FMEA และการลดขนาดความรุนแรงของผลกระทบความรุนแรงจะได้มาจากการออกแบบใหม่

สำหรับระบบหรือกระบวนการเท่านั้น ไม่สามารถดำเนินการโดยการเปลี่ยนแปลงความคาดหวังของลูกค้าได้)

ในกรณีที่จะประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้นั้น จะเป็นสิ่งที่ยกนอกรอบเขต หรือ ประสิทธิภาพ ความรู้ของวิศวกรประจำกระบวนการ โดยสถานการณ์เช่นนี้ทีม FMEA มีความจำเป็นต้องขอคำปรึกษาจากคณะทำงาน FMEA สำหรับการออกแบบ วิศวกรออกแบบ และ/หรือวิศวกรประจำกระบวนการผลิตของลูกค้า ฯลฯ

ในการประเมินความรุนแรง ทีม FMEA ควรจะกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับการประเมินผลก่อนเสมอ โดยทั่วไปอาจจะใช้สเกล 1-10 (อาจจะใช้สเกล 1-4, 1-25 หรือ 1-100 ก็ได้ โดยสนใจถึงความสามารถในการแยกความแตกต่างของสเกลที่ใช้ได้) และควรกำหนดให้ความรุนแรงที่สูงที่สุด (อาจจะ หมายถึง ความมีอันตรายของลูกค้า) ได้คะแนนสูงสุด และให้ความรุนแรงที่ต่ำที่สุด และถ้าผลกระทบใดได้คะแนนต่ำที่สุดแล้วก็จะทำการตัดผลกระทบดังกล่าวออกจากการพิจารณาต่อไป ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของการให้คะแนนความรุนแรงของผลกระทบ (จาก AIAG (2001), p.43) โดยกฎเกณฑ์ดังกล่าวจะพิจารณาลูกค้าภายนอกก่อนเป็นลำดับแรก และกรณีผลกระทบเกิดขึ้นทั้งลูกค้าภายนอกก่อนเป็นลำดับแรก และกรณีผลกระทบเกิดขึ้นทั้งลูกค้าภายนอกและลูกค้าภายใน ให้ใช้คะแนนจากความรุนแรงที่สูงกว่าจากการประเมินในการวิเคราะห์ FMEA

ตาราง 2.4 ตัวอย่างของค่าดัชนีความรุนแรง (S; Severity)

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
เกิดอันตรายโดยไม่มี การเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือ ขัดต่อกฎหมาย โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อเกิดอันตรายต่อ พนักงาน(หรือเครื่องจักร)โดยไม่มี การเตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโดยมี การเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือ ขัดต่อกฎหมาย โดยมีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อเกิดอันตรายต่อ พนักงาน(หรือเครื่องจักร)โดยมี การเตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจาก สูญเสียหน้าที่หลัก	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด(100%)อาจต้องถูก ทำลาย หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อม บำรุงโดยใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่สมรรถนะ ลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	อาจมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบ คัดเลือก(sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจต้องถูก ทำลาย หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อม บำรุงระหว่างครึ่งถึง 1 ชั่วโมง	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ขาด ความสะดวกสบายและทำให้ลูกค้า ไม่พอใจ	ผลิตภัณฑ์บางส่วน(น้อยกว่า 100%) อาจต้องถูกทำลาย หรือส่งเข้าซ่อมแซม ที่แผนกซ่อมบำรุงใช้เวลาต่ำกว่าครึ่งชั่วโมง	6
ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้ด้วยความ สะดวกสบาย แต่ระดับสมรรถนะลดลง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด(100%)อาจต้องได้รับการ รีเวิร์ค หรือได้รับการซ่อมแซม นอกสายการผลิตที่ฝ่ายผลิต	5
ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้าส่วนใหญ่(>75%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์อาจมีการตรวจสอบแบบ คัดเลือก(sorting) โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ ที่ต้องถูกทำลายแต่บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการรีเวิร์ค	4
ผลกระทบเล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้างลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่ง สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจ ต้องได้รับการรีเวิร์คในสายการผลิตแต่ นอกจุดปฏิบัติงานที่ต้องถูกทำลาย	3
เกือบ ไม่มีผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนัก อาจมีเสียงดังบ้างลูกค้าส่วนน้อย (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็นข้อ บกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจต้องได้รับการรีเวิร์คในสายการผลิต ที่จุดปฏิบัติงาน โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้อง ถูกทำลาย	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตได้	อาจมีความไม่สะดวกสบายเล็กน้อยต่อการ ปฏิบัติงานหรือตัวพนักงานหรือ ไม่มีผล กระทบใดๆ	1

