บทที่ 2

การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับลามิเนท

ผลิตภัณฑ์ลามิเนท (High Pressure Decorative Laminate)

แผ่นลามิเนทประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ของกระดาษที่ได้รับการคัดเลือกมาเป็นพิเศษ โดยที่กระดาษผิวหน้าของแผ่นลามิเนทจะชุบด้วยเมลามีนเรซิน และกระดาษคร๊าฟจะชุบด้วยฟีโนลิคเรซิน นำกระดาษที่ชุบเรซินเรียบร้อยแล้วมาเรียงซ้อนกัน จากนั้นนำไปอัดภายใต้ความร้อนและแรงดันสูง เพื่อให้ทุกชิ้นส่วนแน่นสนิทเป็นเนื้อเดียวกัน

กระดาษที่ใช้ผลิตแผ่นลามิเนท

กระดาษผิวหน้าและโอเวอร์เลย์

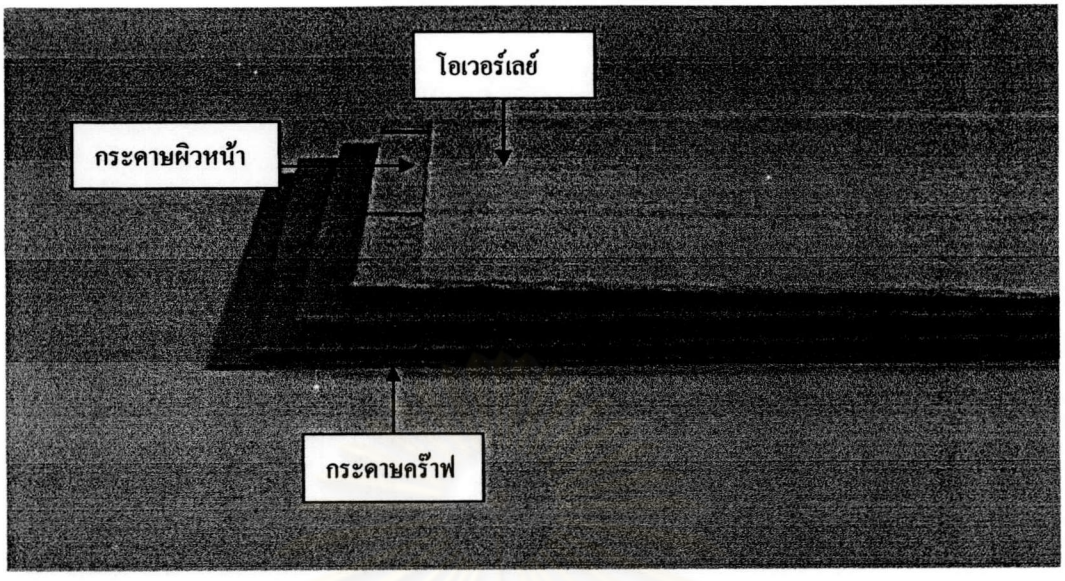
- กระดาษผิวหน้ามีทั้งสีพื้นและลวดลายซึ่งให้ความรู้สึกของความสวยงาม ของสีสรร
- กระดาษผิวหน้าและโอเวอร์เลย์ชุบเมลามีนเรซิน
- กระดาษโอเวอร์เลย์ช่วยป้องกันรอยที่เกิดจากการเช็ดถูและขูดขีด

กระดาษคร๊าฟ

- กระดาษคร๊าฟชุบด้วยฟีโนลิคเรซิน
- กระดาษคร๊าฟช่วยในการรับแรงกระแทก
- จำนวนแผ่นจะเพิ่มขึ้นเมื่อต้องการความหนาเพิ่มขึ้น

มาตรฐานการตรวจสอบ

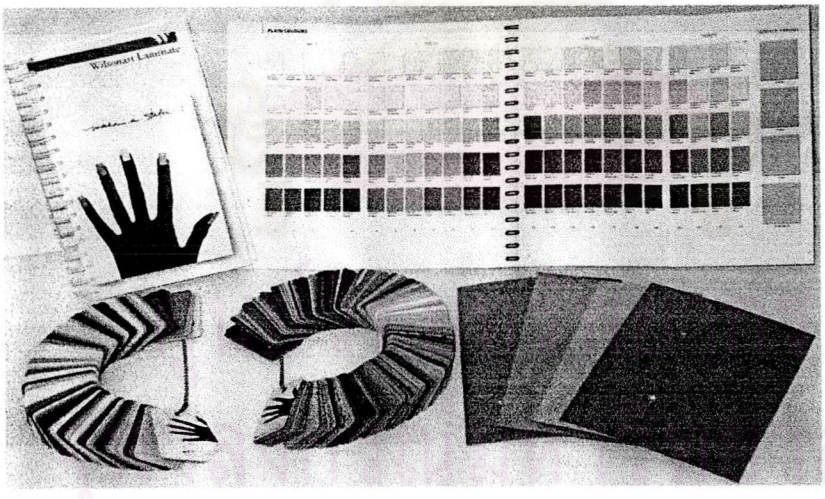
1. National Electrical Manufacturers Association NEMA LD 3 – 1995
2. International Organization for Standardization ISO 4586 Parts ½
3. European Normalization EN438 Parts 1/2
4. Japanese Industrial Standards JIS – 6902
5. Thai Industrial Standard TIS - 1163-2536



<u>รูปที่ 2.1</u> แสดงโครงสร้างแผ่นลามิเนต

สามารถจำแนกแผ่นลามิเนทเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

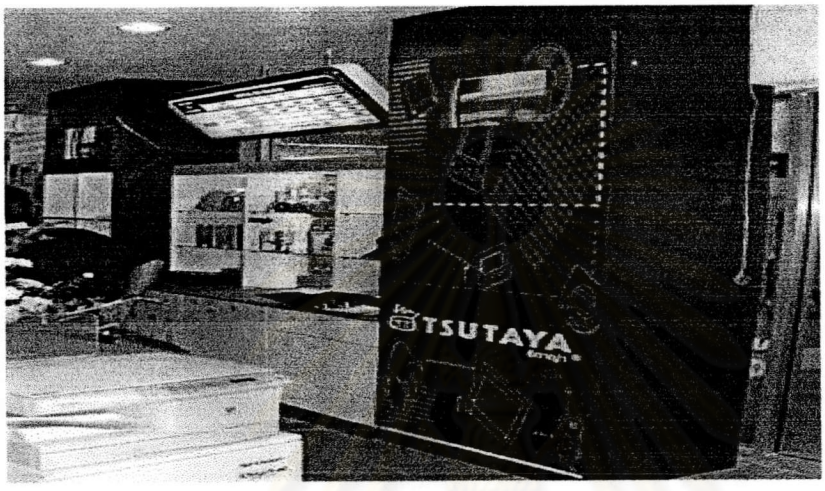
1. แผ่นลามิเนทที่มีความหนาน้อยกว่า 2.5 มิลิเมตร



<u>รูปที่ 2.2</u> แสดงแผ่นลามิเนทที่มีความหนาน้อยกว่า 2.5 มิลิเมตรที่มีสีสันต่างๆ

เหมาะสำหรับงานตกแต่งภายในตามอาคารบ้านเรือนทั่วไป เช่น ทำผิวเฟอร์นิเจอร์ ผนังห้อง ประตู ชั้นวางของต่าง ๆ เป็นต้น ไม่แนะนำให้ใช้กับงานที่ต้องยึดติดหรือสัมผัสกับผนังฉาบปูน ผนังคอนกรีต หรือผนังยิบซั่มบอร์ด การใช้งานต้องยึดติดบนวัสดุรองพื้นที่เหมาะสม เช่น ปาร์ติเคิลบอร์ด

