

การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตโดยใช้การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (SPC)
กรณีศึกษา การผลิตเครื่องสำอาง

พรจันทร์ ศรีรัตน์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยี ไทย – ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2553

IMPROVEMENT OF QUALITY PROCESS BY STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC)
A CASE STUDY OF COSMETICS MANUFACTURING

Pornjun Srirat



A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management
Graduate School
Thai – Nichi Institute of Technology
Academic Year 2010

หัวข้อสารนิพนธ์

การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตโดยใช้

การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (SPC)

กรณีศึกษา การผลิตเครื่องสำอาง

โดย

พรจันทร์ ศรีรัตน์

สาขาวิชา

การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

.....อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

.....ประธานคณะกรรมการหลักสูตร

(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

พรจันทร์ ศรีรัตน์ : การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิตโดยใช้การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (SPC) กรณีศึกษา การผลิตเครื่องสำอาง. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน, 61 หน้า.

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเป็นแบบอัตโนมัติอาจเกิดข้อผิดพลาดอันเนื่องมาจากกระบวนการจากปัจจัยภายนอก การทำงานของบุคคล หรือการชำรุดของเครื่องจักร ทำให้เกิดการสูญเสีย ซึ่งเป็นผลให้ผลผลิตมีสมรรถภาพลดลงเราจึงนำกระบวนการควบคุมคุณภาพโดยใช้สถิติ (SPC) มาช่วยควบคุมกระบวนการทำงาน เก็บรวบรวมข้อมูล และติดตามการทำงานของกระบวนการผลิต เนื่องจากวิธีการของ SPC ใช้แยกสาเหตุผิดธรรมชาติออกจากสาเหตุธรรมชาติ และมีใช้อย่างกว้างขวางในหลายอุตสาหกรรม สำหรับบทความนี้ใช้ กรณีศึกษา โรงงานผลิตเครื่องสำอาง ซึ่งระบบอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ โดยมีการตรวจพบข้อบกพร่องในกระบวนการ สามารถแก้ไขและเฝ้าติดตามกระบวนการไปจนกว่าจะมีความเสถียร เมื่อนำ SPC เข้ามาประยุกต์ใช้ก็ทำให้สามารถทำความเข้าใจกับพฤติกรรมของกระบวนการได้ และสามารถคาดการณ์พฤติกรรมของกระบวนการได้ จึงสามารถควบคุมกระบวนการได้เช่นเดียวกัน และความสำเร็จอีกอย่าง คือ SPC เป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่าย ผู้ปฏิบัติงานสามารถเข้าใจได้ไม่ยาก และส่วนที่ต้องนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อก็สามารถทำได้อีกด้วย จึงทำให้ SPC เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการในการผลิตเครื่องสำอางได้ดีอีกอุตสาหกรรมหนึ่ง

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2553

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

PORNJUN SRIRAT : IMPROVEMENT OF QUALITY PROCESS BY
STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC) : A CASE STUDY OF
COSMETICS MANUFACTURING. ADVISOR: DR DUMRONGKIAT RATANA-
AMORNPIN, 61 PP.

The automatic manufacturing process of the company is currently employed. Errors causing from external factors, human factors, machine breakdowns, generate losses and deteriorating process capability. Thus, quality control technique, Statistical Process Control (SPC) was introduced to support process control, to collect data, and to monitor process. SPC is widely employed in many industries to distinguish unnatural causes of anomaly from natural causes of anomaly. In this study, after SPC implementation, cosmetic manufacturing company employing automatic process was able to detect anomalies in the process, to rectify the anomalies, and to monitor the process until the process reach the steady condition. Process behaviors can be comprehensible anticipated. SPC is an easy-to-use tool. Process implementer can easily comprehend. Thus, SPC is proved to be a practical tool for process improvement alternatives.

Graduate School
Field of Study Industrial Management
Academic Year 2010

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในการให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่อง จาก ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งได้รับการตรวจสอบแก้ไข กรุณาสละเวลาให้ความรู้และคำแนะนำตลอดในการทำสารนิพนธ์

ขอขอบคุณ พนักงานในฝ่ายควบคุมคุณภาพของแผนกผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ของ บริษัท กรีนสวิลล์ จำกัด ซึ่งทุกท่านที่มีส่วน และให้โอกาสให้เข้าทำการศึกษาร่วมกับผู้จัดทำสารนิพนธ์จนประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่เป็นแหล่งประสิทธิ์ประสาทความรู้ ผลิตนักศึกษาที่มีศักยภาพ เพื่อรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมไทยได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คณาจารย์และเลขานุการหลักสูตร ที่เอื้อเฟื้อทุกอย่างกับผู้จัดทำสารนิพนธ์ อีกทั้งยังให้คำปรึกษาดี ๆ กับนักศึกษาทั้งรุ่นอีกด้วย

นอกจากนี้แล้วขอขอบคุณคุณแม่จงดี้ และคุณพ่อเสวียน ศรีรัตน์ ที่ให้การสนับสนุนทางร่างกาย แรงใจและทุนทรัพย์ เพื่อเปิดโอกาสให้เพิ่มพูนความรู้อันมีค่ายิ่ง

พรจันท์ ศรีรัตน์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป	ญ
 บทที่	
1 บทนำ.....	1
สภาวะความเป็นมาแนวทางเหตุผลและปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
ขอบเขตของการศึกษา	2
ขั้นตอนการศึกษา.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน	3
2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
หลักการพื้นฐาน	4
ตัวแบบของแผนภูมิควบคุม	11
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
3 วิธีดำเนินงานสารนิพนธ์.....	30
ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน	30
ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้อง	33
ศึกษาที่มาของปัญหา สาเหตุ ที่ทำให้เกิดปัญหา.....	34
วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยวิธีทางสถิติ หรือเครื่องมือทดลอง	36
ออกแบบวิธีการที่จะแก้ปัญหา กำหนดแนวทางที่เหมาะสม	46
คัดเลือกแนวทางที่เป็นไปได้ในการปฏิบัติงานจริงเพื่อปรับปรุง	48
กำหนดตัวชี้วัด	48

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	49
สรุปผลการวิเคราะห์	49
เสนอแนะแนวทางใหม่	49
ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำสารนิพนธ์	50
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก. การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้ Shapiro-Wilk Test หรือ W Test ผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 1 รหัส REF. NO. 001676/4	55
ภาคผนวก ข. การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้ Shapiro-Wilk Test หรือ W Test ผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 2 รหัส REF. NO. 0071157/1	59
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์	61



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	3
2 ประเภทของสาเหตุความผันแปร.....	7
3 ข้อดีและข้อเสียของระบบ SPC	26
4 ข้อกำหนด (Specification) ของผลิตภัณฑ์รหัส REF. NO. 001676/4	35
5 ผลการตรวจสอบทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ REF. NO. 001676/4	36
6 บันทึกค่าการตรวจสอบทางเคมีและทางกายภาพโดยมีการเพิ่มค่าทางสถิติ Cp, Cpk	37
7 ผลลัพธ์ของค่าความหนืดหลังมีการปรับปรุงข้อกำหนด.....	42
8 แสดงรายละเอียดของข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (REF. NO. 007157/1).....	44
9 ผลลัพธ์ของค่าการวิเคราะห์ Batch ที่ 1 – 30	44



สารบัญรูป

รูป	หน้า
1	ลักษณะตัวแบบความผันแปร..... 6
2	แนวความคิดของ SPC 8
3	แนวความคิดของแผนภูมิควบคุม..... 9
4	การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนของกระบวนการ..... 9
5	ค่าการแจกแจงแบบปกติ 10
6	ความหมายของกระบวนการ..... 14
7	โครงสร้างของแผนภูมิควบคุม 14
8	สภาวะของกระบวนการ..... 16
9	การแจกแจงความถี่ของเส้นผ่าศูนย์กลาง 17
10	กระบวนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ..... 18
11	ตัวแบบของตัวแปรแบบสุ่มปกติ..... 19
12	แสดงแนวความคิดของการวัดการกระจายด้วยดัชนี Cp 20
13	แสดงเปรียบเทียบ Cp และ Cpk 21
14	แสดงการกระจายตัวของประชากรและค่าทางสถิติของการควบคุมกระบวนการ ทางสถิติที่สำคัญ..... 23
15	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error)..... 25
16	รูปแบบการจัดองค์กรของบริษัทกรณีศึกษา..... 32
17	แผนผังการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา 33
18	กราฟแสดงค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ (Viscosity Bulk)..... 38
19	กราฟแสดงค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)..... 38
20	กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)..... 39
21	กราฟแสดงปริมาณสารกันแดดชนิดที่ 1 (Parsol MCX)..... 39
22	กราฟแสดงปริมาณสารกันแดดชนิดที่ 2 (Parsol 1789)..... 40
23	แสดงค่าความหนืดของ (Viscosity FG) 40
24	แสดงค่าความหนืดของ (Viscosity Bulk) 41
25	แสดงค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ (Viscosity Bulk)..... 43
26	แสดงความเป็นไปของกระบวนการหลังจากมีการปรับปรุง (รวมรูปที่ 18, 24 และ 25 เข้าด้วยกัน)..... 43
27	ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ (Viscosity Bulk)..... 45
28	ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Viscosity FG)..... 45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
29	เปรียบเทียบค่าการวิเคราะห์ความเป็นกรด – ต่างก่อนและหลังการปรับกระบวนการ 46
30	ตารางบันทึกผลการตรวจวิเคราะห์..... 47
31	กราฟ Control Chart 48



บทที่ 1

บทนำ

สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผลและปัญหา

อุตสาหกรรมที่นำมาศึกษาเป็นอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตเครื่องสำอาง ซึ่งปัจจุบันสินค้าที่วางขายในท้องตลาดมีมากมายและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังมีวิวัฒนาการอย่างรวดเร็วอีกด้วย การผลิตสินค้าใหม่ๆจึงมีความจำเป็นอย่างมาก แต่ทั้งนี้ความจำเป็นทางด้านคุณภาพก็มีความสำคัญไม่แพ้กัน ต้องมีการควบคุมให้เป็นไปตามข้อกำหนด โดยทั่วไปแล้วการเก็บข้อมูลด้านการควบคุมคุณภาพมีมากมาย แต่น้อยรายที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการ ปัจจุบันมีการนำสถิติมาใช้ในการเก็บข้อมูลและควบคุมกระบวนการ โดย SPC (Statistical Process Control) ซึ่งมีการใช้ทั้ง Software และ Ms Excel สารนิพนธ์นี้จะศึกษาในเรื่องของโปรแกรมที่สร้างขึ้นจาก Ms Excel เนื่องจากเป็นกรณีที่ศึกษาเบื้องต้นก่อนนำมาใช้จริง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการนำโปรแกรม SPC มาใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต โปรแกรมสามารถชี้ให้เห็นชัดเจนว่ากระบวนการควรมีการปรับปรุงหรือไม่อย่างไร และยังมี Control Chart ที่แสดงให้เห็นชัดเจนซึ่งพนักงานที่ปฏิบัติงานโดยตรงสามารถรู้ได้ และถือเป็นเครื่องมืออย่างง่ายในการควบคุมคุณภาพที่จำเป็นอย่างหนึ่ง

ในการประกันคุณภาพด้านการควบคุมกระบวนการผลิต นอกจากการศึกษาถึงสภาวะการควบคุมของกระบวนการว่าอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่แล้ว ยังมีความจำเป็นที่ผู้ศึกษาจะต้องทราบถึงควมมีศักยภาพ (Potential) ความสามารถ (Capability) ตลอดจนสมรรถนะ (Performance) ของกระบวนการด้วย การศึกษาความสามารถของกระบวนการจะช่วยทำให้เข้าใจถึงสภาพทั่วไปของกระบวนการ เพื่อการประเมินหรือปรับปรุงกระบวนการให้มีสมรรถนะอย่างต่อเนื่องต่อไป

ในการตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลจำนวนหนึ่งมักจะคำนึงถึงค่าความผันแปรของข้อมูลจำนวนนั้น ว่าอยู่ในช่วงที่ยอมให้เกิดหรือไม่ เพราะถ้าหากขนาดของความผันแปรไม่ว่าจะมากหรือน้อยเพียงไรก็ตามอยู่นอกเขตที่ยอมให้เกิดแล้ว ก็จำเป็นต้องมีการปฏิบัติการแก้ไขทันที

สถิติที่ใช้เป็นตัววัดความผันแปรของข้อมูลนั้นๆเมื่อเทียบกับขนาดความผันแปรที่ยอมให้เกิดขึ้นแล้วเรียกว่า “ดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index)” เหล่านี้จะเข้ามาช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการหน้างานแต่แสดงออกเป็นค่าทางสถิติจึงทำให้น่า การควบคุมกระบวนการผลิตโดยใช้สถิติ (SPC) มาใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิต ซึ่งจะสามารถช่วยลดความผันแปร และ

เพิ่มสมรรถภาพในด้านการผลิตซึ่งนั่นก็หมายถึง การลดต้นทุนการผลิตได้และสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านธุรกิจได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การใช้ SPC ในการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต
2. เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีคุณภาพตามข้อกำหนด

ขอบเขตของการศึกษา

ประยุกต์ใช้ SPC (Statistical Process Control) ในกระบวนการผลิต กรณีศึกษา โรงงานผลิตเครื่องสำอาง

ขั้นตอนการศึกษา

1. กำหนดขอบเขตการศึกษา
2. เลือกกระบวนการ
3. การจัดลำดับสำคัญก่อนหลังของตัวแปร
4. ศึกษาความสามารถของระบบการวัด
5. คำนวณดัชนีอัตราส่วนความสามารถของกระบวนการ
6. ประยุกต์แผนการควบคุมและปรับปรุงคุณภาพ
7. สรุปผลการศึกษา
8. ดำเนินการปรับปรุง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประเมินความสามารถของกระบวนการโดยใช้ข้อมูลทางสถิติ
2. สามารถนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้าอื่นได้
3. สามารถเข้าใจในธรรมชาติของกระบวนการผลิตได้เป็นอย่างดี
4. สามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ถูกต้อง

แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	2553	ปี 2554				
		ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	
1	กำหนดขอบเขตการศึกษา	↔					
2	เลือกกระบวนการ	↔					
3	การจัดลำดับสำคัญก่อนหลังของตัวแปร		↔				
4	ศึกษาความสามารถของระบบการวัด		↔				
5	คำนวณดัชนี/อัตราส่วนความสามารถของกระบวนการ			↔			
6	ประยุกต์แผนการควบคุมและปรับปรุงคุณภาพ				↔		
7	สรุปผลการศึกษา				↔		
8	ดำเนินการปรับปรุง					↔	

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการพื้นฐาน

ในการบริหารคุณภาพที่ดีนั้น นอกเหนือจากการดำเนินการควบคุมคุณภาพเพื่อรักษาระดับคุณภาพให้อยู่ในสถานะที่มีเสถียรภาพแล้ว ยังมีความจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลง ทั้งด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ต้นทุนการผลิต (หรือความมีประสิทธิภาพของกระบวนการทางธุรกิจ) และเวลาในการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า

ภายหลังจากการวิเคราะห์กระบวนการโดยแก้ไขปัญหาคุณภาพแล้ว มีความจำเป็นต้องดำเนินการรักษามาตรฐานไว้ เพื่อป้องกันปัญหาการเกิดซ้ำ โดยดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องดำเนินการผ่านการควบคุมกระบวนการซึ่งสามารถดำเนินการได้หลายวิธี โดยวิธีการหนึ่งของการควบคุมกระบวนการ คือ การอาศัยแนวความคิดและกลวิธีทางสถิติในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการเพื่อแยกแยะสาเหตุผิดปกติออกจากสาเหตุปกติ และเรียกวิธีดังกล่าวว่า การควบคุมคุณภาพกระบวนการโดยอาศัยสถิติ (SPC-Statistical Process Control)

ในการควบคุมกระบวนการนั้น ระบบที่ดีที่สุดคือ ระบบอัตโนมัติ ที่ผู้ออกแบบสามารถทำความเข้าใจกับพฤติกรรมของกระบวนการได้ จึงสามารถควบคุมกระบวนการได้ตลอดเวลา สำหรับกระบวนการทั่ว ๆ ไปนั้น เราไม่สามารถเข้าใจพฤติกรรมได้ทั้งหมด สืบเนื่องจากปัญหาด้านความผันแปรของกระบวนการ อย่างไรก็ตาม ถ้าหากเราสามารถคาดการณ์พฤติกรรมของกระบวนการในอนาคตได้ก็ย่อมสามารถควบคุมกระบวนการได้เช่นเดียวกัน

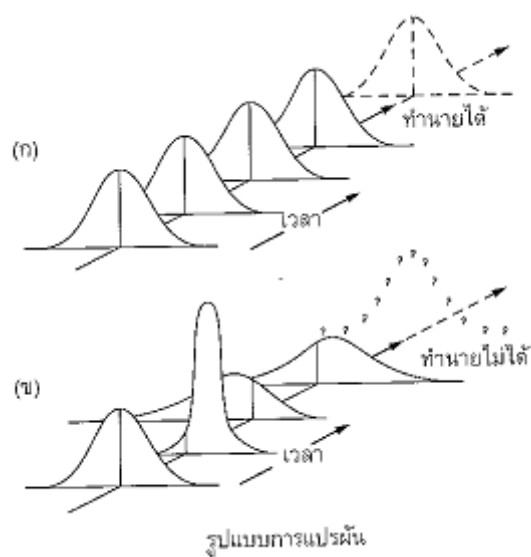
ชีวฮาร์ต (Shewhart. 1931 : 46) ได้เสนอถึงเงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอสำหรับการควบคุมเชิงสถิติว่าสาเหตุของความผันแปรจะต้องมีความสอดคล้องกับสาเหตุโดยธรรมชาติ มิฉะนั้นจะถือว่าเป็นสาเหตุจากความผิดปกติ ดังนั้น ในการพิจารณาระบบการควบคุมกระบวนการโดยอาศัยสถิติ หรือ SPC (Statistical Process Control) จึงอาศัยแนวความคิดของการดำเนินการกำหนดมาตรฐานของกระบวนการเพื่อให้ระบบของสาเหตุมีความคงที่แล้วอาศัยแผนภูมิควบคุมในการตรวจจับสาเหตุของความผันแปรที่มาจากกระบวนการว่าออกนอกกรอบที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไรก็ตาม เดมมิง (Deming. 1982 : 12) ได้กำหนดประเด็นสำคัญไว้ว่า แผนภูมิควบคุมในทางสถิติจะสามารถตรวจจับสาเหตุของความผันแปรว่าออกนอกที่กำหนดหรือไม่ (โดยสาเหตุธรรมชาติจะมีลักษณะสุ่มด้วยขนาดความผันแปรที่สามารถคาดการณ์ได้) แต่แผนภูมิควบคุมจะไม่สามารถค้นหาสาเหตุของความผิดปกติได้ โดยการค้นหาสาเหตุของ

ความผิดปกติ จะต้องดำเนินการผ่านกระบวนการสังเกตการณ์และวิเคราะห์รากเหง้าของความผันแปรดังกล่าวเพื่อกำจัดทิ้ง แล้วลดสาเหตุโดยธรรมชาติลงอย่างต่อเนื่อง

ความผันแปร

ด้วยธรรมชาติแล้ว ในโลกนี้จะไม่มีความเหมือนหรือเหมือนกันทุกประการเลย แม้แต่ขนาดของมือซ้ายและมือขวาของคนเรา หรือหน้าตาของพี่น้องคู่ฝาแฝด ดังนั้น ความไม่เท่ากันในสรรพสิ่งจึงถือว่ามีสาเหตุโดยธรรมชาติ และลักษณะของความผันแปรดังกล่าวนี้ แม้ว่าสองสิ่งจะมีความไม่เหมือนกันหรือเท่ากัน แต่ระบบของสาเหตุโดยธรรมชาติจะมีค่าคงที่ที่สามารถคาดการณ์ได้เสมอ เนื่องจากความผันแปรดังกล่าวจะไม่ขึ้นตรงกับเวลาโดยชีวฮาร์ต (Shewhart. 1931 : 12) จะเรียกความผันแปรดังกล่าวว่า ระบบสาเหตุโดยธรรมชาติ (Chance System of Causes) หรือเรียกสั้นๆ ว่า สาเหตุธรรมชาติ หรือสาเหตุตามกฎโอกาส (Chance Causes) ตัวอย่างเช่น ถ้าคนเราดำเนินชีวิตโดยธรรมชาติ ก็สามารถคาดการณ์ได้ว่าน่าจะมีอายุประมาณ 70 ปี ถ้าหากคนเรามีอายุสั้นมาก ๆ หรืออายุยืนมาก ๆ ก็ถือว่าเป็นเรื่องผิดไปจากธรรมชาติ ซึ่งเราจะไม่ทราบสาเหตุว่ามาจากอะไร ในขณะที่มีความผันแปรดังกล่าวเกิดขึ้น แต่คนเราสามารถเข้าใจถึงสาเหตุดังกล่าวได้ในช่วงแรก ๆ ของการพัฒนาระบบการควบคุม (หรือช่วงเวลาในการทำความเข้าใจกับความผันแปร) ซึ่ง ชิวฮาร์ต (Shewhart. 1931 : 14) ได้เรียกสาเหตุดังกล่าวว่า สาเหตุที่สามารถกำหนดได้ (Assignable Cause of Variation) หรือสาเหตุจากความผิดพลาด โดยในระบบการควบคุมกระบวนการ มีความจำเป็นต้องตรวจจับสาเหตุดังกล่าวนี้เพื่อการวิเคราะห์ถึงสาเหตุรากเหง้าสำหรับกำจัดทิ้งต่อไป ซึ่งในลักษณะความผันแปรที่กล่าวมานี้สามารถอธิบายได้อย่างง่าย ๆ ดังรูปที่ 1