13. การจำแนก ช่องนี้อาจจะได้รับการใช้ในการจำแนก (Classify)

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการพิเศษ (เช่นคุณลักษณะวิกฤต สำคัญมาก สำคัญ มีนัยสำคัญ) สำหรับชิ้นส่วนประกอบระบบย่อย หรือระบบ ที่อาจต้องการควบคุมกระบวนการเพิ่มเติม นอกจากนี้ก็อาจจะใช้ช่องนี้ในการกำหนดถึงลักษณะข้อบกพร่องที่สำคัญมากจากการประเมินผลด้านวิศวกรรม ในการกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการพิเศษนี้ จะใช้สัญลักษณ์ที่กำหนดโดยแต่ละบริษัทและมีได้กำหนดเป็นมาตรฐาน

14. แนวโน้มของสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่อง ในช่องนี้ผู้วิเคราะห์ FMEA จะต้องค้นหาสาเหตุรากเหง้าหรือกลไกของข้อบกพร่องมาใส่ลงไป การค้นหาสาเหตุรากเหง้าอาจจะดำเนินการผ่านแนวความคิดของกระบวนการ หรือจากสภาพจริงของกระบวนการ และต้องพยายามหลีกเลี่ยงความเข้าใจผิดระหว่างสาเหตุรากเหง้า มาตรการตอบโต้ ตลอดจนอาการของปัญหาหรือลักษณะของข้อบกพร่อง

ในการค้นหาสาเหตุของรากเหง้าต้องพยายามค้นหาให้ทราบถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยสาเหตุบางสาเหตุจะมีผลกระทบต่อลักษณะข้อบกพร่องโดยตรง (ถ้าหากควบคุมสาเหตุดังกล่าวได้ก็จะไม่เกิด ลักษณะข้อบกพร่องอีก) ก็จะทำให้ FMEA สมบูรณ์มาก แต่อย่างไรก็ตาม สาเหตุจำนวนมากมักจะเป็น สาเหตุที่เกิดขึ้นพร้อมกันได้ การแก้ไขหรือควบคุมสาเหตุเหล่านี้ มีความจำเป็นต้องใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (DOE) ในการค้นหาสาเหตุรากเหง้าที่มีผลมากที่สุดต่อลักษณะข้อบกพร่องเพื่อดำเนินการ ควบคุมต่อไป

การอธิบายเกี่ยวกับสาเหตุรากเหง้า ต้องใช้คำพูดที่แสดงกลไกการเกิด ลักษณะข้อบกพร่อง อาทิ เครื่องมือสึกหรอ ใส่ชิ้นงานผิด โปรแกรมไม่ถูกต้อง แรงบิดไม่ถูกต้อง กระบวนการทางความร้อน(เวลา อุณหภูมิ) ไม่ถูกต้อง ฯลฯ โดยพยายามหลีกเลี่ยงคำพูดที่คลุมเครือ เช่น ความผิดพลาดของพนักงาน (Human Error) วัตถุดิบไม่ดีและพยายามหลีกเลี่ยงมาตรการตอบโต้ เช่นบำรุงรักษาไม่ดี ขาดการฝึกอบรม เป็นต้น

15. โอกาสเกิด (O; Occurrence) โอกาสของการเกิดจะหมายถึง ความเป็นไปได้ของสาเหตุหรือกลไกเฉพาะหนึ่งจะเกิดขึ้น ดังนั้นอันดับของความเป็นไปได้ในการเกิด (Likelihood of Occurrence) จึงมีความหมายเชิงสัมพัทธ์มากกว่าตัวเลขสมบูรณ์ และการลดโอกาสการเกิดขึ้นนี้จะต้องได้มาจากการป้องกันหรือการควบคุมสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงระบบหรือกระบวนการเท่านั้น

การกำหนดคะแนนให้กับ โอกาสการเกิด จะอาศัยอัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (Possible failure rates) ที่จะขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อบกพร่องที่มีการคาดหมายในระหว่างการปฏิบัติกับกระบวนการ หรืออาจจะได้มาจากข้อมูลเชิงสถิติ P_{pk} (ดัชนีความสามารถเชิงสมรรถนะ) สำหรับกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน โดย

$$P_{pk} = \min\left(\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_{II}}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_{II}}\right)$$