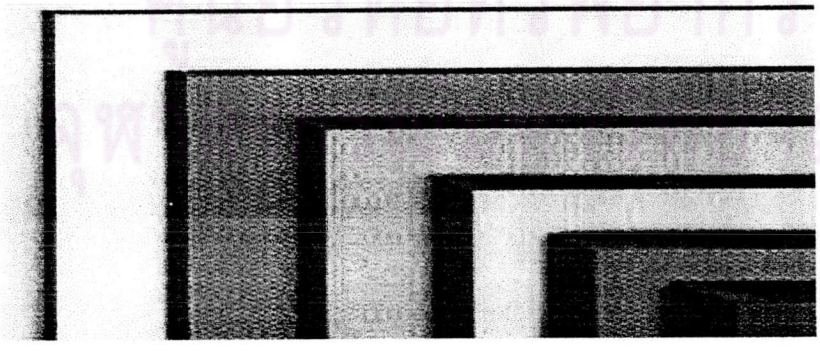
2. แผ่นลามิเนทลวดลายพิเศษ



<u>รูปที่ 2.3</u> แสดงแผ่นลามิเนทลวดลายพิเศษ

การใช้งาน ของแผ่นลามิเนทชนิดนี้จะเหมือนกับ ข้อ 1 แต่จะมีลักษณะพิเศษเพิ่มเติมคือมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เช่น ภาพลายเส้น, ภาพวาดหรือรูปต่างๆที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคลสามารถแต่งได้ด้วยลามิเนทลวดลายพิเศษด้วยระบบกราฟฟิค อิมเมจ

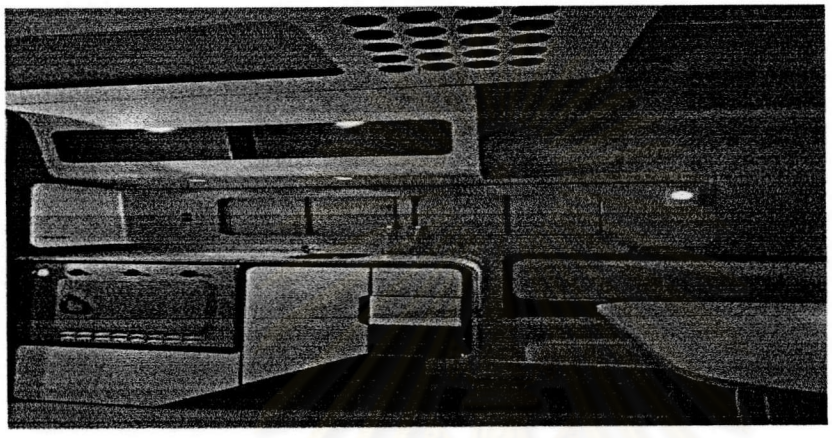
3. แผ่นลามิเนทที่มีความหนาสูงกว่า 2.5 มิลลิเมตร



<u>รูปที่ 2.4</u> แสดงแผ่นลามิเนทที่มีความหนาสูงกว่า 2.5 มิลลิเมตรที่มีสีสันต่างๆ

แผ่นลามิเนทที่มีความหนาสูงกว่า 2.5 มิลลิเมตรมีความแข็งแรงทนทาน ทนต่อแรงกระแทกมีความหนาหลายขนาด สามารถนำไปใช้เป็นผนังห้อง ห้องน้ำสำเร็จรูป ตู้ลอกเกอร์ ราวกันกระแทก และอื่นๆ โดยไม่จำเป็นต้องมีวัสดุแกนชนิดอื่น

4. ไฟค์เรทลามิเนท



<u>รูปที่ 2.5</u> แสดงไฟค์เรทลามิเนท

ไฟเรทค์ ลามิเนท สามารถทนต่อการลามไฟได้ดี จัดเป็นวัสดุประเภทลามไฟต่ำในระดับ Class A หรือ Class 1 เหมาะกับงานภายในที่มีข้อบังคับเกี่ยวกับความปลอดภัยในเรื่องการติดไฟ และลามไฟ

5. มาร์คเกอร์บอร์ด

<u>รูปที่ 2.6</u> แสดงมาร์คเกอร์บอร์ด

มาร์คเกอร์บอร์ด เป็นลามิเนทสีขาวที่ผลิตเพื่องานขีด-เขียน บนตัวแผ่นลามิเนทโดยเฉพาะ สามารถเขียนและลบรอยเขียนได้อย่างสะอาดหมด เช่น กระดานไวท์บอร์ด ในสำนักงาน และโรงเรียนต่าง ๆ

6. ไฮแวร์ลามิเนท

รูปที่ 2.7 แสดงไฮแวร์ลามิเนท

ไฮแวร์ ลามิเนท สามารถทนต่อการเช็ดถูได้สูงกว่า ลามิเนทเกรดมาตรฐานทั่วไปเกือบ 5-6 เท่า เหมาะสำหรับงานที่ต้องสัมผัสการเช็ดถูบ่อยครั้ง เช่นพื้นผิว เคาร์เตอร์ภายในศูนย์อาหาร ภัตตาคาร ธนาคาร เป็นต้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Coronado and Anthony (2002)

ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จในการนำ ซิกซ์ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ขององค์กรต่างๆ เพื่อใช้ในการปรับปรุงกลยุทธ์ทางธุรกิจโดยการเพิ่มกำไร จากการขจัดความแปรปรวนและลดของเสียในกระบวนการรวมถึงการลดค่าใช้จ่ายทางคุณภาพทราบถึงความต้องการ และความคาดหวังของลูกค้า โดยการนำเทคนิค และเครื่องมือทางสถิติอย่างเช่น Motorola ได้ใช้จ่ายในการให้ความรู้และอบรมพนักงาน $170 million แต่สามารถที่จะประหยัดค่าใช้จ่าย ที่เกิดจากค่าใช้จ่ายทางคุณภาพได้ถึง $2.2 billion

ปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จ (CSFs) ได้แก่

1. การประกาศเจตนารมณ์และความมุ่งมั่นของผู้บริหารระดับสูง เช่น ผู้บริหารระดับสูงของ GE การเปลี่ยนแปลงผังองค์กร การเปลี่ยนทัศนคติของพนักงาน
2. การเปลี่ยนวัฒนธรรมองค์การซึ่งเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของพนักงานโดยการ ขจัดความกลัวของพนักงานที่จะซ่อนเร้นข้อผิดพลาดหรือการต่อต้านข้อผิดพลาด หรือต่อต้านการเปลี่ยนแปลง ให้ยอมรับปรับปรุง พัฒนาด้วยการสร้างแรงจูงใจ การให้ความรู้
3. การติดต่อสื่อสาร เช่น Sony Electronic ที่ให้ความสำคัญของการแสดงข้อมูลต่างๆ เพื่อให้องค์กรหลีกเลี่ยงและเรียนรู้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอย่างทั่วถึงพร้อมกัน
4. การจัดโครงสร้างภายในองค์กร City bank เน้นการทำงานเป็นทีม การทำงานข้ามสายงานสามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาสำคัญได้ถึง 73%
5. การเชื่อมโยง Six sigma สู่ลูกค้าเพื่อช่วยลดช่องว่างระหว่างความคาดหวัง ของลูกค้ากับความสามารถในการทำงานจริง
6. การฝึกอบรมโดยเน้น Belt System เพื่อช่วยลดทำให้เกิดการทำงานตามหลักการของซิกซ์ซิกม่าทั่วทั้งองค์กร
7. การเชื่อมโยงซิกซ์ซิกม่า สู่กลยุทธ์ทางธุรกิจ เช่น Ford Motor Company ได้เปลี่ยนกลยุทธ์จาก TQM ที่เน้นการแก้ไขปัญหาแต่ไม่พิจารณาค่าใช้จ่าย แต่ซิกซ์ซิกม่ามีการวิเคราะห์ถึงต้นทุน กำไร ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ถึง $200,000 – 250,000
8. การเชื่อมโยงซิกซ์ซิกมาสู่ผู้ส่งมอบ ควรสร้างความสัมพันธ์อันดี และมีผู้ส่งมอบน้อยรายเพื่อที่จะลดความแปรปรวนต่างๆ
9. การใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ตามหลักสถิติ เช่น เครื่องมือคุณภาพ การทดสอบสมมติฐาน และอื่นๆ
10. การเลือกโครงการตามความสำคัญ พิจารณาจากการแข่งขันทางธุรกิจ การได้เปรียบทางธุรกิจรอบเวลาของกระบวนการ ผลผลิตโดยรวม

วีรพจน์ เหล่าโพธิวิหาร (2544)

ทำการศึกษาทฤษฎี และขั้นตอนการนำระบบซิกซ์ซิกม่ามาใช้ปรับปรุงผลิตภาพ กำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ โดยบริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด โดยการดำเนินงานประกอบด้วยแผนการดำเนินงาน การจัดโครงสร้างองค์กร การอบรม และแนวทางซิกซ์ซิกม่าซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ โดยสามารถประหยัดต้นทุนได้ประมาณ 353,300 เหรียญสหรัฐ ซึ่งถือว่าประหยัดได้เกินกว่าเป้าที่ตั้งไว้