ความผันแปร จึงหมายถึง ความแตกต่างหรือความผันแปรที่ได้จากกระบวนการ อาจประกอบด้วย ความผันแปรที่ผิดธรรมชาติ ภายใต้การควบคุมกระบวนการผู้ดำเนินการจะต้องทำให้ความผันแปรของกระบวนการเป็นไปโดยธรรมชาติก่อนเสมอ และลักษณะความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาตินี้จะมีความผันแปรที่สามารถคาดการณ์ตัวแบบได้ และในขณะที่ความผันแปรจากสาเหตุที่ผิดธรรมชาติจะไม่สามารถคาดการณ์ตัวแบบได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะตัวแบบความผันแปร

หมายเหตุ : (ก) ลักษณะความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ

(ข) ลักษณะความผันแปรจากสาเหตุผิดธรรมชาติ

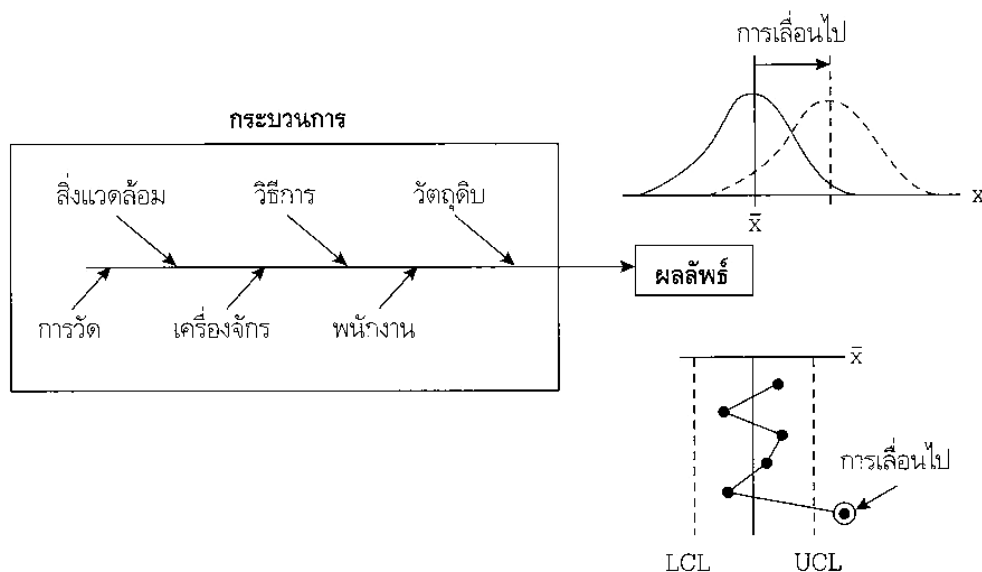
ความผันแปรที่สังเกตได้มาจากสาเหตุ 2 ประการคือ สาเหตุที่เป็นไปตามธรรมชาติ และสาเหตุที่ผิดไปจากธรรมชาติ คำศัพท์เฉพาะในการเรียกสาเหตุดังกล่าวที่แตกต่างกันออกไปตามมุมมองต่าง ๆ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2548 : 68)

ตารางที่ 2 ประเภทของสาเหตุความผันแปร

ปรมาจารย์ คุณภาพ	มุมมอง	ประเภทความผันแปร	ลักษณะเฉพาะ
ชีวฮาร์ท (Shewhart)	สถิติ	ความผันแปรแบบสุ่ม (Chance or Random Cause)	ความผันแปรที่ไม่สามารถระบุได้ว่ามาจากสาเหตุใด และเกิดขึ้นแบบสุ่ม
		ความผันแปรที่สามารถกำหนดสาเหตุได้ (Assignable Causes)	ความผันแปรที่สามารถระบุได้ว่ามาจากที่ใด
เดมมิง (Deming)	บริหาร	ความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ (Common Causes)	ความผันแปรที่มีสาเหตุมาจากระบบ ที่เกิดจากการตัดสินใจของฝ่ายบริหาร
		ความผันแปรจากสาเหตุผิดปกติ (Special Causes)	ความผันแปรที่มีสาเหตุมาจากความผิดพลาดที่มีใช้ระบบ
จูราน (Juran)	ระบบ	ความผันแปรที่เกิดขึ้นอย่างเรื้อรัง (Chronic Waste)	ความผันแปรที่เกิดเป็นประจำสามารถคาดการณ์ตัวแบบได้
		ความผันแปรที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว (Sporadic Spike)	ความผันแปรที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราวไม่สามารถคาดการณ์ตัวแบบได้

จากการที่กระบวนการทุกกระบวนการจะมีความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติเสมอ และความผันแปรจากระบบย่อย ๆ ของกระบวนการจะมีค่ารวมกันเป็นความผันแปรของระบบใหญ่เสมอ จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการทำกระบวนการให้เป็นมาตรฐานก่อนเสมอ (Process Standardize) เพื่อให้กระบวนการมีความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติที่สามารถคาดการณ์ได้แล้วจึงวางระบบควบคุมกระบวนการสำหรับการตรวจจับความผันแปรที่ผิดปกติได้ดังรูปที่ 2 แนวความคิดของ SPC และด้วยเครื่องมือทางสถิติที่เรียกว่า แผนภูมิควบคุม และเมื่อพบว่ากระบวนการมีการเลื่อนไปเนื่องจากสาเหตุของความผันแปร ดังนั้น ในความหมาย “กระบวนการ” ในระบบ SPC จึงอาจนิยามได้ว่าเป็น ระบบของสาเหตุ (Causes System) ดังนั้นในการควบคุม “กระบวนการ” จึงมีความจำเป็นต้องกำหนดด้วยว่ากระบวนการดังกล่าวประกอบด้วยปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ต้องการควบคุม ซึ่งกระบวนการอาจจะ

หมายถึง ทักษะของพนักงานหรือคุณภาพของวัตถุดิบ หรือวิธีการในการประกอบงานของพนักงาน หรือเครื่องจักรก็ได้ ฯลฯ โดยการนิยามความหมายของกระบวนการนี้ จะสามารถนิยามได้จากกระบวนการแก้ปัญหาคุณภาพ ซึ่งจะมีการวางระบบการควบคุมคุณภาพของกระบวนการโดยอาศัยสถิตินี้ในขั้นตอนการทำให้เป็นมาตรฐานหลังการแก้ไขปัญหาคุณภาพ



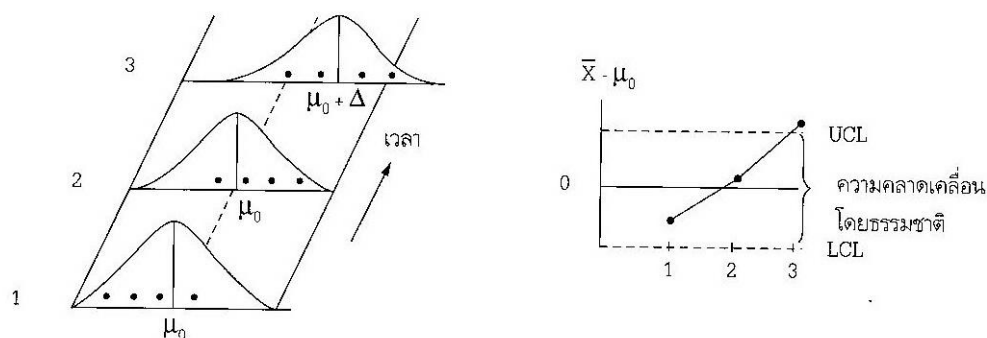
รูปที่ 2 แนวความคิดของ SPC

แนวคิดและความหมายของแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุม หมายถึง เครื่องมือทางสถิติที่แยกความผันแปรจากสาเหตุที่ผิดปกติออกจากสาเหตุความผันแปรโดยธรรมชาติ โดยความผันแปรดังกล่าวจะหมายถึงธรรมชาติของผลเนื่องจากการแปรเปลี่ยนค่าเซตตั้งของกระบวนการ ($\bar{X}$) และผ่านกลไกที่สำคัญ คือ พิกัดควบคุม (Control Limit)

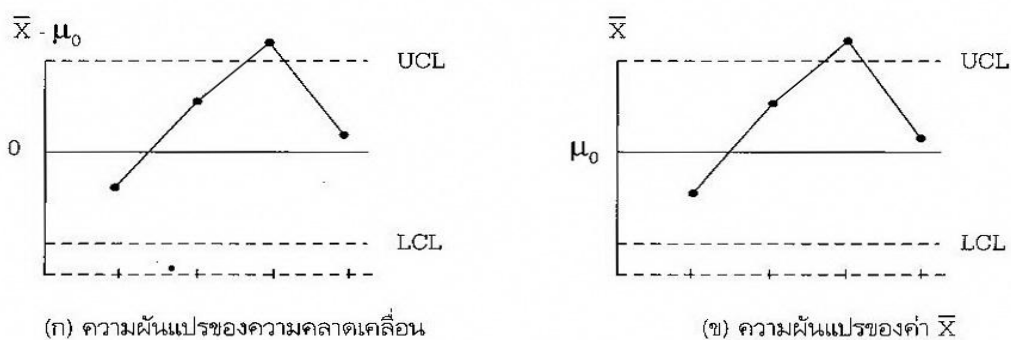
การควบคุมกระบวนการที่ดีจึงต้องอยู่บนพื้นฐานของความคิดที่จะตรวจจับความผิดปกติของพารามิเตอร์ควบคุมอย่างไร และโดยที่ทราบว่าการเป็นปกติแล้ว ต้องสามารถคาดการณ์ลักษณะของตัวแบบได้ (Predictable Pattern) โดยลักษณะของข้อมูลแต่ละค่าของพารามิเตอร์จะต้องเป็นไปแบบสุ่มรอบค่าค่าหนึ่ง ดังนั้นแนวความคิดของการควบคุมกระบวนการ จึงขึ้นกับประเด็นสำคัญที่ว่า กระบวนการแตกต่างไปจากกระบวนการที่เคยเป็นอยู่หรือไม่ การพิจารณาขึ้นอยู่กับ การพิจารณาค่าความแตกต่างไปจากกระบวนการในสภาวะปัจจุบันกับสภาวะที่เคยเป็นมา ดังนั้น การตรวจจับความแตกต่างของกระบวนการเพื่อพิจารณาสภาวะควบคุม จึงขึ้นอยู่กับความคลาดเคลื่อนหรือความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหากความคลาดเคลื่อนของพารามิเตอร์ควบคุมแตกต่างไปจากความคลาดเคลื่อนที่ควรจะเป็น (หรือโดย

ธรรมชาติ) แสดงว่ากระบวนการมีความผิดปกติออกนอกการควบคุมแล้ว ดังรูปที่ 3 ซึ่งเป็นแนวความคิดของแผนภูมิควบคุม



รูปที่ 3 แนวความคิดของแผนภูมิควบคุม

ในรูปที่ 3 จะพบว่า ถ้าหากกระบวนการนั้นได้รับการตั้งค่าไว้ที่ μ_0 ในการตรวจจับด้วยสิ่งตัวอย่าง 4 ตัว จะได้ค่า $\bar{X}$ ออกมาค่าหนึ่ง การพิจารณาจึงเริ่มจากความคลาดเคลื่อน คือ $\bar{X} - \mu_0$ ว่ามีความเบี่ยงเบนประเภทใด ถ้าหากค่าเบี่ยงเบนดังกล่าวคงอยู่ในช่วงพิภัก (UCL และ LCL) ซึ่งถือเป็นความคลาดเคลื่อนโดยธรรมชาติ จะถือว่ากระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุม เช่น กระบวนการที่ 1 และ 2 แต่สำหรับกระบวนการที่ 3 จะพบค่าความคลาดเคลื่อนคือ $\bar{X} - \mu_0$ มีความเบี่ยงเบนที่มากกว่าความคลาดเคลื่อนโดยธรรมชาติแสดงว่ากระบวนการดังกล่าวอยู่นอกการควบคุมแล้ว โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงจากเดิม μ_0 ไปอยู่ที่ $\mu_0 + \Delta$ จึงมีความจำเป็นต้องหาสาเหตุที่ทำให้กระบวนการเลื่อนไปที่ระยะเบี่ยงเบน Δ แล้วหาทางแก้ไขต่อไป และจากรูปที่ 3 พบว่า ถ้ากำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าตั้งของกระบวนการ กล่าวคือถ้า μ_0 มีค่าคงที่แล้ว ก็อาจพิจารณาแทนค่าความคลาดเคลื่อน $\bar{X} - \mu_0$ ด้วยค่า $\bar{X}$ ดังรูปที่ 4



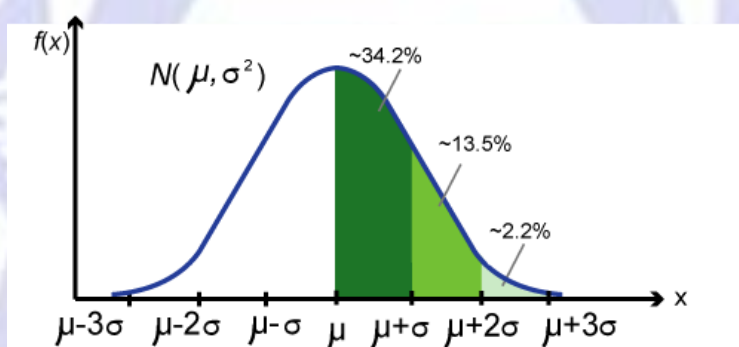
รูปที่ 4 การควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนของกระบวนการ

ดังนั้น แนวความคิดสำคัญของแผนภูมิควบคุม คือ การกำหนดถึงขนาดความคลาดเคลื่อนโดยมีสาเหตุจากธรรมชาติของความผันแปรรวมกับค่าตั้ง (หรือ $\bar{X} - \mu_0$) ถ้าความผันแปรรอบค่าตั้งมีขนาดเกินความคลาดเคลื่อนโดยสาเหตุธรรมชาติแล้ว แสดงว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม สำหรับกรณีที่ค่าตั้งมีค่าคงที่ เสมอก็อาจควบคุมความผันแปรผ่านค่า $\bar{X}$ ได้

หลักการพื้นฐานของแผนภูมิควบคุม

หลักการพื้นฐานที่ 1 แผนภูมิควบคุมจะอาศัยการตัดสินใจจากค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจากการค่าตั้งของกระบวนการ มิใช่จากพารามิเตอร์ควบคุมที่ใช้ ในการใช้แผนภูมิควบคุมจึงมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลให้เกิดความคลาดเคลื่อนเสมอ และค่าความคลาดเคลื่อนนี้จะมีการแจกแจงแบบปกติเสมอ ทั้งนี้ไม่ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มาพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนจะเป็นข้อมูลวัดหรือข้อมูลนับ

หลักการพื้นฐานที่ 2 แผนภูมิควบคุมจะใช้พิกัดควบคุมที่ขนาด 3 เท่าของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือระยะ 3 เท่าของซิกมา) จากเส้นกลางของแผนควบคุมเสมอ จากหลักการพื้นฐานข้อที่ 1 ที่ได้กำหนดให้ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของพารามิเตอร์ควบคุมเป็นการแจกแจงแบบปกติ จะทำให้กำหนดพิกัดควบคุมไว้ที่ระยะ 3σ ซึ่งจะทำให้เป็นการตัดสินใจที่ยอมให้มีความแตกต่างจากค่ากลางด้วยระดับนัยสำคัญ 0.00135 ซึ่งถือว่ามีความเสี่ยงจากการตัดสินใจผิดพลาดที่น้อยมาก ดังรูปที่ 5 และจะได้กล่าวถึงอย่างละเอียดอีกครั้งในหัวข้อ การแจกแจงแบบปกติต่อไป



รูปที่ 5 ค่าการแจกแจงแบบปกติ

แม้ว่าพิกัดควบคุมดังกล่าวจะได้มาจากระดับความมีนัยสำคัญที่เป็นความน่าจะเป็น แต่ต้องถือว่าพิกัดดังกล่าวเป็นเส้นพิกัดแห่งการปฏิบัติการแก้ไข (Action Limit) กล่าวคือ ข้อมูล

นอกเส้นพิภคควบคุมดังกล่าว จะต้องตีความว่ากระบวนการมีค่าความเคลื่อนไหวของข้อมูลจากค่าตั้งที่ผิดไปจากธรรมชาติจึงต้องแก้ไข โดยต้องไม่ถือว่าค่าพิภคดังกล่าวเป็นพิภคที่แสดงถึงโอกาส (Probability Limit) ที่อาจทำให้มีการตัดสินใจผิดพลาด หรือพิภคของความเสี่ยงแต่อย่างใด

หลักการพื้นฐานที่ 3 พิกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมจะต้องได้รับการประเมินผลจากค่าความผันแปรในกลุ่มย่อยของข้อมูล หรือค่าเฉลี่ยของตัวสถิติที่แสดงการกระจายของข้อมูล (Average Dispersion Statistic)

หลักการพื้นฐานที่ 4 การทำความเข้าใจกับความผันแปรที่ควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม จะต้องได้รับการพิจารณาจากการชักสิ่งตัวอย่างและกำหนดกลุ่มย่อยอย่างสมเหตุสมผล (Rational Sampling and Plan Subgrouping)

ในการทำความเข้าใจกับความผันแปรของข้อมูลนี้ วีเลอร์และแชมเบอร์ (Wheeler & Chambers. 1992 : 112) ได้แนะนำให้ทำการทวนสอบในประเด็นต่อไปนี้

1. ข้อมูลแต่ละค่าอธิบายถึงอะไร ตัวเลขเหล่านี้บอกอะไร
2. คุณค่าจากข้อมูลได้มาอย่างไร ใครสามารถใช้ประโยชน์จากคุณค่าเหล่านี้ ด้วยความถี่เท่าไร สถานที่ใด วิธีการใด และอาศัยอุปกรณ์อะไรในการวัดคน
3. ข้อมูลเหล่านี้อธิบายถึงแหล่งความผันแปรอะไร
4. ข้อมูลมีการจัดกลุ่มย่อยอย่างไร แหล่งความผันแปรภายในกลุ่มคืออะไร และแหล่งความผันแปรระหว่างกลุ่มย่อยคืออะไร
5. ข้อมูลดังกล่าวมีตัวแบบหรือพฤติกรรมอย่างไร และมีความผันแปรที่ผิดปกติภายในกลุ่มย่อยหรือไม่

หลักการพื้นฐานที่ 5 แผนภูมิควบคุมจะได้รับการประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้ขอบเขตที่องค์กรนำไปใช้เท่านั้น ซึ่งจะต้องอาศัยการสร้างสรรค์ความรู้จากแผนภูมิควบคุมดังกล่าว

ตัวแบบของแผนภูมิควบคุม

สามารถแบ่งตัวแบบแผนภูมิควบคุมได้ 15 แบบแต่ในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะ 13 แบบดังต่อไปนี้

1. ตัวแบบธรรมชาติ (Natural Pattern)
2. ตัวแบบวัฏจักร (Cycles)
3. ตัวแบบออกนอกพิภคควบคุม (Freak)
4. การเปลี่ยนแปลงระดับทีละน้อย (Gradual Change in Level)

5. ตัวแบบแนวโน้ม (Trend)
6. การเปลี่ยนระดับอย่างทันทีทันใด (Sudden Shift in Level)
7. ตัวแบบแบบกลุ่มก้อน (Bunching)
8. ตัวแบบผสมกัน (Mixture)
9. ตัวแบบผสมกันแบบคงที่ (Stable Forms of Mixture)
10. ตัวแบบผสมกันแบบไม่คงที่ (Unstable Form of Mixture)
11. การจำแนกประเภท (Stratification)
12. ตัวแบบความผันแปรอย่างมีระบบ (Systematic Variable)
13. ความไม่เสถียร (Instability)

วิธีการอ่านตัวแบบของแผนภูมิควบคุม

ได้เสนอหลักการอ่านที่เรียกว่า “กฎของ 7 จุด” ในการอ่านตัวแบบของแผนภูมิ คูมิ (Kume. 1985) และ อิชิกาวา (Ishikawa. 1990) โดยทั่วไปแล้ว การอ่านตัวแบบจะต้องดำเนินการอ่านตามลำดับขั้นตอน 3 ขั้นตอนด้วยกันคือ ความสับสน ความผิดปกติ และความสม่ำเสมอของความผันแปร (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2552 : 400-401)