เมื่อ USL, LSL = พิกัดเฉพาะด้านบนและล่าง โดยลำดับ

\bar{X} = ค่ากลางของกระบวนการ

σ_{II} = ค่าความผันแปรของกระบวนการในระยะยาว

แต่อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะอาศัยข้อมูลใดในการคาดหมายก็ตาม ผู้วิเคราะห์ FMEA จะต้องใช้การตัดสินใจเชิงอัตวิสัยในการช่วยประเมินผลอยู่ดี ดังแสดงตัวอย่างกฎเกณฑ์ในตารางที่ 2.5

ตาราง 2.5 ตัวอย่างของค่าดัชนีความถี่ (O; Occurrence)

โอกาสเกิดขึ้นของสาเหตุหนึ่งๆ	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (PPM)	P_{pk}	คะแนน
สูงมาก: เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	$\geq 100,000$ (หรือ 10%)	< 0.55	10
	50,000 (หรือ 5%)	≥ 0.55	9
สูง: เกิดข้อบกพร่องบ่อย	20,000 (หรือ 2%)	≥ 0.78	8
	10,000 (หรือ 1%)	≥ 0.86	7
ปานกลาง: เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000 (หรือ 0.5%)	≥ 0.94	6
	2,000 (หรือ 0.2%)	≥ 1.00	5
	1,000 (หรือ 0.1%)	≥ 1.10	4
ต่ำ: เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500	≥ 1.20	3
	100	≥ 1.30	2
ห่างไกล: เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	≤ 10	≥ 1.67	1

16. การควบคุมในปัจจุบัน ในช่องนี้จะแสดงถึงระบบการควบคุม กระบวนการในปัจจุบัน ซึ่งการควบคุมกระบวนการหมายถึง ลักษณะของการควบคุมที่ อาจอยู่ในรูปการป้องกันสิ่งที่เป็นไปได้ของลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุตลอดจน กลไกของข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุ ตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง หรือ สาเหตุตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องที่อาจจะทำให้เกิดขึ้น

การป้องกัน (Prevention) หมายถึง การป้องกันสาเหตุ/กลไกของ ข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือลดอัตราการเกิดขึ้นของสาเหตุ หรือกลไกของข้อบกพร่องดังกล่าว

การตรวจจับ (Detection) หมายถึง การตรวจจับสาเหตุ/กลไกของ ข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไขต่อไป

ภายใต้แนวทางการควบคุมทั้งสองประเภทนี้ ถ้าเป็นไปได้มักจะนิยมใช้ แนวทางการป้องกันมากกว่า นอกจากนี้แล้ว ถ้าพิจารณาในประเด็นกลไกของการ ควบคุมกระบวนการแล้ว จะสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณีด้วยกันคือ

- การป้องกันสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องหรือกลไกการเกิด ลักษณะข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้น หรือการลดอัตราการเกิดลักษณะ ข้อบกพร่องให้ลดน้อยลง
- การตรวจจับสาเหตุหรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่อง เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไข
- การตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง

ในการพิจารณาถึงลำดับสำคัญในการเกิดลักษณะข้อบกพร่องในช่วงต้น พิจารณาถึงผลจาก 1 การควบคุมที่กำหนดในขั้นตอนการออกแบบ สำหรับลำดับสำคัญ ในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องในช่วงเริ่มต้นจะขึ้นอยู่กับวิธีการควบคุมแบบที่ 2 และ 3 เนื่องจากในการจัดทำ FMEA สำหรับกระบวนการจะต้องดำเนินการใน ระยะแรกๆ ของการผลิต ดังนั้นในบางครั้งจึงเกิดความยากลำบากในการประเมินถึง อัตราของการตรวจจับ ซึ่งในสถานการณ์เช่นนี้ ผู้วิเคราะห์อาจจะใช้สารสนเทศจาก กระบวนการที่มีควมคล้ายคลึงกัน และ

ในบางสถานการณ์ อาจจะเป็นไปได้ที่ไม่มีวิธีการทดสอบหรือกลวิธีใดๆ ที่จะบ่งชี้ถึงวิธีการใหม่ๆที่สามารถประยุกต์ได้กับงานที่ทำอยู่ โดยพยายามใช้คำถามง่ายๆ ง่ายๆ คือ

- ข้อบกพร่องนี้จะได้รับการค้นพบได้อย่างไร
- แนวทางใดบ้างที่จะทำให้มีความสนใจต่อข้อบกพร่องนี้