สุวิทย์ กล่ำเพ็ง (2543) ทำการศึกษาการวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยคุณภาพที่มีผล กระทบต่อการพ่นสีรถยนต์

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดและควบคุมปัจจัยคุณภาพที่มีผลกระทบต่อการพ่นสีรถยนต์ ซึ่งจะใช้การวิเคราะห์จากปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการพ่นสีรถยนต์ และทำการคัดเลือกปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุด 2 อันดับแรกคือ ปัญหาฝุ่นและสิ่งสกปรกในผิวสี และปัญหาสีเกิดรอยด่างนำมาทำการแก้ไข โดยอาศัยแผนภาพเหตุและผล เป็นเครื่องมือช่วยหาสาเหตุของการเกิดปัญหาทั้ง 2 เหล่านั้น จากนั้นก็จะทำการเลือกหัวข้อสาเหตุของปัญหาเพื่อทำการแก้ไขโดยใช้หลักการของการระดมความคิดจากผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นก็เริ่มทำการแก้ไขโดยอาศัยเทคนิคทางการควบคุมคุณภาพทางสถิติ (SQC) เช่น ใบ Check Sheet, กราฟ, พาเรโตไดอะแกรม เป็นต้น และการออกแบบการทดลอง เมื่อทำการแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการติดตามผลพร้อมทั้งเก็บข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพการแก้ไข โดยจะทำการประเมินผลหลังจากการแก้ไข 5 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือน มีนาคม 2543 ถึง กรกฎาคม 2543 ซึ่งจะเปรียบข้อมูลก่อนการปรับปรุง ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาที่มีระดับความสำคัญมากที่สุดโดยดูจากเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการพ่นสีรถยนต์มากที่สุด

พิศิษฐ์ เจริญกิจวิวัฒน์ (2541)

ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของสายเครื่องควบคุมไฟฟ้าเพื่อที่จะบรรลุความต้องการของลูกค้าโดยเน้นการปรับปรุงในด้านกิจกรรมโรงงาน โดยการใช้เทคนิค FMEA มาใช้ในการป้องกัน ลด และกำจัดข้อผิดพลาดที่เคยเกิดขึ้น และข้อผิดพลาดที่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นสำหรับสิค้าในปัจจุบัน เริ่มจากการทำพาเรโต้คำร้องเรียนจากลูกค้า เพื่อนำมาเป็นเกณฑ์คุณภาพโดยพิจารณาด้านตัวเงินและการเกิดขึ้นของเกณฑ์คุณภาพ การปรับปรุง พบว่าคำร้องเรียนของลูกค้าลดลงถึงร้อยละ 43.76

นวลพรรณ ใจงาม (2542)

ทำการวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิต ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ แนวทาง ซิกซ์ซิกม่า หลังจากดำเนินการผลิตพบว่า อัตราส่วนข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM โดยสามารถลดค่าความเสียหายและได้รับผลประโยชน์ตอบแทนจากการปรับปรุงคุณภาพ 163,999 ดอลลาร์สหรัฐ ภายในระยะเวลาสองไตรมาศ

ธนิยา ลิ่มชูเชื้อ (2544)

ทำการศึกษา การลดปริมาณของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตครีบระบายความร้อน โดยนำวิธีการตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่ามาประยุกต์ใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ซึ่งเป็นข้อกำหนดด้านผลิตภัณฑ์ของลูกค้าและหาเงื่อนไขที่เหมาะสม ของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตที่จะทำให้ปริมาณของเสียลดลง โดยหน่วยวัดผลระดับการปรับปรุงของการวิจัยที่กำหนดคือ ปริมาณของของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย Defect Part Per Million (DPPM) ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 48,332 DPPM ขั้นตอนการวิจัยจะดำเนินตามขั้นตอนตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่าทั้ง 5 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการขั้นตอนนิยามปัญหา ขั้นตอนการวัด เพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ และขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต ตามลำดับ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ของกระบวนการ คือ สามารถกำหนดค่าของระดับของปัจจัยนำเข้า ที่มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ในกระบวนการ QA Thermal Checking มีค่าเฉลี่ยลดลงจากเดิม โดยการนำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ 4 ปัจจัยมาทำการออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีการของพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Method) ในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ แล้วนำไปวิเคราะห์หาระดับที่เหมาะสม ของการปรับค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องนั้น เพื่อทำให้ได้ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน ที่ต่ำที่สุดที่เหมาะสมของกระบวนการที่สามารถทำได้ คือ 19.07 องศาเซลเซียส โดยการกำหนดค่าระดับของขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นนอกมีขนาด 165 เวลาในกระบวนการไล่ก๊าซออกควรใช้เวลาอยู่ที่ 34.62 วินาที และอุณหภูมิของการอบไนโตรเจนเท่ากับ 510 องศาเซลเซียส แล้วทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลก่อนนำไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิต จากนั้นทำการควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้งสาม ด้วยกระบวนการเชิงสถิติในขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ จากข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการ พบว่า สามารถที่จะลดความสูญเสียได้เป็นจำนวนเงิน 1,108,250 บาท โดยพิจารณาจากระยะเวลาระหว่างการดำเนินการวิจัย ซึ่งคิดเป็น 56 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนของเสียที่ลดได้จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 19,255 DPPM

Product & Technology Laboratory (2001)

ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ Vinyl composition tile (VCT) ซึ่งมีคุณสมบัติ Surface Electrical Resistance สูงและผลิตภัณฑ์ลามิเนทเมื่อนำไปทำ Access Floor โดยที่ Surface Electrical Resistance ของแผ่นผลิตภัณฑ์ลามิเนทและ Vinyl composition tile (VCT) คือ

Vinyl composition tile (VCT)	500,000,000,000 Ohms

ผลิตภัณฑ์ลามิเนท 10,000,000 Ohms

แต่อย่างไรก็ตาม Surface Electrical Resistance ที่มีค่าตั้งแต่ 1,000,000 Ohms สามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ Access Floor นอกจากนี้ข้อดีอื่นๆสำหรับการใช้ผลิตภัณฑ์ลามิเนทได้แก่

- ทำความสะอาดง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีรุนแรง
- ไม่จำเป็นต้องขัด
- มีความทนทานสารเคมี หมึก และสารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาด
- ไม่มีไฟฟ้าสถิต ฝุ่นไม่จับ

Western Washington University: Department of Engineering Technology (2000)

ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติการโค้งงอของ Thermoplastic ชนิดต่าง ๆ โดยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติการโค้งงอ เช่น ชนิดของผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ ความหนาของผลิตภัณฑ์ ความดันที่ใช้ นอกจากนี้ยังขึ้นกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และระยะเวลา โดยทำการศึกษาความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ ระยะเวลาที่ใช้ในการดัดโค้งและ คุณภาพการดัดโค้ง

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการวิจัย จะเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ความรู้ทางสถิติในเรื่องต่างๆ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางของ กระบวนการซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

2.3.1 ความหมายและประวัติความเป็นมาของซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า คือระบบที่จะทำให้องค์กรสามารถที่จะนำความรู้และประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จมีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ ซิกซ์ ซิกม่า คือ Robert W. Galvin เพื่อที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตโทรศัพท์เคลื่อนที่และเพจเจอร์ ซึ่งหลังจากประสบผลสำเร็จเขาจึงได้รับการแต่งตั้งให้เป็น CEO (Chief Executive Officer) ของบริษัทโมโตโรล่าในเวลาต่อมาและในปี ค.ศ. 1986 วิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า ก็ได้ถูกพัฒนาโดย Dr.Mikel J. Harry ซึ่งเป็นพนักงานของบริษัทโมโตโรล่าเช่นเดียวกัน จนในปี ค.ศ. 1988 หลังจากที่บริษัทโมโตโรล่า

ได้ใช้ปรัชญาทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในองค์กร ทำให้บริษัทโมโตโรล่าได้รับรางวัลชนะเลิศทางด้านคุณภาพ Malcolm Baldrige National Quality Award