ข้อควรระวังในการตีความหมายแผนภูมิควบคุม

แม้ว่าในอุตสาหกรรมทั้งภาคผลิตและการบริการจะมีการใช้แผนภูมิควบคุมค่อนข้างมากทั้งในการควบคุมกระบวนการและการวิเคราะห์ข้อมูล แต่ในปัจจุบันก็ยังพบว่า มีการใช้งานและตีความหมายที่ผิดพลาดอยู่เสมอ ๆ ในที่นี้จึงขอรวบรวมประเด็นสำคัญเพื่อกำหนดเป็นข้อควรระวังในการตีความหมายแผนภูมิควบคุม ในการตีความหมายแผนภูมิควบคุมแบบผันแปร จะต้องตีความความหมายแผนภูมิ R และ S ก่อนเสมอ เนื่องจากแผนภูมิควบคุมจะอาศัยการประมาณค่าความผันแปรภายในกลุ่มย่อย ในการตีความหมายแผนภูมิควบคุมแบบผันแปรนั้น จะถือว่ากระบวนการออกนอกการควบคุมต่อเมื่อแผนภูมิ $\bar{X}$, $\bar{X}$ แสดงสถานะที่ผิดปกติ แต่ถ้าหากแผนภูมิ R และ S แสดงสถานะที่ผิดปกติ หมายความว่าความผันแปรภายในกลุ่มขาดความสม่ำเสมอ (Inconsistency) ส่วนในการตีความหมายแผนภูมิควบคุมแบบแอตทริบิวต์ จะต้องให้ความสนใจต่อคุณลักษณะคุณภาพที่ใช้กำหนดข้อบกพร่องเสมอ และกรณีที่กระบวนการออกนอกการควบคุมแผนภูมิควบคุมแบบแอตทริบิวต์อาจจะแสดงสถานะอยู่ภายใต้การควบคุมก็ได้

แนวความคิดและความหมายของความสามารถของกระบวนการ

ในกระบวนการทางธุรกิจทั้งกระบวนการผลิต กระบวนการสนับสนุนการผลิต ตลอดจนกระบวนการจัดการทุกกระบวนการล้วนแล้วแต่มีความสามารถโดยธรรมชาติ

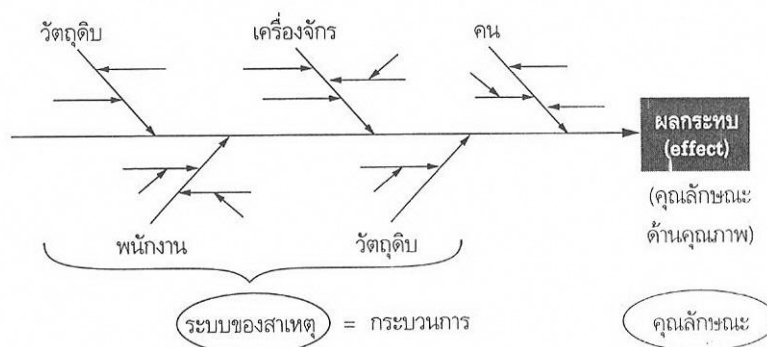
(Inherent ability) ต่อการดำเนินการให้สำเร็จเสมอ ดังนั้นในการจัดการกระบวนการที่ดีทั้งกระบวนการวางแผนและการควบคุม จึงมีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจถึงความสามารถที่มีของกระบวนการดังกล่าวสำหรับการตัดสินใจดำเนินการต่อไป การควบคุมคุณภาพของกระบวนการ ประกอบด้วยประเด็นสำคัญ 3 ประการด้วยกันคือ การควบคุมกระบวนการ การศึกษาความสามารถของกระบวนการและการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ

อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงคุณภาพจะต้องดำเนินการ จากการที่ต้องประเมินผลถึงความสามารถของกระบวนการที่เป็นอยู่ในปัจจุบันก่อน เพื่อพิจารณาว่ามีการควบคุมกระบวนการดีหรือไม่ (หรือการพิจารณาว่ากระบวนการอยู่ในสถานะที่มีเสถียรภาพหรือไม่) แล้วจึงพิจารณาถึงระดับความสามารถของกระบวนการทั้งความสามารถเชิงปริมาณ Capacity และความสามารถเชิงคุณภาพ (Capability) และเมื่อทราบความสามารถของกระบวนการแล้วจึงทำการกำหนดถึงแนวทาง (Approach) และโครงการที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพต่อไป (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2551 : 2)

แนวความคิดของระบบการควบคุมกระบวนการโดยอาศัยสถิติ

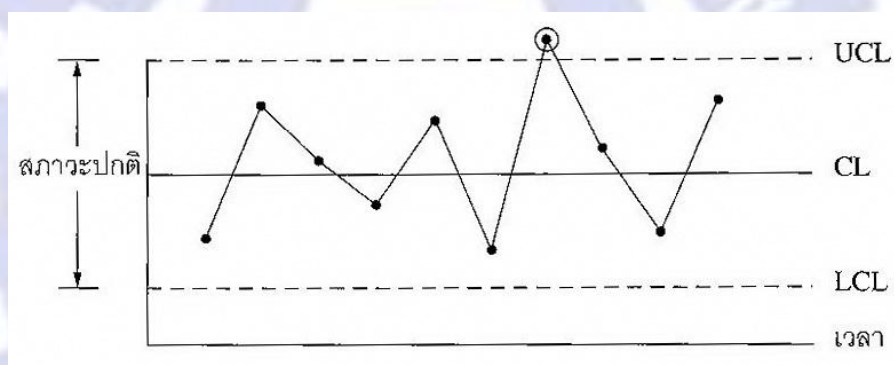
ความหมายของความสามารถของกระบวนการได้มีองค์กรและนักวิชาการได้ให้นิยามไว้ดังนี้ ความสามารถของกระบวนการคือความสามารถโดยธรรมชาติที่กระบวนการหนึ่งจะดำเนินการเกิดสมรรถนะ (Juran. 1988 : 194) และสมรรถนะของกระบวนการหนึ่งที่ดำเนินการภายใต้ระยะเวลาหนึ่งที่อยู่ภายใต้สภาวะคุมเชิงสถิติ (Ishikawa. 1990 : 237) ซึ่งนักวิชาการทั้งได้นิยามที่ไม่แตกต่างกันมากนักซึ่งเน้นไปที่คุณสมบัติเฉพาะ สำหรับนิยามขององค์กร ได้แก่ สมาคมคุณภาพแห่งอเมริกา (ASQC. 1996:1996) ได้ให้นิยามว่า ความสามารถของกระบวนการ คือ พิกัดที่แสดงความผันแปรที่เครื่องมือหรือกระบวนการภายใต้ความผันแปรต่ำๆที่ควบคุมโดยสภาวะที่หลากหลาย ส่วนนิยามของอีกองค์กรของไฟร์สโตน ได้นิยามว่า ความสามารถของกระบวนการ คือ การวัดผลเชิงสถิติของความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติที่เกิดจากกระบวนการหนึ่งที่มีการดำเนินการภายใต้เงื่อนไขการดำเนินงานที่ปกติ ซึ่งนิยามของ 2 องค์กรนี้เน้นไปที่การประเมินผลหรือผลจากการประเมินค่ามากกว่า อย่างไรก็ตาม ภายใต้ของคำนิยามเหล่านี้จะมีคำสำคัญอยู่ 4 คำด้วยกัน คือ กระบวนการ สภาวะภายใต้การควบคุม ความสามารถ และความผันแปร โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

ความหมายของคำว่า กระบวนการ หมายถึง ลำดับขั้นของการปฏิบัติที่ตนเลือกกระทำ เพื่อให้ประสบผลสำเร็จ ซึ่งรวมถึง เส้นทาง พฤติกรรม กิจกรรม วิธีการ วิธีปฏิบัติ และการกระทำสิ่งต่างๆ ให้แล้วเสร็จ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักกำหนดความหมายของกระบวนการในรูปการเชื่อมต่องานเป็นระบบของกิจกรรมที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า ในที่นี้พิจารณาความหมายของกระบวนการในรูปของระบบสาเหตุ (Cause System) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ความหมายของกระบวนการ

ส่วนความหมายของคำว่า **สภาวะใต้การควบคุม** (In Statistic Control) สภาวะที่อยู่ภายใต้การควบคุมนี้ หมายถึง สภาวะ (เงื่อนไขของปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตที่อยู่ภายใต้สภาวะปกติไม่ใช่อยู่ในสภาวะทดลอง หรือ ภายใต้ที่ไม่เป็นไปตามสภาวะที่เคยเป็นมาก่อน) และการพิจารณาว่ากระบวนการที่ศึกษาความสามารถนั้นอยู่นอกสภาวะการควบคุมหรือไม่ก็สามารถพบทวนด้วยแผนภูมิควบคุมดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 โครงสร้างของแผนภูมิควบคุม

ความสามารถ (Capability) ความสามารถในที่นี้หมายถึง ความสามารถเชิงแข่งขัน (Competence) ที่ขึ้นอยู่กับสมรรถนะของกระบวนการที่ได้รับการทดสอบ (Tested Performance) เพื่อให้บรรลุตามผลลัพธ์ที่สามารถวัดได้ (Measurement Results) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในกระบวนการผลิตมักจะทำการวัดค่าของคุณสมบัติในเชิงกายภาพที่อาจกำหนดเป็นเชิงกล เชิงไฟฟ้า เชิงจุลชีววิทยา ฯลฯ เช่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ค่าพี-เอช ฯลฯ สามารถจำแนกความสามารถออกเป็นความสามารถโดยธรรมชาติและความสามารถที่ได้รับการวัด

ความสามารถโดยธรรมชาติ หมายถึง ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการที่ทำการศึกษากลายได้สภาวะควบคุม

ความสามารถที่ได้รับการวัด หมายถึง ความสามารถของกระบวนการที่ได้รับการประเมินผลผ่านข้อมูลที่ได้มาจากการกำหนดตัวเลขให้กับคุณลักษณะที่สนใจของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการที่ศึกษา

ความผันแปร (Variability) เป็นความจริงที่กล่าวว่า “ในโลกนี้ ไม่มีของ 2 สิ่งใดที่มีความเหมือนกันเลย” แม้แต่คู่ฝาแฝดหรือขนาดมือซ้าย มือขวาของคนเรา ดังกล่าวแล้วในข้างต้น ดังนั้น กระบวนการใด ๆ ก็ตามอยู่ภายใต้ความผันแปรโดยธรรมชาตินี้เสมอ และความแตกต่างหรือความผันแปรที่ได้จากกระบวนการอาจจะประกอบด้วยความผันแปรที่ผิดธรรมชาติอีกด้วย ถ้ากระบวนการดังกล่าวอยู่ภายนอกการควบคุม

ดังนั้น ภายใต้การควบคุมกระบวนการ ผู้ดำเนินการต้องทำให้ความผันแปรของกระบวนการเป็นไปโดยธรรมชาติก่อนเสมอ (ที่เรียกว่า ภายใต้สภาวะควบคุม) และในส่วนของความผันแปรโดยธรรมชาตินี้ ยังแบ่งออกเป็นอีก 2 กรณีคือ

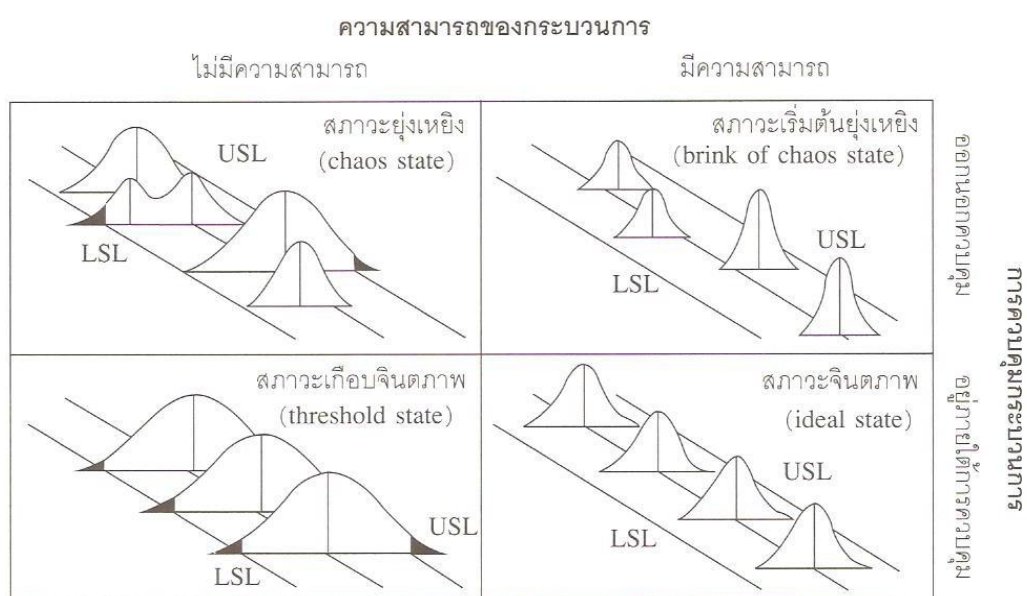
1. ความผันแปรโดยธรรมชาติระยะสั้น ๆ (Short Term Variability) หมายถึง มีความผันแปรจากสาเหตุจากธรรมชาติของกระบวนการที่เป็นผลจากการออกแบบกระบวนการ และถ้าต้องการลดความผันแปรประเภทนี้ลงได้ จะต้องดำเนินการผ่านการออกแบบใหม่สำหรับกระบวนการ

2. ความผันแปรโดยธรรมชาติระยะยาว (Long Term Variability) หมายถึง มีความผันแปรตลอดช่วงเวลา (Over the Time) ที่กระบวนการได้รับการดำเนินการ แสดงว่าความผันแปรประเภทนี้เป็นผลจากการควบคุมกระบวนการ และถ้าต้องการลดความผันแปรประเภทนี้ลงจะต้องดำเนินการแก้ไขมาตรฐานของการควบคุมสำหรับกระบวนการเสียใหม่

สภาวะของกระบวนการ

โดยทั่วไปแล้ว จะจำแนกสภาวะของกระบวนการตามสภาวะการควบคุมออกเป็น 4 สภาวะดังรูปที่ 8 โดย 2 สภาวะแรกจะไม่สามารถประเมินค่าความสามารถของกระบวนการได้เนื่องจากกระบวนการออกนอกการควบคุม หรือมีการดำเนินการภายใต้สภาวะที่ผิดไปจากธรรมชาติและจะเรียกสภาวะของกระบวนการที่อยู่ในสภาวะดังกล่าวรวมถึงมีส่วนที่ออกนอกข้อกำหนดเฉพาะด้วยว่า สภาวะยุ่งเหยิง (Chaos State) แต่จะเรียกกระบวนการในสภาวะดังกล่าวที่กระบวนการยังอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะว่า สภาวะที่เริ่มต้นยุ่งเหยิง (Brink of Chaos State) ดังนั้นภายใต้สภาวะทั้งสองของกระบวนการจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาสาเหตุของความผิดปกติก่อนแล้วดำเนินการกำจัดสาเหตุดังกล่าวต่อไป เพื่อให้กระบวนการเข้าสู่สภาวะปกติหรืออยู่ภายใต้การควบคุมก่อน จึงจะสามารถประเมินความสามารถของกระบวนการ

ได้ เมื่อกระบวนการอยู่ภายใต้สภาวะของการควบคุมหรือสภาวะที่ปกติจะทำให้ตัวแบบของกระบวนการได้รับการคาดการณ์ได้ดังที่กล่าวมาแล้วและเรียกสภาวะของกระบวนการว่า สภาวะในจิตภาพ (Idea State) ถ้าหากภายใต้สภาวะการณ์ของกระบวนการดังกล่าว กระบวนการมีความผันแปรอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะและเรียกสภาวะของกระบวนการดังกล่าวว่า สภาวะเกือบจินตภาพ (Threshold State) ถ้ากระบวนการดังกล่าวนั้นมีความผันแปรอยู่นอกของข้อกำหนดเฉพาะ



USL : พิกัดข้อกำหนดเฉพาะด้านบน (upper specification limit)

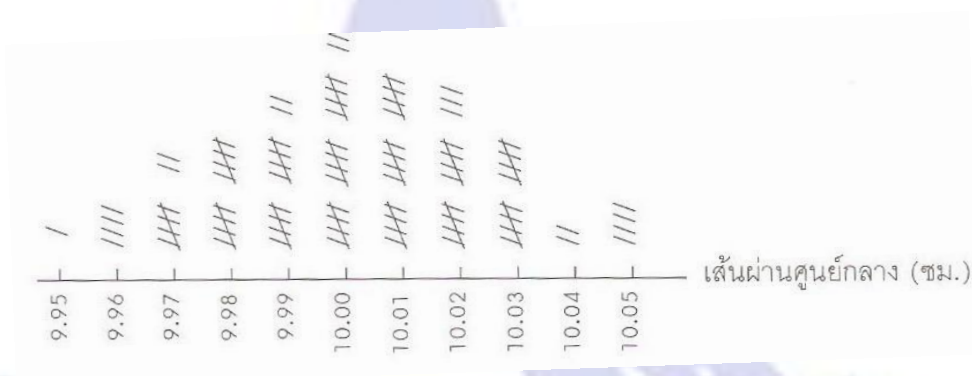
LSL : พิกัดข้อกำหนดเฉพาะด้านล่าง (lower specification limit)

รูปที่ 8 สภาวะของกระบวนการ

ที่มา : กิตติศักดิ์ พลอยพาณิชย์เจริญ. (2551). การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. หน้า 11.

แนวความคิดของการประเมินผลความสามารถของกระบวนการ

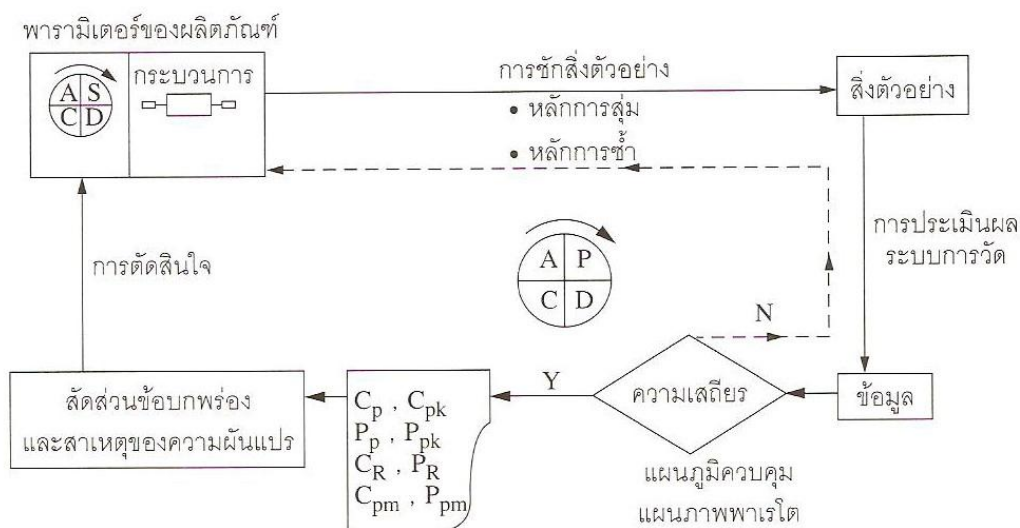
การประเมินผลด้านความสามารถของกระบวนการนี้จะมีการจำแนกออกเป็นกรณีที่สามารถทำได้จริง (หรือสมรรถนะของกระบวนการ) และกรณีที่กระบวนการควรจะได้ (หรือความสามารถของกระบวนการ) ซึ่งจะประเมินผลได้จากค่าสัดส่วนของความบกพร่องที่เกิดขึ้น ดังนั้นแนวความคิดพื้นฐานของการประเมินค่าความสามารถของกระบวนการจะพิจารณาในรูปสัดส่วนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นหรือสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้น



รูปที่ 9 การแจกแจงความถี่ของเส้นผ่าศูนย์กลาง

อย่างไรก็ตามการประเมินผลในรูปสัดส่วนของความบกพร่องนี้จะให้สารสนเทศเกี่ยวกับกระบวนการค่อนข้างน้อยเพราะโดยธรรมชาติแล้ว การประเมินค่าดังกล่าวจะได้มาจากการกำหนดให้ข้อมูลอยู่ในเทอมของ 0, 1 คือผ่านหรือไม่ผ่านเท่านั้น ดังนั้น ในระยะหลังจึงมีแนวโน้มที่จะประเมินค่าความสามารถของกระบวนการในรูปของข้อมูลวัด หรือข้อมูลเชิงผันแปร (Variable Data) มากขึ้น เพราะภายใต้ข้อมูลดังกล่าวจะทำให้ผู้วิเคราะห์ทราบถึงลักษณะของรูปทรงกระจายตัวของข้อมูล และทำให้ประเมินถึงค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลาง (Central Tendency) และการกระจายตัว จากรูปที่ 9 การแจกแจงความถี่ของเส้นผ่าศูนย์กลาง จะพบว่าเส้นผ่าศูนย์กลางมีรูปทรงการแจกแจงคล้ายรูปประฆังคว่ำ มีความหมายว่า ความผันแปรของเส้นผ่าศูนย์กลางที่เกิดมาจากสาเหตุโดยปกติ ที่สามารถใช้อธิบายได้ทั้งความสามารถของกระบวนการและสมรรถนะของกระบวนการ อย่างไรก็ตาม ถ้าจะประเมินค่าความสามารถของกระบวนการด้วยการประเมินค่าความผันแปรของกระบวนการผ่านการแจกแจงความถี่รูปที่ 9 จะต้องมีจำนวนข้อมูลที่มากพอ โดยทั่วไปแนะนำให้ใช้ข้อมูลไม่ต่ำกว่า 30 ตัว แต่กรณีที่ข้อมูลมีน้อยจะต้องดำเนินการผ่านการอนุมานทางสถิติโดยอาศัยการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ดังนั้นในการประเมินผลความสามารถของกระบวนการจะขึ้นอยู่กับแนวความคิด 2

ประการ คือ (1) แนวความคิดของความผันแปร รวมถึงวิธีการประเมินความผันแปร และ (2) ความหมายที่แตกต่างกันระหว่างความสามารถของกระบวนการและสมรรถนะของกระบวนการ ทั้งนี้ แนวความคิดทั้งสองประการจะมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 กระบวนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจะต้องเริ่มต้นจากการนิยามกระบวนการโดยพิจารณาว่า ปัญหาที่ต้องการจะปรับปรุงคุณภาพคืออะไร และปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุเบื้องต้นมาจากอะไร โดยจะนิยามระบบของสาเหตุดังกล่าวว่า กระบวนการ จากนั้นต้องดำเนินการทำกระบวนการดังกล่าวให้เป็นมาตรฐาน ด้วยการทำตามมาตรฐาน เช่น จัดทำมาตรฐานการทำงาน (S-Standard) การปฏิบัติตามมาตรฐาน (D-Do) การตรวจสอบผลการทำงานตามมาตรฐานนั้น ๆ (C-Check) เพื่อตรวจสอบว่า ผลงานตรงตามเป้าหมายของมาตรฐานหรือไม่สำหรับการนิยามปัญหา จากนั้นจะดำเนินการแก้ปัญหาด้วยการปฏิบัติการแก้ไข (A-Action) (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2551 : 2-13)

การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution)

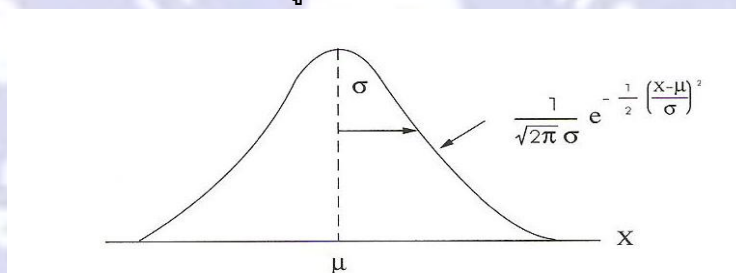
ในการอนุมานคุณสมบัติเชิงสถิติของกระบวนการนั้น หลังจากที่มีการอนุมานค่าที่ใช้เซตตั้งของกระบวนการด้วยค่า μ และผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติของกระบวนการด้วยค่า σ แล้วจะต้องทำการอนุมานรูปทรงที่แสดงการแจกแจงของกระบวนการซึ่งมีลักษณะกระจายเป็นแบบสุ่มรอบค่าเซตตั้งในลักษณะสมมาตรและเรียกรูปทรงดังกล่าวว่า รูปประฆังคว่ำ (Bell Shape)

หรือรูปทรงปกติ (Normal Shape) ซึ่งหมายความว่า ความเป็นไปตามกฎ ลักษณะธรรมดาหรือความมีสุขภาพดีอยู่และไม่เจ็บป่วย (Sleeper. 2007 : 10) โดยการอนุมานเชิงสถิตินี้จะอาศัยกฎแห่งโอกาส (Law of Chance) ในรูปของความน่าจะเป็น ดังนั้นจะถือรูปทรงดังกล่าวนี้เป็นการแจกแจงของความน่าจะเป็น (Probability Distribution) และจะเรียกรูปทรงที่อนุมานการแจกแจงของกระบวนการภายใต้ความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาตินี้ว่าการแจกแจงของความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Distribution)

ถ้าให้ x เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงของความน่าจะเป็นแบบปกติแล้วจะเรียก x ว่าตัวแปรสุ่มปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ ($-\infty < \mu < \infty$) และความแปรปรวน σ^2 ($\sigma^2 > 0$) โดยมีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

แสดงด้วยสัญลักษณ์ $x \sim N(\mu, \sigma^2)$ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ตัวแบบของตัวแปรแบบสุ่มปกติ

ในการประกันคุณภาพด้านการควบคุมกระบวนการผลิตนั้น นอกจากการศึกษาถึงสถานะการควบคุมของกระบวนการว่ากระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่แล้ว ยังมีความจำเป็นที่ผู้ศึกษาจะต้องทราบถึงควมมีศักยภาพ (Potential) ความสามารถ (Capability) ตลอดจนสมรรถนะ (Performance) ของกระบวนการด้วยการศึกษาความสามารถของกระบวนการจะช่วยให้เข้าใจถึงสภาพทั่วไปของกระบวนการ เพื่อการประเมินหรือปรับปรุงกระบวนการให้มีสมรรถภาพอย่างต่อเนื่องต่อไป การศึกษาความสามารถของกระบวนการจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

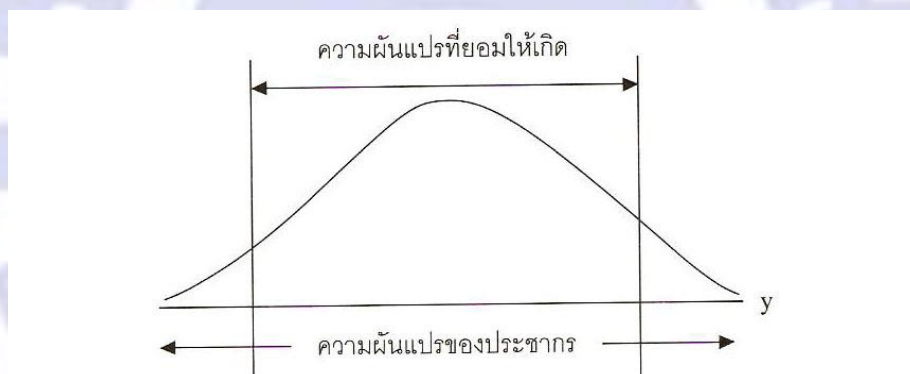
การศึกษาความสามารถของกระบวนการคือ การศึกษาความสามารถของกระบวนการในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าซึ่งอาจแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ของเสียที่อยู่ นอกเหนือจากข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (Out of Specifications) หรือแสดงโดยใช้ดัชนีชี้วัด

ความสามารถของกระบวนการ เช่น Cp หรือ Cpk ค่าดัชนีชี้วัดเหล่านี้ควรจะเป็นค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปมาในช่วงเวลาที่ศึกษา ดังนั้นก่อนศึกษาความสามารถของกระบวนการ (Capability Study) กระบวนการจึงต้องอยู่ในการควบคุม (In Control) หรือเสถียร (Stable) ก่อน เพื่อสามารถทำนายพฤติกรรมของกระบวนการในอนาคตได้โดยไม่เปลี่ยนแปลงไปมา ดังนั้นค่าเฉลี่ยกระบวนการ (Process Mean) และค่าความผันแปรของกระบวนการ (Process Variability) จะมีค่าคงที่ด้วย ค่าความผันแปรของกระบวนการเดียวกันหลังจากปรับกระบวนการให้อยู่ภายใต้การควบคุม (Process is In Control) ความผันแปรจะมีค่าน้อยกว่าก่อนเมื่อกระบวนการไม่อยู่ในการควบคุม (Out of control)

การตัดสินใจเกี่ยวกับประชากรมักจะคำนึงถึงค่าความผันแปรของประชากรว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับหรือไม่ เพราะถ้าหากขนาดของความผันแปรไม่ว่าจะมากหรือน้อยเพียงไรก็ตามอยู่นอกเขตที่ยอมรับแล้วก็จำเป็นต้องมีการปฏิบัติการแก้ไขทันที

ตัวสถิติที่ใช้เป็นตัววัดความผันแปรของข้อมูลประชากรเมื่อเทียบกับขนาดของความผันแปรที่ยอมรับให้เกิดแล้วเรียกว่า “ดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index)” หรือ Cp โดยนิยามได้ว่า

$$Cp = \frac{\text{ความผันแปรที่ยอมรับให้เกิด}}{\text{ความผันแปรของประชากร}}$$



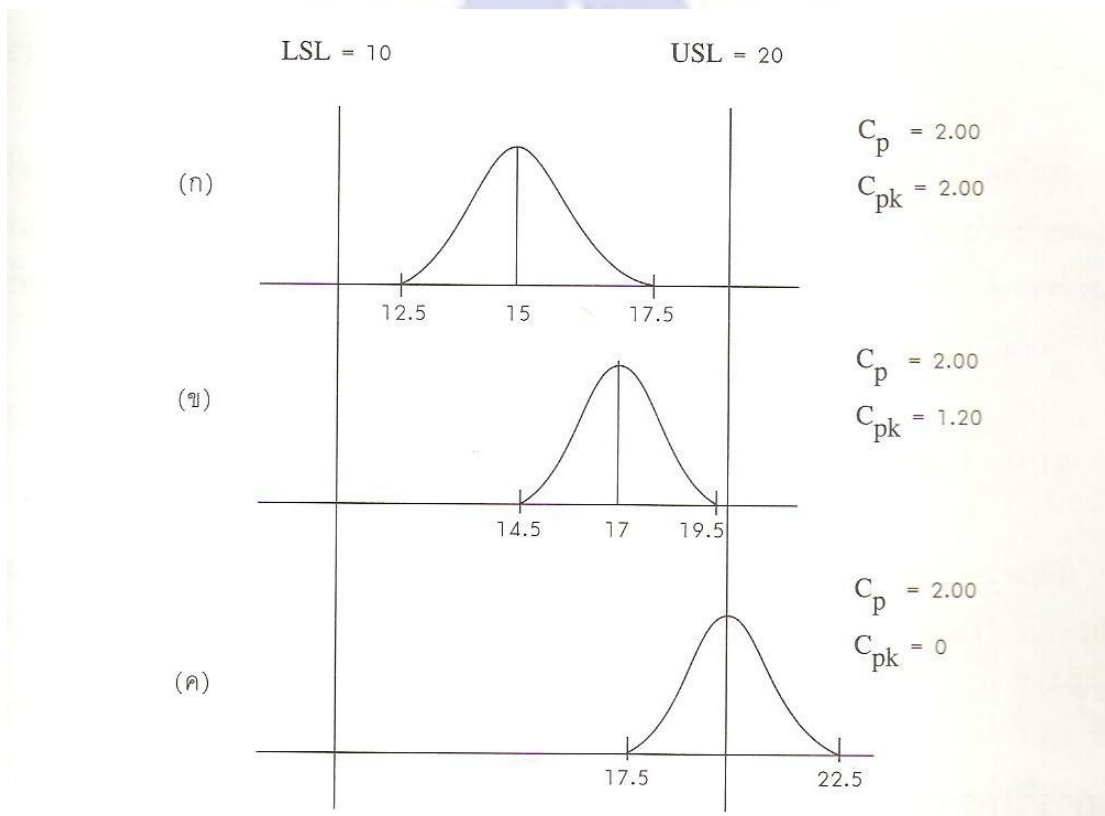
รูปที่ 12 แสดงแนวความคิดของการวัดการกระจายด้วยดัชนี CP

ในกระบวนการผลิตมักจะนิยามขนาดความผันแปรที่ยอมรับให้เกิดในรูปของความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Tolerance) ของข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) และนิยมนิยามขนาดความผันแปรของประชากรในรูปที่ 11 โดยกำหนด 6 เท่าของขนาดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสิ่งตัวอย่าง (หมายถึง การประมาณการด้วยความเชื่อมั่นขนาด 99.73%) ดังนั้น จึงอาจจะนิยามสมการได้ใหม่ว่า

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

แต่อย่างไรก็ตามการวัดการกระจายด้วยค่า C_p นั้นเป็นการวัดค่าการกระจายโดยมิได้คำนึงถึงค่าที่ควรจะเป็นของประชากร ดังนั้น หากค่าที่ควรจะเป็นมิได้อยู่ที่ค่ากึ่งกลางของข้อกำหนดเฉพาะ จะมีผลทำให้ตีความหมายผิดพลาดไปได้ดังแสดงตามรูปที่ 13

ในกรณีนี้ จำเป็นต้องพิจารณาขนาดของความเบี่ยงเบนด้วยการคำนึงค่าที่ควรจะเป็นของประชากรและเรียกตัวสถิติกรณีนี้ว่า “ดัชนี C_{pk} ” (อักษร k ในดัชนีมาจากภาษาญี่ปุ่นว่า “Katayori” (การเลื่อนไป) หรือภาษาอังกฤษอาจแทนด้วย “Kurtosis”



รูปที่ 13 แสดงเปรียบเทียบ C_p และ C_{pk}

หมายเหตุ : (USL: Upper Specification Limit หมายถึง พิกัดของข้อกำหนดเฉพาะด้านบน)

(LSL: Lower Specification Limit หมายถึง พิกัดของข้อกำหนดเฉพาะด้านล่าง)

การวัดดัชนีนี้แสดงความสามารถของกระบวนการ เมื่อคำนึงถึงค่าที่ควรจะเป็นของประชากร (μ) ซึ่งอนุมานได้ด้วย $\bar{y}$ พิจารณาได้ดังนี้

$$\text{เมื่อคำนึงถึงพิสัยข้อกำหนดเฉพาะด้านบน ; } C_{pu} = \frac{USL - \bar{y}}{3\sigma}$$

$$\text{เมื่อคำนึงถึงพิสัยข้อกำหนดเฉพาะด้านล่าง ; } C_{pl} = \frac{\bar{y} - LSL}{3\sigma}$$

โดยตัวย่อ “u” และ “l” ในดัชนี C_{pu} และ C_{pl} หมายถึง พิกัดด้านบน (Upper Limit) และพิกัดด้านล่าง (Lower Limit) โดยลำดับและดัชนี C_p เป็นดัชนีที่ใช้ประเมินว่าค่ากระจายของประชากรออกนอกช่วงที่ยอมให้เกิดได้หรือไม่ ซึ่งพบว่า หากค่า C_p ของพิกัดใดมีค่าต่ำกว่าแล้วก็จะหมายถึง การที่ค่าที่ควรจะเป็นของประชากรนั้นเลื่อนไปอยู่ใกล้พิกัดด้านนั้นของข้อกำหนดเฉพาะมากกว่าและเป็นการสื่อความหมายให้ทราบว่าค่าการกระจายของประชากรจะเกินช่วงที่ยอมให้เกิดในช่วงพิกัดด้านนั้น ดังนั้นจึงนิยามดัชนี C_{pk} ได้ว่า

$$C_{pk} = \text{ค่าที่ต่ำกว่าระหว่าง } (C_{pu}, C_{pl})$$

การวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลด้วยค่า C_p และ C_{pk} นั้นนอกจากจะทำให้ผู้วิเคราะห์ได้รับสารสนเทศเกี่ยวกับการกระจายของข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะแล้วยังสามารถรับทราบถึงตำแหน่งของค่าที่ควรจะเป็นของประชากร เมื่อเทียบกับค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะด้วย กล่าวคือ

- 1) ถ้า $C_p = C_{pk}$ ค่าที่ควรจะเป็นของประชากรอยู่ตรงค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ
- 2) ถ้า $C_p > C_{pk}$ ค่าที่ควรจะเป็นของประชากรจะเยื้อง (Offset) ออกจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ

การนำสถิติมาใช้ในการควบคุมกระบวนการในยุคปัจจุบัน เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่มีส่วนช่วยให้องค์กรประสบความสำเร็จเหนือคู่แข่ง ในการผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพสูงก่อนให้เกิดความบกพร่องในการผลิตต่ำสุด และสอดคล้องตามข้อกำหนดของลูกค้า แต่การที่จะทำให้องค์กรบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้นั้น บุคลากรในส่วนที่เกี่ยวข้องด้านคุณภาพควรมีความรู้ และความเข้าใจในขั้นตอนการใช้สถิติมาควบคุมกระบวนการ และพิจารณาวัดผลขีดความสามารถของกระบวนการ เพื่อการพิจารณาปรับปรุงให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง

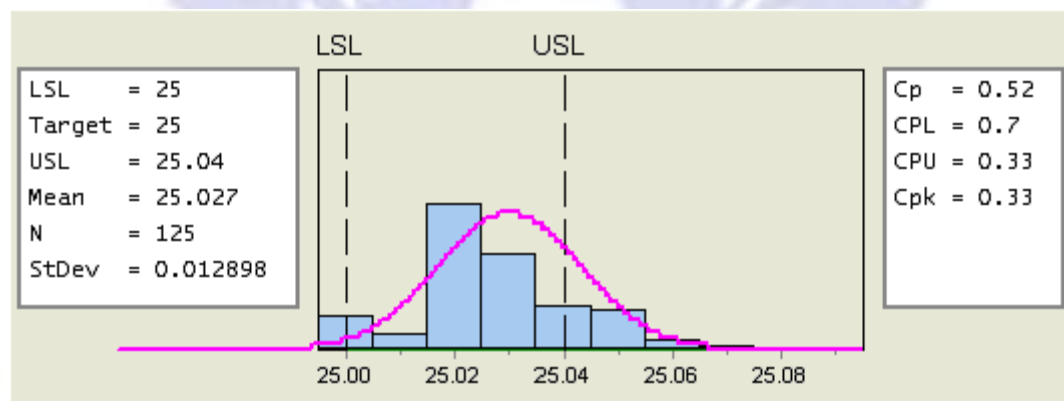
ความหมายของค่า C_p คือ การเปรียบเทียบระหว่างความกว้างของขีดจำกัดด้านคุณภาพกับความกว้างของกระบวนการ

ถ้า C_p เท่ากับ 1 หมายความว่า ความกว้างของขีดจำกัดด้านคุณภาพเท่ากับ ความกว้างของกระบวนการ ซึ่งความกว้างของกระบวนการหมายถึงขนาดความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

ถ้า C_p มีค่าสูง หมายถึง กระบวนการมีขนาดความกว้างน้อยเมื่อเทียบกับความกว้างของขีดจำกัดคุณภาพแสดงว่าตัวอย่างที่ส่งมาจากกระบวนการผลิตในสภาวะปกติมีการแกว่งตัวไปมาในช่วงแคบๆ ไม่เกินความกว้างของขีดจำกัดด้านคุณภาพซึ่งแสดงว่ากระบวนการมีประสิทธิภาพดี

จุดอ่อนที่สำคัญประการหนึ่งของ C_p ก็คือวัดเฉพาะความแตกต่างของความกว้างระหว่างความกว้างของกระบวนการกับความกว้างของขีดจำกัดด้านคุณภาพ แต่ไม่ได้ระบุหรือบอกตำแหน่งค่ากลางของกระบวนการ แต่การที่ค่า C_p สูงไม่ได้หมายความว่ากระบวนการมีประสิทธิภาพดีเสมอไป ดังนั้นได้จัด C_{pk} ขึ้นเป็นตัวชี้วัด ขึ้นมาอีกตัวเพื่อใช้แก้ปัญหา

C_{pk} คือ อัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการด้านเดียว สำหรับขีดจำกัดข้อกำหนดที่อยู่ใกล้กับค่าเฉลี่ยกระบวนการ



รูปที่ 14 แสดงการกระจายตัวของประชากรและค่าทางสถิติของการควบคุมกระบวนการทางสถิติที่สำคัญ

สมมติว่ากระบวนการผลิตมีค่าอยู่กึ่งกลางระหว่างข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ คือ 25.02 จากรูปที่ 14 ค่า $C_p = 0.52$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 หมายความว่า สมรรถนะของกระบวนการผลิตไม่ได้ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ ผลที่ตามมาคือ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไม่ได้ตามข้อกำหนดจากกระบวนการจะมีมาก

- ถ้าค่า C_p มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า สมรรถนะของกระบวนการผลิตนั้นดีกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ ผลที่ตามมาคือ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไม่ได้ตามข้อกำหนดจากกระบวนการจะมีน้อย

- ถ้าค่า C_p มีค่าต่ำกว่า 1 หมายความว่า สมรรถนะของกระบวนการผลิตนั้นมีค่าต่ำกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ ผลที่ตามมาคือ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาไม่ได้ตามข้อกำหนดจากกระบวนการจะมีค่าประมาณ 0.27%

ความสัมพันธ์ระหว่าง ระวัง กับ C_p

- ถ้า C_p มีค่าเท่ากับ 1 จะทำให้ความกว้างของฐานระวังเท่ากับความกว้างของข้อกำหนด
- ถ้า C_p มีค่ามากกว่า 1 จะทำให้ความกว้างของฐานระวังน้อยกว่าความกว้างของข้อกำหนด
- ถ้า C_p มีค่าน้อยกว่า 1 จะทำให้ความกว้างของฐานระวังมากกว่าความกว้างของข้อกำหนด

ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตไม่ได้อยู่กึ่งกลางระหว่างข้อกำหนด การวิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการสามารถดูได้จากค่า C_{pk}

จากการที่ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาสภาพการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบันพบว่า โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการผลิตสินค้าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปหรือชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ คงไม่มีโรงงานใดที่ใส่วัตถุดิบ Input เข้าไป 100% แล้วจะได้ Out put 100% โดยที่不会有ของเสียเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตเลย เพียงแต่ถ้ามีปัญหาการเกิดของเสียจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับนโยบายการแก้ปัญหาของแต่ละโรงงาน ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า ในระหว่างกระบวนการผลิตตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงกระบวนการสุดท้ายที่จำเป็นให้เกิดค่าใช้จ่าย เกี่ยวกับต้นทุนของเสีย คือ คน เครื่องจักร วัตถุดิบ วิธีการทำงานเป็นต้น และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการมีของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งได้มีการจำแนกลำดับ ความสำคัญของปัญหาเพื่อนำมาเป็นหัวข้อในการกำหนดแนวทางการแก้ไขต่อไป

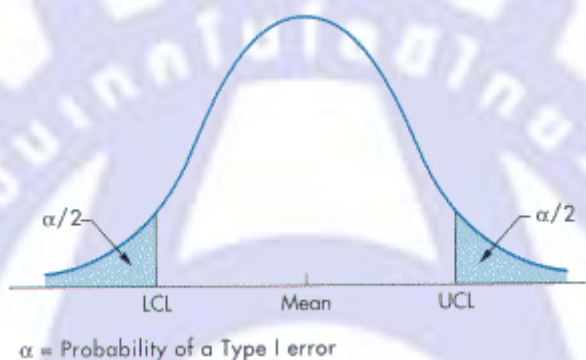
การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ SPC (Statistical Process Control) คือการนำศาสตร์ที่ว่าด้วยเรื่องการตัดสินใจมาใช้เพื่อเฝ้าดู (Monitoring) ตอบสนอง (Corrective Action) และ บันทึก (Documentation) ผลต่อสิ่งผิดปกติ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต อันได้แก่เรื่องของวัตถุดิบ บุคลากร เครื่องจักร วิธีการผลิต รวมถึงสภาพแวดล้อมโดยลักษณะการประยุกต์ใช้นั้นกระทำโดยการนำข้อมูล ที่เก็บได้ในอดีต จากสายงานการผลิตที่ ปราศจากสิ่งผิดปกติมาวิเคราะห์และคำนวณหาเส้นควบคุมเพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานในการเตือนความผิดปกติของข้อมูลที่เกิดขึ้นในปัจจุบันหรืออนาคต ซึ่งจะก่อให้เกิดการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการ และคุณภาพของสินค้า ณ เวลานั้นๆ ได้

ในอีกแง่มุมหนึ่งการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ จะเป็นเครื่องมือหรือภาพสะท้อนของกระบวนการที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งเปรียบเสมือนภาพถ่ายของกระบวนการ ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์และจัดสิ่งผิดปกติ ที่เกิดขึ้นจากสายงานการผลิตได้

สำหรับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ SPC (Statistical Process Control) นั้นสามารถนำไปใช้งานได้ทั้งอุตสาหกรรมและธุรกิจบริการ แต่ที่ใช้งานอย่างชัดเจนคือกลุ่มอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถจำแนกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้อย่างคร่าว ๆ ดังนี้ คือกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ กลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร กลุ่มอุตสาหกรรมเคมีและกลุ่มปิโตรเคมี กลุ่มอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมโลหะการ อุตสาหกรรมกระดาษ และอื่น ๆ อีกหลายประเภท

ข้อดีและข้อเสียของระบบการควบคุมแบบ SPC

ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการโดยวิธีการทางสถิตินี้จะมีข้อเสียที่สำคัญคือความเสี่ยง (Risk) ในการตัดสินใจผิดพลาด ทั้งกรณีที่ตัดสินใจผิดพลาดว่ากระบวนการอยู่ภายนอกการควบคุมทั้ง ๆ ที่ในความเป็นจริงอยู่ภายใต้การควบคุม หรือความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error)



รูปที่ 15 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error)

รวมถึงกรณีการตัดสินใจผิดพลาดว่ากระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุมทั้ง ๆ ที่ความเป็นจริงแล้วอยู่ภายนอกการควบคุม หรือความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II Error) โดยความผิดพลาดทั้ง 2 กรณีนี้ของแผนภูมิควบคุม จะไม่สามารถกำจัดให้หมดไปได้แต่จะสามารถทำให้ลดลงโดยการออกแบบกลุ่มย่อยที่สมเหตุสมผล (Rational Subgrouping) อย่างไรก็ตามระบบ SPC ก็มีข้อดีค่อนข้างมาก กล่าวคือ สามารถใช้ตัวแบบของความผันแปรในการอธิบายความผันแปรของกระบวนการได้ ทำให้สามารถทำความเข้าใจกระบวนการได้ดียิ่งขึ้น และออกแบบควบคุมแบบอัตโนมัติได้ นอกจากนี้แล้ว ผลจากการอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ ทำให้ผู้ควบคุมกระบวนการสามารถทำความเข้าใจกับกระบวนการ และกำหนดแนวทางหรือนโยบายในการลดความผันแปรเพื่อปรับปรุงกระบวนการในระยะยาวได้โดยสรุปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อดีและข้อเสียของระบบ SPC

ข้อดี	ข้อเสีย
- ทำความเข้าใจกับตัวแบบของความผันแปรได้ สามารถทำความเข้าใจกับพฤติกรรมของกระบวนการได้ดี - ใช้สิ่งตัวอย่างไม่มากสำหรับตัวจับความผิดปกติของกระบวนการ - ใช้ความรู้จากความผันแปรของกระบวนการในการกำหนดแนวทางลดความผันแปรระยะยาวได้ - ความรู้จากการศึกษาตัวแบบของกระบวนการภายใต้การควบคุมที่ดี ทำให้พนักงานใช้ในการควบคุมการทำงาน of กระบวนการได้ดี	มีความผิดพลาดทั้งประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 - ประเภทที่ 1 สัญญาณเตือนที่ผิด - ประเภทที่ 2 สัญญาณไม่มีความไว - ไม่สามารถสร้างความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ 100%

ประโยชน์ของ SPC นั้นสามารถลดการสูญเสียได้อย่างจับใจ นอกจากนั้นยังมีประโยชน์ในด้านต้นทุนการผลิตที่ลดลง ในแง่ของการลดความสูญเสีย การผลิตซ้ำ ความเสียหายของสินค้าคงคลังรวมทั้งยังช่วยให้วิศวกรทราบถึงสาเหตุ ที่ไม่คาดคิดจากความผันแปรของกระบวนการผลิต ขนาดความสามารถของกระบวนการ และยืนยันความสัมพันธ์ของตัวพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิต กับสเปคของกระบวนการผลิตกับสเปคของผลิตภัณฑ์ (Product Specification)

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สลาฟ แฮร์ดี เซอร์ฟ อาราบี โกรตา และแซง ู (Salah Haridy, Sherif Araby Gouda and Zhang Wu. 2010 : 191- 197) ได้มีการนำเอากรอบการทำงาน of SPC และ DOE (Design of Experiment) มาใช้ร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสายไฟในกระบวนการทางไฟฟ้าเคมี โดยการออกแบบการทดลอง (DOE) และการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) มีการใช้แยกกันในหลายๆ ทั้งการผลิตแบบดั้งเดิมและไม่ดั้งเดิม แต่เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการนำ 2 วิธีมารวมกันและมีปรับปรุงใหม่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้นและได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง ทั้งสองเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการรักษากระบวนการเป้าหมายและขอบเขตภายในของรูปแบบธรรมชาติและบรรลุความถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงสุด ได้มีการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการกลึงลวดโดยใช้

เซลล์เคมีไฟฟ้าหรือ Wire Electrochemical turning process (WECT) ซึ่งเป็นการทำงานโดยใช้เครื่องจักรแบบดั้งเดิม และยังได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่ทันสมัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการบิน และทหาร

หมิง เซน คาเล็บ ลี และ ชิง มิน ฮอง (Ming Hsien Caleb Li and Shih Ming Hong. 2005 : 372-380) ได้มีการปรับปรุงความแรงของพันธะของเทคโนโลยีการเชื่อมเทปอัตโนมัติโดยการดำเนินการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ: กรณีศึกษา สำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการปรับปรุงความแรงของพันธะของ Tape-Automated Bonding (TAB) Technology ในโมดูลการทำจอ LCD แบบใหม่โดยมีการควบคุมกระบวนการ 2 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 คุณภาพของคุณลักษณะโดยดูที่ Out Put ของกระบวนการเป็นการเผาระวังโดยใช้แผนภูมิควบคุมและลดความผันแปรของกระบวนการ พบว่าลักษณะคุณภาพเป็นผลกระทบจากการป้อนข้อมูลที่สำคัญ การป้อนข้อมูลพารามิเตอร์ที่สำคัญนี้ลงไปในการบวนการ และเฝ้าดูคุณลักษณะที่สำคัญนั้นไปด้วยโดยวิธีการนี้มีการควบคุมกระบวนการผลิตถึงสองครั้งจะได้ลดส่วนเบี่ยงเบนของกระบวนการ แสดงผลการแสดงความสามารถของกระบวนการและอัตราผลตอบแทนเพิ่มขึ้น

โจเซ อันโตนิโอ เฮอร์เดีย และมอลติส กราส (Jose Antonio Heredia and Maltis Gras. 2010 : 789-795) ได้ศึกษาถึงการประมาณทางสถิติของการผันแปรในการส่งผ่านรุ่นในกระบวนการผลิตในหัวข้อนี้อธิบายถึงวิธีการสำหรับการรักษาการผันแปรของการส่งผ่านรุ่นในกระบวนการผลิตที่มีหลายขั้นตอนซึ่งคุณลักษณะนั้นอธิบายถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวแปรอิสระซึ่งเป็นผลพวงจากการสร้างขึ้นเองและการส่งผ่านของกระบวนการที่แตกต่างกัน วิธีการนี้ใช้การวิเคราะห์การถดถอย เพื่อรักษารูปแบบว่ามีความสัมพันธ์กับคุณภาพกับความผันแปรของกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการโดยวิธีทางสถิติเพื่อประมาณความผันแปรของตัวแปรและการวิเคราะห์ความแปรปรวนในการประมาณองค์ประกอบความแปรปรวนจากข้อมูลการสังเกตและตรวจสอบข้อมูลที่มาจากการบวนการมีเสถียรภาพ

จุดประสงค์ของวิธีการนี้ยอมให้ใช้การกระจายตัวเชิงปริมาณของแต่ละความผันแปรให้เป็นข้อมูลความผันแปรของแต่ละขั้นตอนและมีการประมาณและทวนสอบตามโมเดลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้ในการปรับปรุงสถานการณ์โดยเน้นการลดผลกระทบของตัวแปรสำคัญให้ลดน้อยลง วิธีการนี้จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการบวนการทางเคมีที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างนี้รูปแบบองค์ประกอบความแปรปรวนได้นำไปใช้ในการสร้างเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ควรที่จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการในคำสั่งผลิตเพื่ออธิบายความผันแปรสุดท้ายและการคาดเดาผลที่เกิดจากการดำเนินการปรับปรุง

ฮิเดโตะชิ มุราคามิ และทากาชิ มาซูกิ (Hidetoshi Murakami and Takashi Matsuki. 2010 : 757-763) ได้มีการศึกษาแผนภูมิควบคุมที่ไม่ใช่พารามิเตอร์โดยยึดหลักการการกระจายตัวทางสถิติ แผนภูมิควบคุมจะถูกใช้เป็นการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) ใช้เป็นตัว

แทนที่ชี้ให้เห็นความแตกต่างที่สาเหตุระบุได้ของความผันแปรของกระบวนการ ประโยชน์ของแผนภูมิควบคุมที่ไม่ใช้พารามิเตอร์สามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ในปัญหาการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) หรือเมื่อขาดความรู้เกี่ยวกับการกระจายตัวภายใต้กระบวนการนั้น ในบทความนี้ใช้แผนภูมิควบคุมไม่ใช้พารามิเตอร์เป็นการพิจารณาโดยใช้หลัก Rank sum test เพื่อดูการกระจายตัวของประชากร ในกรณีขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กการได้มาซึ่งขีดจำกัดแท้จริงต้องทำการพิสูจน์แต่สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ได้มาจากการประเมินโดยใช้การประมาณแบบปกติและแบบจุดอานม้า แผนภูมิควบคุมแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงเท่านั้น

บราราเทन्द्रา เค ไร (Bharatendra K. Rai. 2008 : 160-174) ได้มีการนำการควบคุมกระบวนการทางสถิติ (SPC) ในบริษัทบรรจุภัณฑ์ชาของชาวอินเดีย ปัญหาหลักในด้านคุณภาพของห่อชาคือการควบคุมความผันแปรของน้ำหนักของห่อชา เมื่อมีความผันแปรสูงทำให้ผู้ซื้ออาจได้น้ำหนักชาน้อยกว่าหรือบางส่วนได้น้ำหนักที่มากกว่า ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยไม่เป็นที่สังเกตได้จากลูกค้ายก็ตาม แต่น้ำหนักที่ต่ำกว่าขีดจำกัดจะถูกตรวจสอบโดยรัฐบาลในขณะเดียวกันน้ำหนักที่มากเกินไปทำให้บริษัทเกิดการสูญเสีย ถึงแม้ว่าแผนภูมิควบคุมจะมีความเหมาะสมในการช่วยควบคุมความผันแปรของน้ำหนัก บริษัทก็ประสบความสำเร็จในการประยุกต์ใช้ความต้องการของเครื่องจักรกับให้แนวทางให้ผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี ในบทความนี้ได้กล่าวถึง การประยุกต์ใช้แผนภูมิ X-Sum ทำให้ลดสถานการณ์ที่อยู่นอกช่วงควบคุมจากที่มากกว่า 66% เป็นประมาณ 4%

บิน นี และ เออ ชี ไค (Bin Nie and Er Shi Qi. 2004 : 381-389) ได้อธิบายถึงความเที่ยงตรงของกระบวนการทุกวันนี้มีการให้ความสำคัญเพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมที่มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพราะว่ามีกระบวนการเทคโนโลยีที่ซับซ้อน และมีความหลากหลายเข้ามาเกี่ยวข้อง ในที่นี้จะกล่าวถึงจุดประสงค์ของวิธีการที่เรียกว่า CASH ซึ่งเป็น SPC แบบใหม่โดยใช้หลัก Cluster analysis และ Shewhart control chart เพื่อใช้รับมือกับความหลากหลายในการควบคุมกระบวนการ มีการประยุกต์ใช้ SPC แบบใหม่ในโรงงาน LED และผลออกมาเป็นที่น่าพอใจ

วิลเลียม เอช วูดดอลล์ (William H. Woodall. 2000 : 341-348) ได้อธิบายถึงวิธีการควบคุมกระบวนการทางสถิติ (SPC) ใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อเฝ้าระวังและปรับปรุงกระบวนการในการผลิตและการบริการ มีข้อพิพาทเกี่ยวกับทฤษฎีและการประยุกต์วิธีการนี้เกิดขึ้นบ่อย บางข้อโต้แย้งจะอภิปรายกันถึงความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบสมมติฐานกับแผนภูมิควบคุม บทบาทของทฤษฎีและรูปแบบของแผนภูมิควบคุมที่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการควบคุมกระบวนการทางสถิติ (SPC) หรือแม้แต่เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวมันเอง หนึ่งในวัตถุประสงค์ของบทความนี้คือเพื่อที่จะเสนอรายละเอียดของบางความคิดเห็นที่ไม่สอดคล้องกันในการปรับปรุงการสื่อสารกันระหว่างผู้ปฏิบัติกับนักวิจัย

ธีโอโดรา คัวรี (Theodora Kourti. 2005 : 213-246) ได้ประยุกต์ตัวแปรที่ซ่อนเร้นกับการควบคุมกระบวนการและการควบคุมกระบวนการทางสถิติหลายตัวแปรในอุตสาหกรรม การเฝ้าดูและควบคุมตัวแปรหลายตัวแปรทำได้โดยยึดหลักวิธีการของตัวแปรซ่อนเร้นซึ่งได้รับความสำคัญเพิ่มขึ้นโดยผู้ปฏิบัติงานในโรงงานเมื่อ 15 ปีที่ผ่านมาหลายบริษัทมีความกระตือรือร้นที่จะเปลี่ยนแปลงวิธีการและมีการรายงานเรื่องราวที่ประสบความสำเร็จ การประยุกต์มีการรายงานการควบคุมกระบวนการทางสถิติหลายตัวแปร การตรวจพบและวินิจฉัยความผิดพลาดถือเป็นความสำเร็จโดยการใช้ประโยชน์จากตัวแปรซ่อนเร้น สำหรับกระบวนการที่ต่อเนื่อง กระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงตัวอย่างเช่น กระบวนการที่เพิ่งจะเริ่มต้นและเริ่มต้นใหม่ บทความนี้จะอธิบายภาพรวมของการพัฒนาล่าสุดของการควบคุมกระบวนการทางสถิติหลายตัวแปร (MSPC) และการประยุกต์ใช้การตรวจพบและแยกความผิดปกติ ในกระบวนการต่างๆ ในอุตสาหกรรม ให้ความสำคัญของการทบทวนวิธีการและอธิบายว่าสามารถโอนเข้ามาใช้ในสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมได้อย่างไร ในการประยุกต์ตัวแปรซ่อนเร้นล่าสุดกับการควบคุมกระบวนการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์จากภาพเพื่อติดตามและให้ข้อเสนอแนะ สุดท้ายจะเน้นว่าธรรมชาติของตัวแปรหลายตัวนั้นข้อมูลจะต้องเก็บรักษาไว้เมื่อมีการบีบอัดและเตรียมนำเข้าสู่กระบวนการ

จุดประสงค์ของการทำการศึกษาครั้งนี้ คือการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการของการผลิตในกรณีศึกษา การผลิตเครื่องสำอาง โดยใช้สถิติเพื่อ ใช้เพื่อเฝ้าดู (Monitoring) ตอบสนอง (Corrective Action) และบันทึก (Documentation) ผลต่อสิ่งผิดปกติ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพราะการผลิตสินค้าใหม่นั้น ข้อกำหนดหรือ Specification ได้ดำเนินการภายใต้การทดลองในห้องแล็บ และทำในปริมาณที่น้อยเมื่อนำมาปฏิบัติจริงในโรงงานแล้วก็อาจมีค่าคลาดเคลื่อนไปจากข้อกำหนดได้ และการเฝ้าดูนี้จะใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนสำหรับการผลิตครั้งถัดไปหรือใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาความเหมาะสมของข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ได้ เหล่านี้จึงทำให้ การควบคุมกระบวนการโดยวิธีทางสถิติ (SPC) ได้ถูกเลือกมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานสารนิพนธ์

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน

ลักษณะการประกอบการ ผลิตภัณฑ์/ผลิตผล และการให้บริการหลักขององค์กร

บริษัทกรณีศึกษาก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2527 เป็นบริษัทผลิตเครื่องสำอาง โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ OM คือผลิตภัณฑ์ของแบรนด์ตนเอง และ OEM คือผลิตภัณฑ์ที่ทางบริษัทจ้างผลิตให้กับบริษัทอื่นๆโดยมีลูกค้า อาทิเช่น เอมสตาร์ บุท เมกะวี แคร่ และคังเซนเคนโก เป็นต้น โรงงานมีทั้งหมด 2 สาขา สาขาที่ 1 ตั้งอยู่ที่ นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทของเหลว เช่น ครีมอาบน้ำ น้ำยาปรับผ้านุ่ม น้ำยาสักผ้า ฯลฯ และสาขาที่ 2 ตั้งอยู่ที่ ถนนสุขุมวิท จังหวัดฉะเชิงเทรา ทำการผลิตแป้งเด็ก แป้งเย็น เป็นต้น

วิสัยทัศน์ของบริษัท

“เป็นบริษัทชั้นนำในการผลิต และจำหน่ายเครื่องสำอาง และสินค้าอุปโภคบริโภคในภูมิภาคเอเชีย”

หลักการจัดการของบริษัท

- การเอาใจใส่ลูกค้า:

ลูกค้าของเรา คือ ผู้ที่จะทำให้เราสามารถยืนตระหง่านอยู่ได้ ฉะนั้น เราจึงควรดูแลและหาทางแก้ไขข้อผิดพลาดและสิ่งที่ลูกค้าไม่ต้องการ

- ผลักดันการพัฒนาส่วนบุคคล:

ผู้บริหารทุกคนต้องมีส่วนในการผลักดันให้มีการพัฒนาบุคลากร ทั้งทางด้านความสามารถและอาชีพของพนักงานที่ทำงาน และสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีที่มีส่วนช่วยในการปฏิบัติ

- ผลักดันคุณภาพสินค้า:

ทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการผลักดันสินค้าให้เกิดคุณภาพในสินค้ามากที่สุด เพื่อที่จะทำให้บริษัทก้าวเข้าสู่ระดับโลกในที่สุด

- การพัฒนาเฉพาะด้าน:

ผู้บริหารต้องผลักดันให้มีการสร้างการพัฒนา เฉพาะด้านเกี่ยวกับธุรกิจที่ดำเนินการขึ้น และจัดระบบให้ดีที่สุด เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน

นโยบายของบริษัท

- นโยบายคุณภาพ ISO 9001:2008

บริษัท ทรนิกศึกษา มีนโยบายที่จะผลิตสินค้าที่ได้มาตรฐานคุณภาพตามความต้องการของลูกค้า ดำเนินธุรกิจอย่างถูกต้องตามกฎหมายและระเบียบของรัฐ รวมถึงความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม โดยทุกหน่วยงานของบริษัทฯ จะดำเนินการตามระบบงานและวิธีการอย่างมีประสิทธิภาพพร้อมทั้งการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้า

- GMP

บริษัท ทรนิกศึกษา ได้รับมาตรฐาน GMP (Good Manufacturing Practice) ในปี พ.ศ.2538 จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ดังนั้นบริษัท ทรนิกศึกษา เป็นบริษัทที่มีหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต มีระบบการจัดการและควบคุมการผลิตเพื่อให้เกิดความปลอดภัยและสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค นอกจากนี้ยังเป็นการยกระดับมาตรฐานการผลิตให้สู่มาตรฐานสากลอีกด้วย

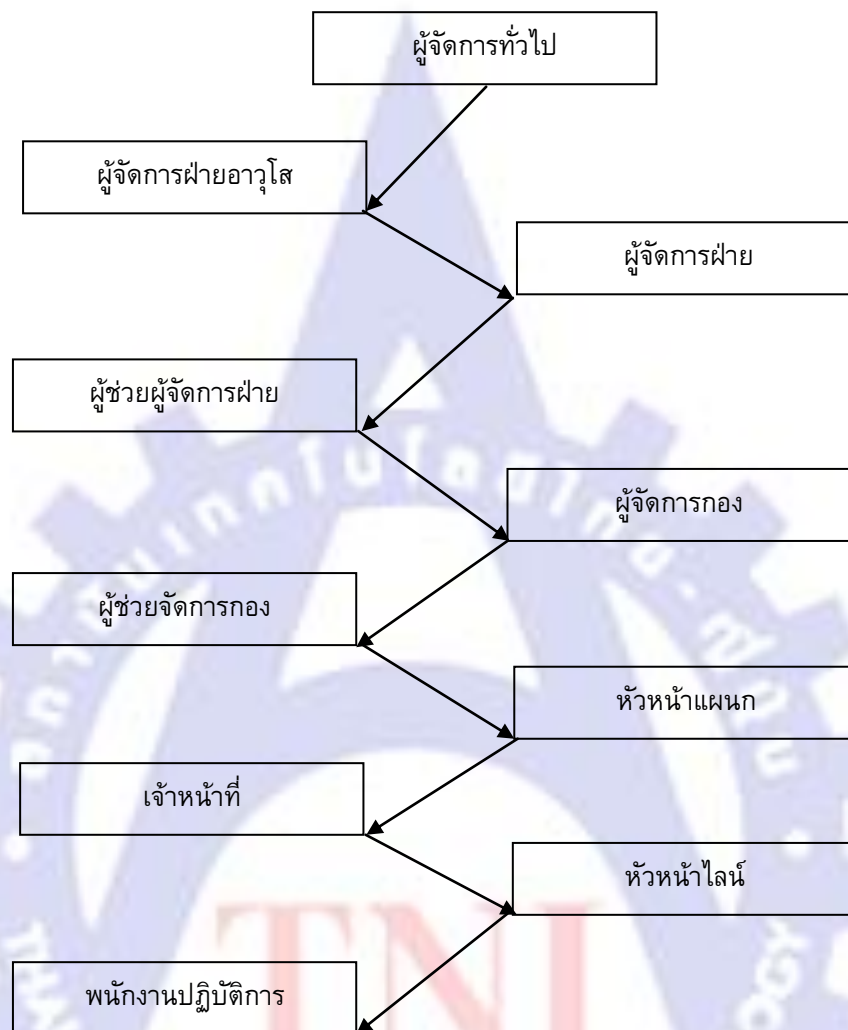
ผลิตภัณฑ์ของบริษัทแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ผลิตภัณฑ์กลุ่ม OM (ดำเนินการตามข้อกำหนดของบริษัทแม่)
2. ผลิตภัณฑ์กลุ่ม OEM (ดำเนินการตามข้อกำหนดของลูกค้า)



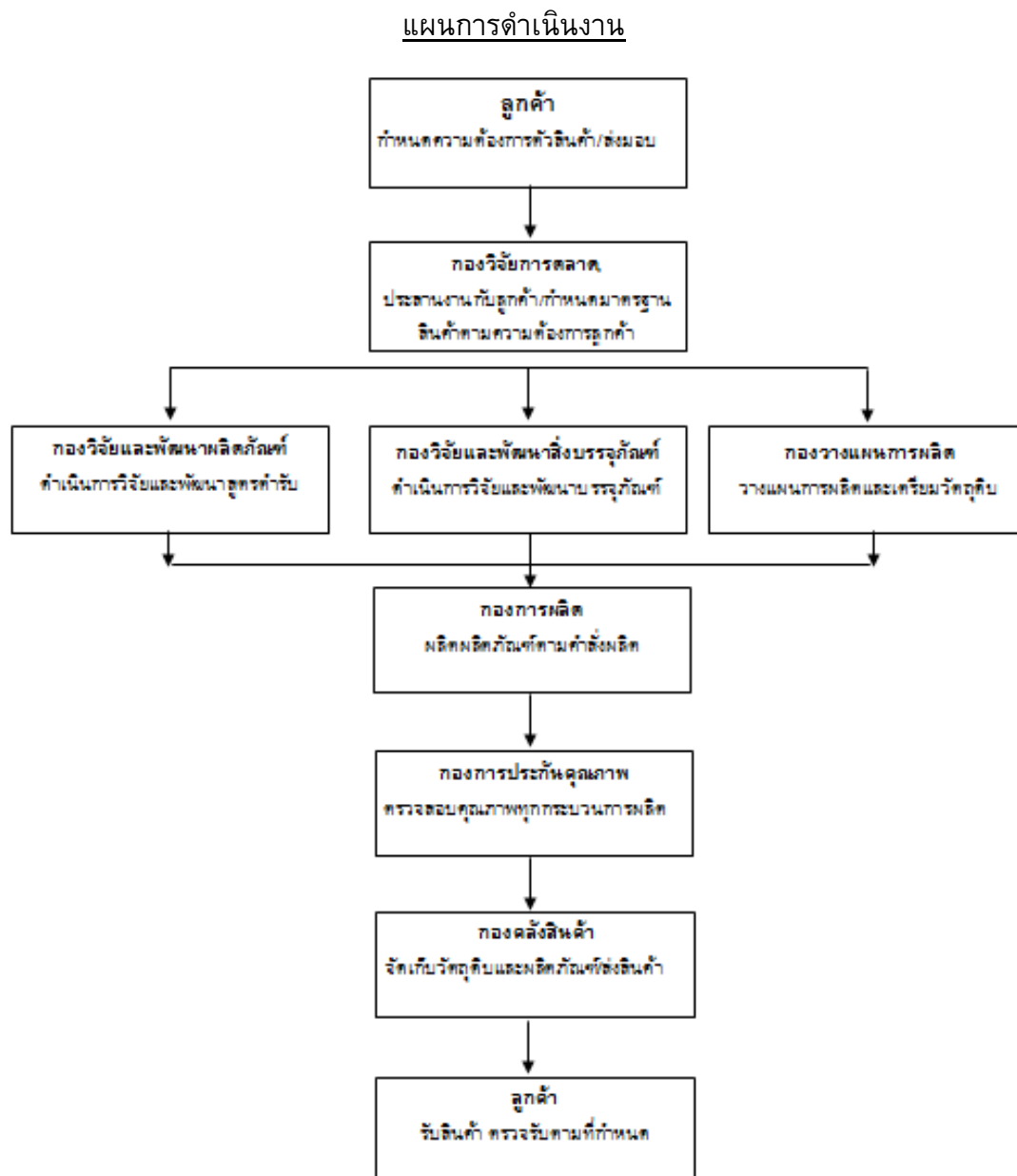
รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร

โครงสร้างขององค์กร



รูปที่ 16 รูปแบบการจัดองค์กรของบริษัทเทคโนโลยี

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 17 แผนผังการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา

ศึกษาที่มาของปัญหา สาเหตุ ที่ทำให้เกิดปัญหา

กระบวนการและขั้นตอนการผลิต

ในกระบวนการผลิตเครื่องสำอาง รูปแบบการดำเนินธุรกิจจะเป็นการผลิตเพื่อส่งให้ยี่ห้อต่าง ๆ และรับจ้างผลิตทั้งเป็นผลิตภัณฑ์และส่งเพื่อไปประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้า โดยเริ่มจากทางฝ่ายขายถึงการสั่งซื้อจากลูกค้า ซึ่งทางบริษัทแม่ของบริษัทกรณีศึกษานั้นได้เป็นผู้ออกแบบการผลิตให้กับทางบริษัทในเครือและหาแหล่งวัตถุดิบจากทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ จากนั้นเมื่อกำหนดข้อตกลงที่จะมีการผลิตเครื่องสำอางให้กับทางลูกค้าแล้วนั้นฝ่ายโรงงานก็จะดำเนินการวางแผนการผลิตทั้งส่วนของฝ่ายผลิต วางแผน คลังสินค้าและฝ่ายประกันคุณภาพ ฯลฯ ล้วนแต่มีความสำคัญในการดำเนินการผลิตทั้งสิ้น โดยได้มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบในแต่ละส่วนงาน เพื่อทำการผลิตสินค้าให้ตรงตามความต้องการที่ตกลงไว้ และในการดำเนินการผลิตเริ่มแรกมักเกิดปัญหาโดยผลการตรวจสอบที่ได้มาไม่ได้ตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ถ้าอยู่ภายในขีดจำกัดบนหรือขีดจำกัดล่างก็สามารถยอมรับได้ แต่ถ้าอยู่นอกช่วงการควบคุมดังกล่าวต้องมีการแก้ไขโดยใช้วิธีการปรับวัตถุดิบเข้าไปเพื่อให้การผสมเข้ากันดีมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ในขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งรหัส REF. NO. 001676/4 มีขั้นตอนการผลิตดังนี้

รับวัตถุดิบจากคลังสินค้าโดยมี List ตามคำสั่งการผลิต

1. ตรวจสอบวัตถุดิบอีกครั้งตาม Batch Manufacturing Record
2. ใส่วัตถุดิบตามขั้นตอนที่กำหนดใน Batch Manufacturing Record
3. เปิดเครื่องผสมเพื่อปั่นวัตถุดิบให้เข้ากันตามเวลาที่กำหนด
4. เมื่อได้เวลาตามที่กำหนดแล้ว นำตัวอย่างส่ง QC ตรวจสอบ เนื่องจากขนาดของ

แต่ละรุ่นการผลิตมีขนาดใหญ่การเก็บตัวอย่างให้มี 2 ส่วนคือส่วนที่อยู่บน (Top) และส่วนที่อยู่ด้านล่าง (Bottom)

5. ตรวจสอบตามข้อกำหนดโดยเก็บข้อมูลไว้ในสมุดบันทึกการวัดค่าทางเคมี
6. รายงานผลการตรวจสอบถ้า ผ่าน ก็สามารถให้ถ่ายลงถังเก็บ แต่ถ้า ไม่ผ่าน ให้

แจ้งฝ่ายผลิตเพื่อแก้ไขก่อนแล้วนำมาส่งตรวจสอบใหม่

การตรวจสอบทางเคมีและทางกายภาพตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์มีดังนี้

1. ค่าความหนืด (Viscosity)
2. ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)
3. ปริมาณสารกันแดด (Parsol Mcx, Parsol 1789)
4. ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

รายละเอียด Specification ของผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วยค่าทางเคมี (Parsol MCX, Parsol 1789) และค่าทางกายภาพ (Viscosity, Specific Gravity, pH) และช่วงของข้อกำหนด แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ขีดจำกัดล่าง (LSL) เป้าหมาย (Target) และขีดจำกัดบน (USL) ดังรายละเอียดตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อกำหนด (Specification) ของผลิตภัณฑ์รหัส REF. NO. 001676/4

คุณลักษณะ	ข้อกำหนด		
	LSL	Target	USL
Viscosity (Bulk), cP	3,500	5,000	8,000
pH	6.5	7.0	7.6
Specific Gravity	0.99	1.01	1.02
Parsol MCX, %	4.20	4.95	5.84
Parsol 1789, %	1.65	1.98	2.30
Viscosity (FG), cP	3,500	5,000	8,000

ตารางที่ 5 ผลการตรวจสอบทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ REF. NO. 001676/4

Batch	Viscosity Bulk		pH	SG	Parsol MCX	Parsol 1789	Viscosity FG
	Top	Bottom	Top	Top	Top	Top	Top
345061408	6000	6200	7.30	1.000	4.932	2.011	4200
345061517	6500	6200	7.13	1.000	4.994	1.988	4800
347065028	6100	6100	6.89	1.000	4.992	1.958	5600
347065039	6200	6200	6.96	1.000	5.114	2.024	4600
34B070706	6000	6000	7.08	1.000	4.824	1.894	6000
34B070989	6000	6100	7.18	1.000	4.988	1.939	5400
34B071363	7100	7000	7.13	1.000	5.186	2.064	5200
34C073024	7000	7100	7.07	1.000	5.281	2.065	5800
34C073563	5000	5600	7.14	1.000	5.020	1.979	5200
34C073764	5100	5200	7.12	0.990	4.978	1.966	5200

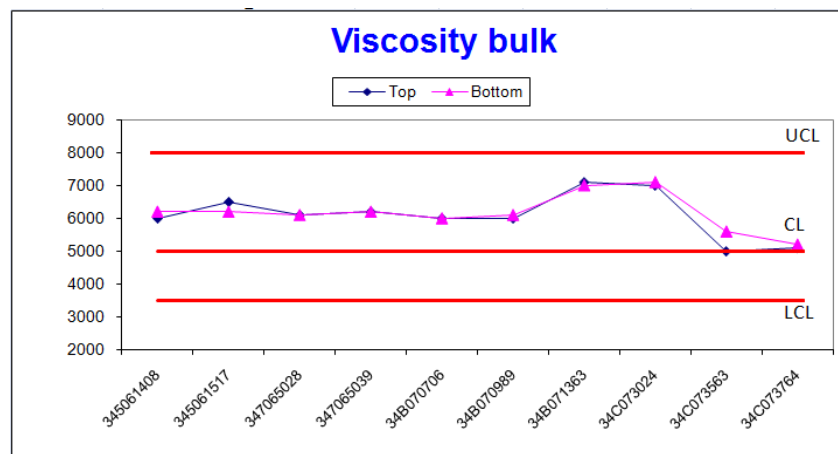
รายละเอียดในตารางที่ 5 เป็นการบันทึกข้อมูลจากการตรวจสอบค่าทางกายภาพและทางเคมี โดยแยกเป็นแต่ละรุ่นการผลิตทั้งหมด 10 รุ่นการผลิต (Batch) ซึ่งค่าที่ได้อยู่ช่วงที่ควบคุมแต่มีบางรายการทดสอบอยู่นอกเป้าหมายเช่น ค่า Viscosity (Bulk) จะมีค่าสูงกว่าเป้าหมาย

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยวิธีทางสถิติ หรือเครื่องมือทดลอง

จากผลการตรวจสอบค่าทางเคมีที่ได้ ไม่สามารถมองกระบวนการได้ชัดเจนจึงนำการควบคุมกระบวนการทางสถิติ หรือ SPC (Statistic Process Control) เข้ามาใช้เพื่อควบคุมกระบวนการและดูแนวโน้มของผลิตภัณฑ์โดยจะมีการเพิ่มค่าทางสถิติที่จำเป็น เช่น Cp, Cpu, Cpl, Cpk, ฯลฯ ตามตารางที่ 6 โดยการทดสอบว่าเป็นการกระจายแบบปกติหรือไม่ได้อธิบายไว้ในภาคผนวก ก

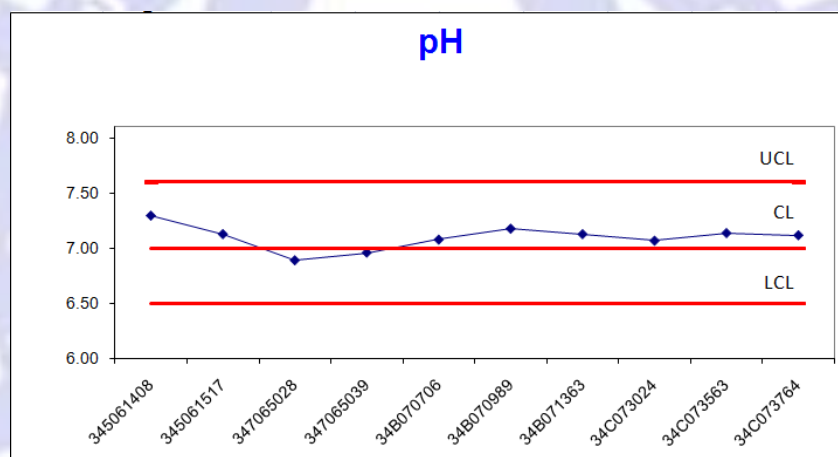
ตารางที่ 6 บันทึกค่าการตรวจสอบทางเคมีและทางกายภาพโดยมีการเพิ่มค่าทางสถิติ Cp, Cpk

Batch	Viscosity Bulk		pH	SG	Parsol MCX	Parsol 1789	Viscosity FG
	Top	Bottom	Top	Top	Top	Top	Top
345061408	6000	6200	7.30	1.000	4.932	2.011	4200
345061517	6500	6200	7.13	1.000	4.994	1.988	4800
347065028	6100	6100	6.89	1.000	4.992	1.958	5600
347065039	6200	6200	6.96	1.000	5.114	2.024	4600
34B070706	6000	6000	7.08	1.000	4.824	1.894	6000
34B070989	6000	6100	7.18	1.000	4.988	1.939	5400
34B071363	7100	7000	7.13	1.000	5.186	2.064	5200
34C073024	7000	7100	7.07	1.000	5.281	2.065	5800
34C073563	5000	5600	7.14	1.000	5.020	1.979	5200
34C073764	5100	5200	7.12	0.990	4.978	1.966	5200
N	10	10	10	10	10	10	10
Avg	6100.0	6170.0	7.10	1.00	5.031	1.989	5200.000
SD	684.8	563.8	0.11	0.003	0.131	0.054	549.747
Cp	1.10	1.33	1.62	1.58	2.09	2.01	2.42
Cpu	0.92	1.08	1.47	2.21	2.06	1.92	1.70
Cpl	1.27	1.58	1.77	0.95	2.12	2.09	3.15
Cpk	0.92	1.08	1.47	0.95	2.06	1.92	1.70
Min	5000	5200	6.89	0.99	4.824	1.894	4200
Max	7100	7100	7.3	1.00	5.281	2.065	6000



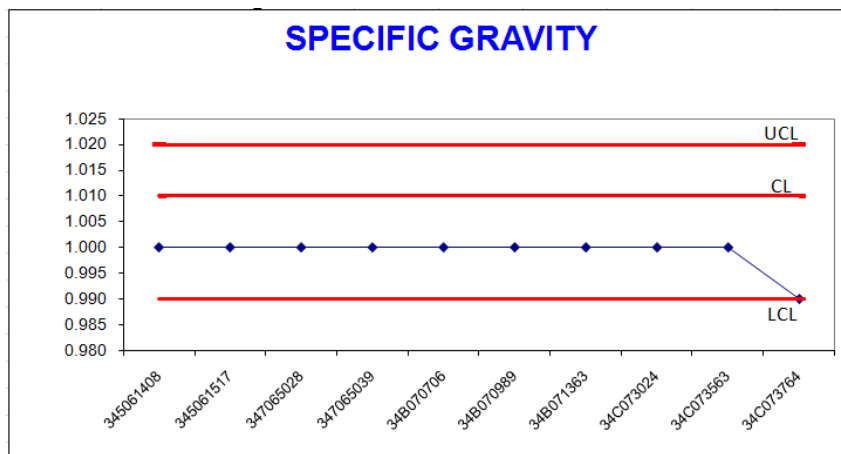
รูปที่ 18 กราฟแสดงค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ (Viscosity Bulk)

จากรูปที่ 18 แนวโน้มของกระบวนการเข้าใกล้ขีดจำกัดบน สูงกว่าเป้าหมาย และจากตารางที่ 6 มีค่า $C_p = 1.10$ และ $C_{pk} = 0.92$ แสดงว่า สมรรถนะของกระบวนการผลิตไม่ได้ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ



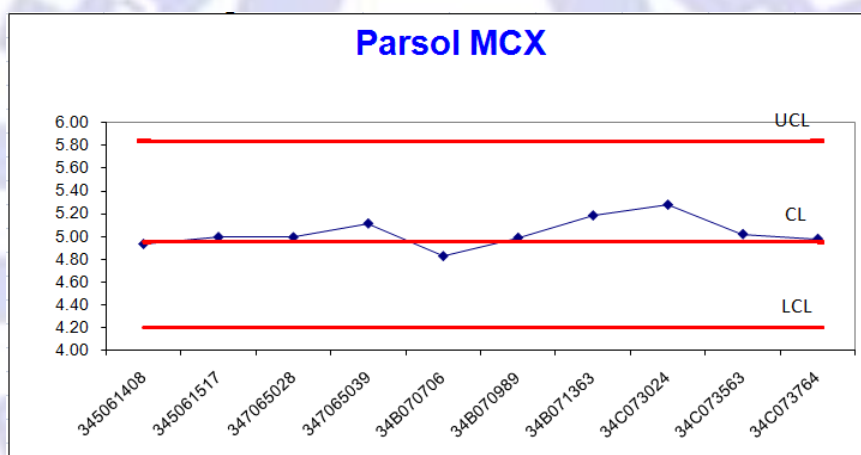
รูปที่ 19 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

จากรูปที่ 19 แนวโน้มของกระบวนการเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด และจากตารางที่ 6 มีค่า $C_p = 1.62$ และ $C_{pk} = 1.47$ แสดงว่า สมรรถนะของกระบวนการผลิตดีกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ



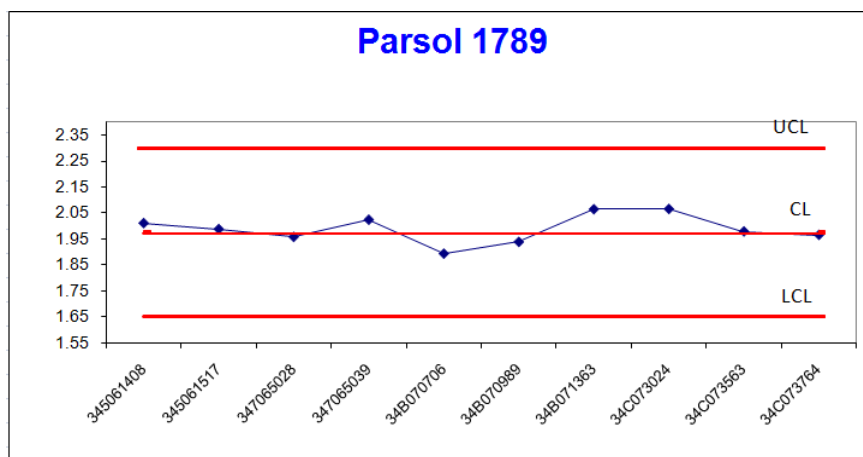
รูปที่ 20 กราฟแสดงค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

จากรูป 20 แนวโน้มที่กระบวนการต่ำกว่าเป้าหมายเข้าใกล้ขีดจำกัดล่าง และจากตารางที่ 6 มีค่า $C_p = 1.58$ และ $C_{pk} = 0.95$ แสดงว่า สมรรถนะของกระบวนการผลิตดีกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ



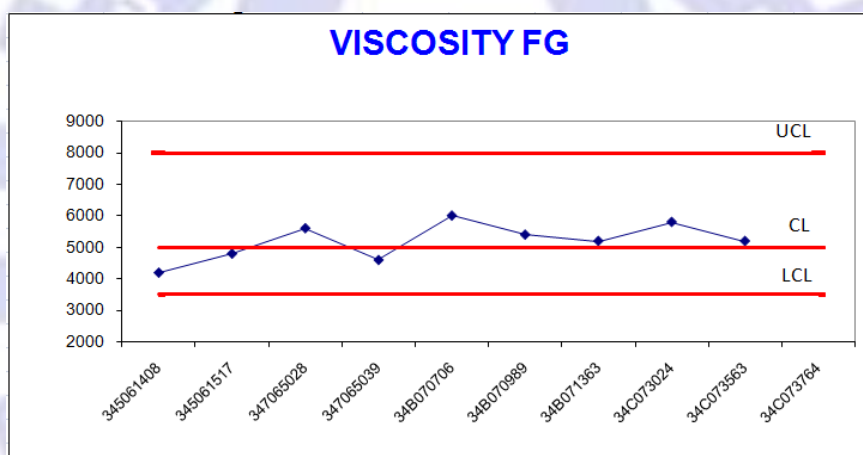
รูปที่ 21 กราฟแสดงปริมาณสารกันแดดชนิดที่ 1 (Parsol MCX)

จากรูป 21 กระบวนการผลิตเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด และจากตารางที่ 6 มีค่า $C_p = 2.09$ และ $C_{pk} = 2.06$ แสดงว่า สมรรถนะของกระบวนการผลิตดีกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ



รูปที่ 22 กราฟแสดงปริมาณสารกันแดดชนิดที่ 2 (Parsol 1789)

จากรูป 22 แนวโน้มของกระบวนการเป็นไปตามเป้าหมาย และจากตารางที่ 6 มีค่า $C_p = 2.01$ และ $C_{pk} = 1.92$ แสดงว่าสมรรถนะของกระบวนการผลิตดีกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ

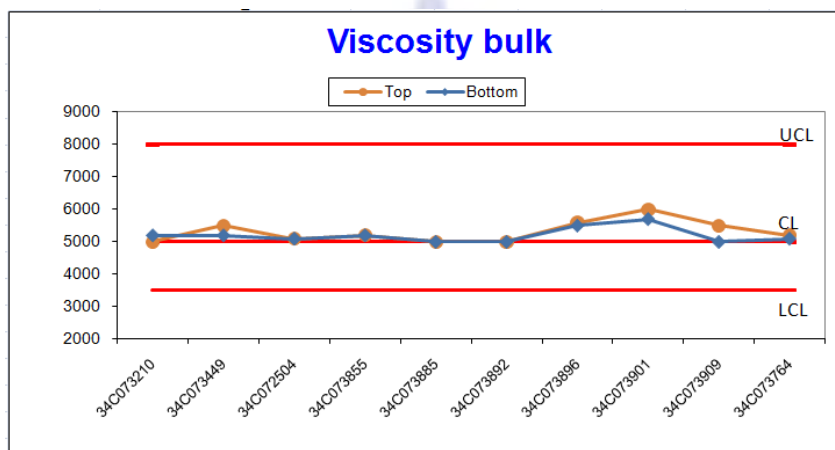


รูปที่ 23 แสดงค่าความหนืดของ (Viscosity FG)

จากรูปที่ 23 แนวโน้มของกระบวนการเป็นไปตามเป้าหมาย และจากตารางที่ 6 มีค่า $C_p = 2.42$ และ $C_{pk} = 1.70$ แสดงว่าสมรรถนะของกระบวนการผลิตดีกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ

สรุปการเฝ้าดูกระบวนการในตัวอย่างข้างต้นได้มีประชุมปรึกษาในที่มโดยมีฝ่ายผลิตควบคุมคุณภาพ และวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลที่ออกมา คือ ไม่มีการปรับข้อกำหนด (Specification) ให้สอดคล้องกับกระบวนการเนื่องจากค่าความหนืดที่กำหนดเป็นคุณลักษณะที่

ลูกค้าต้องการ แต่ใช้การปรับเปลี่ยนสูตรการผลิตแทน โดยปรับเพิ่มวัตถุดิบเพื่อให้ค่าการตรวจวิเคราะห์ Viscosity Bulk อยู่ในช่วงที่ยอมรับ พร้อมทั้งเฝ้าดูอีก 10 Batch หรือ รุ่นการผลิตหรือ จนกว่ากระบวนการจะนิ่ง หรือ มีความผันแปรน้อยที่สุด ซึ่งผลออกมาเป็นที่น่าพอใจว่าค่าความหนืดอยู่ในค่ากลางของข้อกำหนดตามรูปที่ 24 และเนื่องจากกระบวนการมีความผันแปรน้อย



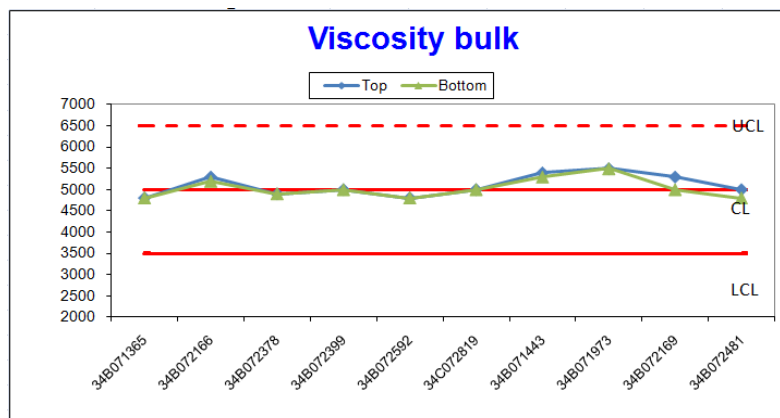
รูปที่ 24 แสดงค่าความหนืดของ (Viscosity Bulk)

จากรูปที่ 24 แนวโน้มของกระบวนการเป็นไปตามเป้าหมาย มีค่า $C_p = 2.26$ และ $C_{pk} = 1.82$ แสดงว่าสมรรถนะของกระบวนการผลิตดีกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ

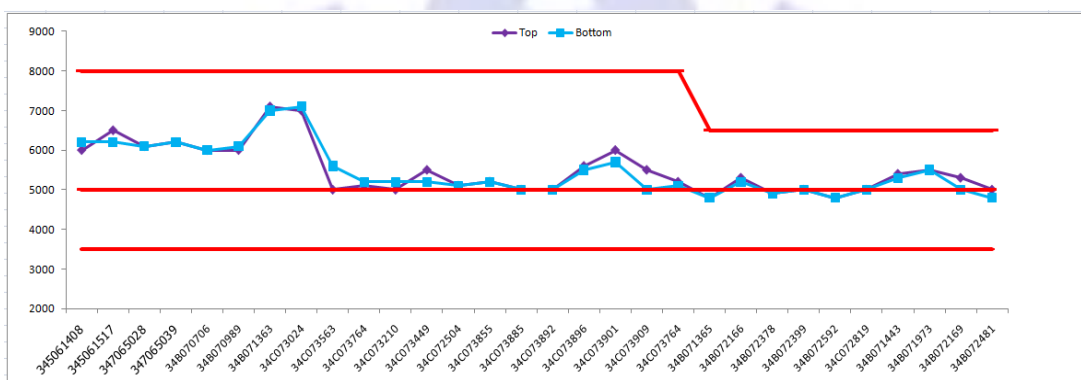
ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้มีการปรับข้อกำหนดบน (USL) จาก 8,000 cP เป็น 6,500 cP (อ้างอิงตารางที่ 4) เพื่อให้ความหนืดอยู่ในข้อกำหนดใกล้ค่ากลางและมีความผันแปรไปจากค่ากลางเท่ากับขีดจำกัดล่างหรืออาจเรียกได้ว่า การทำเส้นโค้งให้สมมาตรกันนั่นเอง หลังจากปรับข้อกำหนดได้เก็บข้อมูลอีก 10 Batch ตามรูปที่ 25 แนวโน้มของกระบวนการเป็นไปตามเป้าหมาย มีค่า $C_p = 1.97$ และ $C_{pk} = 1.84$ แสดงว่า สมรรถนะของกระบวนการผลิตดีกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลลัพธ์ของค่าความหนืดหลังมีการปรับปรุงข้อกำหนด

Batch	Viscosity Bulk @ 25° C	
	Top	Bottom
34B071365	4800	4800
34B072166	5300	5200
34B072378	4900	4900
34B072399	5000	5000
34B072592	4800	4800
34C072819	5000	5000
34B071443	5400	5300
34B071973	5500	5500
34B072169	5300	5000
34B072481	5000	4800
N	10	10
Avg	5100.0	5030.0
SD	253.9	235.9
Cp	1.97	2.12
Cpu	1.84	2.08
Cpl	2.10	2.16
Cpk	1.84	2.08
Min	4800	4800
Max	5500	5500



รูปที่ 25 แสดงค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ (Viscosity Bulk)



รูปที่ 26 แสดงความเป็นไปของกระบวนการหลังจากมีการปรับปรุง (รวมรูปที่ 18, 24 และ 25 เข้าด้วยกัน)

จากการศึกษาในผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 2 (REF. NO. 007157/1) มีค่าการวิเคราะห์ของค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ไม่ได้ตามข้อกำหนดในช่วง ตามตารางที่ 8 หากดู Batch ที่ 1-10 จะมีบางค่าที่อยู่นอกช่วงที่กำหนดจึงมีการปรับวัตถุดิบเพื่อปรับค่า ให้อยู่ในช่วงที่กำหนด และเหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด จะเห็นได้ว่าค่า Cp เท่ากับ 1.18 ก่อนข้างดีแต่พบว่า Cpk เท่ากับ -0.12 ซึ่งหมายความว่า การเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนด จึงจำเป็นต้องปรับวัตถุดิบเพื่อปรับค่าดังกล่าวของกระบวนการ ผลลัพธ์จะแสดงใน Batch ที่ 11-20 จะเห็นได้ว่าค่า Cp เท่ากับ 1.27 และ Cpk เท่ากับ 0.88 เหล่านี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการมีการปรับปรุงดีขึ้น แต่กระบวนการยังเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดอยู่ จึงทำการปรับกระบวนการอีกครั้งโดยปรับเพิ่มวัตถุดิบเพียงเล็กน้อยและมีการปรับค่าช่วงให้แคบลงจาก ข้อกำหนดเดิม 5.5 – 7.3 เป็น 5.8 – 6.8 จะเห็นได้ว่าค่า Cp และ Cpk เท่ากับ 1.21 และ 1.00 ตามลำดับ ซึ่งเหล่านี้

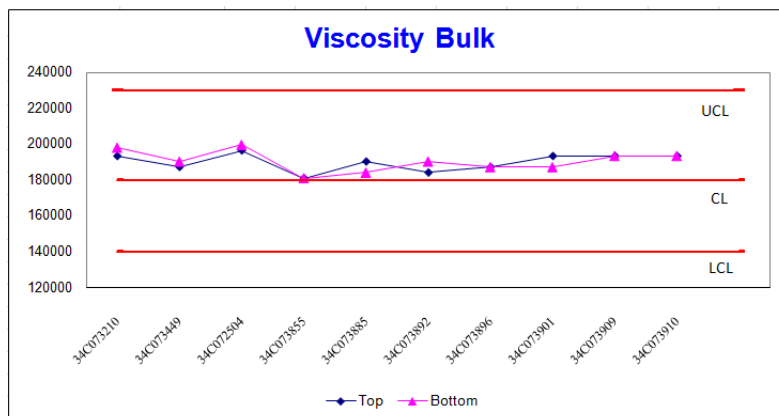
แสดงให้เห็นว่ากระบวนการดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งได้ทั้งความแม่นยำและความถูกต้อง โดยการทดสอบว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ดูค่าอธิบายได้จากภาคผนวก ข.

ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดของข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (REF. NO. 007157/1)

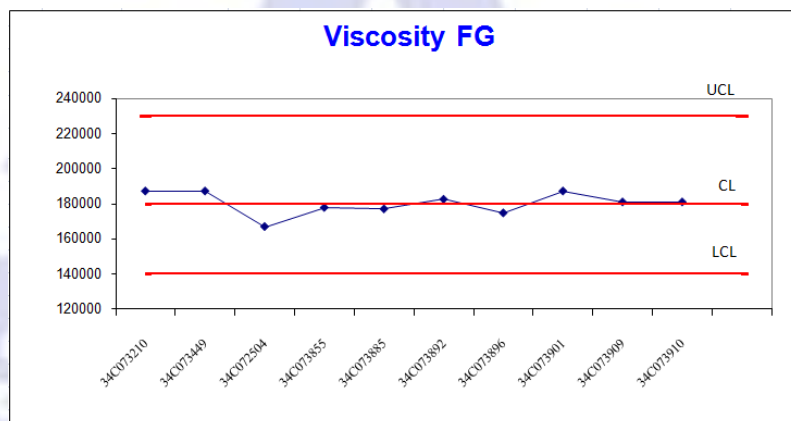
คุณลักษณะ	ข้อกำหนด		
	LSL	Target	USL
Viscosity (Bulk), cP	140,000	180,000	230,000
pH	5.5	6.4	7.3
Specific Gravity,	1.00	1.02	1.04

ตารางที่ 9 ผลลัพธ์ของค่าการวิเคราะห์ Batch ที่ 1 – 30

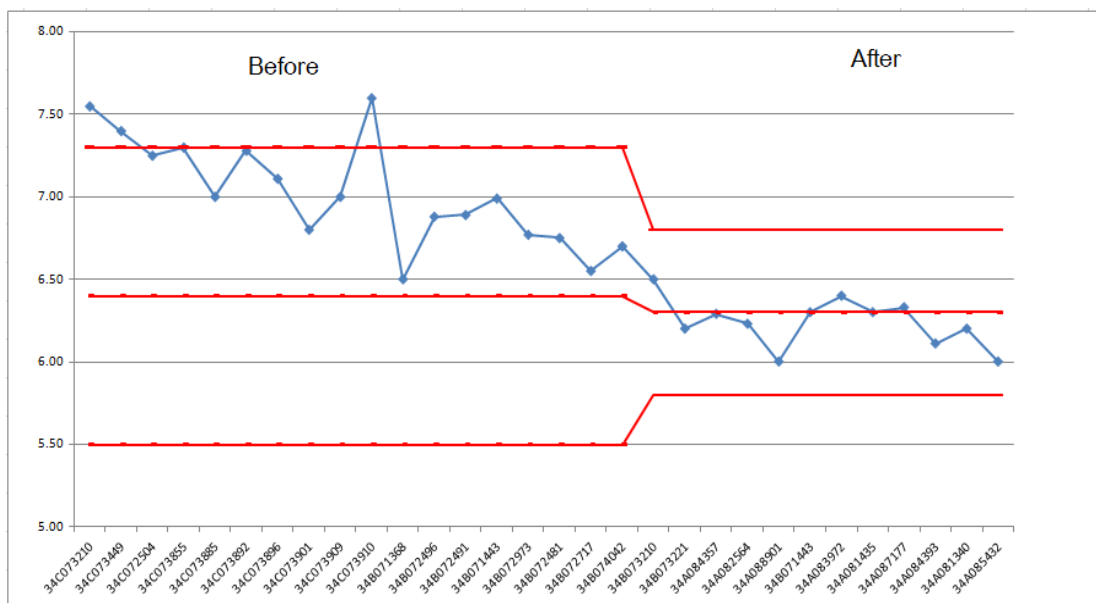
Before					Adjustment		After	
Batch	Viscosity Bulk @ 25° C		Viscosity FG	pH @ 25°C	Batch	pH @ 25°C	Batch	pH @ 25°C
(1-10)	Top	Bottom	Top	Top	(11-20)	Top	(21-30)	Top
34C073210	193440	198120	187200	7.55	34B071368	6.50	34A084357	6.29
34C073449	187200	190320	187200	7.40	34B072496	6.88	34A082564	6.23
34C072504	196560	199680	166920	7.25	34B072491	6.89	34A088901	6.00
34C073855	180960	180960	177800	7.30	34B071443	6.99	34B071443	6.30
34C073885	190320	184080	177000	7.00	34B072973	6.77	34A083972	6.40
34C073892	184080	190320	182520	7.28	34B072481	6.75	34A081435	6.30
34C073896	187200	187200	174720	7.11	34B072717	6.55	34A087177	6.33
34C073901	193440	187200	187200	6.80	34B074042	6.70	34A084393	6.11
34C073909	193440	193440	180960	7.00	34B073210	6.50	34A081340	6.20
34C073910	193450	193440	180960	7.60	34B073221	6.20	34A085432	6.00
N	10	10	10	10	N	10	N	10
Avg	190009	190476	180248	7.23	Avg	6.673	Avg	6.216
SD	4977.6	5903.8	6462.74	0.25	SD	0.24	SD	0.14
Cp	3.01	2.54	2.32	1.18	Cp	1.27	Cp	1.21
Cpu	0.40	0.40	0.43	-0.12	Cpu	0.88	Cpu	1.41
Cpl	0.09	0.09	0.07	0.08	Cpl	1.65	Cpl	1.00
Cpk	0.09	0.09	0.07	-0.12	Cpk	0.88	Cpk	1.00
Min	180960	180960	166920	6.8	Min	6.5	Min	6
Max	196560	199680	187200	7.55	Max	6.99	Max	6.4



รูปที่ 27 ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ (Viscosity Bulk)



รูปที่ 28 ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Viscosity FG)



รูปที่ 29 เปรียบเทียบค่าการวิเคราะห์ความเป็นกรด – ด่าง ก่อนและหลังการปรับกระบวนการ

จากการนำ SPC เข้ามาประยุกต์ใช้ในกระบวนการพบว่าสามารถที่จะช่วยให้ทั้งทีมฝ่ายการผลิตมองกระบวนการเป็นเรื่องเดียวกันและสามารถแก้ปัญหาได้ถูกทางตรงตามความต้องการของลูกค้า และยังง่ายกับการแปลผล ผู้ปฏิบัติงานจริงหน้างานก็สามารถเข้าใจได้ง่ายเนื่องจากหลักการสามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยากมากนัก

ออกแบบวิธีการที่จะแก้ปัญหา กำหนดแนวทางที่เหมาะสม

การออกแบบวิธีการที่จะแก้ปัญหาทำโดยนำผลลัพธ์ที่ได้จากการการตรวจสอบในแต่ละรุ่นการผลิตทั้งหมดบันทึกลงตาราง Excel ชุดละ 10 รุ่นแล้วจะประมวลผลออกมาทั้งค่าทางสถิติและกราฟ Control Chart ทำให้สามารถมองเห็นได้ทันทีว่ากระบวนการผลิตนั้นเบี่ยงไปจากค่าเป้าหมายมากน้อยเพียงใด ซึ่งถ้าหากเป็นสินค้าใหม่การเฝ้าดูกระบวนการมีความจำเป็นมากเนื่องจากผลที่ได้ใช้กำหนดทิศทางของเป้าหมายหรือข้อกำหนดได้ เมื่อมีผลสรุปเกี่ยวกับกระบวนการอย่างใดต้องมีการแจ้ง หรือประชุมเพื่อชี้แจงถึงรายละเอียดให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบโดยฝ่ายผลิตและนักวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการดำเนินงานมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 บันทึกผลการตรวจสอบในแต่ละรุ่นการผลิตโดยใช้รูปแบบ Excel ตามรูปที่ 30

=Product :

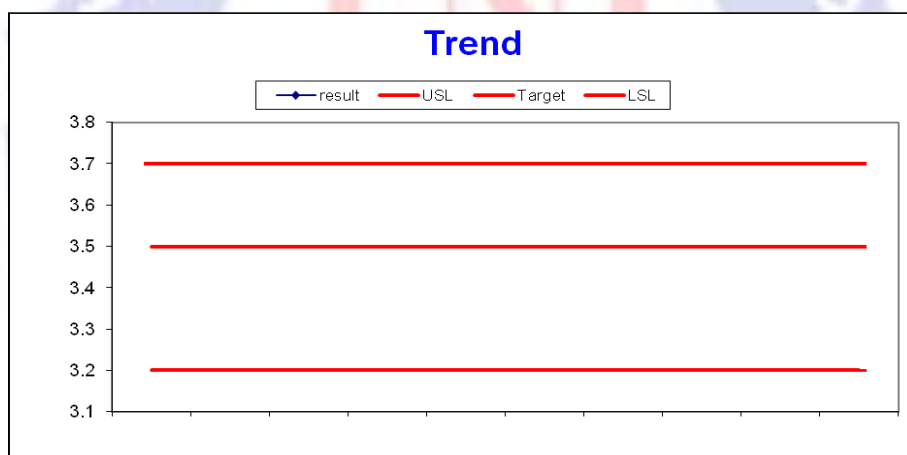
[Graph](#) [Menu](#)

[Result 10st Batch](#)

Batch	0		0		0		0		0		0
	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avg	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
SD	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Cp	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Cpu	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Cpl	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Cpk	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 30 ตารางบันทึกผลการตรวจวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 2 กราฟ Control Chart จะบอกถึงความสามารถของกระบวนการคร่าว ๆ จากผลของรูปที่ 31 แสดงเป็นแผนกราฟดังรูปแบบที่เตรียมไว้ ดังรูปที่ 28



รูปที่ 31 กราฟ Control Chart

คัดเลือกแนวทางที่เป็นไปได้ในการปฏิบัติงานจริงเพื่อปรับปรุง

สมมติให้กระบวนการผลิตผลิตแล้วมีปัญหาผลลัพธ์ที่ได้มีค่าอยู่นอกช่วงควบคุม จะทำการค้นหาสาเหตุ โดยทบทวนขั้นตอนการผลิตว่าได้ทำตามหรือไม่ หรือตรวจสอบดูว่ามีความผิดปกติของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตรึนั้นหรือไม่ โดยนำทั้ง 4M เข้ามาเพื่อวิเคราะห์หาเหตุ เมื่อทราบสาเหตุแล้วก็จะทำการแก้ไขหรือเพิ่มความระมัดระวังในรุ่นถัดไปพร้อมทั้งเฝ้าดูกระบวนการต่อ สำหรับสินค้าใหม่ที่มีผลลัพธ์จากกระบวนการผันแปรไปจากข้อกำหนดมาก อาจมีหลายสาเหตุ ทั้งในด้านกระบวนการหรือการกำหนดข้อกำหนดที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ต้องมีการเฝ้าดูกระบวนการเพิ่มขึ้นจนกว่าความผันแปรจะอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

กำหนดตัวชี้วัด

เนื่องจากการปรับเปลี่ยนการควบคุมกระบวนการดังกล่าวเป็นการปรับเปลี่ยนการบันทึกข้อมูลทางด้านคุณภาพ การนำ SPC (Statistical Process Control) มาใช้เพื่อควบคุมกระบวนการสามารถใช้ได้ดีเพราะค่า C_p และ C_{pk} ที่ได้สามารถบอกถึงกระบวนการของการผลิตได้เป็นอย่างดี และทำให้ฝ่ายผลิตง่ายต่อการปรับเปลี่ยน Process เพื่อให้อยู่ใน Action Limit โดยผลที่ได้จะอยู่ที่ค่ากลางของประชากร จึงทำให้คุณภาพของการผลิตสูงขึ้นและสามารถนำหลักการ และการแปลผลที่ได้จาก SPC มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อใช้ในการกำหนดข้อกำหนดหรือมาตรฐานของผลิตภัณฑ์นั้นต่อไป



บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิเคราะห์

วิธีการควบคุมกระบวนการผลิตโดยใช้สถิติ (SPC) มีใช้อย่างกว้างขวางในโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับเฝ้าติดตามและปรับปรุงสมรรถนะของกระบวนการ ถึงแม้ว่าแนวความคิดและวิธีการของ SPC จะเป็นสากลโดยธรรมชาติ กระบวนการในการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษาก็แตกต่างจากอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งในกรณีนี้จะปรับปรุงกระบวนการผลิตในโรงงานผลิตเครื่องสำอาง กรณีที่ผลิตเครื่องสำอางรุ่นแรกถึงรุ่นที่ 10 จะมีการบันทึกผลการวิเคราะห์นั้น โดยไม่มีการปรับให้เข้าใกล้เป้าหมาย เมื่อครบ 10 Batch จะต้องส่งข้อมูลให้กองพัฒนาและวิจัยผลิตภัณฑ์เพื่อทบทวนในการปรับข้อกำหนดหรือปรับส่วนผสมสูตรโดยพิจารณาตามความเหมาะสม หากมีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ทางฝ่ายโรงงานจะมีการเฝ้าติดตามอีก 10 Batch ถ้าผลเป็นที่น่าพอใจก็จะใช้เป็นสูตรต้นแบบสำหรับการผลิตงานรุ่นถัดไป แต่ถ้าหากไม่ได้ตามข้อกำหนดก็ต้องส่งข้อมูล 10 Batch นี้ให้กองพัฒนาและวิจัยผลิตภัณฑ์เพื่อทบทวนทั้งสูตรการผลิตและข้อกำหนดใหม่อีกครั้ง เหล่านี้ทำให้พนักงานหลายฝ่ายมีการติดต่อประสานงานกันและใช้เครื่องมือที่เข้าใจกันได้ทั่วถึงและไม่ยากมากนัก คือ การควบคุมกระบวนการโดยวิธีทางสถิตินั้นเอง

เสนอแนะแนวทางใหม่

การสร้างเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพนั้นมีหลากหลายวิธีการในการปฏิบัติ โดยกระบวนการควบคุมทางสถิติ (SPC) เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์การวัดและการควบคุมระบบ

ซึ่งในกระบวนการควบคุมคุณภาพโดยอาศัยทฤษฎีทางสถิตินั้น ยังมีหลักคิดอื่น ๆ ในการวิเคราะห์และคำนวณเพื่อได้มาซึ่งความเข้าใจในธรรมชาติของระบบ อันจะทำให้สามารถทำนายเป้าหมายในอนาคตได้แม่นยำมากขึ้น จึงควรมีการนำเอาทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมาร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูล

ปัญหาและอุปสรรค ในการนำเครื่องมือใหม่เข้ามาใช้ในการควบคุมกระบวนการ มีความจำเป็นต้องสอนพื้นฐานของเครื่องมือนั้นให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจก่อน ในกรณีนี้ต้องสอนพื้นฐานทางสถิติที่เกี่ยวข้อง เช่น การแจกแจงข้อมูลปกติ ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (C_p) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ฯลฯ ซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติเข้าใจง่าย เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วสามารถตีความของแผนภูมิควบคุมนั้น ๆ ได้ อีกทั้งยังต้องชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของเครื่องมือ SPC ที่ใช้ เพื่อให้ดำเนินการไปในแนวทางเดียวกันอีกด้วย

ในการศึกษานี้ได้มีการประยุกต์ใช้ SPC กับโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องสำอางเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตทั้งสินค้าใหม่และสินค้าเก่า ซึ่งสาเหตุของความผันแปรได้มาจากวัตถุดิบที่ใช้ เครื่องจักร (Mixing Tank) วิธีการ (เวลาที่ใช้ในการผสม) อุณหภูมิที่กำหนด ฯลฯ ค่าเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ทำให้ Bulk ที่ผสมออกมาไม่สามารถตรงตามข้อกำหนด (เป้าหมาย) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรมีการควบคุมตัวแปรเหล่านี้ไว้ก่อน แต่สำหรับในการศึกษานี้ไม่ได้กล่าวไว้ ซึ่งอาจนำเครื่องมืออื่น ๆ เข้ามาช่วยในการดำเนินงานได้ เช่น การนำ FMEA (Failure Mode Effect Analysis) มาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์หาจุดเสี่ยงที่หากเกิดความผันแปร ความผิดปกติ สิ่งที่เกิดการณได้ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะของ Bulk ได้ โดยนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่มีวิธีการดำเนินงานคล้ายกัน เนื่องจากมีความจำเป็นต้องควบคุมจุดเสี่ยงต่าง ๆ ก่อน เพราะเราทราบสาเหตุจากกรณีก่อนหน้านี้แล้ว FMEA จึงเป็นเครื่องมือที่ใช้ป้องกันความผิดพลาดได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งนำมาใช้ในลักษณะการวิเคราะห์เชิงป้องกัน นั่นก็คือ จะต้องทำรายการความผิดพลาด ที่อาจเกิดขึ้นได้ออกมาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แม้ว่าจะเป็นความผิดพลาดที่ไม่เคยเกิดขึ้นก่อนเลยก็ตาม เพราะความผิดพลาดบางอย่างนั้นหากเกิดขึ้นแล้ว จะส่งผลกระทบเกินกว่าที่จะยอมรับได้ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการเสียเวลาจากการ Rework งานก็อาจเป็นได้

ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำสารนิพนธ์

1. ใช้ในการศึกษาการควบคุมคุณภาพของกระบวนการโดยใช้สถิติ (SPC) โดยนำหลักการมาประยุกต์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทเกี่ยวกับเครื่องสำอาง โดยมีการเฝ้าติดตามในกระบวนการเก่าเพื่อรักษาระดับความผันแปรให้มีความผันแปรน้อยสุด และกระบวนการใหม่เพื่อควบคุมสภาวะให้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดและเข้าใจกับธรรมชาติของกระบวนการนั้น ๆ
2. ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพโดยลดความผันแปรของผลิตภัณฑ์และสามารถปรับปรุงสมรรถภาพของกระบวนการผลิตโดยการลดของเสียและการ Rework และ SPC ยังใช้เฝ้าติดตามเพื่อตัดสินใจปรับกระบวนการหากเกิดมีรายการที่ต่ำกว่าข้อกำหนดหรือมาตรฐานและป้องกันการเกิดข้อบกพร่องในผลิตภัณฑ์

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2545). สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 1 (ประมวลผลด้วยมินิแท็บ). พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- .(2548). การแก้ไขปัญหาธุรกิจด้วยวิธีทางสถิติ (SPS). กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).
- .(2551). การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (ประมวลผลด้วยมินิแท็บ). พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- .(2552). หลักการควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ASQC (American Society for Quality Control) (1996). **Glossary and Table for Statistical Quality Control**. 3rd edition. ASQC Statistic Division. Milwaukee : Quality Press.
- Bharatendra K. Rai. (2008). Implementation of Statistic Process Control in an India Tea Packaging Company. **International Journal Business Excellence**. (1) : 160-174.
- Bin Nie; and Er Shi Qi. (2004). CASH: A New SPC Scheme Based on Cluster Analysis in Excess Variety. **International Journal of Business**. (9) : 381-389.
- Ching-Pao Chang; and Chinh-Ping Chu. (2008). Improvement of Causal Analysis Using Multivariate Statistic Process Control. **Software Quality Journal**. (16) : 377-409.
- Deming W. E. (1982). **Quality, Productivity and Competitive Positions**. Massachusetts : Massachusetts Institute of Technology.
- Hidetoshi Murakami; and Takashi Matshuki. (2010). A Nonparametric Control Chart Based on Mood Statistic for Dispersion. **International Journal Advance Manufacturing Technology**. (49) : 757-763.
- Ishikawa K. (1990). **Introduction to Quality Control**. 3A Corporation. Tokyo : Chapman & Hall Inc.
- Jose Antonio Heredia; and Maltis Gras. (2010). Statistical Estimation of Variation Transmission Model in a Manufacturing Process. **International Journal Advance Manufacturing Technology**. 53 : 789-795.

- Juran J. W. (1988). **Juran on Planning for Quality**. New York : The Free Press.
- Kume H. (1985). **Statistical Methods for Quality Improvement**. Tokyo : AOTS Chosakai, Ltd.,
- Ming-Hsien Caleb Li; and Shih-Ming Hong. (2005). Improving Bonding Strength of Tape-Automated Bonding Technology by Implementing Statistical Process Control : A Case Study. **International Journal Advance Manufacturing Technology**. (27) : 372-380.
- Salah Haridy; Sherif Araby Gouda; and Zhang Wu. (2010). An Integrated Framework of Statistical Process Control and Design of Experiments for Optimizing Wire Electrochemical Turning Process. **International Advance Manufacturing Technology**. 53 : 191-197
- Shewhart W.A. (1931). **Economics Control of Quality of Manufactured Product**. New York : D. Van Nostrand Company Inc.
- Sleeper A. (2007). What If There Was No Normal Distribution. **Six Sigma Forum Magazine**. 7 (1) : 10-12.
- Theodora Kourti. (2005). Application of Latent Variable Methods to Process Control and Multivariate Statistical Process Control Industry. **International Journal of Adaptive control and Signal Processing**. (19) : 213-246.
- Wheeler D. J.; and D. S. Chamber. (1986). **Understanding Statistical Process Control**. Tennessee : SPC Press Inc.
- .(1992). **Understanding Statistical Process Control**. Tennessee : SPC Press Inc.
- William H. Woodall. (2000). Controversies and Contradictions in Statistic Process Control. In **Journal of Quality Technology**. (32) : 341-348.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.

การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้ Shapiro-Wilk Test หรือ W Test

ผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 1 รหัส REF. NO. 001676/4



ภาคผนวก ก.

การทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วย Shapiro-Wilk Test หรือ W Test

การทดสอบการแจกแจงแบบปกติสามารถทำได้หลายการทดสอบ แต่การทดสอบที่ได้รับความนิยมมาก คือ Shapiro-Wilk Test หรือกล่าวสั้น ๆ ว่า W Test โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการทดสอบด้วย W Test เมื่อตัวอย่างสุ่มมีขนาด $n \leq 50$ เท่านั้น

สมมติฐานของการทดสอบ คือ

H_0 : ... (ระบุ) มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ... (ระบุ) ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

คำนวณหาตัวสถิติทดสอบโดยเรียงลำดับค่าสังเกต n จากน้อยไปหามาก

$$X_1 < X_2 < \dots < X_n$$

ตัวสถิติทดสอบ คือ

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\text{เมื่อ } b = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i)$$

โดย a_{n-i+1} คือ สัมประสิทธิ์ของ W Test ในการทดสอบการแจกแจงปกติ

$$\text{และ } k = \begin{cases} \frac{n}{2} \\ \frac{n-1}{2} \end{cases}$$

เมื่อ n เป็นเลขคู่

เมื่อ n เป็นเลขคี่

ทั้งนี้ W มีค่ามากกว่าศูนย์เสมอและ W ที่มีค่ามากจะสนับสนุน H_0 ดังนั้น

$p\text{-value} = P(W < w)$ โดยจากตาราง Percentage Point of the W Test เมื่อ n มีค่าตั้งแต่ 3 ถึง 50

จากการศึกษาจะทำการทดสอบว่าค่าวิเคราะห้ความหนืด (Viscosity) ตามตารางที่ 5 (หน้า 36) ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ดำเนินการได้ดังนี้

วิธีทำ

1. H_0 : ค่าการวิเคราะห์ความหนืดได้มีการแจกแจงแบบปกติ
2. H_1 : ค่าการวิเคราะห์ความหนืดไม่มีการแจกแจงแบบปกติ
3. เรียงลำดับ X_i : ค่าการวิเคราะห์ความหนืดที่ใช้ทั้ง 10 ค่าจากค่าน้อยไปหามาก
ได้ดังนี้

5000 5100 6000 6000 6000 6100 6200 6500 7000 7100

$$\text{จาก } b = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i)$$

ได้ว่า

$$\begin{aligned} b &= 0.5739(7100 - 5000) + 0.3291(7000 - 5100) + 0.2141(6500 - 6000) + \\ &0.1224(6200 - 6000) + 0.0399(6100 - 6000) \\ &= 1966 \end{aligned}$$

$$\text{จาก } W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{(1966)^2}{4220000} \\ &= 0.9159 \end{aligned}$$

4. เมื่อ $n = 10$ ได้ว่า

$$P(W < 0.938) = 0.5 \text{ และ } P(W < 0.972) = 0.9$$

$$\therefore 0.5 < p\text{-value} = P(W < 0.9159) < 0.9$$

นั่นคือ ค่าการวิเคราะห์มีการแจกแจงแบบปกติ

ค่าสัมประสิทธิ์ของ a_{n-i+1} สำหรับสถิติทดสอบ W ในขนาดตัวอย่าง 2 – 10

$i \backslash n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0.7071	0.7071	0.6872	0.6646	0.6431	0.6233	0.6052	0.5888	0.5739	
2		0	0.1677	0.2413	0.2806	0.3031	0.3164	0.3244	0.3291	
3				0	0.0875	0.1401	0.1743	0.1976	0.2141	
4						0	0.0561	0.0947	0.1224	
5								0	0.309	



ภาคผนวก ข.

การทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยใช้ Shapiro-Wilk Test หรือ W Test

ในผลิตภัณฑ์ชนิดที่ 2 รหัส REF. NO. 0071157/1



ภาคผนวก ข.

จากการศึกษาจะทำการทดสอบว่าค่าวิเคราะห์ความความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในตัวอย่างตามตารางที่ 9 (หน้า 47) Batch ที่ 1-10 ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ดำเนินการได้ดังนี้ (อ้างอิงตารางค่าสัมประสิทธิ์ a_{n-i+1} ตารางที่ 9)

วิธีทำ

1. H_0 : ค่าการวิเคราะห์ความหนืดได้มีการแจกแจงแบบปกติ
2. H_1 : ค่าการวิเคราะห์ความหนืดไม่มีการแจกแจงแบบปกติ
3. เรียงลำดับ X_i : ค่าการวิเคราะห์ความหนืดที่ใช้ทั้ง 10 ค่าจากค่าน้อยไปหามากได้ดังนี้

6.80 7.00 7.00 7.11 7.25 7.28 7.30 7.40 7.55 7.60

$$\text{จาก } b = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i)$$

ได้ว่า

$$\begin{aligned} b &= 0.5739(7.60 - 6.8) + 0.3291(7.55 - 7.00) + 0.2141(7.40 - 7.00) \\ &+ 0.1224(7.30 - 7.11) + 0.0399(7.28 - 7.25) \\ &= 0.7502 \end{aligned}$$

$$\text{จากสูตร } W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{(0.7502)^2}{0.58109} \\ &= 0.9689 \end{aligned}$$

4. เมื่อ $n = 10$ ได้ว่า

$$P(W < 0.938) = 0.5 \text{ และ } P(W < 0.972) = 0.9$$

$$\therefore 0.5 < p\text{-value} = P(W < 0.9689) < 0.9$$

นั่นคือ ค่าการวิเคราะห์มีการแจกแจงแบบปกติ