17. การตรวจจับ (D; Detection) ในช่องนี้จะใส่คะแนนที่ประเมินผลถึงความสามารถในการควบคุมของระบบการควบคุมในปัจจุบัน โดยคะแนนการตรวจจับจะเป็นปริมาณเชิงสัมพัทธ์ ภายใต้ขอบเขตของ FMEA สำหรับแต่ละกระบวนการที่ทำการศึกษา และการจะให้คะแนนตรวจจับต่ำลง

ในการพิจารณาคะแนนประเมินผลการตรวจจับนี้ จะต้องพิจารณาจากความสามารถของระบบการควบคุมที่จะป้องกันข้อบกพร่องจากการส่งมอบถึงลูกค้า เท่านั้น โดยต้องไม่คำนึงถึงโอกาสการเกิดขึ้น (Likelihood of Occurrence) ของลักษณะข้อบกพร่อง นอกจากนี้แล้วจะต้องมีความเข้าใจว่าวิธีการชักตัวอย่าง (Sampling Technique) จะเป็นวิธีการควบคุมกระบวนการเชิงตรวจจับมากกว่าจะเป็นวิธีการควบคุมที่จะป้องกันข้อบกพร่องจากการส่งมอบให้กับลูกค้า ดังนั้นการชักตัวอย่างจึงไม่ควรจะมีผลใดๆ ต่ออันดับคะแนนการตรวจจับ ดังแสดงตัวอย่างกฎเกณฑ์ในตารางที่ 2.6

ตาราง 2.6 ตัวอย่างของค่าดัชนีความสามารถในการตรวจจับ (D; Detection)

การตรวจจับ	กฎเกณฑ์	ประเภทการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีการตรวจจับใดๆ			×	ไม่สามารถตรวจจับหรือตรวจสอบได้	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุมแต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้			×	การควบคุมกระทำได้โดยทางอ้อมหรือเป็นเพียงการสุ่มตรวจเท่านั้น	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			×	การควบคุมกระทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า (visual inspection) เท่านั้น	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			×	การควบคุมกระทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า (visual inspection) เท่านั้น	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		×	×	การควบคุมกระทำได้ด้วยแผนภูมิ SPC	6
ปานกลาง	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		×		มีการควบคุมโดยใช้เครื่องมือวัด วัดชิ้นงานก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน หรือใช้แก๊งแบบ Go/No Go ก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	×	×		มีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปหรือมีการใช้เครื่องมือวัดวัดชิ้นงานชิ้นแรกในขั้นตอนการปรับตั้ง (set-up)	4
สูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	×	×		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานหรือมีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปโดยการตรวจสอบเพื่อการยอมรับ	3
สูงมาก	มีระบบควบคุมและเกือบจะมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	×	×		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานด้วยเครื่องมืออัตโนมัติชิ้นงานบกพร่องไม่สามารถผ่านไป	2
สูงมาก	ระบบควบคุมและมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	×			ไม่มีโอกาสเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง เพราะใช้ Poka-Yoke ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์/กระบวนการ	1

หมายเหตุ: A = การป้องกันความผิดพลาด B = การใช้อุปกรณ์วัด (Gauging) C = ตรวจสอบโดยบุคคล (manual inspection)

18. ตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง (RPN-Rink Priority Number) ในชื่อนี้ให้ใส่ตัวเลขที่แสดงถึงลำดับของความเสี่ยงที่พิจารณาได้จากองค์ประกอบสามประการ คือ ความรุนแรงและโอกาสการเกิด และการตรวจจับ

$$\text{ดังนั้น RPN} = S \times O \times D$$

โดยทั่วไปแล้ว ตัวเลข RPN จะไม่มีความหมายใดๆ นอกจากใช้สื่อถึงลำดับในการกำหนดความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องจากระบวนการเท่านั้น และเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่า ผู้วิเคราะห์สามารถให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และนำไปให้เกิดความมั่นใจว่า ผู้วิเคราะห์ FMEA ทำการวิเคราะห์คะแนน RPN ที่ได้ด้วยแผนภาพพาเรโต ถ้าหากการให้คะแนนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจริง จะพบว่าลักษณะข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนน้อย และข้อบกพร่องที่มีความสำคัญน้อยจะมีจำนวนมาก