กลยุทธ์ในการปรับปรุงคุณภาพของโมโตโรล่า ได้กลายเป็นจุดสนใจขององค์กรต่างๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมเกี่ยวกับยานยนต์ ซึ่งวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่านั้นได้จุดประกายความสนใจขององค์ต่างๆ ที่จะใช้วิธีการนี้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตรงตามเป้าหมาย หนึ่งในนั้นคือบริษัทไอบีเอ็ม ซึ่งเป็นบริษัทแรกที่นำวิธีการนี้มาใช้ในองค์กร โดยประยุกต์ใช้กับหน่วยงาน Application Business Systems Divisions ซึ่งหลังจากประสบความสำเร็จในการประยุกต์ใช้วิธีการทางซิกซ์ ซิกม่าเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้บริษัทไอบีเอ็มได้รับรางวัลชนะเลิศทางคุณภาพ Malcolm Baldrige National Quality Award ในปี 1990

2.3.2 การปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า

ในการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ เพื่อจะทำให้เกิดความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า จะต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องในทุกๆจุดของการปฏิบัติงานซึ่งจะต้องอาศัยกลยุทธ์ในการประยุกต์ใช้วิธีการต่างๆ ในวิชาสถิติ ซึ่งในวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่านี้ จะประยุกต์ในกลยุทธ์ ทั้ง 5 ขั้นตอนที่สำคัญในการปรับปรุงกระบวนการผลิต คือ Define Phase, Measurement Phase, Analysis Phase, Improvement Phase และ Control Phase โดยรายละเอียดและเครื่องมือทางสถิติที่นำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละกิจกรรมทั้ง 5 ขั้นตอนดังนี้

2.3.2.1 ขั้นตอนการกำหนดแผนงานในการแก้ปัญหา (Define Phase)

- **การกำหนดปัญหา (Problem Statement)**

ระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาและแก้ไข ซึ่งปัญหานั้นๆจะต้องสัมพันธ์ในส่วนที่มีผลกระทบต่อลูกค้า หรือทางด้านคุณภาพ (CTQ's: Critical to Quality)

- **แผนภาพกระบวนการผลิต (Process Map)**

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการที่จะหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวน การผลิต จะต้องทำอย่างละเอียดทุกขั้นตอนในการประกอบผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรสำคัญ ใน กระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process Output) ขั้นตอนนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิตซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึง สิ่งผิดปกติหรือทราบ สาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิต ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นตอนนี้อาจจะเป็น ขั้นตอนที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาโดยการทดลองโดยการตั้งสมมุติฐาน หรือโดยการให้ข้อมูลทางด้าน สถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธี

การสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์ต้องใช้การระดมสมอง และทีมงานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะได้รายละเอียดที่สำคัญและครบถ้วนของกระบวนการผลิต ซึ่งแผนภาพการไหลนั้นจะต้องสามารถบอกถึงสาเหตุแห่งความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (Cause of Poor Quality: COPQ)

การสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์จำเป็นอย่างยิ่ง ในการระบุที่มาของข้อบกพร่องและสิ่งที่ซ่อน ในกระบวนการผลิต (Hidden factory) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้สูญเสียเวลา เงิน ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ

- **ผลรวมของสัดส่วนของเสีย (Rolled Throughput Yield)**

ได้มาจากการคำนวณของสัดส่วนของเสียครั้งแรกและ ไม่รวมสัดส่วนของเสียที่ได้มาจากการซ่อมแซม การคำนวณสัดส่วนของเสียครั้งแรกและก็เพื่อเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการควบคุมกระบวนการผลิต

- **ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)**

ผังแสดงเหตุและผล คือ ผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่างๆ (ที่เกี่ยวข้อง) กล่าวคือ คุณลักษณะทางคุณภาพคือผลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุคือปัจจัยต่างๆที่เป็นต้นตอของคุณลักษณะอันนั้น

การสร้างผังแสดงเหตุและผลที่ จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริงๆ ไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างผังก้างปลาได้ถูกต้อง คือ ผู้ที่มีโอกาสแก้ปัญหาทางคุณภาพได้ถูกต้องเช่นเดียวกัน ข้อสังเกตเกี่ยวกับผังแสดงเหตุและผล จะต้องทำการแยกแยะและเลือกสรรเพื่อหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุแห่งปัญหานั้นควรใช้การปรึกษาหารือในกลุ่มคนหลายๆความคิดมาร่วมกันเพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างไปจะก่อผลเสียภายหลังได้ (อาจทำให้การแก้ปัญหาผิดจุดได้) เลือกคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยสาเหตุในรูปขนาด หรือปริมาณที่สามารถใส่หน่วยวัดลงไปได้เพราะในที่สุดแล้วผลสรุปจากผังก้างปลาจะต้องนำไปแก้ไขปรับปรุงตัวแปรต่างๆ ในการผลิต การนำผังแสดงเหตุและผลไปใช้งานจะต้องนำไปแก้ไขปรับปรุงตัวแปรต่างๆในการผลิต การนำผังแสดงเหตุและผลไปใช้งาน จะต้องก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัวเพื่อได้ใช้การจัดลำดับความสำคัญของปัญหาซึ่งแนวทางเสนอแนะนี้จะนำไปผังแสดงเหตุผลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับ FMEA

2.3.2.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

- **การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต (FMEA)**

(ธนากร เกียรติบรรลือ, 2543) กล่าวว่า FMEA คือเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดการบ่งชี้ และการขจัดปัญหาความล้มเหลวแลความผิดพลาดต่างๆที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นมาแล้วในระบบงานของการออกแบบของกระบวนการและการบริหารก่อนที่จะถึงลูกค้า

ลักษณะสำคัญ 3 ประการของ FMEA

จะต้องมีการแสดงให้เห็นรูปแบบของความล้มเหลวปัญหา และความผิดพลาดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วจากระบบงาน การออกแบบ การผลิต และการบริการอย่างชัดเจน และมีการประเมินผลจะต้องมีการบ่งชี้การกระทำ สำหรับการลดหรือ ขจัดโอกาสของความล้มเหลว ปัญหาและความผิดพลาดนั้นๆ ที่จะเกิดขึ้นมาอีก

จะต้องมีการบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐาน โดยปกตินิยมใช้ FMEA 2 ชนิด คือ Design FMEA สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเอาปัญหาสำคัญ และข้อบกพร่องต่างๆ จากผู้ใช้หรือลูกค้ามาศึกษาและหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข และอีกชนิดหนึ่งคือ Process FMEA สำหรับการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตซึ่งมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันไม่ให้มีของเสียและขจัด หรือลดปัญหาจากการผลิต ที่จะส่งไปยังกระบวนการผลิตถัดไปและลูกค้า

ประโยชน์ของ FMEA

ช่วยพิจารณาทางเลือกตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งเพิ่มศักยภาพของการผลิต และความเชื่อถือสร้างความมั่นใจว่ารูปแบบของความล้มเหลวความผิดพลาด และปัญหาต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้รวมถึงผลกระทบที่อาจตามมาได้รับการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนมาก่อนแสดงรายการของปัญหาหลักต่างๆ และระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้นมาช่วยแสดงบันทึกผลของการปรับปรุง หลังจากมีมาตรฐานการแก้ปัญหาให้ถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่งได้ทันที เป็นพื้นฐานสำหรับการกำหนดรายการทดสอบเพิ่มเติมระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการผลิต ช่วยรวบรวมข้อมูลในอดีตสำหรับเป็นเอกสารอ้างอิงในอนาคตโดยนำมาใช้วิเคราะห์รูปแบบของปัญหาหรือความล้มเหลวต่างๆสำหรับการพัฒนาเรื่องความเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต

ชนิดของ FMEA และการนำไปใช้งาน Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA

เป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนสำหรับการค้นหาสาเหตุของความผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้นจริงเพื่อเป็นการป้องกันก่อนที่จะเกิดปัญหาร้ายแรงขึ้นมาภายหลังเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดปัญหา FMEA สามารถแบ่งตามวิธีการนำไปใช้งานได้หลายอย่างคือ

System FMEA สำหรับการออกแบบหรือปรับปรุงระบบการทำงานการใช้งานมักจะรวม อยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่นได้แก่การสร้างแนวความคิดในการ

ออกแบบ และ กำหนดรายละเอียดของระบบงาน การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ และการประเมินผลระบบ