19. วิธีการปฏิบัติการแก้ไข ในชื่อนี้ ให้ทำการระบุวิธีการปฏิบัติเพื่อตอบโต้เชิงป้องกัน/แก้ไขกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงมากที่สุดก่อน (ในกรณีที่มีคะแนน 9 หรือ 10 ให้กำหนดมาตรการตอบโต้ทันที โดยไม่สนใจว่า RPN จะมีค่าเท่าไร) และจากนั้นให้ทำการพิจารณามาตรการตอบโต้กับลักษณะข้อบกพร่องที่มีคะแนน RPN สูงในลำดับแรกๆ

แนวทางการกำหนดมาตรการตอบโต้จะต้องอยู่บนพื้นฐานของการป้องกันลักษณะข้อบกพร่องมากกว่าการตรวจจับ ดังนั้น มาตรการลดโอกาสการเกิดและการลดความรุนแรงจึงเป็นสิ่งที่ควรได้รับการพิจารณาก่อนมาตรการการปรับปรุงระบบ การตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องนี้จะถือเป็นการปรับปรุงคุณภาพที่ไม่มีประสิทธิผลและใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง

20. ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติการแก้ไข ละวันเสร็จสิ้น ในชื่อนี้ให้ระบุชื่อบุคคลที่รับผิดชอบต่อการดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขนี้ รวมทั้งระบุวันเสร็จสิ้นที่เป็นเป้าหมายด้วย

21. การแก้ไข ในชื่อนี้ ให้ทำการสรุปสั้นๆถึงรายละเอียดของการปฏิบัติการแก้ไขที่ได้กระทำไปรวมถึงวันที่เสร็จสิ้นด้วย

22. ผลการแก้ไข ภายหลังจากมีการบ่งชี้มาตรการแก้ไขป้องกันแล้วให้ทำการประมาณค่าและบันทึกถึงผลการประเมินความรุนแรง โอกาสการเกิดและการตรวจจับ พร้อมคำนวณค่า RPN อีกครั้ง แต่ถ้าหากมิได้มีการกำหนดมาตรการใดๆเลยให้ปล่อยว่างช่อง 22 นี้ไว้ ควรมีการทบทวนคะแนนประเมินเหล่านี้อีกครั้ง และถ้าหากมีการปฏิบัติการแก้ไขใดๆแล้วให้ดำเนินการวิเคราะห์ซ้ำอีกครั้งตั้งแต่ขั้นตอน 19 ถึง 22 โดยการดำเนินการควรอยู่บนแนวความคิดของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ FMEA คือเอกสารที่มีชีวิตตลอดไป

กุญแจสู่ความสำเร็จ ของการทำ FMEA ของกระบวนการ พอที่จะสรุปได้ดังนี้

- 1) ผู้บริหารต้องให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหอย่างจริงจัง
- 2) การวิเคราะห์ความเสี่ยงควรคำนึงถึงความต้องการของลูกค้าเป็นสำคัญความร่วมมือของทีมงานคือปัจจัยสู่การแก้ปัญหา

2.4 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ธัญญาภรณ์ ธนบุญสมบัติ (2546) : การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกนิรภัยด้านข้างสำหรับรถยนต์ โดยใช้เทคนิค FMEA งานวิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์และลดของเสียของกระบวนการผลิตกระจกนิรภัย ด้านข้างสำหรับรถยนต์ โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis ;FMEA) มาใช้ในการวิเคราะห์ และลดของเสียในโรงงานตัวอย่าง จากการศึกษากระบวนการผลิตตลอดจนของเสียที่เกิดขึ้น พบว่าของเสียส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการหลอม ขึ้นรูป ตัดและบรรจุ โดยของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ ฟองอากาศสีดำ สิ่งเจือปน รอยโรลเลอร์ ผิดความหนา ซีดขุ่น คราบน้ำ และกระจกแตกในถัง ได้เริ่มทำการศึกษาที่กระบวนการผลิตกระจกโพลทแผ่นเรียบ เกรดไพรวเอซี นำข้อมูลที่ได้มาค้นหาปัจจัยที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง โดยอาศัยการระดมสมองโดยแผนผังเหตุและผล แล้วทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต (Process FMEA) โดยอาศัยทีมงานที่มีผู้เชี่ยวชาญจากหลายๆ ส่วนงานมาทำการวิเคราะห์เพื่อประเมินระดับความรุนแรง ค่าระดับการเกิดและโอกาสในการตรวจพบข้อบกพร่อง จากนั้นจึงนำไปคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงชี้้นำ(RPN) โดยทำการแก้ไขลักษณะข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไป หลังจากทำการปรับปรุงงาน โรงงานตัวอย่างได้รูปแบบการผลิตกระจกเกรดไพรวเอซี ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและมีกระบวนการควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อปัญหาคุณภาพเพื่อไม่ให้เกิดซ้ำ ได้ผลการดำเนินการแก้ไข ดังนี้

- เปอร์เซ็นต์ของเสีย ของกระบวนการ หลอม ลดลงจาก 1.28% เหลือ 0.65% และ 0.30% ตามลำดับ
- เปอร์เซ็นต์ของเสีย ของกระบวนการ ขึ้นรูป ลดลงจาก 1.43% เหลือ 0.60% และ 0.36% ตามลำดับ
- เปอร์เซ็นต์ของเสีย ของกระบวนการ ตัด ลดลงจาก 2.16% เหลือ 0.62% และ 0.36% ตามลำดับ
- เปอร์เซ็นต์ของเสีย ของกระบวนการ บรรจุ ลดลงจาก 0.46% เหลือ 0.16% และ 0.10% ตามลำดับ
- เปอร์เซ็นต์ของเสียเทียบยอดการผลิต ลดลงจาก 6.19% เหลือ 2.24% และ 1.22% ตามลำดับ
- เปอร์เซ็นต์ของเสียเทียบยอดส่งให้ลูกค้า ลดลงจาก 4.43% เหลือ 1.82% และ 0.98% ตามลำดับ

กรณีศึกษา 1: การลดของเสียในการผลิตชุดวงจรควบคุมการปรับโฟกัสอัตโนมัติสำหรับประกอบในกล้องถ่ายรูปแบบฟิล์ม งานวิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อทำการลดของเสียในการผลิตชุดวงจรควบคุมการปรับโฟกัสอัตโนมัติสำหรับประกอบในกล้องถ่ายรูปแบบฟิล์ม โดยได้ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ สาเหตุหลักต่างๆที่เกิดขึ้นและเป็นเหตุให้เกิดความสูญเสียในสายการผลิตจากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการลดของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิต Auto Focus Unit คือ การศึกษารายละเอียดของกระบวนการผลิตที่ออกแบบมาจากบริษัทแม่ที่ประเทศญี่ปุ่น ศึกษาความแตกต่างในด้านต่างๆของทางประเทศญี่ปุ่นกับประเทศไทย และการปรับเปลี่ยนหรือออกแบบวิธีการที่ใช้ในการผลิตเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการผลิตในประเทศ เพื่อป้องกันปัญหา โดยมีสาเหตุมาจากการเลือกใช้วิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสมและการมองข้ามรายละเอียดเล็กน้อย แต่สำคัญและสามารถก่อให้เกิดปัญหาในสายการผลิตได้ นอกจากนี้ การควบคุมความร้อนจากการบัดกรี Auto Focus Unit ซึ่งจะได้รับความร้อนจากการปฏิบัติงานให้เหมาะสมและไม่เกิดผลกระทบหรือสร้างความเสียหายกับทุกชิ้นส่วนใน Auto Focus Unit ซึ่งสิ่งที่จะกำหนดปริมาณความร้อนที่ใช้ในการบัดกรีคือ อุณหภูมิของหัวแร้ง ที่ใช้ในการบัดกรีและระยะเวลาที่ทำการบัดกรี

กรณีศึกษา 2: การปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพการผลิตของโรงงานเบเกอรี่ งานวิจัยได้เสนอแนวทางการปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพการผลิตของโรงงานเบเกอรี่ โดยเริ่มจากการเข้าไปศึกษาระบบการผลิต และระบบควบคุมคุณภาพการผลิตของโรงงานตัวอย่าง พบว่าระบบการปฏิบัติงานส่วนใหญ่ยังขาดระบบควบคุมคุณภาพที่เหมาะสมและขาดตัวชี้วัดในการตัดสินใจ ส่งผลให้เกิดของเสีย จากการวัดผลกระบวนการพบเปอร์เซ็นต์ของเสียอยู่ที่ 5.21% การปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพการผลิตนี้ ได้เริ่มจากการจัดตั้งทีมงานแบบข้ามสายงาน ทำการระดมสมองเพื่อกำหนดปัจจัยการผลิต วิเคราะห์ปัจจัยการผลิตเพื่อกำหนดวิธีการควบคุมของระบบควบคุมคุณภาพ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ การควบคุมกระบวนการ การควบคุมการดำเนินงาน และการควบคุมการผลิต หลังจากที่ได้ปรับปรุงและดำเนินการใช้ระบบควบคุมคุณภาพการผลิตแล้วนั้น รวมทั้งได้ทำการสร้างโปรแกรมวิเคราะห์ผลผลิต Waste1.0 ขึ้นมาเพื่อใช้คู่กับระบบเอกสารของระบบควบคุมคุณภาพที่ปรับปรุงขึ้น พบว่ามีปริมาณของเสีย 420 แพ็ค จากการผลิตทั้งสิ้น 28424 แพ็ค คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 1.48%