Design FMEA นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลการแก้ไขงานที่มีการทดลองหรือปฏิบัติเป็นครั้งแรก มักจะพิจารณาเกี่ยวข้องกับกลุ่มของการรวมส่วนประกอบต่างๆ หรือส่วนย่อยๆ เข้าด้วยกันและส่วนของผลิตภัณฑ์ว่ามีหน้าที่การใช้งานตามที่ออกแบบ เหมาะสมแล้วหรือไม่ และส่วนใดจะมีปัญหาจะป้องกันหรือลดระดับความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน

Process FMEA สำหรับกระบวนการผลิตซึ่งก็มีลักษณะเหมือนกับ Design FMEA มักจะพิจารณาเกี่ยวกับ ปัจจัยการผลิตที่สำคัญคือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการ การวัดและสภาพแวดล้อมของการผลิต โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด เมื่อจัดทำ Process FMEA

Service FMEA จะเกี่ยวข้องกับการให้บริการเป็นหลักโดยนิยมให้คนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Service FMEA

Machienery FMEA สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักรอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ใช้โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบต่างๆ เช่น โครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือ ส่วนทำความเย็น ส่วนส่งกำลังส่วนหล่อลื่น ชุดเกียร์ ตลับลูกปืน เป็นต้น

งานเอกสารของ FMEA

การวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยวิธีการ FMEA ถือว่าเป็นการวางระบบเตือนภัยล่วงหน้าและเป็นเทคนิคการป้องกันปัญหาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีส่วนช่วยวิศวกรกระบวนการในการศึกษาสาเหตุ และผลกระทบต่างๆ ก่อนที่การออกแบบหรือวิธีการกระบวนการผลิตจะสรุปผลขั้นสุดท้ายทุกเรื่องทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ร่วมกันจะถูกบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA เริ่มต้นจากหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่ง ของกระบวนการผลิตจะถูกนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่ามีชนิด หรือรูปแบบของปัญหาและความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือเคยเกิดขึ้นมาแล้วมีอะไรบ้างมีสาเหตุมาจากเรื่องใด และจะมีผลกระทบอย่างไรหลังจากนั้นจะมีการปริมาณตัวเลข

ระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่าค่า RPN ซึ่งมาจากคำว่า Risk Priority Number ให้กับแต่ละปัญหาการคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ O x S x D เมื่อ

O = Occurrence	คือระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือความผิดพลาด
S = Severity	คือ ระดับรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหา นั้นขึ้น
D = Detection	คือระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็ม มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับ ความเสี่ยงของการเกิดปัญหาคือ ค่า RPN = 1 ซึ่งมาจาก 1 x 1 x 1 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมาเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของปัญหา คือ ค่า RPN = 1000 ซึ่งมาจาก 10 x 10 x 10 หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมาก เช่น พบทุกวัน และระดับความรุนแรงของผลกระทบ เมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่นกระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีวิธีการตรวจจับปัญหานี้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าเลย

- การวิเคราะห์ความถูกต้องแม่นยำของระบบการวัด

ในระบบการวัดมีความสำคัญมากการวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์และเป็นการควบคุมกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัดซึ่งมีสาเหตุมาจากทักษะ ความชำนาญ และระดับการฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัด สิ่งแวดล้อมในการวัดซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีความไม่เท่ากันจึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมาก เนื่องจากการแก้ปัญหา ทางด้านคุณภาพหรือการป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์

เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัด ในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัด เพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออกเป็นชิ้นงาน (Part – to – Part – Variation) พนักงานวัด (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation) (ดำรง ทวีแสงสกุลไทย, 2538) ได้นิยามความแม่นยำ และความเที่ยงตรง ดังนี้

ความแม่นยำ (Precision) คือ ความสามารถในการวัดให้ผลค่าที่ใกล้เคียงกันมากค่าไม่กระจัดกระจาย และจะให้ความแม่นยำไม่เปลี่ยนค่ามากไม่มีการปรับวิธีการหรือปรับเครื่องมือวัด

ความเที่ยงตรง (Accuracy) คือ ความสามารถในการวัดที่ให้ค่าใกล้เคียงความจริงมาก ผลต่างของค่าจริงโดยเฉลี่ยน้อยมาก

การวิเคราะห์ความแม่นยำ มุ่งพิจารณา 2 ประเด็นหลัก คือ

คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัด หรืออุปกรณ์การวัด หรือไม่และระบบการวัดที่พิจารณามีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ที่แสดงความผันแปรของกระบวนการ ผลิตหรือไม่

คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้วจะได้รับการแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการทำซ้ำ หรือ รีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) และความสามารถในการทำเหมือน หรือ รีโปรดิวซิบิลิตี้ (reproducibility) โดยที่ รีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึงค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่อง กับชิ้นงานเดียวกันโดยเครื่องมือเดียวกันและด้วยพนักงานคนเดียวกันซึ่งโดยปกติจะใช้ค่ารีพีททะบิลิตี้ในการประมาณค่า ความผันแปรของระบบการวัดในระยะสั้น (short-term measurement)

ส่วนรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงานกัน และโดยปกติจะได้ค่า โปรดิวซิบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะยาว (Long-term measurement) นอกจากนี้อาจจะกล่าวอย่างสั้นๆได้ว่า รีพีททะบิลิตี้ คือ ความผันแปรภายในเงื่อนไขของการวัดโดยเงื่อนไขที่กล่าวนี้อาจจะ หมายถึง

พนักงานวัดกะวานอุปกรณ์จับยึด (จิ๊กและฟิกซ์เจอร์) และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม เป็นต้น

ในการประเมินผลค่ารีพีททะบิลิตี้ และรีโปรดิวซิบบิลิตี้ของระบบการวัด (GR & R – Gage Repeatability and Reproducibility) จะหมายถึงการประเมินผลค่าผันแปรอันเนื่องมาจากการวัดค่าจริงของงานหนึ่งแบบซ้ำๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน แล้วมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเดียวกัน การวางแผนศึกษารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัดวิธีการ และเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องวัดการสอบเทียบเครื่องวัดถือเป็นการดำเนิน

การที่มีความสำคัญมากต่อการพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อน ด้านความถูกต้องในระบบการวัด โดยปกติแล้วจะต้องมีการสอบเทียบก่อนการศึกษา รีพีททะบิลิตี้ และ รีโปรดิวซิบิลิตี้จะเริ่มต้นขึ้น และไม่ควรจะมีการสอบเทียบใหม่ถ้าหากการศึกษายังไม่สิ้นสุด เพราะถ้าหากมีการสอบเทียบใหม่ในระหว่างการศึกษาจะทำให้เกิดการผันแปรจากการสอบเทียบรวมอยู่กับค่ารีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัดด้วย

จำนวนพนักงานวัดที่ใช้สำหรับการศึกษา GR & R ในการกำหนดจำนวนพนักงานวัดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนว่าใน ระบบการผลิตมีพนักงานวัด (คือ ผู้ใช้เครื่องมือในการกำหนดค่าตัวเลขกับชิ้นงานในการตัดสินใจ) ในกรณีที่ระบบการวัดมีพนักงานวัดจำนวนหลายคนให้ทำการสุ่มพนักงานวัดมาทำการศึกษาอย่างน้อย 2 คน โดยพนักงานวัดทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรม และปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวัดในอุปกรณ์วัดที่ทำการศึกษาสำหรับงานประจำ

จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา GR & R จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานั้นโดยปกติจะแนะนำไว้ที่ 10 สิ่งตัวอย่าง ซึ่งถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้จะต้องพยายามให้ (จำนวนของสิ่งตัวอย่าง) X (จำนวนของพนักงานวัด) มากกว่า 15 และถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้ให้เพิ่มจำนวนซ้ำของการวัดในแต่ละสิ่งตัวอย่าง และสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการวัดนี้ต้องเป็นสิ่งตัวอย่างที่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญ และในกรณีที่จะทำให้ระบบการวัดมีคุณภาพด้านความผันแปรเพียงพอต่อการตรวจจับความผันแปรของชิ้นงานในกระบวนการแล้ว จะต้องทำให้ข้อมูลแบ่งแยกได้ไม่ต่ำกว่า 5 กลุ่ม (ชิ้น)

จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้นโดยปกติแล้วจะแนะนำให้ทำการวัดซ้ำที่แต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่าๆกัน (เรียกการ ทดลองแบบนี้ว่า Balance Design) ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2-3 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น

วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา GR & R ในการศึกษา GR & R บางกรณีนั้นจะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ (หรือการประเมินรีพีททะบิลิตี้ได้) จึงต้องมีความสามารถเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

วิธีการประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบบิลิตี้มีทั้งหมด 3 วิธีแต่ในที่นี้จะไม่ขออธิบาย

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method)

วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วิธีนี้เหมาะแก่การวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาว่าพนักงาน และชิ้นงานเป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วม ระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากการรีพีททะบิลิตี้ได้แต่อย่างไรก็ดี วิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ยุ่งยากในการคำนวณแต่ส่วนใหญ่วิธีการนี้จะใช้กับกรณีการใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณ

ในการตีความหมายผลการวิเคราะห์จากตาราง ANOVA จะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม (interaction effect) ระหว่างพนักงานและชิ้นงานก่อนเสมอซึ่งถ้าพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงานมีนัยสำคัญแสดงว่าเมื่อเปลี่ยนชิ้นงานให้พนักงานคนเดิมทำการวัดแล้ว ผลการวัดจะเปลี่ยนไปซึ่งจะพบว่าอิทธิพลร่วมมีผลมากและในกรณีที่อิทธิพลร่วมมีในสำคัญนี้ก็ไม่มีความจำเป็นต้องตีความหมายจากอิทธิพลหลัก (main effect) ของพนักงานวัดหรือชิ้นงานอีก เพราะว่าแม้อิทธิพลหลักของพนักงานวัดจะดูเหมือนมีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญแต่แท้จริงแล้วมีอิทธิพลมาก

2.3.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

- **สถิติและการควบคุมคุณภาพ**

สถิติ คือ ศาสตร์แขนงหนึ่งที่ใช้ตัดสินในเหตุการณ์ภายใต้ความผันแปรโดยการตัดสินใจประกอบด้วยการรวบรวมการวิเคราะห์ตลอดจนการสรุปผลเพื่อดำเนินการจากข้อมูล

- **การตั้งสมมุติฐานในการตรวจสอบ (Hypothesis Testing)**

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลองว่าในการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้วิธีทางสถิตินั้นจะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ ดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล จึงต้องอยู่ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมุติฐานในการตรวจสอบ จะตั้งสมมุติฐานใน 2 ทางเลือกคือ
Ho: ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต
H1: ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต
ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยง 2 ตัวคือ α และ β

α หมายถึง ความเสี่ยงในการไม่ยอมรับสมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมุติฐานหลักเป็นจริงหมายถึง ความเสี่ยงในการยอมรับสมมุติฐานหลักไม่เป็นจริงจากความเสี่ยงของทั้ง 2 แบบนี้เอง จึงต้องมีการกำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีความเชื่อมั่นหรือมีความเสี่ยงตามที่กำหนดไว้ และในการทำการวิเคราะห์ ก็มักจะให้ค่าของ α คงที่และให้ค่า β น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

การทดสอบความแตกต่างระหว่างสัดส่วน

การทดสอบความแตกต่างระหว่างสัดส่วน ลักษณะของปัญหาที่สนใจ คือ ความแตกต่างของข้อมูลระหว่างสัดส่วนของสองตัวอย่างว่ามีนัยสำคัญหรือไม่ซึ่งข้อมูลของขนาดตัวอย่างต้องมีขนาดใหญ่พอ

2.3.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

- **การออกแบบการทดลอง (Design of experiments)**

การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจดูว่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output Response) ปัจจัย (Factor) ในการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น

ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึงปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับแล้วทำการทดลองจากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง

วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือการพิสูจน์ข้อเท็จจริงหรือความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต

เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือการศึกษาถึง อิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

คำจำกัดความ (Definition)

อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึงผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม

ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์

ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบเล็กๆ น้อยๆ และไม่สามารถควบคุมได้

หลักในการออกแบบการทดลอง

การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวเท่าๆกัน เพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับทุกระดับที่ศึกษาให้เท่าๆกัน การทำแบบสุ่มยังสามารถ แบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ

การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomization)

การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple randomization)

การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete randomization within blocks)

การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูลเพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก

การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วงเพื่อลดผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการทำเสมอไป

ลำดับขั้นการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

การนิยามปัญหาเป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไรและต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองการเลือกปัจจัยที่มีผล และระดับปัจจัยเป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิตเพื่อระบุว่ามีปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลองและในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร เพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลองสุดท้ายคือ ระบุว่าระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด (Fixed level) แบบสุ่ม (Random levels) หรือแบบผสม (Mixed leveled)

แบบกำหนด (Fixed levels) หมายถึงระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุม หรือกำหนดค่าได้แน่นอน

แบบสุ่ม (Random level) หมายถึงระดับของปัจจัยที่มาสามารถควบคุม หรือกำหนดค่าของปัจจัยแน่นอน

แบบผสม (Mixed levels) หมายถึง การผสมผสาน ระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบ กำหนดได้และแบบสุ่ม

การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลอง จะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถในข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา และการวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำรวมทั้งความถูกต้องของเครื่องด้วย

การเลือกแบบทดลอง จะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการทำบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้องทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัย

การทำการทดลอง ในขณะทำการทดลอง จะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้นั่นคือ ต้องมีการสุ่ม การทำซ้ำ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลอง คือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้ความผิดพลาด (Error) ที่ออกมามีน้อยที่สุดการวิเคราะห์จะใช้ความรู้ทางสถิติมาวิเคราะห์และสรุปผลรวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตีความข้อมูลวิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอนแต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล แล้วจะต้องสรุปผลการวิเคราะห์ซึ่งอาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ อื่นๆ

การเลือกแบบทดลอง

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดี่ยว (Single factor experiment) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มีขนาดไม่โตนักและไม่มีปัจจัยรบกวนการทดลองจะทำโดยยึดหลักการทำแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication)

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- กำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response variable) และปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factor) ที่สนใจ
- ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete random) ในการวัดค่า
- วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

แผนการทดลองแบบบล็อกกลุ่ม (Randomize Block Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียวและมีปัจจัยรบกวน (Noise factor) หลักการของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม คือต้องทำการสุ่ม (Randomization) ทุกครั้งต้องทำซ้ำทุกการทดลอง ทำการบล็อก (Blocking) อาจจะทำมากกว่า 1 บล็อกก็ได้ ซึ่งขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวน

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- ออกแบบและวางแผนการทดลอง
- เก็บข้อมูล
- วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA-Table) ซึ่งจะต้องมีผลของบล็อก (Block Effect) ด้วย

แผนการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design)

ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย (Multiple Factor Experiment) และเนื่องจากปัจจัย (factor) มากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้น นอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัย (Main effect) ที่สนใจแล้ว ยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction effect) ได้ด้วย

อิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction effect) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพล (effect) ของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปด้วยดังตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม หรือปฏิสัมพันธ์ซึ่งเมื่อไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดัง (1) และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดัง (2) โดย A และ B คือ ปัจจัย 2 ปัจจัย

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k โดยมี Center point

โดยที่ k คือจำนวนของปัจจัยที่นำมาทดลอง

และ 2 คือจำนวนระดับของแต่ละปัจจัย

จากการพิจารณา Main effect point ของการทดลองแบบ 2^k จะพบว่า effect ของแต่ละ factor จะเป็นเส้นตรงเพราะมีข้อมูลเพียงสองจุดซึ่งในกรณีนี้อาจไม่เป็นจริงเสมอไป การเพิ่มจุดกึ่งกลางให้กับการออกแบบ 2^k จะแก้ปัญหานี้ซึ่งผลของ ANOVA และรูปกราฟจะทำให้เราทราบว่ามีส่วนโค้งระหว่างจุดของการทดลองหรือไม่ จุดกึ่งกลางหรือ Center point นั้นจะแตกต่างไปจากการทดลอง 3 ระดับ เพราะจะรวมจุดกึ่งกลางของทุก ๆ factor ไว้เป็นเงื่อนไขของการทดลองเดียวเท่านั้นถ้ามีส่วนโค้งก็จะสามารถทดสอบได้ทันที