อรรถพล ฤทธิภักดี (2544) : การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์ให้เหมาะสม ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการลดลง ข้อร้องเรียนจากลูกค้าลดลง พร้อมกับมีวิธีการและมาตรฐานในการทำงานเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ โดยใช้เทคนิคฝังก้างปลา เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดและเทคนิค Seven new QC Tools บางเครื่องมือ เช่น แผนภาพความสัมพันธ์ (Relation Diagram) แผนภาพต้นไม้ (Tree Diagram) มาทำการวิเคราะห์เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของปัญหา แล้วใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลักขณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต (PFMEA) เพื่อแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิต

กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล (2544) : การวิเคราะห์และการลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างรถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์และเสนอแนวทางในการลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างรถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA ทำการศึกษากระบวนการผลิตตลอดจนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ พบว่าของเสียส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการ Draw , Trim-Pierce และ Separate โดยของเสียที่เกิดขึ้นได้แก่ ชิ้นงานย่น , เสียรูป , แตก , บุบ , ดุงและมี ครีบคม โดยมีสาเหตุดังนี้ ชิ้นงานมีครีบ เกิดจากสภาพแม่พิมพ์ไม่สมบูรณ์ , Pressure ที่ใช้ของแม่พิมพ์ไม่สม่ำเสมอ , ชิ้นงานบุบ ดุงเกิดจาก แม่พิมพ์สกปรกและพนักงานนำชิ้นงานออกไม่ถูกวิธี , ชิ้นงานย่นเกิดจาก Pressure Cushion น้อย พนักงานวางชิ้นงานไม่ชน Stopper ค่า Die Height ไม่ได้มาตรฐาน , ชิ้นงานแตกเกิดจาก Pressure Cushion มีค่าสูง , ชิ้นงานไหม้เกิดจากแม่พิมพ์ชำรุดโดยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าหลังจากทำการวิเคราะห์และลดของเสียโดยใช้เทคนิค FMEA แล้วสามารถมองของเสียได้หลายมิติ เช่นระดับความรุนแรงของของเสีย ผลกระทบที่เกิดขึ้น ความถี่หรือโอกาสในการเกิดและความสามารถในการตรวจจับ

- กระบวนการ Draw มีของเสียก่อนการปรับปรุง 2.02% และหลังการปรับปรุงลดลงเป็น 0.79%,0.24% และ 0.22% เป็นลำดับ
- กระบวนการ Trim-Pierce มีของเสียก่อนการปรับปรุง 2.20% และหลังปรับปรุงลดลงเป็น 0.70% ,0.25% และ 0.22% เป็นลำดับ
- กระบวนการ Separate มีของเสียก่อนการปรับปรุง 2.25% และหลังปรับปรุงลดลงเป็น 1.06% ,0.20% และ 0.18% เป็นลำดับ

คมสัน สนองพงษ์ (2543) : การปรับปรุงข้อบกพร่องหลักในกระบวนการขึ้นรูปโลหะ สำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ งานวิจัยมีวัตถุประสงค์ คือมุ่งเน้นที่การปรับปรุงแก้ไขสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องขึ้น โดยข้อบกพร่องที่ที่เกิดขึ้นบ่อยๆ ในสายการผลิต มี 4 ประการ คือ ระยะเวลาไม่ได้มาตรฐาน ขนาดรูเจาะไม่ได้มาตรฐาน ขนาดครุว้นไม่ได้มาตรฐาน และรูเจาะเอียง ผู้ศึกษาได้สรุปสาเหตุหลักออกเป็น 4 ประการ ดังนี้ สาเหตุเกิดจากตัวพนักงาน สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร และอุปกรณ์ สาเหตุจากวัสดุและวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน และสาเหตุที่เกิดจากการดำเนินงาน ได้ใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหกรรม ซึ่งได้แก่ การจัดทำ การปรับปรุงมาตรฐานการทำงาน การปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ไม่สมบูรณ์ การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ การฝึกอบรมพนักงาน ผลการวิจัยเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงพบว่าอัตราการเกิดข้อบกพร่องลดลงจาก 9.5% เหลือ 1.8% ซึ่งทำให้ผลการดำเนินงานของบริษัทดีขึ้น

เพียงใจ ใหม่ทา (2543) : การศึกษาการวางระบบควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์แบบถอดประกอบได้ งานวิจัยเป็นการศึกษาการวางระบบควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์แบบถอดประกอบได้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางในการออกแบบและวางระบบการควบคุมคุณภาพให้เหมาะสมกับโรงงานตัวอย่าง โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ถอดประกอบได้จากแผ่นปาร์ติเกิล โรงงานหนึ่งเป็นกรณีศึกษา จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า โรงงานตัวอย่างขาดระบบการควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพ และขาดการกำหนดมาตรฐาน การควบคุมอย่างชัดเจน ทำให้พบปัญหาที่ต้องทำการแก้ไขสินค้าสำเร็จรูปในภายหลังจากประกอบเรียบร้อยแล้ว พบชิ้นงานที่เสียหายจากกระบวนการต่าง ๆ และต้องนำมาทำการแก้ไข ซ่อมแซม หรือทำลาย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ได้เสนอแนวทางการออกแบบและวางระบบควบคุมคุณภาพที่เหมาะสมกับโรงงานตัวอย่าง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. การกำหนด โครงสร้างองค์กรด้านคุณภาพและจัดทำแบบกำหนดหน้าที่งาน
2. การออกแบบและการวางระบบควบคุมคุณภาพ วัตถุดิบ
3. การออกแบบและวางระบบควบคุมคุณภาพชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต
4. การออกแบบและวางระบบควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
5. การออกแบบระบบเอกสารต่างๆ ที่สนับสนุนระบบควบคุมคุณภาพ

จากผลการดำเนินงานข้างต้นเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการดำเนินงาน พบว่าการดำเนินงานควบคุมคุณภาพเป็นขั้นตอนและมีระบบมากยิ่งขึ้น ผู้ส่งมอบวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนให้ความสำคัญกับการควบคุมคุณภาพสินค้าของตัวเองมากยิ่งขึ้น ทำให้ลดสัดส่วนของวัตถุดิบเสียลงได้ทุกประเภท ชิ้นงานระหว่างกระบวนการต่างๆเสียลดลง ชิ้นงานเสียลดลงร้อยละ 7-8

สิ้นค้าสำเร็จรูปจากกระบวนการประกอบที่ต้องนำไปแก้ไขมีจำนวนลดลง รวมถึงการบรรจุหีบห่อ มีความผิดพลาดลดลง

วชิราภรณ์ เศรษฐนันท์ (2542) : การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการลดชิ้นส่วนเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ งานวิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานตัวอย่างเพื่อทำการลดชิ้นส่วนเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยสรุปว่า มีสาเหตุมาจากพนักงานผู้ปฏิบัติการ ที่ไม่รู้ทางด้านเนื้อหางาน สาเหตุจาก เครื่องจักรและอุปกรณ์ เช่นแม่พิมพ์สึก สาเหตุจากวิธีการดำเนินงานเช่น ไม่มีระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ และสาเหตุจากวัตถุดิบ เช่น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีหลายมาตรฐาน นอกจากนั้นก็ได้ชี้บ่งจุดที่ก่อให้เกิดปัญหา มากที่ซึ่งจำเพาะกับชนิดของผลิตภัณฑ์ จากความสูญเสียเหล่านี้ ผู้ศึกษาได้ใช้เทคนิคทางด้าน IE ซึ่งได้แก่ การฝึกอบรม , การทำกิจกรรม 3ส , การทำแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิต, การควบคุมผู้ขาย , การจัดทำมาตรฐานในการทำงาน, และการควบคุมคุณภาพของชิ้นงาน ได้ทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าความสูญเสียของชิ้นงาน 4 ชนิด คือ

- Bracket Radio หลังการปรับปรุงได้ลดลงจาก 18.0% เป็น 3.0%
- Bracket Front Seat Belt หลังการปรับปรุงได้ลดลงจาก 19.77% เป็น 4.80%
- Bracket Mud Cover หลังการปรับปรุงได้ลดลงจาก 14.03% เป็น 1.74%
- Bracket Lower Air Intake หลังการปรับปรุงได้ลดลงจาก 10.80% เป็น 1.16%