สรุปเหตุผลของการทำ Center Point

1. เป็นการประเมินดูว่าส่วนโค้งอยู่ในความสำคัญหรือไม่
2. เพื่อให้มี Degree of freedom สำหรับ error term

ยิ่งมีจำนวน Center point มากยิ่งเป็นผลดีกับสองปัจจัยข้างต้น จำนวนครั้งของการทดลองที่ Center point คือให้มากที่สุดหรืออย่างน้อยเท่ากับจำนวน factor ของการทดลอง

เหตุที่ใช้เนื่องจากการออกแบบ 2^k แฟคโทเรียล นั้นเหมาะสมกับรูปแบบ (model) ที่มีความเป็นเส้นตรง (linearity) ไม่ดีแล้ว จะหันมาใช้แบบ 3^k แฟคโทเรียลแทนจะเหมาะสมกว่า

แผนการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟคโทเรียล (Fractional Factorial Design) เป็นการประยุกต์จากการออกแบบการทดลองจากแฟคโทเรียลจะใช้กับการทดลองหลายปัจจัยเป็นจำนวนมากจึงต้องทำการตัดปัจจัย บางตัวออกโดย อาศัยหลักการคอนฟาวด์ (Confound)

การคอนฟาวด์ (Confound) เป็นเทคนิคที่ใช้ช่วยในการออกแบบทำให้ขนาดของบล็อกเล็กลงจากเดิม ซึ่งในการออกแบบนี้จะเกิดผลทำให้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของ ทรีตเมนต์ (Treatment effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block effect) เสมอ การเลือกอิทธิพลของทรีตเมนต์ (Treatment effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block effect) เสมอ การเลือกอิทธิพลของทรีตเมนต์ที่จะทำการคอนฟาวด์ (Confound effect) จะเลือกจากความรู้ในกระบวนการผลิตเป็นตัวกำหนดโดยเลือกทรีตเมนต์ที่คาดว่าจะมีผลน้อยต่อตัวผลิตภัณฑ์

การประมาณการทดสอบเอฟ (Approximate F-Test) ในการทดลองแบบแฟคโทเรียลที่มีปัจจัย 3 ปัจจัยหรือมากกว่า ซึ่งจะเป็นรูปแบบกำหนดรูปแบบอื่นๆและการออกแบบที่ซับซ้อนบ่อยครั้งพบว่าไม่สามารถที่จะทดสอบทางสถิติได้อย่างถูกต้องในบางอิทธิพลของทรีตเมนต์ซึ่งการแก้ไขหนทางหนึ่งที่เป็นไปได้คือ การตั้งสมมุติฐานว่าในบางปฏิสัมพันธ์บางอิทธิพลสามารถที่จะละเลยได้

2.3.2.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase)

- **แผนภูมิควบคุม**

แผนภูมิควบคุม คือ แผนภูมิหรือกราฟที่จัดทำขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลจากขอบเขตที่กำหนด (Specification) ซึ่งระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ดำเนินการผลิตและจะต้องควบคุม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิต ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งโดยการตรวจวัดคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งในการวัดข้อมูลอาจจะอยู่ในลักษณะ 2 แบบ คือข้อมูลที่ได้จากการวัด (Variable Data) และข้อมูลที่ได้จากการนับ (Attribute Data) จากนั้นเขียนบันทึกลงในแผนภูมินั้นๆ ซึ่งโดยเหตุจะมีเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นขอบเขตกลาง คือเส้นที่แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหมายในการผลิต เส้นขอบเขตควบคุมบนและเส้นขอบเขตควบคุมล่างเป็นค่าที่อนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตเกิดขึ้นได้ และหากอยู่บนขอบเขตนี้ก็ถือว่าผลการผลิตยอมรับได้แต่หากว่าค่าที่ได้อยู่นอกเหนือขอบเขตควบคุม (ไม่ว่าในทางมากกว่าหรือต่ำกว่า) ถือว่าการผลิตในขณะนั้นยอมรับไม่ได้จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องโดยทันที

โดยธรรมชาติกระบวนการผลิตทั้งหลายย่อมมีความผันแปร (Variation) เกิดขึ้นกับชิ้นงานหรือผลผลิตได้ โดยความผันแปรบางชนิดเป็นเรื่องเหตุและอนุญาตหรือยอมให้เกิดขึ้นได้ในการผลิตโดยมาก่อความเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ความผันแปรบางชนิดมีผลกระทบมากและมีผลเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะทำให้ขนาดของชิ้นงาน หรือคุณภาพบางประการผิดไปจากมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นการเข้าใจในสาเหตุแห่งความผันแปร จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยสาเหตุความผันแปรต่างๆ มีผลมาจากสาเหตุสำคัญ 2 ชนิดคือ

สาเหตุที่เป็นปกติวิสัย หรือเป็นธรรมชาติของการผลิต (Chance Cause) เป็นลักษณะ สาเหตุความผันแปรที่ไม่มีความรุนแรงและไม่มีผลต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้ เกิดความผันแปรหรือความแตกต่างเล็กๆน้อยๆของวัตถุดิบและปัจจัยการผลิตต่างๆ ซึ่งแน่นอนว่าไม่มีของสองสิ่งที่เหมือนกันทุกประการ วัตถุดิบ 100 ชิ้น ที่มีขนาดตรงกันตามข้อกำหนดทั้ง 100 ชิ้น ก็จะมีขนาดแต่ละชิ้นที่แตกต่างกันออกไป เพียงแต่ความแตกต่างเหล่านั้นอยู่ในพิกัดที่ขอบเขตข้อกำหนดอยู่ในพิกัดที่ขอบเขตกำหนดได้อนุญาตเอาไว้แล้วในค่าพิกัดเผื่อ (tolerance) ของชิ้นงาน

ฉะนั้นความผันแปรในคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัยของการผลิต จึงเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ในการควบคุมคุณภาพด้วยแผนภูมินี้ นั่นคือกระบวนการผลิตที่เขียนแสดงด้วยแผนภูมิควบคุมแล้วไม่มีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม (The Process is in Control)

สาเหตุที่ระบุได้ หรือสาเหตุที่กำจัดได้ (Assignable Cause) เป็นลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากความผิดพลาด ความผิดปกติ ความชำรุด ความไม่ได้เกณฑ์ ฯลฯ ของปัจจัยการผลิตต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และไม่ใช่เป็นปกติวิสัย หรือธรรมชาติของการผลิตนั้นๆจำเป็นจะต้องได้รับการกำจัดหรือแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของงานผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติได้

ในแผนควบคุม เมื่อมีจุด (ซึ่งเขียนจากการเก็บข้อมูลและวัดค่าชิ้นงานตัวอย่าง จากการผลิต) ปรากฏว่าอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุมย่อยแสดงได้ว่าเกิดมีสาเหตุที่ระบุได้เกิดขึ้นมาในกระบวนการผลิตนั้นแล้ว และเรียกสภาวะผลิตนั้นว่ากระบวนการผลิตอยู่นอกควบคุม (The process is out of control)

(ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 2538) ได้อธิบายว่าแผนภูมิควบคุมคิวซีเป็นคิวซีเทคนิค อีกชนิดหนึ่งที่ใช้ ควบคุมการผลิต เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการผลิตมีจุดใดเปลี่ยนแปลงหรือไม่หรือการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ ยังอยู่ในพิกัดควบคุมหรือไม่ ปกติจะใช้แผนภูมิควบคุมกับระบบการผลิตสภาพปกติ หรือมีการผลิตสม่ำเสมอ จะไม่ใช้กับการผลิตเป็นแบบเลวๆหรือผิดปกติโดยเด็ดขาด จุดมุ่งหมายที่ใช้เทคนิคของแผนภูมิควบคุมมีดังนี้

- เพื่อหาเป้าหมาย หรือมาตรฐานการผลิต

- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบว่า การผลิตอยู่ในมาตรฐานหรือไม่
- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ได้เป้าหมายที่วางไว้แล้ว

การนำแผนภูมิควบคุมมาใช้งาน ก่อนอื่นจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะของเส้นควบคุมเสียก่อน คือเส้นควบคุมข้อกำหนด (Specification Limit) หมายถึงขอบเขตข้อกำหนดของสินค้า หรือชิ้นงานที่โรงงานหรือรัฐบาล เป็นผู้กำหนดขึ้น ทั้งนี้เส้นควบคุมข้อกำหนดขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้ออกแบบว่าต้องการเสี่ยงหรือความปลอดภัย (Safety Factor) ไว้ที่ระดับเท่าใด

เส้นควบคุมขีดความสามารถ (Process Capability limit) หมายถึง ค่าขอบเขตความสามารถจริงของกระบวนการ โดยทั่วไปคำนวณจากค่าพารามิเตอร์ ของประชากรหรือคำนวณจากกลุ่มตัวอย่างที่จำนวนมาก เส้นควบคุมขีดความสามารถมีขนาดความกว้างเท่ากับค่าห่างจากค่าเฉลี่ย ของประชากร $\pm 3\sigma$ และกำหนดเส้นขอบเขตควบคุม สำหรับเป็นสัญญาณเตือนว่าการผลิต เริ่มออกจากการควบคุมหรือยังกำหนดในช่วงค่าเฉลี่ย $\pm 2\sigma$

การใช้งานแผนภูมิควบคุม การใช้แผนภูมิควบคุมในกระบวนการผลิตควรมรเทคนิคต่อไปนี้ เลือกบริเวณที่จะควบคุม ก่อนอื่นก็คือปัญหาอะไรที่จะต้องทำ และเรามีจุดมุ่งหมายอะไร จากการตัดสินในปัญหาทำให้ทราบทันทีอย่างชัดเจนว่า ต้องการข้อมูลอะไรพิจารณาใช้แผนภูมิ ควบคุมแบบไหนอาจจะเป็นแผนภูมิแบบ X-R, X, pn, p, c หรือ u chart ก็ได้ขึ้นอยู่กับโรงงานและผลิตภัณฑ์แต่ละแห่งทำแผนภูมิควบคุม

สำหรับการวิเคราะห์เก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่เหมาะสม แล้วใช้ข้อมูลที่ผ่านมาทำแผนภูมิ ถ้ามีจุดใดๆผิดปกติต้องทำการค้นหาเหตุผลที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนไปทันทีแล้วทำการแก้ไข สร้างแผนภูมิควบคุม สำหรับการควบคุมในโรงงาน หากว่าต้นเหตุที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนขจัดหมดสิ้นแล้วจากในข้อ 3 กระบวนการผลิตก็คงที่ ให้พิจารณาดูอีกครั้งว่าผลิตภัณฑ์ ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้หรือไม่ หลังจากนั้นถ้าทุกอย่างเรียบร้อยก็ให้สรุปผลทั้งหมดเพื่อทำมาตรฐานวิธีการทำงาน (Standardize Working Procedure) หรืออาจจะมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น ถ้าจำเป็นต่อเส้นควบคุมของแผนภูมิออกไป จากนั้นพล๊อตข้อมูลที่เก็บได้ในแต่ละวันก่อนไป ควบคุมกระบวนการผลิต ถ้าการทำงานของคนงานและวิธีการผลิตเป็นแบบมาตรฐานแล้ว

แผนภูมิควบคุม จะชี้แสดงออกให้เห็นว่าสภาวะที่โรงงานอยู่ภายใต้การควบคุมที่ดีหรือไม่ แต่ถ้าปรากฏว่าสิ่งที่ผิดปกติเกิดขึ้น ต้องการค้นหาสาเหตุทันที แล้วแก้ไขให้ถูกต้องเสีย คำนวณเส้นควบคุมใหม่ ถ้าการควบคุมของกระบวนการผลิตในโรงงานยังดีตลอด ระดับคุณภาพที่แสดงในแผนภูมิจะปรับดีเพิ่มด้วย ในกรณีเช่นนี้ให้สังเกตแผนภูมิควบคุมเป็นระยะ ในการคำนวณเส้นควบคุมให้สังเกตกฎต่อไปนี้

ข้อมูลที่จุดผิดปกติ ซึ่งค้นพบสาเหตุ หรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่

ข้อมูลที่จุดผิดปกติ แต่ไม่พบสาเหตุ หรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่

วิธีอ่านแผนภูมิ

สิ่งที่สำคัญที่สุดของการควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิ คือ การอ่านหรือตีความหมายจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิเพื่อโยงเหตุผล ไปที่สภาวะของกระบวนการผลิตซึ่งได้ผลิตข้อมูลที่เราได้นำมาเขียนเป็นภูมิควบคุม เพราะอาการผิดปกติต่างๆ ในกระบวนการผลิตที่จะมีผลต่อคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ จะแสดงออกให้เห็นรูปธรรมที่แผนภูมิควบคุมนี้เอง และเมื่อเราตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการผลิตโดยอ่านจากแผนภูมิควบคุมนี้แล้วเราได้ไปทำการแก้ไขที่สาเหตุของความผันแปรใดๆในกระบวนการผลิตนั้น เพื่อปรับสภาวะการผลิตให้กลับสู่สภาวะที่อยู่ในควบคุม (In Controlled) ได้ต่อไป

ข้อแนะนำเกี่ยวกับ 6 ลักษณะอาการสำคัญ เพื่อการอ่านแผนภูมิควบคุม อยู่นอกการควบคุมพบได้ชัดเจน คือ มีจุดในแผนภูมิปรากฏอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม เรียกว่า จุดอยู่นอกควบคุม (Out of control) อาจอยู่นอกค่าสูงหรือค่าต่ำก็ได้

การรัน (Run)

เมื่อปรากฏติดต่อกันบนซีกใดซีกหนึ่งของเส้นค่ากลาง เราเรียกว่า เกิดรัน ความยาวของรันแต่ละชุดนับจากจำนวนจุดในชุดนั้นและรันที่มีความยาวตั้งแต่ 7 จุดขึ้นไป เราตีความได้ว่าได้เกิดความผิดปกติขึ้นแล้วในการผลิตช่วงที่เกิดรันนั้น

การเกิดแนวโน้ม

การมีจุดต่อเนื่องกันไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการสลับฟันปลาเลย มีผลทำให้เส้นต่อจุดเหล่านั้นคล้ายๆ เส้นตรงพาดขึ้นหรือพาดลงเช่นนี้เราเรียกว่า มีการเกิดแนวโน้ม (Trend) ขึ้นในแผนภูมิควบคุม แนวโน้มที่ว่านี้คือ แนวโน้มที่กำลังบอกเราว่า ค่าเฉลี่ยของขนาดควบคุมที่ผลิตนั้นกำลังมีปัญหาหรือแนวโน้มจะคลาดเคลื่อนไปจากขนาด กำหนดที่ได้ตั้งเอาไว้แต่แรก

การเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม

หากเราแบ่งระยะ 3 ซิกม่า (3σ) จากเส้นค่ากลางออกเป็นเส้น 2σ แล้วพบว่ามีจุด 2 จุดใน 3จุด ที่ต่อเนื่องกันในแต่ละช่วงได้ตกไปอยู่ในพื้นที่ระหว่างเส้น 2σ กับเส้นขอบเขตควบคุม (3σ) ถือได้ว่าเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม (approach to the control limits) แล้วเป็นการบอกว่ามีความผิดปกติขึ้นในกระบวนการผลิตแล้ว

การเกิดการเข้าใกล้ค่ากลาง

หากพบว่าเส้นกราฟทั้งหมดตกอยู่ในระหว่างเส้น 1.5σ นับจากเส้นค่ากลางขึ้นไป และลงมาแล้ว ไม่ได้หมายความว่ากระบวนการผลิตนั้นอยู่ในควบคุม แต่กลับแสดงว่า คงจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ในการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อย ข้อมูลอาจมีการปะปนกันของข้อมูล ที่นำมาจากต่างประชากรกันและเกิดการปะปนกัน

การเกิดวัฏจักร

มีลักษณะคือ ค่าในเส้นกราฟจะเปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆ มีลักษณะเป็นวงจรวงรอบ หรือวัฏจักรที่เกือบจะทำนายลักษณะเส้นกราฟในช่วงต่อๆไปได้ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า เกิดวัฏจักร (Periodicity)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 บทสรุปการสำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการนำซิกซ์ ซิกม่า ไปใช้ในการปรับปรุงการทำงานต่าง ๆ ได้หลากหลาย ซึ่งโดยแนวทางซิกซ์ซิกม่าสามารถสรุปได้ดังนี้ คือสำรวจข้อมูลและบ่งชี้ปัญหาที่เกิดขึ้น กำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase) การควบคุมตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิต (Control Phase)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย