สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน กรณีศึกษา บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด

นางสาวเศวตพิมล ฮากุล
นางสาวอุรศา ฮันสราช
นางสาวณิชาภา เจริญลาภ

ลย.
ต875ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83060
วัน,เดือน,ปี 31 ต.ค. 2551

b 11960632
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

QUALITY IMPROVEMENT IN HOT-DIP GULVANIZING PROCESS : CASE STUDY UA-WITTAYA CO.,LTD

MS. SAWAITPIMOL SAKUL

MS. URASA HANSRAJ

MS. NICHAPA CHAROENLAP

THIS THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน กรณีศึกษา บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด **QUALITY IMPROVEMENT IN HOT-DIP GULVANIZING PROCESS : CASE STUDY UA-WITTAYA CO.,LTD**
นักศึกษา	นางสาวเศวตพิมล สากุล รหัสประจำตัว 47010790 นางสาวอุรศา ฮันสราช รหัสประจำตัว 47010999 นางสาวณิชาภา เจริญลาภ รหัสประจำตัว 47011003
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช)

(ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน กรณีศึกษา บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด
นักศึกษา	นางสาวเศวตพิมล สากุล รหัสประจำตัว 47010790
	นางสาวอุรศา ธันสราช รหัสประจำตัว 47010999
	นางสาวฉิชาภา เจริญลาภ รหัสประจำตัว 47011003
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	*2550*
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช
	ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน ของผลิตภัณฑ์โบลต์ให้เหมาะสมกับโรงงานตัวอย่าง โดยได้ประยุกต์ใช้เทคนิคทางการปรับปรุงคุณภาพได้แก่ แผนภูมิก้างปลา การทดสอบสถิติ QC Story และการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ จากการศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่างพบว่าปัญหาทางการควบคุมคุณภาพของโรงงานตัวอย่าง นั่นคือไม่มีการสร้างข้อกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน และมีการผลิตของเสียออกมาเป็นปริมาณมาก ดังนั้นในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนของผลิตภัณฑ์โบลต์ดังนี้ 1) ออกแบบภาชนะชุบใหม่เพื่อลดปัญหาของเสีย และ 2) ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเพื่อเป็นมาตรฐานในการสุ่มตัวอย่างในขนาดที่เหมาะสม ทำให้ของเสียน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Quality Improvement in Hot-Dip Gulvanizing Process:
	Case Study Ua-Wittaya Co.,Ltd.
Student	Ms. Sawaitpimol Sakul
	Ms. Urasa Hansraj
	Ms. Nichapa Charoenlap
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2007
Thesis Advisor	Asst. Prof. Pornsak Attavanich
	Dr. Sakon Klongboonjit

ABSTRACT

The purpose of this study is to improve quality of bolts products in Hot-dip galvanizing process of the studied factory. Quality improvement techniques that are cause-effect diagram,QC Story and statistical hypothesis have been applied in this study. The study found that there are now the problems in quality controlling and a lot of defects in production process. Finally,we propose the improvement plan to enhance of bolt products in Hot-dip galvanizing process as following: 1) A designed bolt dipping bucket and 2) An acceptance sampling plan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน กรณีศึกษา บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอพระคุณบุคคลทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช และ ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ความรู้ คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา ความเอาใจใส่ การค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม รวมทั้งการแก้ไขงานให้สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน สำหรับความรู้ คำแนะนำ กำลังใจและความเอาใจใส่ตลอดเวลาที่ผ่านมา

ขอกราบขอบพระคุณวิศวกรและพนักงานทุกคนในแผนกสลักภัณฑ์ บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด ที่ให้คำปรึกษา ให้ความร่วมมืออย่างดีในการทำปริญญานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ปริญญา ปิ่นทอง และคณะนักวิชาการ งานทุบและอบชุบโลหะ ส่วนอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล ส่วนเทคโนโลยีการผลิตพื้นฐาน สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน ที่ให้ความรู้ และคำปรึกษาในกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยไถ่ถาม เป็นกำลังใจ และผู้ให้การสนับสนุนทางทุนทรัพย์ตลอดมา

ขอบคุณและขอบใจเพื่อนๆทุกคนสำหรับความช่วยเหลือ จนทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วง และคอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

นางสาวเศวตพิมล สากุล
นางสาวอุรศา ยันสราช
นางสาวฉิชาภา เจริญลาภ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....ฉ

สารบัญรูป.....ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน.....2

2.2 เทคนิคการแก้ปัญหาด้วย *QC Story*.....9

2.3 การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ.....13

2.4 แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ.....21

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 การค้นหาปัญหาและเลือกหัวข้อเรื่อง.....28

3.2 การศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน.....28

3.3 การกำหนดดัชนีชี้วัด.....29

3.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา.....29

3.5 แผนการแก้ปัญหาและการออกแบบการทดลอง.....31

3.6 ขั้นตอนการดำเนินการตามแผนและตรวจสอบผลการดำเนินการ.....32

3.7 กำหนดมาตรฐาน.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ถังล้างแบบใหม่....33

4.2 ผลการเก็บข้อมูลตัวอย่าง และผลการทดสอบทางสถิติ....34

4.3 จำนวนของเสียจากกระบวนการชุบสลักภัณฑ์หลังการปรับปรุง....40

4.4 แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ....42

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 รายละเอียดของโครงงาน....44

5.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน....44

5.3 ประโยชน์ของโครงงาน....44

5.4 ผลการดำเนินงาน....45

5.5 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน....45

5.6 แนวทางในการปรับปรุงพัฒนาโครงงาน....46

หนังสืออ้างอิง....47

ภาคผนวก....ผ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบสมมติฐานกับความจริง....15
ตารางที่ 2.2 การทดสอบข้อมูลแบบแมคเนมาร์....18
ตารางที่ 4.1 ผลการเก็บข้อมูล....34
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองและความแตกต่างระหว่างคู่....36
ตารางที่ 4.3 การหาอันดับเครื่องหมายในการทดสอบสมมติฐาน....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนภูมิก้างปลา....10
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลโดยใช้การวิเคราะห์แบบพาเรโต....11
รูปที่ 2.3 แผนภาพพาเรโต....11
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม....13
รูปที่ 2.5 การทดสอบทางเดียว....15
รูปที่ 2.6 การทดสอบแบบสองทาง....16
รูปที่ 2.7 ตัวทดสอบทางสถิติแบบไร้พารามเตริกที่เหมาะกับข้อมูลแต่ละประเภท....18
รูปที่ 2.8 การใช้เทคนิคเชิงสถิติในการควบคุมคุณภาพ....21
รูปที่ 2.9 การจำแนกประเภทแผนการชักตัวอย่าง....24
รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนในการตรวจรับสินค้าของแผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยว....25
รูปที่ 2.11 แสดงโนโมกราฟที่สร้างจากการแจกแจงแบบทวินาม....26
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงร้อยละโดยจำนวนของเสียของสลักภัณฑ์ที่เป็นงานนำกลับมาทำใหม่....28
รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังแสดงกระบวนการโบลด์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน....29
รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงสาเหตุและผล....30
รูปที่ 3.4 ถังล้างแบบเก่า....31
รูปที่ 3.5 ชิ้นงานสูงเกินขอบถัง....31
รูปที่ 3.6 การออกแบบถังล้างแบบใหม่....31
รูปที่ 4.1 ถังล้างใหม่....33
รูปที่ 4.2 กราฟปกติ....40
รูปที่ 4.3 จำนวนของเสียที่ลดลงหลังปรับปรุงกระบวนการ....40
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบจำนวนของเสียทั้งหมดของกระบวนการก่อนและการปรับปรุง....41
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบจำนวนของเสียระหว่างถังล้างแบบเก่าและแบบใหม่....41
รูปที่ 4.6 แสดงโนโมกราฟที่สร้างจากการแจกแจงแบบทวินาม....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน

ในอุตสาหกรรมและธุรกิจบริการปัจจุบันจำเป็นต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงองค์กรเพื่อให้มี ศักยภาพทางการแข่งขันในสภาวการณ์ที่เศรษฐกิจมีการเจริญเติบโตในอัตราสูงและต่อเนื่อง ทั้งการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือคุณภาพบริการ รวมถึงการพิจารณาในส่วนของการลดต้นทุนในการผลิต โดยยังคงไว้ซึ่งคุณภาพที่ดีที่ลูกค้าพึงพอใจและยอมรับได้ การเพิ่มโอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจ อุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีการพัฒนาองค์กรของตนเองในด้านต่างๆ โดยเฉพาะการนำเทคนิคหรือหลักการด้านวิศวกรรมอุตสาหการเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการผลิต

ในอุตสาหกรรมการชุบเหล็กด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน คุณภาพของชิ้นงานถือเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าและโอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจ ดังนั้นโรงงานจึงจำเป็นต้องมีกระบวนการชุบที่มีประสิทธิภาพทุกขั้นตอน เพื่อลดจำนวนของเสียในแต่ละขั้นตอนให้น้อยที่สุดหรือแทบไม่มีเลย (Zero defect) โดยยึดหลัก กระบวนการต่อไปคือลูกค้า เพื่อให้ชิ้นงานในขั้นตอนสุดท้ายมีของเสียน้อยที่สุด เป็นการลดการนำชิ้นงานที่เสียกลับมาทำใหม่ (Rework) ซึ่งจะทำให้ต้นทุนลดลง ได้กำไรเพิ่มขึ้น และลดเวลาในการผลิต รวมไปถึงกระบวนการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานก่อนส่งให้กับลูกค้า จะต้องมีประสิทธิภาพ เชื่อถือได้ และจะต้องทำให้ของเสียออกไปถึงมือลูกค้าน้อยที่สุด หรือแทบจะไม่มีเลย เพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจ

ในกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อนในโรงงานที่ผู้วิจัยทำการศึกษานี้ มีของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากคิดเป็นร้อยละ 90 ของจำนวนของเสียทั้งหมดเกิดจากการชุบไม่ติด ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นนี้จะถูกนำกลับมาทำใหม่ ทำให้ต้นทุนและเวลาในการผลิตเพิ่มขึ้น เป็นการเสียโอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจ

1.2 วัตถุประสงค์

1. หาสาเหตุและลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน
2. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพและกำหนดมาตรฐาน สำหรับกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อนกรณีศึกษา โรงงานเอื้อวิทยา

1.3 ขอบเขตปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาเฉพาะการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน กรณีศึกษา โรงงาน เอื้อวิทยา เท่านั้น
2. รอยดำหนิบนชิ้นงาน คือ รอยบนชิ้นงาน ที่เกิดจากการชุบด้วยสังกะสีไม่ติด มีลักษณะเป็นจุดสีดำที่มองเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า และของเสีย คือ ชิ้นงานที่มีรอยดำหนิตั้งแต่ 1 จุดขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการทำปริญญานิพนธ์จำเป็นจะต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา แก้ปัญหาและดำเนินการเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการดังนี้

2.1 กระบวนการชุบสังกะสีแบบกัลวาไนซ์

กระบวนการชุบสังกะสีแบบกัลวาไนซ์ 2 กระบวนการที่แตกต่างกันกล่าวคือ

แบบ Wet Process ชิ้นงานที่ผ่านการจุ่มกรดกระตุ้นผิวแล้ว จะนำมาล้างแล้วจุ่มผ่านฟลักซ์ที่ลอยอยู่บนผิวหน้าของสังกะสีหลอมเหลว

แบบ Dry Process จะนำชิ้นงานไปจุ่มฟลักซ์ก่อน แล้วปล่อยให้ฟลักซ์แห้งบนชิ้นงาน หลังจากนั้นจึงนำชิ้นงานไปจุ่มในสังกะสีหลอมเหลวที่ไม่มีอะไรปกคลุม

2.1.1 จุดประสงค์ของการทำกัลวาไนซ์

เพื่อป้องกันการเกิดสนิม ทั้งนี้เป็นเพราะเหล็กกล้าจะเกิดสนิมได้ง่ายเมื่อสัมผัสอากาศ ซึ่งจะเกิดเป็นเหล็กออกไซด์ และจะเกิดการกัดกร่อนไปเรื่อยๆ เนื้อเหล็กก็จะค่อยๆ หมดไป วิธีการหนึ่งในการป้องกันการเกิดสนิมก็คือทาผิวหน้าชิ้นงานโดยสารทึบป้องกันความชื้นและอากาศเข้าไปในเนื้อโลหะ เช่น การทาสีก็ป้องกันความชื้นและอากาศเข้าไปในเนื้อโลหะ แต่การทาสีก็มิใช่วิธีป้องกันความชื้นที่ดีที่สุด เมื่อใช้ไปนานๆ จะเกิดการลอก เนื้อโลหะจึงเกิดสนิมและเสียหายอย่างรวดเร็ว

ผิวสังกะสีที่ได้จากการทำกัลวาไนซ์จะป้องกันผิวหน้าของเหล็ก หรือเหล็กกล้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการทาสีหรือการเคลือบพลาสติกเมื่อนำเหล็กที่ผ่านการทำความสะอาดมาแล้วไปจุ่มในสังกะสีหลอมเหลว จะเกิดผิวเคลือบขึ้นจากปฏิกริยาระหว่างสังกะสีหลอมเหลวกับเหล็ก เกิดเป็นโลหะผสมกับโลหะเดิม ดังนั้นผิวเคลือบแบบกัลวาไนซ์นี้จึงมีความทนทานทางกายภาพมากกว่าการทาสีและบริเวณที่ทาสีได้ยากก็ถูกเคลือบด้วยสังกะสี

แม้จะมีช่องเล็กๆ (เช่น รอยขีด ข่วน) ที่ผิวเคลือบ ก็ยังสามารถป้องกันเหล็กจากการกัดกร่อนได้ ทั้งนี้เป็นเพราะแรงเคลื่อนไฟฟ้าทางเคมีของสังกะสีและเหล็กแตกต่างกันหมายถึงสังกะสีถูกกัดกร่องไปก่อนเหล็ก

2.1.2 อายุการใช้งานของผิวเคลือบ

อายุการใช้งานของผิวเคลือบสังกะสีขึ้นอยู่กับความหนาผิวเคลือบ และเงื่อนไขของบรรยากาศในการใช้งาน ถ้าผิวเคลือบมีลักษณะบางมากเพื่อลดต้นทุนแล้ว ผิวเคลือบอาจใช้งานได้ไม่นานในสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน ความหนาของผิวเคลือบมักแสดงอยู่ในรูปของน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 วัสดุที่เหมาะสมในการทำกัลวาไนซ์

โดยทั่วไปแล้ว เหล็กและเหล็กกล้าที่ใช้สำหรับงานโครงสร้างสามารถนำมาชุบแบบกัลวาไนซ์ได้ จะมีวิธีการเตรียมผิวที่แตกต่างกันไปเล็กน้อยถ้าต้องการให้ผิวเคลือบดีตามความต้องการ

สำหรับเหล็กกล้า ควรมีส่วนผสมดังนี้

คาร์บอน ไม่เกิน	0.25%
ซิลิกอล	0.04 – 0.12%
แมงกานิสไม่เกิน	1.35%
ฟอสฟอรัสไม่เกิน	0.05%

ในเหล็กกล้าธาตุสำคัญที่มีผลต่อความหนาของผิวเคลือบคือซิลิกอล ซึ่งถ้าอยู่ในช่วง 0.04%-0.12% ก็จะได้ผิวเคลือบที่หนาที่สุดและเกิดผิวเคลือบได้เร็วที่สุดปริมาณซิลิกอลอาจมีได้ถึง 0.2% แต่ไม่ควรเกิน 0.3% เพราะจะไม่เกิดชั้นของโลหะผสมของเหล็กและสังกะสี ผิวเคลือบจะเปราะและแตก

2.1.4 ลักษณะของผิวเคลือบ

จะแบ่งเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละชั้นมีส่วนผสมของสังกะสีและเหล็กต่างกันไปดังนี้

เอต้า	-	เป็นสังกะสี 100%
ซีต้า	-	มีสังกะสี 94% เหล็ก 6%
เดลต้า	-	มีสังกะสี 90% เหล็ก 10%
แกมม่า	-	มีสังกะสี 75% เหล็ก 25%

ปกติชั้นแกมม่าจะบางมากแทบไม่เห็น ส่วนชั้นเดลต้ามีความเปราะ ยิ่งชุบนานชั้นเดลต้ายิ่งหนาความหนาในการชุบอย่างน้อย 30ไมครอน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วในการจุ่มชิ้นงานลงถังชุบ เวลาที่แช่ในถังชุบ และความเร็วในการดึงชิ้นงานออกมา โรงชุบแต่ละโรงต้องทำการทดลองเองว่าเวลาชุบนานเท่าใด จึงจะได้ความหนาตามต้องการ ปกติจะอยู่ในช่วง 1-5 นาที

2.1.5 ขั้นตอนการชุบสังกะสีแบบกัลวาไนซ์

2.1.5.1 การเตรียมผิว

การต้มล้างไขมันเป็นส่วนหนึ่งของการเตรียมผิวชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานที่นำมาชุบได้ดี จะต้องผ่านการเตรียมผิวชิ้นงานที่ดีมาก่อน

ปกติโรงชุบที่ชุบสังกะสีแบบกัลวาไนซ์นี้จะมีชิ้นงานค่อนข้างมาก และมีหลายประเภท บางชิ้นงานจะมีน้ำมันเคลือบอยู่ ซึ่งอาจมาจากการเคลือบป้องกันสนิม หรือเกิดจากน้ำมันที่ทำให้ลื่นตอนปั๊มขึ้นรูป หรือคอนรีดชิ้นงานเป็นต้น คราบน้ำมันเหล่านี้ถูกกำจัดไปได้โดยใช้ด่างร้อน

ด่างร้อนที่ใช้มีอุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส เวลาในการจุ่มอยู่ในช่วง 1-20 นาทีขึ้นอยู่กับสภาพและปริมาณไขมัน โดยปกติใช้เวลาประมาณ 5 นาทีหรือเร็วกว่านี้ถ้ามีการกวนด่างร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำยาล้างไขมันมีหลายชนิด ควรใช้น้ำยาต้มล้างไขมันที่ผสมไว้เป็นผงสำเร็จรูปจะดีกว่า เมื่อซื้อมาแล้วนำมาละลายน้ำตามสัดส่วนที่คู่มือกำหนด จะทำให้การทำงานสะดวก

2.1.5.2 การจุ่มกรดกระตุ้นผิว

ชิ้นงานที่จะนำมาทำกัลวาไนซ์มักมีคราบสนิม หรือออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการอบอ่อนซึ่งกำจัดออกโดยใช้กรด โดยปกติแล้วจะใช้กรดเกลือกระตุ้นผิวชิ้นงานที่ประกอบเสร็จแล้วและใช้กรดกำมะถันกระตุ้นผิวชิ้นงานที่ยังไม่ได้ประกอบ เช่น แผ่นเหล็ก หรือท่อ นอกจากบางกรณีจึงจะใช้กับชิ้นงานที่ประกอบเสร็จแล้ว

จุดประสงค์ของการจุ่มกรดกระตุ้นผิวคือ การกำจัดคราบสนิม ดังนั้นถ้าจุ่มนานเกินไปจะทำให้ผิวหยาบ เมื่อนำไปชุบสังกะสีจะได้ผลไม่ดี จึงจำเป็นต้องใส่ "สารยับยั้ง" เข้าไปเพื่อไประงับการกัดกร่อนบนเหล็กที่สะอาดแล้ว โดยที่ไม่มีผลต่อการกำจัดสนิม ดังนั้นส่วนของชิ้นงานที่ถูกกัดสนิมออกแล้ว จะถูกป้องกันเหล็กจากการกัดของกรด ในขณะที่สนิมในส่วนอื่นที่ยังค้างอยู่ก็จะถูกกำจัดออกไป วิธีนี้จะทำให้ได้ผิวชิ้นงานที่เรียบกว่า เมื่อนำไปชุบสังกะสี ก็จะไม่มีสังกะสีพอกหนาบางจุด นอกจากนี้ "สารยับยั้ง" ยังช่วยลดปริมาณเหล็กที่สะสมอยู่ในกรดกระตุ้นผิวตัวนี้ด้วย จึงยืดอายุการใช้งานของกรดไปได้ "สารยับยั้ง" มี หลายตัวที่เหมาะสมสำหรับทั้งกรดเกลือ และกรดกำมะถัน

ในขณะที่จุ่มชิ้นงานลงไปในกรดกระตุ้นผิวนี้ควรเขย่าชิ้นงาน 2-3 ครั้งเพื่อเป็นการเปลี่ยนชั้นของน้ำกรดที่มาสัมผัสกับผิวชิ้นงาน ถ้ากวนน้ำกรดมากเกินไป เช่น ใช้ลมจากคอมเพรสเซอร์เป่าก็จะทำให้มีไอกรดฟุ้งออกมามาก

เมื่อใช้กรดเกลือจะเกิดไอกรดขึ้นมาเองจากถังใส่กรดเพราะมีความชื้นในบรรยากาศสูง ถ้าใช้กรดเป็นปริมาณมากอยู่ในถังใหญ่ ควรลดไอกรดพวกนี้โดยการควบคุมความเข้มข้นของกรดให้ถูกต้อง และไม่ใช้กรดที่มีความเข้มข้นมากเกินไปถ้าชิ้นงานมีความว่องไวมาก ตัวอย่างเช่น ชิ้นงานหล่อ เมื่อจุ่มชิ้นงานไปจะพบว่าเกิดฟองที่ผิวชิ้นงาน ถ้ามี "สารยับยั้ง" ใส่อยู่ในกรดนั้นถ้าใช้กรดกำมะถันก็ควรมีที่ดูดไอกรด อยู่เหนือถังกรดนี้

ความเข้มข้นของกรดเกลือที่ใช้ไม่ค่อยสำคัญเท่าใดนัก ถ้าใช่น้ำกรดเจือจางก็ใช้เวลากระตุ้นผิวนาน อัตราการกระตุ้นผิวควบคุมได้โดยอุณหภูมิของน้ำกรดมากกว่าที่จะใช้ความเข้มข้นของกรด ตามปกติกรดกระตุ้นผิวที่ใช้คือกรดเกลือที่มีความเข้มข้นประมาณ 14% โดยน้ำหนัก ซึ่งได้มาจากการผสมน้ำลงไปหนึ่งต่อหนึ่งกับกรดเกลือที่ใช้ในอุตสาหกรรม (ความเข้มข้นประมาณ 27.5%โดยน้ำหนัก) ควรควบคุมความเข้มข้นของกรดไว้โดยเติมกรดใหม่ๆ ที่มีความเข้มข้นมากลงไป

ในขณะที่ทำการจุ่มกรดกระตุ้นผิว เหล็กจะละลายลงไปในน้ำกรดทีละน้อยแล้วจะสะสมอยู่ จนกรดไม่สามารถใช้งานต่อได้ แม้จะเติมกรดใหม่ๆลงไปอีกก็ตาม เมื่อถึงจุดนี้ปริมาณเหล็กที่อยู่ในน้ำกรด มีความเข้มข้นสูงถึง 80-100 กรัม/ลิตร จะเหลือกรดอิสระอยู่เพียงเล็กน้อย ใช้งานต่อไปอีกได้ไม่นานการกระตุ้นผิวจะช้าลง นอกจากจะเพิ่มอุณหภูมิของน้ำกรด เมื่อถึงจุดนี้จึงควรใช้น้ำกรดเดิมนี้สำหรับแช่ชิ้นงาน เพื่อกำจัดสนิมมากกว่าจะใช้กระตุ้นผิวและควรผสมน้ำกรดกระตุ้นผิวเข้ามาใหม่ด้วย

เพื่อเป็นการทำให้การใช้งานของกรดกระตุ้นผิวอยู่ในสภาพที่ดีที่สุดจึงควรควบคุมส่วนผสมของกรด วิธีที่ง่ายที่สุด คือ หาปริมาณความเข้มข้นของกรดและปริมาณเหล็กที่ละลายอยู่โดยใช้อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ให้น้อยที่สุดเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องกังวลเรื่องการวิเคราะห์มากนักอันจะช่วย มิให้เกิดการขัดขวางการทำงานตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันมีข้อกำหนดที่เข้มงวดมาก สำหรับส่วนผสมของน้ำทิ้งที่จะปล่อยออกไปสู่ภายนอก ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ ถ้ามีการควบคุมส่วนผสมของกรดในขณะทำงาน เมื่อรู้ปริมาณของกรดที่แม่นยำ เป็นการทำตามข้อกำหนดของพื้นที่นั้นๆ

2.1.5.3 การล้างน้ำ

ภายหลังการจุ่มกรดกระตุ้นผิว ชิ้นงานจะถูกนำมาล้างน้ำ (ยกเว้นในกระบวนการทำกัลวาไนซ์แบบเก่า) การล้างน้ำควรทำในอ่างที่มีน้ำไหลตลอดเวลามิฉะนั้นแล้วเกลือของเหล็กจะสะสมอยู่ในถังอย่างรวดเร็ว ควรใช้ถังน้ำล้าง 2 ถัง น้ำไหลจากถังที่ 2 เข้าถังที่ 1 น้ำบริสุทธิ์ถูกปล่อยให้ไหลเข้าถังที่ 2 ชิ้นงานจะถูกจุ่มลงในถังที่ 1 ก่อน ซึ่งน้ำในถังนี้จะไม่ค่อยสะอาด เพราะมีเกลือเหล็กละลายอยู่เมื่อนำชิ้นงานมาจุ่มในถังที่ 2 น้ำในถังนี้จะค่อนข้างสะอาด เพราะใช้น้ำบริสุทธิ์ปล่อยเข้าถังนี้ควรใช้ท่อน้ำไหลเข้าใต้ถัง เมื่อน้ำล้นจากถัง 2 เข้าถัง 1 จะได้มีสภาพการเคลื่อนที่ของผิวน้ำ ชิ้นงานจึงถูกทำความสะอาดทั้งตอนที่จุ่มลงไป และยกขึ้นมา

2.1.5.4 การจุ่มฟลั๊กซ์

แบ่งได้เป็น 2 แบบ

Wet Galvanizing วิธีนี้ชิ้นงานที่ถูกทำความสะอาด และกระตุ้นผิวแล้ว จะถูกนำมาจุ่มลงในถังสังกะสีที่กำลังหลอมเหลว โดยมีฟลั๊กซ์ลอยอยู่บนผิวสังกะสีหลอมเหลว เรียกว่า "ฟลั๊กซ์ลอย" ซึ่งมีข้อดี คือ ประหยัดเนื้อที่ในการตั้งโรงงาน และการทำงานที่จุ่มชิ้นงานผ่านฟลั๊กซ์จะช่วยลดการกระเด็นของสังกะสี เมื่อสัมผัสกับชิ้นงาน แต่ก็มีข้อเสียคือ ผิวกัลวาไนซ์ที่ได้ค่อนข้างบางเพราะ ตอนยกชิ้นงานขึ้นมาจากถังต้องผ่านฟลั๊กซ์ ฟลั๊กซ์จะเป็นตัวรีดให้สังกะสีที่เกาะอยู่บางลง เป็ยผลให้อาจมีฟลั๊กซ์ติดอยู่บนชิ้นงาน ซึ่งถ้าล้างน้ำไม่หมดก็จะทำให้เกิดการกัดกร่อนกับชิ้นงานได้

Dry Galvanizing กระบวนการนี้แบ่งได้เป็น 2 อย่าง คือ

วิธีเก่า คือ เมื่อจุ่มกรดกระตุ้นผิวแล้ว ก็จุ่มชิ้นงานลงไปในถังสังกะสีที่กำลังหลอมเหลวทันที ซึ่งเกลือของเหล็กที่เกาะอยู่บนชิ้นงานจะทำหน้าที่เหมือนฟลั๊กซ์ และจะให้ผลได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงมีการโรยฟลักซ์แบบผง (เหล็กคลอไรด์) ลงไปบนชิ้นงาน วิธีนี้จะทำให้เกิดครอส (ขี้ตะกรัน)

วิธีใหม่ คือ ทำการกำจัดเกลือของเหล็กและกรดที่ติดมาให้หมดโดยการล้างน้ำ แล้วจึงจุ่มชิ้นงานลงในสารละลายของสังกะสีแอมโมเนียมคลอไรด์ แล้วทำให้แห้งจึงนำไปจุ่มในสังกะสีหลอมเหลว เนื่องจากไม่มีเกลือของเหล็กจึงเกิดครอสน้อยกว่าวิธีเก่า ตลอดจนมีการจุ่มชิ้นงานลงฟลั๊กซ์ก่อน ทำให้ควบคุมฟลักซ์ได้ และได้ผิวที่ดีกว่า

2.1.6 การทำกัลวาไนซ์

จุดมุ่งหมายของการเตรียมผิวชิ้นงานเพื่อทำให้ชิ้นงานมีความสะอาด ซึ่งชิ้นงานที่สะอาดจะทำปฏิกิริยากับสังกะสีหลอมเหลวเกิดเป็นผิวเคลือบที่ติดแน่น ถ้าชิ้นงานผ่านการเตรียมผิวมาเป็นอย่างดี จะพบว่าคุณภาพผิวเคลือบขึ้นอยู่กับ

1) คุณภาพของสังกะสีที่ใช้

2) อุณหภูมิในถังสังกะสีหลอมเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เวลาในการจุ่ม

4) อัตราเร็วในการดอนดึงชิ้นงานออก

2.1.6.1 คุณภาพของสังกะสี

แท่งสังกะสีที่ใช้ควรมีคุณภาพดี โดยมากมักใช้แท่งสังกะสีเบอร์ Zn 4 ตาม BS 3436:1961 ซึ่งมีตะกั่วประมาณ 1% หรือใช้ JIS H2107 Distilled Zinc Metal, Class 1 ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้

สังกะสี	อย่างน้อย	98.5%
ตะกั่ว	ไม่เกิน	1.3%
เหล็ก	ไม่เกิน	0.025%
แคดเมียม	ไม่เกิน	0.4%

ในโรงงานส่วนใหญ่จะวางตะกั่วไว้ด้านล่างของถัง เพื่อป้องกันการเกิดครอส (โลหะผสมของสังกะสีและเหล็ก เกิดขึ้นในการทำกัลวาไนซ์) และสังกะสีที่หลอมเหลวจะอิ่มตัวด้วยตะกั่ว ซึ่งละลายอยู่ในถังสังกะสีหลอมเหลวจนถึง 1.2% แท่งสังกะสีที่ใช้ถ้ามีตะกั่วเกินกว่า 1% ยังใช้ได้ดี เพราะว่าตะกั่วส่วนเกินจะแยกตัวออกไปอยู่ได้ถัง เมื่อสังกะสีหลอมตัว

2.1.6.2 การเติมอะลูมิเนียม

ในการชุบกัลวาไนซ์มักจะเติมอะลูมิเนียมลงในถังกัลวาไนซ์เป็นจำนวน 0.005% (50 กรัม/สังกะสี 1 ตัน) เพื่อลดการเกิดออกซิเดชันของสังกะสี ดังนั้น จึงเป็นการลดการสูญเสียสังกะสี และยังเป็นการทำให้ชิ้นงานมีความเงา อะลูมิเนียมยังช่วยปรับปรุงผิวเคลือบให้มีความราบเรียบเสมอกันไม่มีการพอกของสังกะสีให้หนาอยู่ตามมุม

การเติมอะลูมิเนียมลงไปมากกว่า 0.005% จะทำให้เกิดชั้นของโลหะผสมของบนผิวชิ้นงานนั้นมีอัตราช้าลง กรณีเติมอะลูมิเนียมลงไปมากเกิน 0.007% จะทำให้การชุบในถังกัลวาไนซ์เป็นไปได้ยาก ถ้าอะลูมิเนียมมีมากถึง 0.03% จะทำให้เกิดจุดดำ บริเวณนี้จะไม่ถูกเคลือบเนื่องจากสังกะสีไม่สามารถเกิดเป็นโลหะผสมบนเนื้อชิ้นงานได้

เพื่อให้เกิดการละลายในสังกะสีได้อย่างรวดเร็ว ควรเติมอะลูมิเนียมในรูปของโลหะผสมสังกะสี-อะลูมิเนียม ซึ่งมีอะลูมิเนียมอยู่ 20% การใส่โลหะผสมนี้ลงไปในถังสังกะสี ควรใช้กระบวยเจาะรูใส่โลหะนี้ไว้แล้วกดลงไปก้นถัง ควรเติมอะลูมิเนียมใหม่ๆ เป็นครั้งคราวเพื่อทดแทนการสูญเสียของอะลูมิเนียม (โดยการออกซิเดชัน และการติดไปกับชิ้นงาน) จำนวนที่เติมและความถี่ขึ้นอยู่กับถังชุบแต่ละถัง กรณีนี้ต้องการเติมแบบลองผิดลองถูก เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เติมอะลูมิเนียมลงไปมากเกินไป จึงควรเติมทีละน้อยๆแต่บ่อยๆ (ตัวอย่างเช่น สองครั้งในหนึ่งกะ) วิธีง่ายๆในการทดสอบปริมาณอะลูมิเนียมคือ โดยผลึกของแอมโมเนียมคลอไรด์ลงไปบนผิวของสังกะสีหลอมเหลวที่เกิดเป็นออกไซด์บางๆอยู่ ถ้าอะลูมิเนียมมีอยู่ต่ำกว่า 0.007% แล้ว ฟิล์มออกไซด์นั้นจะละลาย และผลึกแอมโมเนียมคลอไรด์เคลื่อนไหวไปมาได้ แต่ถ้ามีอะลูมิเนียมมากกว่านี้ ผลึกจะนอนติดอยู่กับผิวหน้าของสังกะสีหลอมเหลว และจะค่อยๆระเหยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.3. การกำจัดดรอส

ดรอส คือ โลหะผสมของสังกะสีและเหล็ก เกิดขึ้นในการทำกัลวาไนซ์ควรปล่อยให้ตกตะกอนอยู่ก้นถัง และไม่ควรไปรบกวนให้มันฟุ้งขึ้นมาในระหว่างการจุ่มชิ้นงาน ถังกัลวาไนซ์ควรมีความลึกพอสมควร ในทางปฏิบัติไม่ควรจุ่มชิ้นงานลงไปให้ติดก้นถัง

ควรกำจัดดรอสที่อยู่ก้นถังเป็นครั้งคราว โดยตักออกด้วยกระบวยเจาะรู ดรอสที่เกิดขึ้นทำให้การถ่ายเทความร้อนไม่ดี ดังนั้นในถังชุบจึงมีความร้อนเฉพาะจุด และอุณหภูมิตามผนังของถังจะสูงมากถ้ามีดรอสไปเกาะอยู่

2.1.6.4 อุณหภูมิของถังชุบ

ในทางปฏิบัติควรทำกัลวาไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำสุด ที่จะทำให้สังกะสีหลอมเหลวหยดจากชิ้นงานได้อย่างอิสระ ที่อุณหภูมิต่ำนี้จะทำให้เกิดเถ้าและดรอสน้อยที่สุดนอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันถังชุบไม่ให้หมดอายุเร็วและเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงอีกด้วย จำนวนดรอสที่เกิดขึ้น เมื่อจุ่มชิ้นงานลงไป 30 วินาที จะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 450 องศาเซลเซียส เป็น 470 องศาเซลเซียส จากประสบการณ์พบว่าชิ้นงานถูกชุบได้ที่อุณหภูมิ 445-465 องศาเซลเซียส และโดยทั่วไปอุณหภูมิในการทำงานจะเป็น 450 องศาเซลเซียส

เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิของถังชุบสูงขึ้น จะได้ผิวเคลือบที่มีความหนามากขึ้นในเวลาอันจำกัดจึงควรควบคุมอุณหภูมิของถังชุบไว้ ถ้าต้องการชิ้นงานที่มีคุณภาพและใช้สังกะสีอย่างคุ้มค่า

อุณหภูมิวิกฤตของปฏิกิริยาระหว่างเหล็ก และสังกะสีหลอมเหลว จะอยู่ประมาณ 480 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้เล็กน้อย การเกิดขึ้นของชั้นโลหะผสมระหว่างเหล็กกับสังกะสีที่ผิวชิ้นงานจะลดน้อยลง และหยุดลงทันทีเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 480 องศาเซลเซียสเล็กน้อย ชั้นของโลหะก็จะแตกตัวเป็นผลึกอิสระที่ไม่ยึดเกาะ เป็นเหตุให้น้ำสังกะสีสัมผัสกับเหล็กโดยตรง จะเกิดดรอสขึ้นมาก

สำหรับกรณีที่ชิ้นงานเป็นเหล็กที่มีซิลิกอนสูงควรทำการชุบที่อุณหภูมิ 530-560 องศาเซลเซียส โดยใช้ถังชุบทำด้วยเซรามิก ปัจจุบันถ้าใช้อุณหภูมิในการชุบสูงมักใช้ชุบชิ้นส่วนเล็กๆ

2.1.6.5 อัตราการจุ่ม

ควรจุ่มชิ้นงานลงไปเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความปลอดภัยของผู้ทำงานเป็นสำคัญ เรื่องนี้เป็นสิ่งสำคัญมากในการชุบแบบ Wet Galvanizing เพราะว่าดรอสจะเกิดขึ้นมาก ถ้าชิ้นงานสัมผัสกับฟลักซ์ที่อยู่บนผิวสังกะสีหลอมเหลวนาน อัตราการจุ่มก็มีผลต่อความสม่ำเสมอของผิวเคลือบด้วย โดยเฉพาะชิ้นงานที่ยาวมากจะมีความแตกต่างระหว่างส่วนที่ลงไปในถังครั้งแรกสุด กับส่วนที่จุ่มลงในถังครั้งหลังสุด ผิวเคลือบจะไม่สม่ำเสมอ ถ้าดึงชิ้นงานไม่เร็วกว่าการหยดของสังกะสีหลอมเหลว ก็จะได้ผิวเคลือบสม่ำเสมอ ถ้าดึงชิ้นงานเร็วเกินไป สังกะสีหลอมเหลวจะหยดลงไปไม่ทัน และแข็งตัวอยู่บนชิ้นงาน ทำให้ผิวเคลือบไม่สม่ำเสมอ

บางครั้งอาจใช้เทปที่เป็นฉนวนพันตามเกลียว เพื่อป้องกันไม่ให้สังกะสีมาเกาะซึ่งควรทำก่อนที่จะจุ่มกรดกระตุ้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.6 การกระทำภายหลังการชุบ

ชิ้นงานส่วนใหญ่ที่ถูกดึงออกจากสังกะสีหลอมเหลวจะมีฟลักซ์ปนเปื้อนอยู่ อย่างไรก็ตามการดึงชิ้นงานโดยผ่านฟลักซ์ที่ปกคลุมสังกะสีหลอมเหลวอยู่จะเป็นการกวาดเอาสังกะสีหลอมเหลวส่วนเกินออกจากผิวหน้า ทำให้ได้ผิวงานที่เรียบเท่ากัน โดยที่จะต้องทำการดึงขึ้นมาอย่างรวดเร็วตัวอย่างเช่น ชิ้นงานหล่อที่ทำเป็นรูปรางน้ำ เมื่อดึงออกมาอย่างช้าๆ ผ่านผิวสังกะสีหลอมเหลวอย่างเดียว ก็จะได้น้ำหนัก 600 กรัม/ตารางเมตร/ด้าน

สำหรับชิ้นส่วนเล็กๆที่นำไปใส่ตะกร้าแล้วทำการชุบก็จะทำการกำจัดสังกะสีหลอมเหลวส่วนเกินไปโดยการเหวี่ยงในถังเหวี่ยง วิธีที่จะทำให้ได้ผิวสวยก็คือต้องนำชิ้นงานไปเข้าเครื่องเหวี่ยงโดยเร็วที่สุด เมื่อยกชิ้นงานออกมาจากถังชุบแล้วเครื่องเหวี่ยงควรหมุนด้วยมอเตอร์ที่มีทอร์กสูงในตอนเริ่มต้น เพื่อให้เกิดความเร่งสูงสุดภายใน 2-3 วินาที ปกติจะใช้ความเร็วรอบ 750 รอบต่อนาที ซึ่งสังกะสีหลอมเหลวส่วนที่เกินออกมาจะถูกกำจัดออกไปภายใน 2-3 วินาที ถึงจะหมุนต่อไปอีก ก็จะมีสังกะสีหลอมเหลวหลุดออกไปเพียงเล็กน้อย

ชิ้นงานบางอย่างเมื่อนำมาทำกัลวาไนซ์แล้วจะมีขนาดโตขึ้น จึงต้องคำนวณไว้ก่อน ตัวอย่างเช่น การชุบแป้นเกลียวและสลักเกลียว สำหรับสลักเกลียวควรจะตีเกลียวไว้ก่อนตามขนาดมาตรฐาน แล้วชุบไปตามปกติ ส่วนแป้นเกลียวนั้นชุบทั้งๆที่ด้านในเรียบ เมื่อชุบเสร็จแล้วจึงทำเกลียวในให้มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน 0.4 มิลลิเมตร ไม่ควรเอาฟลักซ์แบบผงโรยลงไปก่อนที่จะเหวี่ยงเอาน้ำสังกะสีออก เพราะฟลักซ์จะเข้าไปในผิวเคลือบ และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการผุกร่อนในระหว่างการเก็บรักษาหรือใช้งานได้ หลังจากการเหวี่ยงแล้วควรนำไปจุ่มในน้ำทันที เพื่อให้ผิวเคลือบแข็งตัวและป้องกันไม่ให้ชิ้นงานติดกันเอง

การจุ่มน้ำก็เพื่อเป็นการกำจัดฟลักซ์ที่ติดอยู่ และยังเป็นการหยุดการเติบโตของชั้นโลหะผสมของสังกะสีกับเหล็ก ซึ่งอาจเกิดขึ้นถ้าชิ้นงานเย็นตัวช้า และนำไปสู่การเกิดผิวเคลือบสีเทาได้ ถ้ายกชิ้นงานผ่านฟลักซ์ที่ปกคลุมอยู่บนผิวหน้าของสังกะสีหลอมเหลว ฟลักซ์จะติดมาบนชิ้นงาน ดังนั้นน้ำที่ใช้จุ่มชิ้นงานนี้จึงควรเปลี่ยนบ่อยๆ เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของเกลือซึ่งกัดกร่อนชิ้นงาน

ชิ้นงานเล็กๆ ควรจุ่มน้ำแล้วยกขึ้นมาทันทีจะได้มีความร้อนหลงเหลืออยู่ ทำให้ชิ้นงานแห้งไปอย่างรวดเร็ว ส่วนชิ้นงานใหญ่ๆ เช่น ชิ้นงานหล่อก็จะมีความร้อนมากพอที่จะทำให้แห้งไปได้ ไม่ควรทำให้ชิ้นงานแห้งโดยใช้ขี้เลื่อยสาคและตั้งชิ้นงานไว้ให้อังไฟเพราะจะทำให้ผิวงานเสียเนื่องจากได้รับความร้อนมากเกินไป

ในการเก็บชิ้นงานต้องระวังไม่ให้ชิ้นงานติดกัน ควรเก็บไว้ในที่แห้งมิฉะนั้นจะเกิดขี้เกลือขาวๆ ที่ชิ้นงานก่อนที่จะส่งไปให้ลูกค้า ขี้เกลือเกิดขึ้นจากฟิล์มหรือหยดน้ำที่ติดอยู่ระหว่างผิวหน้าของชิ้นงานที่สัมผัสกัน ขี้เกลือที่มองไม่เห็นในตอนแรกก็อาจปรากฏให้เห็นภายในหนึ่งหรือสองวัน และในอีก 2-3 อาทิตย์ต่อมาจะทำให้ผิวเคลือบล่อนออก และเกิดสนิมที่เหล็ก

ขี้เกลืออาจเกิดขึ้นในขณะการขนส่ง เช่น โดนฝนในขณะเดินทาง หรือได้รับความชื้นจากอากาศตลอดจนการสัมผัสกับสิ่งที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน เช่น เศษฟลักซ์ที่เหลือติดมา, ไอกรด และไอน้ำเค็ม เป็นต้น

วิธีป้องกันการเกิดขี้เกลือในขณะการขนส่ง คือ ควรเก็บไว้โดยมีสิ่งห่อหุ้มและเก็บไว้ในที่แห้งหรือในตู้ที่เก็บควรมีเครื่องให้ความร้อนเพื่อไล่เอาไอน้ำออกในระหว่างชิ้นงานก็มีวัสดุคั่นไว้ไม่ให้ชิ้นงานติดกัน และวัสดุที่ใช้คั่นก็ไม่ควรเป็นไม้ที่มียาง เพราะจะทำให้เกิดการกัดกร่อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกวิธีหนึ่งในการป้องกันการเกิดขี้เกลือ คือ การทำโครเมต ซึ่งหมายถึงการจุ่มชิ้นงานลงในสารเคมีบางประเภททำให้เกิดฟิล์มโครเมตบางๆ บนชิ้นงานที่นิยมใช้คือฟิล์มชนิดไม่มีสี ซึ่งป้องกันชิ้นงานได้เกือบทุกสภาพแวดล้อม

วิธีการทำโครเมตคือ จุ่มชิ้นงานที่ผ่านการทำกัลวาไนซ์ลงในน้ำที่มีโซเดียมไดโครเมตผสมอยู่ 0.15% โดยทันทีที่อุณหภูมิมากกว่า 32 องศาเซลเซียส

ฟิล์มโครเมตนี้จะทำให้สีไม่ยึดเกาะกับชิ้นงาน จึงควรหลีกเลี่ยงการทำโครเมต ถ้าต้องการทาสีบนชิ้นงาน

ถ้าต้องการทาสีบนชิ้นงานควรทำฟอสเฟต ซึ่งฟิล์มที่ได้จะไม่สามารถป้องกันขี้เกลือได้เหมือนฟิล์มไโครเมต แต่การทำฟอสเฟตจะทำให้มีสีเกาะบนชิ้นงานดีขึ้น

การทำฟอสเฟตคือ การจุ่มชิ้นงานลงในสารเคมีที่ประกอบด้วย กรดฟอสฟอริก และโลหะฟอสเฟตตลอดจนสารที่ช่วยเร่งให้เกิดฟิล์ม และทำให้เม็ดเกรนละเอียดปกติจะทำฟอสเฟตที่อุณหภูมิสูง สารเคมีที่ใช้ก็มีขายสำเร็จรูปหรืออาจผสมขึ้นเองก็ได้

ในการขนส่งชิ้นงานข้ามประเทศ บางทีอาจจุ่มชิ้นงานลงในแลกเกอร์ แต่วิธีนี้ต้นทุนสูงจึงมีการใช้อย่างจำกัด

2.1.7 การตรวจสอบคุณภาพ

1. ผิวนอก ตรวจดูด้วยสายตา
2. น้ำหนักของผิวเคลือบ ใช้เครื่องมือวัดความหนาหรือชั่งน้ำหนักโดยตรง
3. ความสม่ำเสมอของผิวเคลือบ จุ่มชิ้นงานลงในสารละลายทองแดงซัลเฟตอิ่มตัว แล้วล้างออกด้วยน้ำจนกว่าจะเห็นผิวเดิม
4. การยึดเกาะ ทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ค้อนตี หักงอชิ้นงานหรือกรีดผิวเป็นเส้นๆห่างกัน 4 มิลลิเมตร แล้วลอกออก อย่างไรก็ตามการทดสอบการยึดเกาะต้องมีเครื่องมือโดยเฉพาะ

2.2 QC Story

QC Story คือ กระบวนการทางการแก้ปัญหาหรือทางการคิดอย่างมีระบบและมีเหตุมีผล โดยการเรียนรู้กระบวนการบริหารโครงการหรือ Plan-Do-Check-Action(P-D-C-A) มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดต้นทุนในการผลิต และเป็นการเพิ่มผลกำไรให้กับผู้ประกอบการ

QC Story ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 การค้นหาปัญหาหรือเลือกหัวข้อเรื่อง

ปัญหาคือช่องว่างระหว่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันเทียบกับสถานการณ์ในอุดมคติหรือที่ตั้งเป้าหมายไว้

- การแก้ปัญหาคือการลดความไม่พอใจหรือสิ่งไม่พึงประสงค์ของผู้ที่ได้รับผลกระทบ(ลูกค้า)
- การแก้ปัญหาคือการทำให้กลับสู่สภาพเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การปรับปรุงคือการยกระดับให้ผลงานสูงขึ้นหรือดีกว่าเดิมซึ่งอาจเรียกได้ว่า การแก้ปัญหาเรื้อรังและปรับปรุงงาน

ในการพิจารณาเลือกปัญหามาแก้ไขจะคำนึงถึง ความถี่ในการเกิดปัญหา ความรุนแรงของปัญหา ความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

2.2.2 การศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน

การศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน เพื่อให้ทราบว่ากระบวนการที่จะทำการปรับปรุงมีสภาพการทำงานอย่างไรการปรับปรุงจะต้องเริ่มต้นจากจุดใด เพื่อให้ปัญหาที่จะทำการแก้ไขนั้นหมดไป

2.2.3 การกำหนดดัชนีชี้วัด

ดัชนีวัดผลการดำเนินงานถือเป็นสิ่งสำคัญมากในการควบคุมและการปรับปรุงกระบวนการ เนื่องจากการวัดและนำเสนอจะทำให้รู้ว่าขณะนี้กระบวนการเป็นอย่างไรและจะต้องทำอย่างไรให้ถึงจุดหมาย กระบวนการปรับปรุงต่างๆที่ทำไป ให้ผลลัพธ์ที่ดีหรือไม่ สามารถรู้ได้จากการวัด การปรับปรุงที่มีเป้าหมายแตกต่างกันจะมีดัชนีชี้วัดที่แตกต่างกันด้วย

2.2.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

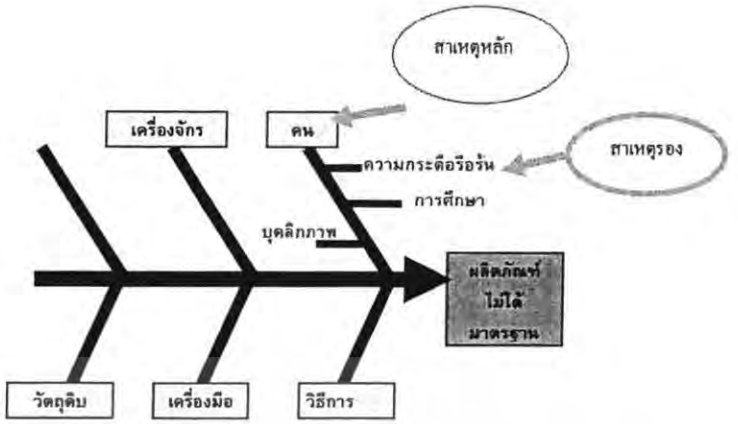
วิธีการวิเคราะห์ปัญหา จะใช้วิธีการระดมสมองผ่านการสังเกตการณ์จากหลักการ 3 จริงคือ สถานที่เกิดเหตุจริง สภาพแวดล้อมจริง และของจริง เพื่อสร้างสมมุติฐานของสาเหตุ จากนั้นให้ดำเนินการพิสูจน์ด้วยเครื่องมือทางสถิติที่เหมาะสม ได้แก่ ชุดเครื่องมือ 7 อย่าง

2.2.4.1. แผนภาพก้างปลา Fish Bone Diagram

เป็นแผนภาพ ที่แสดงถึงสาเหตุจากใหญ่มาหาเล็ก หรือเหตุและผลทำให้เกิดปัญหา บางครั้งก็เรียกว่า แผนภาพ อิชิกาว่า หรือแผนภาพเหตุและผล Cause and Effect Diagram

- แผนภาพก้างปลาใช้จัดกลุ่มสาเหตุของปัญหาไม่ได้ทำเพื่อหาสาเหตุเครื่องมือที่ทำเพื่อหาสาเหตุ คือการระดมสมอง (Brainstorm)
- แผนภาพก้างปลาใช้สำหรับสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล
- แผนภาพก้างปลาใช้กับปัญหาชนิดใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แผนภูมิก้างปลา

2.2.4.2 กราฟ Graph

คือแผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติที่ใช้ เมื่อต้องการนำเสนอข้อมูล และวิเคราะห์ผลของข้อมูลดังกล่าวเพื่อทำให้ง่ายและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจ

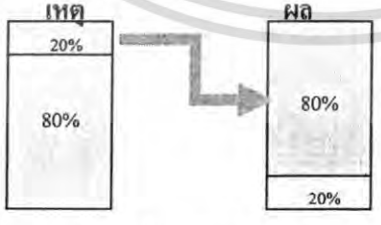
ชนิดของกราฟ

- กราฟแท่ง ใช้เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางปริมาณ
- กราฟเส้น ใช้ดูการเปลี่ยนแปลงเมื่อ เวลา หรือสถานการณ์เปลี่ยน ความสูง/ต่ำ ของเส้นกราฟ ขึ้นกับปริมาณจำนวนที่เก็บข้อมูลได้
- กราฟวงกลม แสดงสัดส่วนของสิ่งที่ต่างกัน

2.2.4.3 แผนภาพพาเรโต Pareto Diagram

หลักการของพาเรโต คือ ในปัญหาใด ๆ ก็ตามที่เกิดขึ้นย่อมเกิดขึ้นจากสาเหตุหลาย ๆ อย่างและในบรรดาสาเหตุทั้งหมดนี้จะมีสาเหตุหลักเพียงไม่กี่อย่างที่มีบทบาทสำคัญต่อปัญหาที่เกิดขึ้นดังนั้นถ้าแก้ไขให้สำเร็จลุล่วงอย่างมีประสิทธิภาพจึงควรต้องแก้ไขสาเหตุหลักเสียก่อน

จำนวนสาเหตุน้อยแต่มีมูลค่าความสูญเสียมาก จำนวนสาเหตุมากแต่มีมูลค่าความสูญเสียน้อยซึ่งเรียกการวิเคราะห์แบบนี้ว่า "การวิเคราะห์แบบพาเรโต"

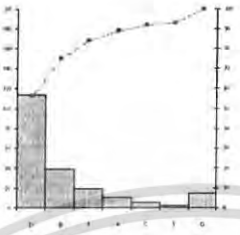


รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลโดยใช้การวิเคราะห์แบบพาเรโต

แผนภูมิพาเรโตเป็นเครื่องมือที่ใช้ลำดับสำคัญของสาเหตุหรือปัญหาที่เกิดขึ้น โดยประยุกต์กราฟแท่งที่แสดงการเรียงลำดับค่าของข้อมูลที่มีค่าสูงสุดไว้ทางซ้าย แล้วเรียงลำดับค่าของข้อมูลที่ลดลงมาทางขวาของกราฟ เพื่อใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบให้เห็นถึงการลำดับความสำคัญของข้อมูล พร้อมกับระบุขนาดหรือปริมาณของความสำคัญที่เสนอนั้นๆ ข้อบกพร่อง/ของเสีย ส่วนใหญ่จำนวนมาก เกิดจาก ปัญหา/ต้นเหตุ จำนวนน้อย



รูปที่ 2.3 แผนภาพพาเรโต

2.2.4.4 ใบตรวจสอบ Check Sheet

ใบตรวจสอบ เป็นเอกสารที่อยู่ในรูปตาราง แบบฟอร์ม หรือแผนภาพใด ๆ ที่ออกแบบให้มีลักษณะง่ายต่อการจดบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลหรือการวิเคราะห์ผลอาจจะทำเป็นรูปแบบตารางแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ที่ต้องการตรวจสอบไว้พร้อมแล้ว สามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่ต้องกรอกรายละเอียดใหม่ เพียงแต่กาเครื่องหมายลงไปในช่องที่ตรงกับรายละเอียดที่จดเอาไว้เท่านั้น

ใบตรวจสอบ ใช้ในการตรวจหาสิ่งผิดปกติในการดำเนินการ การผลิต การทำงานต่างๆ ลักษณะเป็นเอกสารแผ่นเดียวที่มี รายละเอียดของสิ่งผิดปกติ และรายการการตรวจสอบ ตำแหน่ง หรือจุดที่ทำการตรวจสอบ

การออกแบบใบตรวจสอบ ให้พิจารณาดังนี้

- สถานที่ หน้างานที่จะตรวจสอบ
- ผลิตภัณฑ์ / การทำงานที่จะตรวจสอบ
- คุณลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการตรวจสอบ แบ่งเป็น

คุณลักษณะที่วัดได้ โดยใช้เครื่องมือวัด เช่น ขนาดของชิ้นงาน ใช้เวอร์เนียวัด ความแข็งของชิ้นงาน และวัดไม่ได้โดยแต่บอกได้ ส่วนใหญ่ใช้การตรวจสอบด้วยตาเทียบกับมาตรฐานเช่น รอยตำหนิ

- สามารถการตรวจสอบลักษณะคุณภาพได้หลาย ลักษณะในใบเดียวกัน
- แบ่งการตรวจสอบ เป็นตามราย เดือน รายสัปดาห์ รายวัน หรือ รายกะ หรือ ลอต ที่ทำการตรวจสอบ

2.2.4.5 ฮีสโตแกรม Histogram

ฮีสโตแกรม Histogram เป็นลักษณะ กราฟ แท่งที่แสดงการแจกแจงของความผันแปร และสิ่งปกติว่ามีการกระจายตัวเป็นลักษณะใด เช่นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

ประโยชน์ของการใช้ฮีสโตแกรม เพื่อวิเคราะห์หาดูความผันแปร สาเหตุและสิ่งผิดปกติของการดำเนินการต่างๆ สิ่งปกติจากผลิตภัณฑ์ รวมทั้ง วิเคราะห์เพื่อดูลักษณะธรรมชาติของข้อมูล

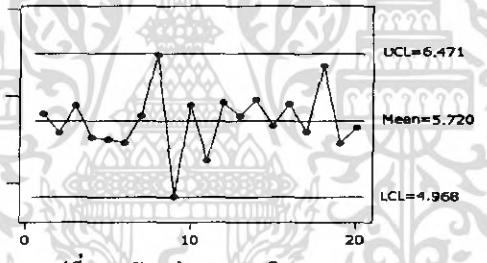
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้าง ฮีสโตแกรม

- นำข้อมูลดิบที่ได้มาเรียงลำดับข้อมูล
- คำนวณหา ชั้นข้อมูล
- แบ่งข้อมูลตามชั้น
- แบ่งช่วงกราฟตามชั้นข้อมูล
- สร้างกราฟตามข้อมูล

2.2.4.6 แผนภูมิควบคุม Control Chart

แผนภูมิควบคุมเป็นแผนภูมิกราฟแนวนอนที่ใช้ควบคุมการผลิตลักษณะของแผนภูมิจะเป็นกราฟของสิ่งที่ต้องการควบคุม เขียนเทียบกับเวลาวัตถุประสงค์ของแผนภูมิควบคุมคือ การควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้รู้ว่า ณ เวลาใดที่มีปัญหาเรื่องคุณภาพ จะได้ทำการแก้ไขได้ทันเวลา นอกจากจะใช้แผนภาพพาเรโต สำหรับข้อมูลที่จำแนกประเภทแล้ว ถ้าหากข้อมูลดังกล่าวมีพียงประเภทเดียว เช่นค่าใช้จ่ายรวม ค่าแรงดึงน้ำหนักบรรจุ ฯลฯ มีความจำเป็นจะต้องวิเคราะห์ผ่านแผนภูมิควบคุม (Control Chart) เพื่อให้กระบวนการผลิตกลับสู่สภาพปกติ แผนภูมิควบคุมมีความสำคัญเป็นอย่างมากและมีลักษณะต่าง ๆ หลายรูปแบบแล้วแต่ลักษณะของการควบคุม



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม

2.2.4.7 แผนภาพการกระจาย

- ใช้เพื่อแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต
- เพื่อใช้ในการตรวจสอบผลของการเลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่งต่อตัวแปรอีกตัวหนึ่ง
- ใช้เป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการผลิต

2.2.5 แผนการแก้ปัญหาและการออกแบบการทดลอง

หลังจากทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาแล้วจะต้องทำการแก้ไข โดยการแก้ไขจะใช้การออกแบบการทดลอง แล้วนำผลที่ได้ไปทดสอบเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการแก้ปัญหาเพื่อให้ทราบว่าแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้ทำไปนั้นถูกต้องหรือไม่และได้ผลอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ขั้นตอนการดำเนินการตามแผนและตรวจสอบผลการดำเนินการ

2.2.7 กำหนดมาตรฐาน

หลังจากทำการทดลองและสรุปผลแล้วหากผลการทดลองออกมาในทางที่ปรับปรุง ให้กระบวนการดีขึ้น ก็จะนำการทดลองนี้มาใช้ในการทำงานจริงและจะต้องจัดทำเป็นมาตรฐานไว้ เพื่อให้ทุกๆครั้งที่ปฏิบัติงานได้มาตรฐานเหมือนเดิม

2.3 การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติเป็นการอ้างอิงทางสถิติอย่างหนึ่ง โดยเป็นการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของประชากร แล้วสุ่มตัวอย่างเพื่อนำค่าจากตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับค่าตามสมมติฐานเพื่อตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน โดยขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติมีดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน
2. กำหนดระดับนัยสำคัญ (α)
3. การเลือกตัวสถิติทดสอบ
4. รวบรวมข้อมูลและคำนวณค่าสถิติ
5. ตัดสินใจและสรุปผล

2.3.1 การตั้งสมมติฐานทางสถิติ

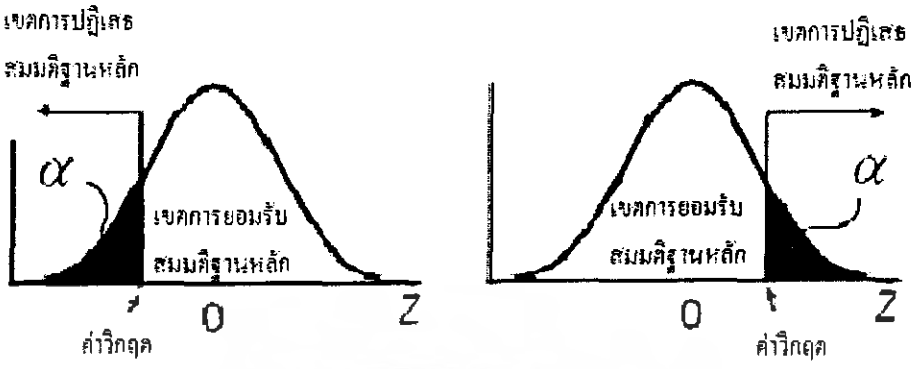
สมมติฐาน (Hypothesis) คือข้อสมมติหรือข้อความที่เกี่ยวข้องกับประชากรชุดเดียวหรือมากกว่า เป็นสิ่งที่ผู้ทดสอบคาดไว้เกี่ยวกับคุณลักษณะของตัวแปร เป็นข้อสมมติชั่วคราวเพื่อเป็นแนวทางในการค้นคว้าหาข้อเท็จจริง ซึ่งอาจเป็นจริงหรือไม่ก็ได้ หากสมมติฐานได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นความจริง หรือตรงกับข้อเท็จจริง สมมติฐานนั้นก็จะกลายเป็นคำอธิบายที่ถูกต้อง

แหล่งที่มาของสมมติฐานมีดังนี้

- ประสบการณ์ของผู้ทดสอบสมมติฐาน
- ความรู้ของผู้ทดสอบสมมติฐาน
- เหตุและผล
- การเปรียบเทียบ
- ความเชื่อหรือหลักปรัชญา
- ข้อค้นพบของผู้อื่น
- ทฤษฎีและหลักการ

โดยทั่วไป สมมติฐานมีอยู่สองประเภทคือสมมติฐานการวิจัย และสมมติฐานทางสถิติ สมมติฐานการวิจัยคือคำกล่าวที่แสดงถึงความสัมพันธ์ที่คาดการณ์หรือเคาระหว่างตัวแปรสองตัวขึ้นไป และจะต้องแสดงทิศทางของความสัมพันธ์ว่าเป็นเช่นไร เป็นบวกหรือลบ เช่น อายุ (ตัวแปรอิสระ) น่าจะมีอิทธิพลเชิงบวกหรือเชิงลบต่อการทำงาน (ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การทดสอบแบบทางเดียวด้านซ้าย การทดสอบแบบทางเดียวด้านขวา

รูปที่ 2.5 การทดสอบทางเดียว

การทดสอบแบบทางเดียวด้านขวา มีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2$

$H_1 : \mu_1 < \mu_2$

การทดสอบแบบทางเดียวด้านซ้าย มีสมมติฐานดังนี้

$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$

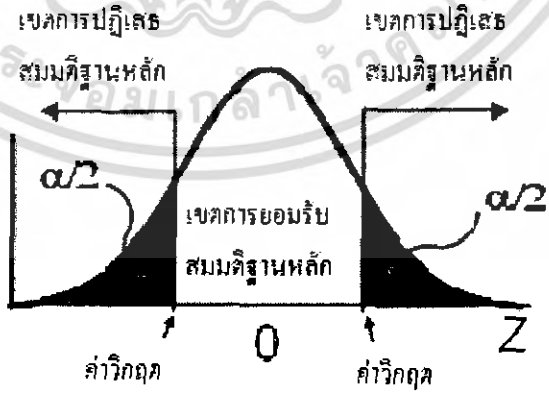
$H_1 : \mu_1 > \mu_2$

- การทดสอบสมมติฐานแบบสองทาง (Two-tail Test) หรือการทดสอบแบบไม่มีทิศทาง (Nondirectional Test) การทดสอบแบบนี้ไม่คำนึงถึงผลว่าจะไปทิศทางใด มองในแง่ความแตกต่างกันเป็นใช้ได้

การตั้งสมมติฐานเป็นดังนี้

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$



รูปที่ 2.6 การทดสอบแบบสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แปรตาม) ส่วนสมมติฐานทางสถิติเป็นข้อความที่เขียนเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานในการวิจัยซึ่งจะเขียนอยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของประชากร

สมมติฐานทางสถิติมีอยู่ 2 สมมติฐานควบคู่กันไปเสมอคือ

1. สมมติฐานหลักหรือสมมติฐานว่าง (Null Hypothesis) ใช้สัญลักษณ์ H_0 โดยสมมติฐานหลักนี้จะมีเครื่องหมายเท่ากับอยู่ด้วยเสมอ
2. สมมติฐานทางเลือกหรือสมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis) ใช้สัญลักษณ์ H_1 หรือ H_A โดยสมมติฐานทางเลือกนี้จะเป็นสมมติฐานที่มีเครื่องหมายตรงกันข้ามกับสมมติฐานหลัก

2.3.2 การกำหนดระดับนัยสำคัญ

การทดสอบสมมติฐานจะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือ ความผิดพลาดชนิดที่ 1 (Type I error) และความผิดพลาดชนิดที่ 2 (Type II error)

- ความผิดพลาดชนิดที่ 1 (Type I error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานหลักหรือสมมติฐานว่าง (Null Hypothesis) เมื่อสมมติฐานหลักเป็นจริง ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดชนิดที่ 1 นี้คือ α *เรียกว่า ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) ส่วนค่า* $1-\alpha$ *เรียกว่า* ระดับความเชื่อมั่น

- ความผิดพลาดชนิดที่ 2 (Type II error) เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานหลักหรือสมมติฐานว่าง (Null Hypothesis) เมื่อสมมติฐานหลักเป็นเท็จ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดชนิดที่ 2 นี้คือ β

ตารางที่ 2.1 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบสมมติฐานกับความจริง

	H_0 เป็นจริง	H_0 เป็นเท็จ
ยอมรับ H_0	ถูกต้อง	ความผิดพลาดชนิดที่ 2
ปฏิเสธ H_0	ความผิดพลาดชนิดที่ 1	ถูกต้อง

ในทางสถิติถือว่า ความคลาดเคลื่อนชนิดที่หนึ่ง เป็นความคลาดเคลื่อนที่อันตรายมากกว่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่สอง โดยทั่วไปมักจะกำหนดความคลาดเคลื่อนชนิดที่หนึ่งขึ้นมาก่อน แล้วพยายามกำจัดความคลาดเคลื่อนชนิดที่สองให้มีน้อยที่สุด

<u>2.3.2.1 ประเภทของการทดสอบสมมติฐาน</u>

การทดสอบสมมติฐานมี 2 ประเภท คือ

- การทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียว (One-Tail Test) หรือการทดสอบแบบมีทิศทาง (Direction Test) การทดสอบแบบนี้ เน้นการทดสอบเพียงด้านเดียว เช่น ดีขึ้นหรือเลวลง เพียงอย่างเดียว แบ่งเป็นการทดสอบทางเดียวด้านขวา และการทดสอบทางเดียวด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
83060

2.3.3 การเลือกตัวสถิติทดสอบ

การเลือกตัวสถิติทดสอบถือเป็นขั้นตอนที่ยากที่สุดในการทดสอบทางสถิติเพราะจะต้องเลือกตัวสถิติทดสอบให้ถูกต้องและเหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อให้การทดสอบสมมติฐาน การสรุปผล และการตัดสินใจเป็นไปอย่างถูกต้อง เพราะข้อมูลที่ต่างประเภทกันจะมีการจัดการเชิงปริมาณของข้อมูลต่างกัน

สถิติภาคบรรยาย (Descriptive Statistics) สถิติที่ศึกษาข้อมูลกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง อาจจะเป็นกลุ่มเล็ก หรือกลุ่มใหญ่ก็ได้ เมื่อการวิเคราะห์ข้อมูลได้ผลเป็นอย่างไร ก็นำไปบรรยายลักษณะของกลุ่มที่ศึกษาเท่านั้น จะนำไปอ้างอิงถึงกลุ่มอื่นไม่ได้ สถิติประเภทนี้จะจัดกระทำกับข้อมูลที่รวบรวมมาได้ให้อยู่ในลักษณะที่ดูง่าย และสะดวกแก่การนำผลที่ได้ไปบรรยาย เช่น การแจงนับข้อมูล การนำเสนอข้อมูลในเชิงบรรยายหรือรูปกราฟ การบรรยายผลการวิเคราะห์ข้อมูลอาจบรรยายโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย สหสัมพันธ์ เป็นต้น

สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นสถิติที่ศึกษาข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งถือได้ว่าเป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดแล้วนำผลที่ได้จากตัวแทนบางส่วนนั้นสรุปอ้างอิงไปยังกลุ่มใหญ่ หรือกลุ่มประชากรเป้าหมาย (Target *Population)* การอ้างอิงหรือสรุปผลอาจใช้การประมาณค่าหรือการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งการสรุปผลอ้างอิงจะถูกต้องมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการเก็บรวบรวมข้อมูล และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาว่าเป็นตัวแทนประชากรได้ดีแค่ไหน ถ้าการเก็บรวบรวมข้อมูลดีและกลุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนที่ดีแล้ว ผลสรุปที่ได้ก็มีความเชื่อถือได้มาก เหตุผลที่ต้องใช้สถิติภาคอ้างอิงก็เพราะว่าไม่สามารถจะศึกษาประชากรทั้งหมดได้ ทั้งนี้เพราะปัจจัยต่างๆเช่นการเงิน เวลา และข้อจำกัดอื่นๆ สถิติอ้างอิงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทย่อย คือ

- สถิติแบบมีพารามิเตอร์ (Parametric Statistics) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้กับข้อมูลที่มีการกระจายตัวอย่างมีแบบแผนแน่นอนเช่น กระจายตัวแบบปกติ แบบพัวซอง หรือแบบไคสแควร์เป็นต้น จากนั้นจึงนำการทดสอบแบบพาราเมตริกมาทดสอบตัวแปรประชากรต่างๆเช่น ค่าเฉลี่ย อัตราส่วน ความแปรปรวน เป็นต้น โดยปกติจะต้องสร้างข้อกำหนดอย่างชัดเจนว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบใด
- สถิติแบบไร้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยไม่สนใจการแจกแจงของข้อมูล ข้อมูลจะแจกแจงแบบปกติหรือไม่ก็ได้ ข้อมูลจะมีการแจกแจงเป็นแบบใดก็ได้ และสามารถใช้ได้กับข้อมูลทุกระดับ

ข้อดีของสถิติแบบไร้พารามิเตอร์

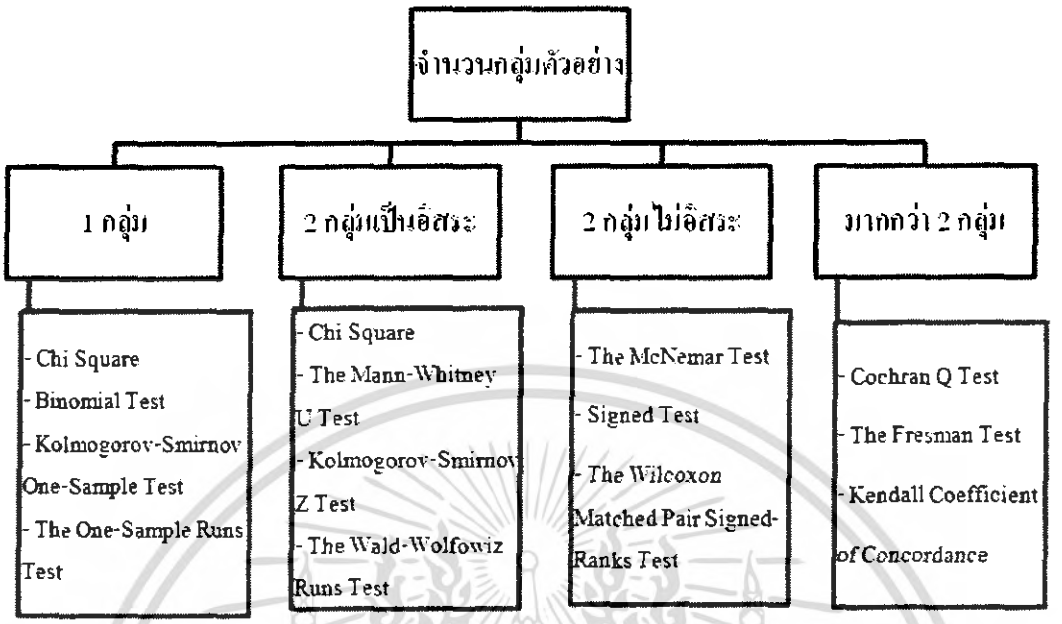
- สามารถเข้าใจได้ง่าย ใช้งานง่าย
- สามารถประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ที่การทดสอบสถิติแบบมีพารามิเตอร์ใช้งานไม่ได้
- ไม่จำเป็นต้องรู้การกระจายตัวของข้อมูลว่าเป็นแบบใด

ข้อเสียของสถิติแบบไร้พารามิเตอร์

- ความแม่นยำน้อยกว่าการทดสอบสถิติแบบมีพารามิเตอร์
- ขนาดตัวอย่างต้องมีจำนวนมากเพื่อให้มีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดน้อย

สถิติแบบไร้พารามิเตอร์มีตัวสถิติทดสอบมากมายโดยแบ่งตามประเภทข้อมูลได้ 4 กลุ่ม ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ตัวทดสอบทางสถิติแบบไร้พาราเมตริกที่เหมาะกับข้อมูลแต่ละประเภท

ข้อมูลในการทดลองของปริญญานิพนธ์นี้ เป็นแบบ 2 กลุ่มไม่อิสระต่อกัน คือข้อมูลที่เก็บในแต่ละครั้งมีความสัมพันธ์กัน เช่น อุณหภูมิของสารเคมีต่างๆและสังกะสีมีค่าเท่ากัน สภาพการชุบอยู่ในสภาวะเดียวกัน เพราะทำการชุบระหว่างถังเก่าและถังที่ออกแบบใหม่ไปพร้อมๆ ดังนั้น ในที่นี้จึงพิจารณาเพียงการทดสอบแบบไร้พาราเมตริกสำหรับข้อมูล 2 กลุ่มที่ไม่อิสระต่อกันเท่านั้น ซึ่งมีตัวสถิติทดสอบสำหรับข้อมูลประเภทนี้ 3 วิธีด้วยกันดังรูป

การทดสอบแบบแมคเนมาร์ (The McNemar Test) เป็นการทดสอบการเปลี่ยนแปลง (Change) โดยพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างข้อมูลในการวัด (การทดลอง) 2 ครั้ง ของกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน (หรือกลุ่มตัวอย่างเดิม) การทดสอบนี้ใช้ประยุกต์กับข้อมูลที่มีแบบแผนในรูป "ก่อนและหลัง" (Before and After) ใช้กับตัวอย่างชุดเดียวกัน ทำการทดลอง 2 ครั้งแล้วมาวัดดูว่าการทดลองก่อนและหลังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง ตัวอย่างเช่น สอบถามความคิดเห็นต่อการเลิกสูบบุหรี่ ก่อนและหลังการให้ความรู้เกี่ยวกับผลของการสูบบุหรี่เป็นประจำ ในการทดสอบจะต้องจัดข้อมูลให้อยู่ในรูป 2x2 ก่อน มีลักษณะดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตารางการทดสอบข้อมูลแบบแมคเนมาร์

		หลัง	
		-	+
ก่อน	+	A	B
	-	C	D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในตาราง 2x2 นี้

A หมายถึง จำนวนข้อมูลที่มีลักษณะก่อนเป็น + และหลังเป็น – (มีการเปลี่ยนแปลง)

B หมายถึง จำนวนข้อมูลที่มีลักษณะก่อนเป็น + และหลังเป็น + (ไม่มีการเปลี่ยนแปลง)

C หมายถึง จำนวนข้อมูลที่มีลักษณะก่อนเป็น - และหลังเป็น + (มีการเปลี่ยนแปลง)

D หมายถึง จำนวนข้อมูลที่มีลักษณะก่อนเป็น - และหลังเป็น – (ไม่มีการเปลี่ยนแปลง)

มีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

ระดับของตัวแปร - ตัวแปรอยู่ในมาตรนามบัญญัติ (Nominal Scale) เป็นอย่างน้อย

ลักษณะของข้อมูล - ข้อมูลมี 2 ชุด ได้จากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน และเป็นเรื่องเดียวกัน สามารถจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปตาราง 2x2 ได้

จากนั้นจะทำการทดสอบสมมติฐานด้วยตัวทดสอบแบบไคสแควร์จนได้ผลออกมาว่ายอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักเพื่อการตัดสินใจต่อไป วิธีนี้เป็นวิธีทดสอบสมมติฐานแบบไร้พารามิเตอร์สำหรับข้อมูล2กลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกันที่ให้ความแม่นยำน้อยที่สุด เพราะสนใจเพียงการเปลี่ยนเครื่องหมายเท่านั้น ไม่สามารถวัดในเชิงปริมาณได้ว่าต่างกันมากน้อยเพียงใด

(Prem S. Mann: 2001) การทดสอบจากเครื่องหมาย (The Sign Test) เป็นวิธีการทดสอบสมมติฐานอย่างง่าย ใช้เพียงเครื่องหมายบวกและลบของผลต่างระหว่างข้อมูลสองกลุ่มเป็นตัววัด สามารถใช้กับการทดสอบที่มีข้อกำหนดดังนี้

- ต้องการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลกลุ่มหนึ่งกับข้อมูลอีกกลุ่มหนึ่งว่าแตกต่างกันหรือไม่ หรือ ข้อมูลกลุ่มแรกมีค่ามากกว่าข้อมูลกลุ่มที่สองหรือไม่ ยกตัวอย่างเช่น อาจทดสอบว่าประชากรจะชอบน้ำอัดลมมากกว่าเครื่องดื่มชนิดอื่นๆหรือไม่

- ต้องการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียว ยกตัวอย่างเช่น อาจใช้เพื่อทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของค่าเช่าบ้านในเมืองมีค่าใกล้เคียงกับ 1,250 เหรียญหรือไม่

- ต้องการทดสอบค่าเฉลี่ยของคู่ข้อมูลจากสองกลุ่มข้อมูลที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ยกตัวอย่างเช่น อาจใช้เพื่อทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าต่างกันหรือไม่

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลและทราบเครื่องหมายของแต่ละชุดข้อมูลแล้ว ให้ตัดชุดข้อมูลคู่ที่ไม่มีความแตกต่างกันออกไป แล้วนำเครื่องหมายที่ได้มาทำการทดสอบแบบไบโนเมียล ในกรณีที่จำนวนตัวอย่างน้อย แต่ถ้าจำนวนตัวอย่างมีมากให้ใช้การทดสอบแบบปกติ

การทดสอบจากเครื่องหมายมีลักษณะคล้ายกับสถิติทดสอบวิลคอกซันจับคู่เครื่องหมายตำแหน่ง (The Wilcoxon Matched Pair Signed-Rank Test) แต่จะให้รายละเอียดน้อยกว่าเพราะสนใจเพียงเครื่องหมายบวกและลบของผลต่างของสองกลุ่มข้อมูลเท่านั้น จึงให้ความแม่นยำน้อยกว่าสถิติทดสอบวิลคอกซันจับคู่เครื่องหมายตำแหน่ง

การทดสอบแบบวิลคอกซอนจับคู่เครื่องหมายตำแหน่งสำหรับข้อมูล 2 กลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกันใช้เพื่อทดสอบว่าข้อมูลสองกลุ่มตัวอย่างนั้นสัมพันธ์กันอย่างไร สามารถทดสอบได้ทั้งแบบมีทิศทางและไม่มีทิศทาง เป็นทางเลือกหนึ่งของการทดสอบแบบจับคู่โดยไม่ต้องสนใจว่าข้อมูลจะมีการกระจายแบบใด โดยใช้หลักการจัดอันดับของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์ของผลต่างและเครื่องหมายของผลต่างจากนั้นจึงเปรียบเทียบผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมายบวกและเครื่องหมายลบเพื่อยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน ดังนั้นการทดสอบแบบวิลคอกซอนจับคู่เครื่องหมายตำแหน่งจึงเป็นสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพที่สุดในทั้ง 3 วิธีของการทดสอบสมมติฐานแบบไร้พาราเมตริกที่มีข้อมูล 2 กลุ่มและไม่เป็นอิสระต่อกัน ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงเลือกสถิติทดสอบแบบวิลคอกซอนจับคู่เครื่องหมายตำแหน่งมาเพื่อทำการประเมินผลการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อนแล้วจะมีของเสียลดลงหรือไม่

2.3.4 การรวบรวมข้อมูลและคำนวณค่าทางสถิติ

การรวบรวมข้อมูลจะต้องทำอย่างรอบคอบ โดยจะทำการทดลองชุบสังกะสีโดยใช้ถังชุบแบบเก่าและแบบใหม่ในกระบวนการชุบไปพร้อมๆกัน เพื่อควบคุมสภาวะการชุบให้เป็นสภาวะเดียวกัน จากนั้นเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ ในการชุบครั้งหนึ่งๆ จะทำการสุ่มหยิบโบลต์ขึ้นมาครั้งละ 45 ตัวเพื่อนับจำนวนของเสีย และทำการทดลองทั้งหมด 45 กลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มนั้นจะต้องระมัดระวังให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด ลดความแปรปรวนระหว่างการเก็บข้อมูลโดยใช้คนสุ่มเพียงคนเดียว และสุ่มลอตในการชุบเพื่อทดสอบด้วย

การคำนวณค่าสถิติ มีขั้นตอนดังนี้

1. หาความแตกต่างของข้อมูลแต่ละคู่โดยคิดเครื่องหมาย(กำหนดเป็นค่า d_i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \ldots, N$ และ N เป็นจำนวนคู่หรือขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
2. นำค่าความแตกต่าง (d_i) มาจัดอันดับ โดยพิจารณาตัวเลขค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างของข้อมูลแต่ละคู่ (คือไม่คิดเครื่องหมาย) โดยให้อันดับความแตกต่างของข้อมูลที่น้อยที่สุดเป็นอันดับ 1 และในกรณีที่ความแตกต่างของข้อมูลมีค่าเท่ากันให้ใช้การเฉลี่ยอันดับเพื่อจัดอันดับของความแตกต่างคู่นั้น
3. สำหรับข้อมูลคู่ที่มีค่าความแตกต่างเท่ากับศูนย์ ($d_i=0$) จะไม่นำมาคิดอันดับ
4. บันทึกเครื่องหมายของอันดับตามเครื่องหมายของ d_i
5. หาผลรวมของอันดับ โดยแยกเป็นผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมายบวก
6. คำนวณหาค่าทางสถิติต่างๆจากสมการ

ค่าคาดหวัง E(T)

$$E(T) = \frac{N(N+1)}{4} \tag{2.1}$$

เมื่อ T คือผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมายบวก

N คือจำนวนคู่ตัวอย่าง

ค่าความเบี่ยงเบนของอันดับที่เป็นเครื่องหมายบวก V(T)

$$V(T) = \frac{N(N+1)(2N+1)}{24} \tag{2.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในการทดลองในปริญญานิพนธ์นี้ มีจำนวนของกลุ่มตัวอย่างมากพอที่การทดสอบแบบวิลคอกซอนจับคู่เครื่องหมายคำแหน่งจะเป็นทฤษฎีขีดจำกัดกลาง ซึ่งกล่าวไว้ว่า ถ้าเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาด N ซ้ำๆกัน ซึ่งดึงมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเป็นแบบใดๆ ถ้า N มีขนาดใหญ่พอ (N>30) ผลที่ได้จะมีแนวโน้มว่าข้อมูลจะมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ดังนั้น สามารถคำนวณตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$Z = \frac{T - E(T)}{\sqrt{V(T)}} \tag{2.3}$$

หาค่าวิกฤตเปิดตารางค่า Z หน้า ผ1 สำหรับการทดสอบด้านขวา ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ค่าวิกฤติคือ 1.96

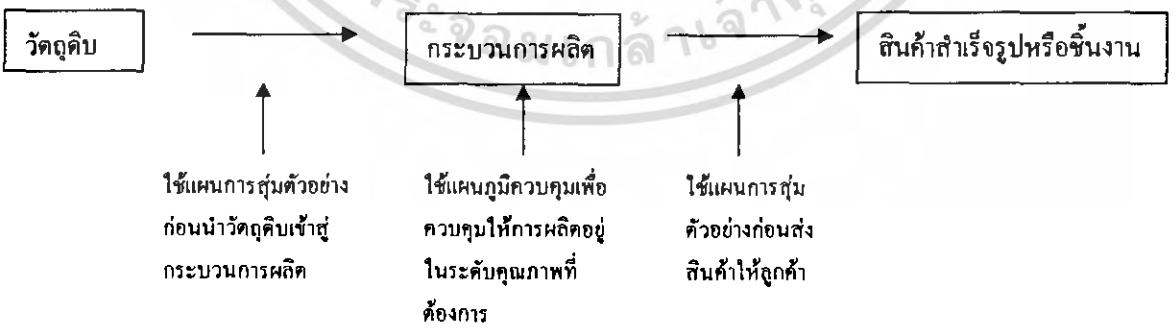
2.3.5 การตัดสินใจและสรุปผล

เมื่อได้ค่าทางสถิติต่างๆแล้ว สำหรับการทดลองนี้จะมีกระบวนการตัดสินใจคือ ถ้าค่า Z มีค่ามากกว่า 1.96 จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าสมมติฐานรองเป็นจริง ในทางกลับกันถ้าค่า Z มีค่าน้อยกว่า 1.96 ก็จะยอมรับสมมติฐานหลักและปฏิเสธสมมติฐานรอง

2.4 การควบคุณภาพเชิงสถิติ

คุณภาพเป็นความถูกต้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้ สำหรับความต้องการของผู้ใช้โดยทั่วไปจะกำหนดด้วยข้อกำหนด (Specification) หรือมาตรฐาน (Standard) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามความต้องการตามลักษณะของสินค้าและความต้องการของผู้ใช้

ในการควบคุมคุณภาพด้านการผลิต หลักการทางสถิติมีบทบาทสำคัญในการประเมินผล และควบคุมกระบวนการผลิตให้มีระดับคุณภาพตรงตามความต้องการ เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพประกอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) โดยจะใช้ในการตรวจสอบเพื่อการยอมรับเอาวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต หรือก่อนนำออกจำหน่าย และแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต



รูปที่ 2.8 การใช้เทคนิคเชิงสถิติในการควบคุมคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling Plan)

แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเป็นวิธีที่ใช้เพื่อตรวจรับวัตถุดิบ ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต หรือตรวจสอบสินค้าสำเร็จรูปก่อนส่งออกจำหน่าย โดยปกติในอุตสาหกรรมการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนการผลิตเป็นสิ่งจำเป็นและถ้าทำได้ควรตรวจสอบทุกชิ้น อย่างไรก็ตามในการปฏิบัตินั้นอาจไม่เหมาะสมหรือทำไม่ได้ด้วยเหตุผลหลายประการ คือ

1. ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูงเมื่อเทียบกับมูลค่าของวัตถุดิบ
2. เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบนาน และปริมาณของวัตถุดิบมีมาก ทำให้เสียค่าใช้จ่ายมาก
3. การทดสอบแบบทำลายทำให้วัตถุดิบถูกทำลายก่อนนำมาใช้

โดยวัตถุประสงค์ของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ คือ

1. เพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสินค้า ไม่ใช่เพื่อประมาณการระดับคุณภาพสินค้า
2. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ ไม่ใช่วิธีการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตโดยตรง แต่เป็นแผนที่ใช้เพื่อการตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสินค้าในลอตที่ส่งเข้ามา ถึงแม้ว่าสินค้าทุกลอตจะมีระดับคุณภาพที่เท่ากัน แต่ผลของการชักตัวอย่างจะยอมรับบางลอต และบางลอตจะถูกปฏิเสธทั้งที่ลอตที่ได้รับการยอมรับก็ไม่ได้มีระดับคุณภาพดีกว่าลอตที่ถูกปฏิเสธ
3. การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับที่มีประสิทธิผล คือ อย่าใช้เพื่อการกำหนดระดับคุณภาพของสินค้า แต่ใช้เพื่อการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลผลิตที่ได้สอดคล้องกับข้อกำหนดที่ต้องการ

โดยทั่วไปการตัดสินใจรับวัตถุดิบจากผู้ขายเพื่อนำมาใช้ในการผลิตอาจทำได้ 3 วิธี คือ

1. รับโดยไม่ต้องตรวจสอบเลย เหมาะสำหรับกรณีที่สินค้าที่ส่งมามีของเสียน้อย ซึ่งอาจได้จากกระบวนการผลิตที่ดี หรือจากผู้ที่ทำการคัดของเสียออกแล้วก่อนส่งสินค้ามาให้
2. ตรวจทุกชิ้นหรือตรวจทั้งหมด 100 % แล้วคัดของเสียคืนผู้ขายหรือซ่อมแซมก่อนนำไปใช้ เหมาะกับกรณีที่วัตถุดิบที่นำมาใช้ไม่ได้มาตรฐาน จะส่งผลถึงความเสียหายอย่างรุนแรงหรือก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายสูง หรือเมื่อสมรรถภาพกระบวนการของผู้ขายไม่ดีพอ
3. สุ่มตัวอย่าง โดยอาศัยแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ แล้วตัดสินใจรับเฉพาะลอตที่ผ่านตามกฎเกณฑ์เท่านั้น ส่วนรุ่นที่ไม่ผ่านตามกฎเกณฑ์อาจส่งคืนผู้ขาย หรือทำการตรวจ 100 % เพื่อคัดชิ้นที่เสียออก เหมาะสำหรับกรณีต่อไปนี้

- เป็นการทดสอบวัตถุดิบหรือสินค้าแบบทำลาย
- เมื่อการตรวจ 100 % มีต้นทุนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับความเสียหายที่จะมีวัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพผ่านเข้าสู่กระบวนการผลิต
- เมื่อมีของที่เหมือนกันจำนวนมากที่ต้องทำการตรวจสอบ การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ดี จะทำให้ได้ผลดีเทียบเท่ากับการตรวจ 100 % แต่มีต้นทุนการตรวจสอบต่ำกว่า
- เมื่อไม่รู้ระดับคุณภาพสินค้าของผู้ขาย
- เมื่อไม่ได้ใช้วิธีการตรวจสอบแบบอัตโนมัติ
- เมื่อการตรวจ 100 % ทำให้เสียเวลารอคอยกว่าจะรู้ผลอาจไม่ทันต่อการผลิตหรือการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อผู้ขายมีประวัติที่ดีการผลิตสินค้าตรงตามข้อกำหนด และผู้ซื้อต้องการลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบวัตถุดิบหรือสินค้า

- เมื่อผู้ขายมีประวัติที่ดีในการผลิตสินค้าตรงตามข้อกำหนดแต่เพราะความเสียหายจากการรับวัตถุดิบที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดก่อให้เกิดปัญหาที่รุนแรง ผู้ซื้อจึงต้องอาศัยวิธีการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแทนการยอมรับโดยไม่ต้องตรวจสอบ

2.4.1.1 ข้อดีและข้อเสียของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

ข้อดีของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจ 100 %

1. เสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบน้อยกว่า
2. วัตถุดิบหรือสินค้ามีการเคลื่อนย้ายหรือถูกหยิบจับน้อยกว่า ทำให้แตกหักเสียหายได้น้อยกว่า
3. ใช้กับการทดสอบแบบทำลายได้
4. ใช้คนตรวจสอบน้อยกว่า
5. ลดความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากการตรวจสอบได้มากกว่า
6. การปฏิเสธสินค้าหรือวัตถุดิบทั้งลอต โดยส่งคืนผู้ขายทั้งหมดจะให้ผลทางจิตวิทยาที่ดีกว่าการส่งคืนเพียงชิ้นที่เป็นของเสีย เพราะผู้ขายจะเพิ่มความเอาใจใส่ในการส่งสินค้ามากขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับนั้นมีข้อเสียหลายประการ สรุปได้ดังนี้

1. มีความเสี่ยงในการรับรุ่นที่มีคุณภาพต่ำกว่าที่กำหนด
2. ได้ข้อมูลในด้านระดับคุณภาพสินค้าของผู้ขายน้อยกว่าการตรวจ 100 %
3. การพัฒนาแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับต้องอาศัยเวลา รวมถึงการจดบันทึกการสุ่มตัวอย่างของลอตต่างๆ แต่สามารถแก้ไขได้โดยการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม ด้วยการศึกษาระดับคุณภาพสินค้าที่ผู้ซื้อต้องการ ซึ่งจะต้องรู้ถึงข้อกำหนดต่างๆ ตลอดจนแผนด้านคุณภาพและด้านวิศวกรรมการผลิต

แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ จัดได้ว่าเป็นสายกลางระหว่างการตรวจ 100 % และการยอมรับโดยไม่ตรวจสอบเลย แม้ว่าแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับไม่ใช่เพื่อควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิต แต่การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับอย่างต่อเนื่องจะเป็นหนทางป้องกันการผลิตสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพของผู้ผลิต และป้องกันสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพของผู้บริโภค และให้ข้อมูลสะสมถึงประวัติของคุณภาพที่ผลิตจากกระบวนการผลิต หรือผู้ผลิตรายนั้นๆ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับไปสู่ผู้ผลิตเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตให้ดีขึ้น และเป็นเครื่องมือทางจิตวิทยาให้ผู้ผลิตหรือผู้ขายสินค้ามีแรงกระตุ้นให้ต้องพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตอยู่ตลอดเวลา

2.4.1.2 ประเภทของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับสามารถแบ่งประเภทได้ตามชนิดของข้อมูล คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับสำหรับค่าแจงนับ (Acceptance Sampling Plan for Attributes) เหมาะสำหรับการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพโดยการจำแนกเป็นของดีและของเสีย แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

แผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยว (Single-Sampling Plan)

แผนการสุ่มตัวอย่างคู่ (Double-Sampling Plan)

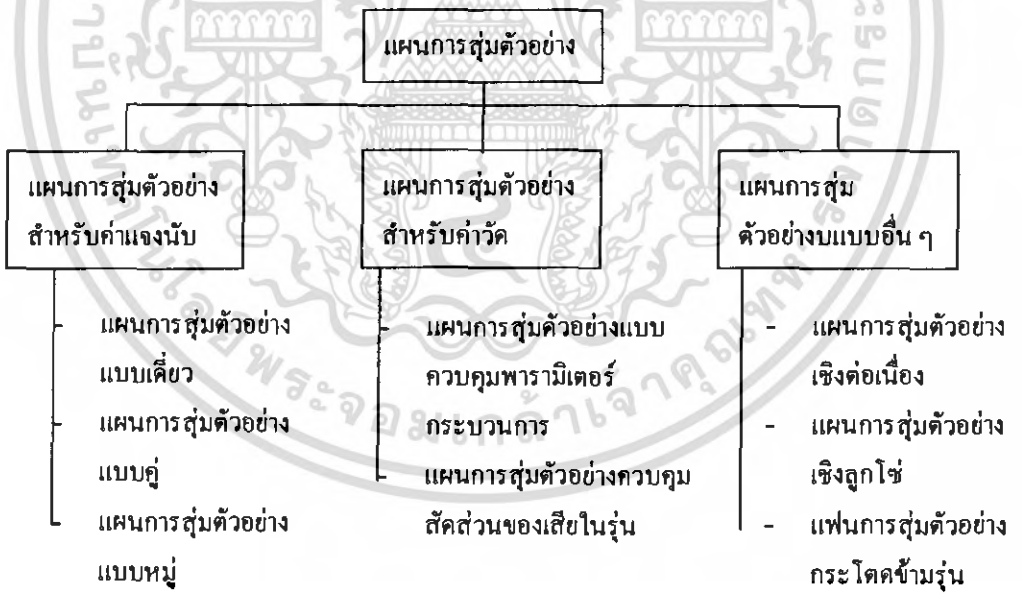
แผนการสุ่มตัวอย่างหมู่ (Multiple-Sampling Plan)

2. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับสำหรับค่าวัด (Acceptance Sampling Plan for Variables) เหมาะสำหรับการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพโดยการวัดออกมาเป็นตัวเลข สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

แผนการสุ่มตัวอย่างของการยอมรับที่ควบคุมสัดส่วนของเสียในกระบวนการ

แผนการสุ่มตัวอย่างของการยอมรับที่ควบคุมพารามิเตอร์ของกระบวนการ โดยทั่วไปคือ ค่าเฉลี่ย

3. แผนการสุ่มตัวอย่างแบบอื่นๆ (Other Sampling Plan) เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างชนิดพิเศษที่ใช้เพื่อการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธลอตสินค้า ซึ่งประกอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงต่อเนื่อง (Continues Sampling Plan) แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงลูกโซ่ (Chain Sampling Plan) และแผนการสุ่มตัวอย่างกระโดดข้ามรุ่น (Skip-lot Sampling Plan)



รูปที่ 2.9 การจำแนกประเภทแผนการชักตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การจัดลอตและการสุ่มตัวอย่าง

การจัดลอตเพื่อการสุ่มตัวอย่าง จะส่งผลถึงประสิทธิผลในการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ มีข้อ พิจารณาหลายประการ คือ

1. ลอตสินค้าจะต้องมีความเป็นเอกพันธ์ (Hompgeneous) โดยเป็นสินค้าในรุ่นเดียวกัน การผลิตจากเครื่องจักรเดียวกัน คุมโดยพนักงานคนเดียวกัน จากวัตถุดิบชุดเดียวกัน และในเวลาการผลิตที่ใกล้เคียงกัน ถ้าหากว่าสินค้าไม่เป็นเอกพันธ์กันอาจก่อให้เกิดปัญหาในการตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้สินค้ามีคุณภาพไม่ตรงตามข้อกำหนด
2. ขนาดลอตที่ใหญ่หรือมากชิ้น จะดีกว่าขนาดลอตที่มีขนาดเล็กหรือน้อยชิ้น เพราะค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบจะต่ำกว่า
3. ขนาดลอตสินค้าควรสอดคล้องกับวิธีการบรรจุภัณฑ์ และเคลื่อนย้ายสินค้าทั้งของผู้ผลิตและผู้บริโภค เพื่อลดความแตกหักเสียหายอันเกิดจากการตรวจสอบ และลดความจำเป็นในการแกะและบรรจุภัณฑ์ใหม่ให้น้อยที่สุด

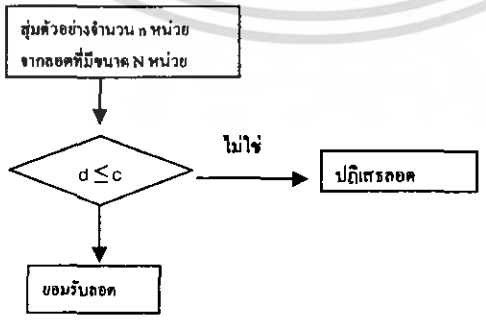
การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับจากลอตสินค้าควรจะต้องเก็บตัวอย่างแบบสุ่ม และเป็นตัวแทนของลอตสินค้าอย่างแท้จริง ถ้าการสุ่มตัวอย่างไม่เป็นไปแบบสุ่มแล้วผู้ขายสินค้าอาจจัดสินค้าที่มีลักษณะลำเอียง ดังนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดจึงต้องเก็บตัวอย่างแบบสุ่มอย่างแท้จริง

2.4.3 แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับสำหรับค่าแจงนับ (Acceptance Sampling Plan for Attributes)

การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับสำหรับค่าแจงนับจะตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพโดยการจำแนกเป็นของดีและของเสีย ประกอบด้วยขนาดตัวอย่าง และจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ และต้องเลือกแผนการสุ่มตัวอย่างให้เหมาะสมกับลักษณะคุณภาพที่ต้องการของของผู้ผลิตและลูกค้า

2.4.3.1 แผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยว

แผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยวประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาด n และจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ c โดยมีกระบวนการดังรูปที่ 1 จะเริ่มจากการสุ่มตัวอย่างจำนวน n หน่วยจากลอตที่มีขนาด N หน่วย ถ้าจำนวนของเสียที่พบ (d) น้อยกว่าหรือเท่ากับ c หน่วยจะยอมรับลอตนั้น แต่ถ้าจำนวนของเสียที่พบมากกว่า c หน่วยลอตจะถูกปฏิเสธ



รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนในการตรวจรับสินค้าของแผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

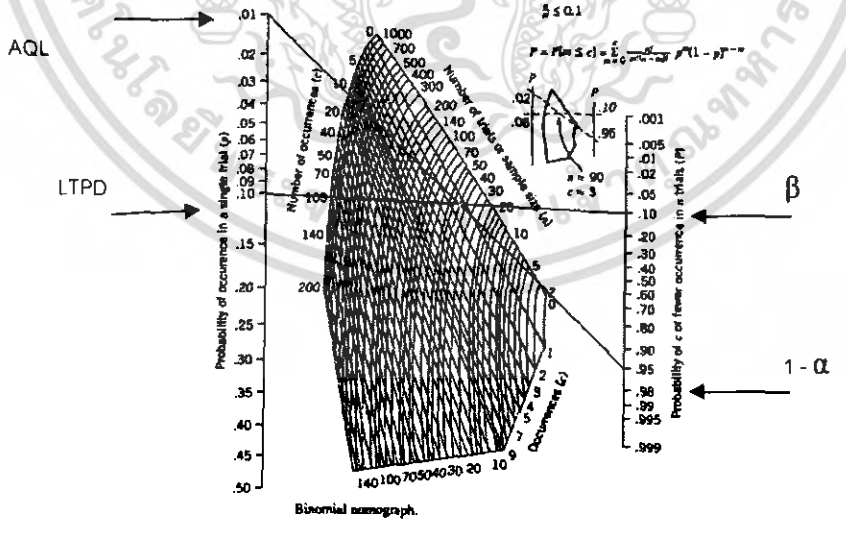
ขั้นตอนของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

1. <u>กำหนดระดับคุณภาพในการยอมรับ</u> ระดับคุณภาพในการยอมรับจะถูกกำหนดขึ้นโดยผู้ผลิตและลูกค้า ขึ้นอยู่กับมาตรฐานด้านเศรษฐกิจหรือมาตรฐานของบริษัท เพื่อกำหนดร้อยละของเสียมากที่สุดที่ผู้ผลิตยอมให้มีได้ในกระบวนการผลิต หรือระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ และถือว่าเป็นคุณภาพในระดับเฉลี่ย (Acceptance Quality Level, AQL or P_1) และ ร้อยละของเสียที่ปนอยู่ในลอตที่ได้รับการยอมรับทั้ง ๆ ที่ควรปฏิเสธ หรือ ระดับคุณภาพที่ต่ำที่สุดที่ลูกค้ายินดีจะยอมรับลอต (Lot Tolerance Percent Defective, LTPD or P_2) โดยทั่วไปจะกำหนดค่า AQL ที่ร้อยละ 1 เมื่อต้องการลอตที่เข้มงวด หรือ ร้อยละ 5 เมื่อไม่เข้มงวด และค่า LTPD ที่ร้อยละ 10

2. <u>เลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่ต้องการ</u> แผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยว (Single Sampling Plan) ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาด n หน่วยและจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ c หน่วยโดยเริ่มจากการสุ่มตัวอย่างจากลอตที่มีขนาด N หน่วย ถ้าจำนวนของเสียที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ c หน่วย ก็จะยอมรับลอตนั้น แต่ถ้าของเสียที่พบมากกว่า c หน่วยลอตจะถูกปฏิเสธ

3. <u>การกำหนดค่าต่าง ๆ ในแผนการสุ่มตัวอย่าง</u> ในแผนการสุ่มตัวอย่างแบบเดี่ยวต้องมีตัวแปรที่ต้องการกำหนดค่า คือ กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาด n หน่วย และจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ c หน่วย ซึ่งสามารถหาได้จากโนโมกราฟ ที่ประมาณค่าของความน่าจะเป็นแบบทวินามและปัวซอง โดยนักวิชาการได้สร้างจากสมการของกราฟ OC Curve โดยกำหนดให้ ความน่าจะเป็นของการยอมรับลอต คือ $1 - \alpha$ สำหรับลอตที่มีสัดส่วนของเสีย P_1 และความน่าจะเป็นของการยอมรับลอต คือ β สำหรับลอตที่มีสัดส่วนของเสีย P_2 โดยแกนทางซ้ายแสดงถึงสัดส่วนของเสียในลอต และแกนทางขวาแสดงถึงความน่าจะเป็นของการยอมรับลอตใด ๆ ซึ่งก็คือ ความน่าจะเป็นที่จะตรวจพบของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับ c การหาค่า n และ c ทำได้โดยการหาจุดตัดของเส้นตรงที่ลากระหว่าง P_1 และ $1 - \alpha$ กับเส้นตรงที่ลากระหว่าง P_2 และ β

การสร้างแผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยวโดยใช้โนโมกราฟกำหนดให้ความน่าจะเป็นของการยอมรับลอต คือ $1 - \alpha$ สำหรับลอตที่มีของเสีย P_1 (AQL) และความน่าจะเป็นของการยอมรับลอต คือ β สำหรับลอตที่มีสัดส่วนของเสีย P_2 จากการแจกแจงแบบทวินาม การหาขนาดตัวอย่างและจำนวนของเสียจะใช้โนโมกราฟเพื่อช่วยในการหาค่าดังรูปที่



รูปที่ 2.11 แสดงโนโมกราฟที่สร้างจากการแจกแจงแบบทวินาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ต้องสุ่มมาตรวจสอบโดยเฉลี่ย (Average Sample Number : ASN) สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยวจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ต้องสุ่มมาตรวจสอบจะคงที่ ASN = n

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

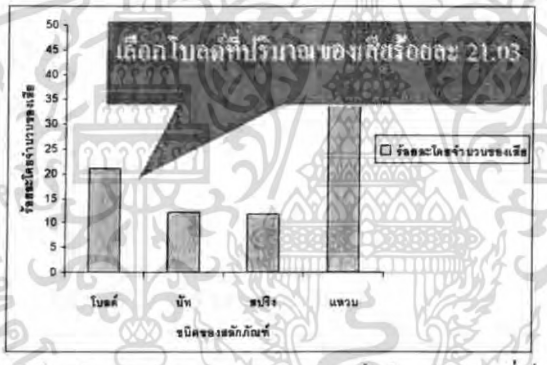
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

การทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีการดำเนินการตามขั้นตอนในเทคนิค QC Story ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนและการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

3.1 ดำเนินการตามขั้นตอน QC Story

3.1.1 การค้นหาปัญหาหรือเลือกหัวข้อเรื่อง

การกำหนดปัญหาเป็นการคัดเลือกชิ้นงานและกระบวนการที่ใช้แสดงค่าตัวแปรตอบสนองซึ่งจะนำข้อมูลในอดีตในช่วงระยะเวลา 1 ปี มาพิจารณาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชุบเหล็กด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน ซึ่งแสดงดังรูป



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงร้อยละโดยจำนวนของเสียของสลักภัณฑ์แต่ละประเภทที่เป็นงานนำกลับมาทำใหม่ ตั้งแต่ ม.ค. – ธ.ค. 2549

จากรูปที่ 3.1 พบว่าปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการชุบเหล็กด้วยสังกะสีมีปริมาณของเสียที่เกิดจากการชุบไม่ติดที่มากที่สุด คือแหวนแต่เนื่องจากในหนึ่งปีมีการชุบแหวนเพียงไม่กี่ครั้ง เมื่อเทียบกับโบล์ซึ่งมีปริมาณการชุบบ่อยมากในหนึ่งปี ทางผู้วิจัยจึงเลือกโบลต์มาทำการศึกษาวิจัย เพื่อลดของเสีย ซึ่งจะเป็นผลให้ลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการนำชิ้นงานกลับมาทำใหม่ ซึ่งโบลต์ที่ชุบไม่ติดคิดเป็นของเสียถึง ร้อยละ 21.03 ของสลักภัณฑ์ทั้งหมด

3.1.2 การศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน

ศึกษาสายการผลิตการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน โดยดูจากร้อยละโดยน้ำหนักของจำนวนของเสียในกระบวนการชุบเพื่อหาสาเหตุถึงที่มาของปัญหา สภาพปัญหาปัจจุบัน สามารถสรุปได้ดังนี้

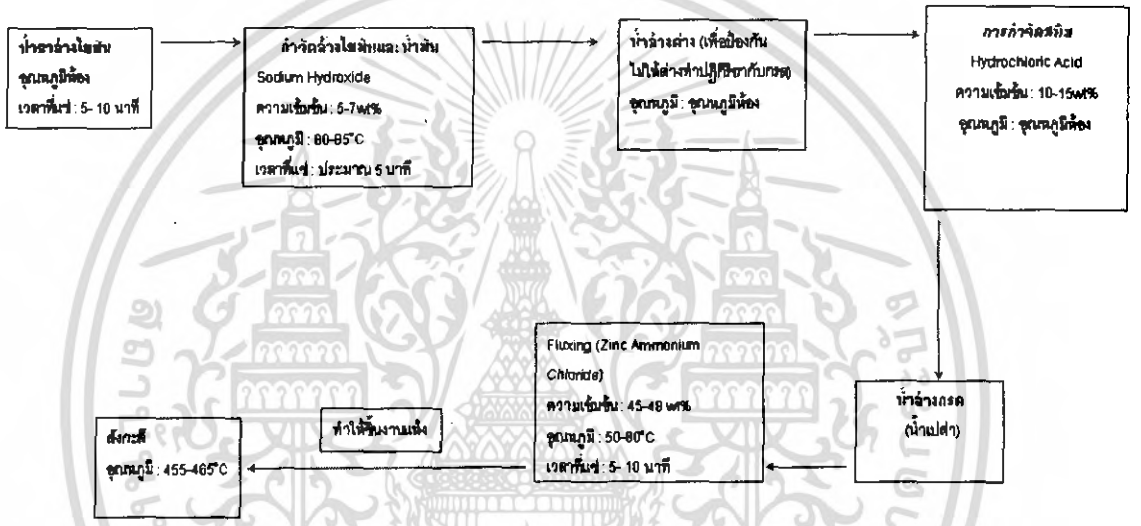
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระบวนการชุบโบลด์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อนมีปริมาณของเสียเป็นจำนวนมาก และยังไม่สามารถระบุถึงที่มาของปัญหาได้

- ไม่มีเกณฑ์ในสุ่มตรวจชิ้นงานเพื่อการยอมรับที่ได้มาตรฐาน โดยจำนวนของเสียที่ยอมรับได้มีปริมาณมากเกินไป และความถี่ในการสุ่มน้อยเกินไป จึงทำให้มีจำนวนของเสียหลังจากทำการชุบเสร็จแล้วเป็นจำนวนมาก

3.1.2.1 การศึกษากระบวนการผลิต

การศึกษากระบวนการชุบได้อธิบายกระบวนการชุบโบลด์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน ด้วยแผนภาพกระบวนการชุบโดยรวม (Process Mapping) ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังแสดงกระบวนการโบลด์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน

3.1.3 การกำหนดดัชนีชี้วัด

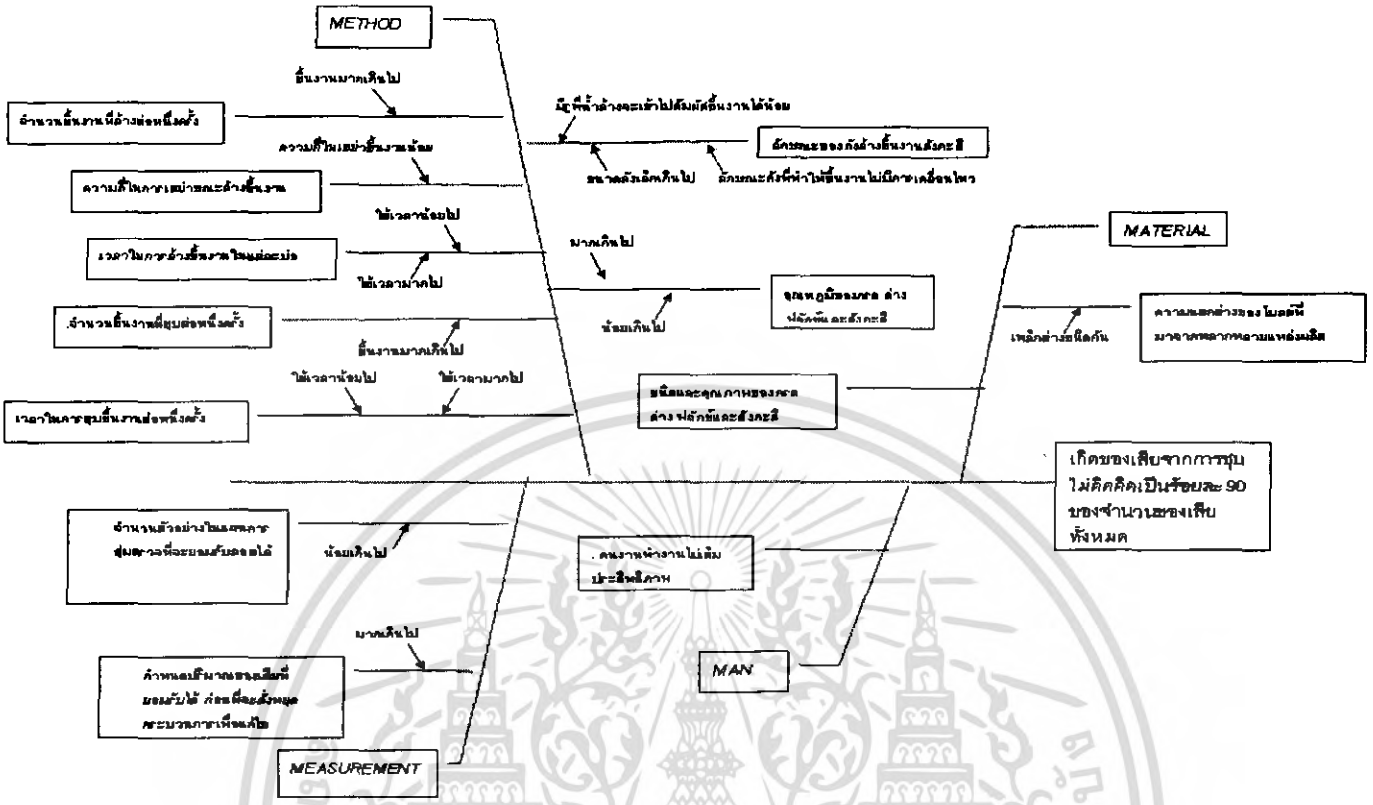
ดัชนีชี้วัดที่ใช้ในการวัดหรือประเมินผลการทดลอง คือ ร้อยละโดยจำนวนของเสีย เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการปรับปรุงกระบวนการชุบ

3.1.4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

3.1.4.1 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Analysis)

เป็นการระดมสมองเพื่อค้นหาสาเหตุสำหรับการวิเคราะห์ที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุดโดยสร้างภาพความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และจะเกิดในอนาคตซึ่งจะต้องเจาะจงถึงเงื่อนไขที่เป็นสาเหตุของข้อกำหนดจากลูกค้า จากการระดมความคิดจะได้แผนภาพการวิเคราะห์ปัญหา จากสาเหตุและผล ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งจะได้ปัจจัยนำเข้าต่าง ๆ จากนั้นต้องนำมาวิเคราะห์เพื่อจำแนกว่า ปัจจัยนำเข้าใดที่สามารถควบคุมได้ และไม่สามารถควบคุมได้ หากไม่สามารถควบคุมได้ต้องทำการตัดปัจจัยเหล่านั้นทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงสาเหตุและผล

3.1.4.2 การระบุถึงสาเหตุของปัญหา

จากการวิเคราะห์แผนผังแสดงสาเหตุและผลพบว่า สาเหตุของการชุบไม่ติดเกิดจากกระบวนการล้างชิ้นงานไม่สะอาด โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการล้างชิ้นงาน คือ

1. วัตถุดิบ ณ ปัจจุบันที่โรงงานใช้มาจากแหล่งผลิตที่ได้รับมาตรฐาน และผ่านเกณฑ์การยอมรับของโรงงานแล้ว

2. คนงาน เป็นปัจจัยที่ไม่ได้ทำการศึกษา

3. กระบวนการวัด ในกระบวนการชุบเหล็กหลังจากทำการชุบเสร็จสิ้นแล้วในแต่ละลอตโรงงานจะทำการสุ่มตรวจชิ้นงานเพื่อตรวจสอบจำนวนของเสีย หากของเสียที่เกิดขึ้นมีมากกว่าร้อยละ 50 ก็จะสั่งหยุดกระบวนการชุบทันทีและตรวจสอบ หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย แต่หากชิ้นงานที่สุ่มมามีของเสียน้อยกว่าร้อยละ 50 ก็จะทำการชุบต่อไป จากหลักเกณฑ์ที่ทางโรงงานใช้ตรวจสอบของเสียก่อนจะสั่งหยุดกระบวนการถือว่าเป็นหลักเกณฑ์ที่ยังไม่ได้มาตรฐานเนื่องจาก กำหนดจำนวนของเสียที่ยอมรับได้สูงถึงร้อยละ 50 จึงทำให้เกิดของเสียขึ้นในกระบวนการเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีการ จากการตรวจสอบสภาพปัจจุบันพบว่า เวลาและอุณหภูมิในกระบวนการล้างและชุบเป็นไปตามวิธีการชุบที่ถูกต้องแล้ว แต่ลักษณะของถังล้างชิ้นงานและจำนวนชิ้นงานที่ล้างต่อหนึ่งครั้ง มีผลต่อความสะอาดของชิ้นงานเป็นอย่างมาก

ถังล้างแบบเก่ามีขอด้อยดังนี้

- มีขนาดเล็ก เมื่อใส่ชิ้นงานขนาดหนึ่งลอตแล้วชิ้นงานสูงเกินขอบถัง และมีความหนาแน่นของชิ้นงานมากเกินไป
- ด้านข้างและก้นถัง มีลักษณะปิดสนิท ทำให้กรด ด่าง และฟลักซ์ไม่สามารถเข้าไปทั่วถึงชิ้นงานภายในถังได้
- ชิ้นงานไม่มีการเคลื่อนไหวในการล้างเนื่องจากถังมีขนาดเล็กเกินไป เกิดการซ้อนทับกันของชิ้นงาน ทำให้บริเวณนั้นไม่ได้สัมผัสกับกรด ด่าง และฟลักซ์

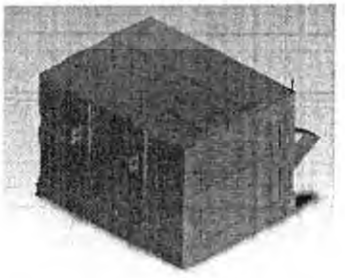
รูปที่ 3.4 ถังล้างแบบเก่า

รูปที่ 3.5 ชิ้นงานสูงเกินขอบถัง

3.1.5 แผนการแก้ปัญหาและการออกแบบการทดลอง

แผนการแก้ปัญหาในส่วนของวิธีการ จะออกแบบการทดลองโดยออกแบบถังล้างแบบใหม่ ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งเป็นการปรับปรุงข้อด้อยของถังล้างแบบเก่า แล้วใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เก็บข้อมูลจำนวนของเสียที่ได้จากกระบวนการชุบโดยใช้ถังล้างแบบใหม่และแบบเก่ามาเปรียบเทียบกัน โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน และค่าของตัวสถิติ แบบ The Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test เพื่อทดสอบว่าถังล้างแบบใหม่มีประสิทธิภาพมากกว่าแบบเก่า

ในส่วนกระบวนการวัดจะทำการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับให้ได้มาตรฐาน เพื่อที่จะทำให้ของเสียออกจากกระบวนการน้อยที่สุด



รูปที่ 3.6 การออกแบบถังล้างแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 ขั้นตอนการดำเนินการตามแผนและตรวจสอบผลการดำเนินการ

3.1.6.1 ทำถังล้างแบบใหม่ตามที่ได้ออกแบบไว้

ถังที่ทำขึ้นตามที่ได้ออกแบบไว้นั้นจะนำไปใช้ในกระบวนการล้างควบคู่กับถังเก่าของทางโรงงาน เพื่อเก็บค่าตัวอย่างมาทำการทดสอบสมมติฐานต่อไป

3.1.6.2 ตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนของเสียที่ได้จากถังล้างแบบเก่า $\leq$ ค่าเฉลี่ยของจำนวนของเสียที่ได้จากถังล้างแบบใหม่

H_1 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนของเสียที่ได้จากถังล้างแบบเก่า $>$ ค่าเฉลี่ยของจำนวนของเสียที่ได้จากถังล้างแบบใหม่

3.1.6.3 การทดลองกับกระบวนการจริง

นำถังล้างแบบใหม่ไปใช้ในกระบวนการชุบ ควบคู่ไปกับถังล้างแบบเก่า เพื่อควบคุมตัวแปรในการชุบอื่นๆให้อยู่ในสภาวะเดียวกัน

3.1.6.4 เก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างตามแผนการสุ่มตัวอย่างจาก ชิ้นงานที่ชุบจากถังล้างแบบเก่าและถังล้างแบบใหม่ ทำการเก็บตัวอย่าง 45 ครั้งๆละ 45 ตัวอย่าง โดยจะทำการเก็บแบบสุ่มคือ เก็บตอนบนของถังล้าง 15 ตัวอย่าง ตอนกลางถังล้าง 15 ตัวอย่าง และตอนล่างของถังล้าง 15 ตัวอย่างรวมเป็น 1 ครั้ง

3.1.6.5 เปรียบเทียบจำนวนของเสีย

เปรียบเทียบจำนวนของเสียที่ได้จากถังทั้งสองแบบ โดยใช้วิธีทดสอบทางสถิติแบบ The Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test

3.1.7 กำหนดมาตรฐาน

การกำหนดมาตรฐานจะใช้หลักการของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เพื่อนำไปใช้ตรวจสอบจำนวนของเสียหลังจากทำการชุบเสร็จ ก่อนที่จะสั่งหยุดกระบวนการ เป็นการจัดทำให้การตรวจสอบของเสียมีมาตรฐานมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการตามที่ได้วางแผนไว้ ในขั้นตอนของ QC Story การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ และการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ ได้ผลการดำเนินงานดังนี้

4.1 ถังล้างแบบใหม่

จากที่ได้ทำการออกแบบถังล้างแบบใหม่เพื่อแก้ปัญหาข้อด้อยของถังล้างแบบเก่าทำให้ได้ถังล้างแบบใหม่ที่มีลักษณะดังนี้

1. ถังล้างมีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถใส่ชิ้นงานหนึ่งลอตได้โดยชิ้นงานหนึ่งลอตเมื่อใส่ลงในถังล้างแล้วจะมีปริมาณเท่ากับ 3 ใน 4 ของปริมาตรของถังล้าง
2. ถังล้างมีรูให้น้ำล้างไหลเข้าได้รอบตัวถัง ทำให้น้ำล้างสัมผัสกับชิ้นงานได้มากขึ้น
3. ถังมีฝาปิดและมีพื้นที่ในถังเหลือพอที่จะทำการพลิกถังเพื่อให้ ชิ้นงานเกิดการเคลื่อนที่ ทำให้ชิ้นงานสัมผัสกับน้ำล้างทั่วทั้งชิ้นงาน

รูปที่ 4.1 ถังล้างใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการเก็บข้อมูลตัวอย่างและผลการทดสอบทางสถิติ

4.2.1 ผลการเก็บข้อมูลตัวอย่าง

จากการเก็บตัวอย่างตามแผนการเก็บตัวอย่างคือเก็บตัวอย่างครั้งละ 45 ตัวอย่าง จำนวน 45 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 28 พฤศจิกายน จนถึงวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ.2550 ได้ผลดังตารางนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการเก็บข้อมูล

วันที่	ครั้งที่	ถังเก่า	ถังใหม่
28/08/50	1	5	3
29/08/50	2	2	1
03/09/50	3	5	1
03/09/50	4	3	1
04/09/50	5	5	2
05/09/50	6	3	4
06/09/50	7	5	2
06/09/50	8	3	3
06/09/50	9	6	0
08/09/50	10	5	0
08/09/50	11	4	1
10/09/50	12	3	2
10/09/50	13	5	0
11/09/50	14	2	1
11/09/50	15	3	1
15/10/50	16	3	0
15/10/50	17	4	3
16/10/50	18	4	0
20/10/50	19	0	2
22/10/50	20	2	0
22/10/50	21	4	1
23/10/50	22	4	1
27/10/50	23	2	3
29/10/50	24	5	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ผลการเก็บข้อมูล

วันที่	ครั้งที่	ถังเก่า	ถังใหม่
30/10/50	25	3	2
1/11/50	26	1	0
1/11/50	27	6	0
2/11/50	28	2	1
5/11/50	29	5	2
5/11/50	30	6	3
6/11/50	31	3	1
8/11/50	32	4	0
12/11/50	33	5	1
10/11/50	34	2	2
10/11/50	35	3	3
12/11/50	36	4	1
17/11/50	37	2	2
17/11/50	38	3	4
17/11/50	39	1	1
19/11/50	40	4	3
20/11/50	41	3	2
22/11/50	42	4	1
28/11/50	43	5	3
29/11/50	44	2	0
3/12/50	45	4	4

จากข้อมูลผลการทดลองนำข้อมูลมาทำการทดสอบทางสถิติแบบวิลคอกซอนจับคู่เครื่องหมายตำแหน่ง โดยเป็นการทดสอบแบบด้านเดียวทางซ้าย มีสมมติฐานในการทดลองดังนี้คือ

สมมติฐานหลัก(H0) $\overline{X}_{\text{ถังเก่า}} \leq \overline{X}_{\text{ถังใหม่}}$

(ของเสียที่ได้จากการใช้ถังแบบเก่าน้อยกว่าหรือเท่ากับถังใหม่)

สมมติฐานรอง (H1) $\overline{X}_{\text{ถังเก่า}} > \overline{X}_{\text{ถังใหม่}}$

(ของเสียที่ได้จากการใช้ถังล้างแบบเก่ามากกว่าถังใหม่)

เมื่อ $\overline{X}_{\text{ถังเก่า}}$ แทนของเสียจากการสุ่มตัวอย่างจากกระบวนการที่ใช้ถังแบบเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{X}_{\text{ถังใหม่}}$ แทนของเสียจากการสุ่มตัวอย่างจากกระบวนการที่ใช้ถังแบบใหม่

เมื่อได้สมมติฐานแล้ว ก็เริ่มการทดสอบสมมติฐานด้วยตัวสถิติแบบวิลคอกซอนจับคู่เครื่องหมายตำแหน่ง โดยเริ่มจาก หาความแตกต่างของข้อมูลแต่ละคู่โดยคิดเครื่องหมาย(กำหนดเป็นค่า d_i เมื่อ $_i$= 1, 2, 3,...,N และ N เป็นจำนวนคู่หรือขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองและความแตกต่างระหว่างคู่

ครั้งที่	ถังเก่า	ถังใหม่	d_i
1	5	3	2
2	2	1	1
3	5	1	4
4	3	1	2
5	5	2	3
6	3	4	1
7	5	2	3
8	3	3	0
9	6	0	6
10	5	0	5
11	4	1	3
12	3	2	1
13	5	0	5
14	2	1	1
15	3	1	2
16	3	0	3
17	4	3	1
18	4	0	4
19	0	2	-2
20	2	0	2
21	4	1	3
22	4	1	3
23	2	3	-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2(ต่อ) ผลการทดลองและความแตกต่างระหว่างคู่

24	5	2	3
25	3	2	1
26	1	0	1
27	6	0	6
28	2	1	1
29	5	2	3
30	6	3	3
31	3	1	2
32	4	0	4
33	5	1	4
34	2	2	0
35	3	3	0
36	4	1	3
37	2	2	0
38	3	4	-1
39	1	1	0
40	4	3	1
41	3	2	1
42	4	1	3
43	5	3	2
44	2	0	2
45	4	4	0

จากตารางที่ 4.2 เมื่อตัดข้อมูลที่มีค่าความแตกต่างเป็นศูนย์ และนำมาจัดอันดับของค่าสัมประสิทธิ์ของความแตกต่าง จากนั้นนำเครื่องหมายของค่าความแตกต่างใส่กลับไปยังอันดับที่จัดไว้แล้ว จึงได้ตารางในหน้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การหาอันดับเครื่องหมายในการทดสอบสมมติฐาน

ครั้งที่	ถังเก่า	ถังใหม่	d_i	ค่าสัมประสิทธิ์ของ d_i	signed-rank
1	5	3	2	2	16.5
2	2	1	1	1	6.5
3	5	1	4	4	33.5
4	3	1	2	2	16.5
5	5	2	3	3	26
6	3	4	-1	1	-6.5
7	5	2	3	3	26
8	6	0	6	6	38.5
9	5	0	5	5	36.5
10	4	1	3	3	26
11	3	2	1	1	6.5
12	5	0	5	5	36.5
13	2	1	1	1	6.5
14	3	1	2	2	16.5
15	3	0	3	3	26
16	4	3	1	1	6.5
17	4	0	4	4	33.5
18	0	2	-2	2	-16.5
19	2	0	2	2	16.5
20	4	1	3	3	26
21	4	1	3	3	26
22	2	3	-1	1	-6.5
23	5	2	3	3	26
24	3	2	1	1	6.5
25	1	0	1	1	6.5
26	6	0	6	6	38.5
27	2	1	1	1	6.5
28	5	2	3	3	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3(ต่อ) การหาอันดับเครื่องหมายในการทดสอบสมมติฐาน

ครั้งที่	ถังเก่า	ถังใหม่	d_i	ค่าสัมประสิทธิ์ของ d_i	signed-rank
29	6	3	3	3	26
30	3	1	2	2	16.5
31	4	0	4	4	33.5
32	5	1	4	4	33.5
33	4	1	3	3	26
34	3	4	-1	1	-6.5
35	4	3	1	1	6.5
36	3	2	1	1	6.5
37	4	1	3	3	26
38	5	3	2	2	16.5
39	2	0	2	2	16.5

จากตาราง สามารถนำข้อมูลมาคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบได้ดังนี้

$$T = 744$$

เมื่อ T คือผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมายบวก

ค่าคาดหวัง E(T)

$$E(T) = \frac{N(N+1)}{4} = \frac{39(40)}{4} = 390 \tag{4.1}$$

เมื่อ N คือจำนวนชุดตัวอย่าง

ค่าความเบี่ยงเบนของอันดับที่เป็นเครื่องหมายบวก V(T)

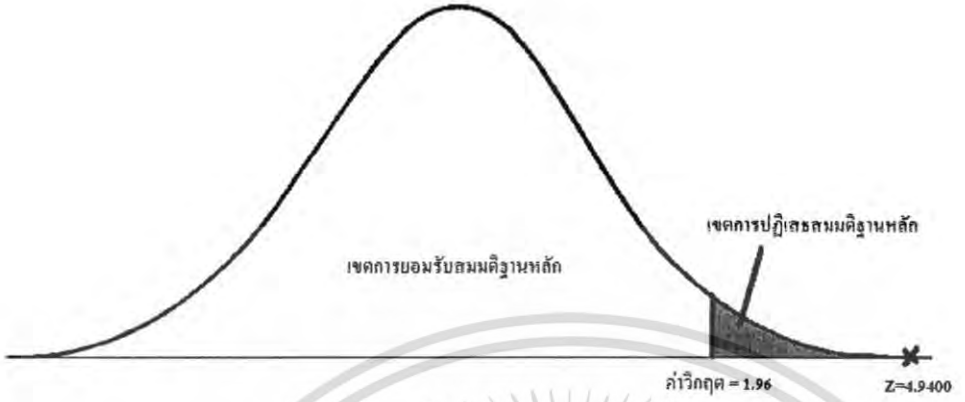
$$V(T) = \frac{N(N+1)(2N+1)}{24} = \frac{39(40)(79)}{24} = \frac{123{,}240}{24} = 5{,}135 \tag{4.2}$$

ค่าสถิติทดสอบ

$$Z = \frac{T - E(T)}{\sqrt{V(T)}} = \frac{744-390}{\sqrt{5135}} = \frac{354}{71.6589} = 4.94 \tag{4.3}$$

เมื่อได้ค่าสถิติทดสอบ และค่าวิกฤตดังที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่ 2.3.4 แล้ว ว่ามีค่าเท่ากับ 1.96 ก็พิจารณาตามกราฟการแจกแจงปกติ ว่าผลการทดสอบสมมติฐานเป็นการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

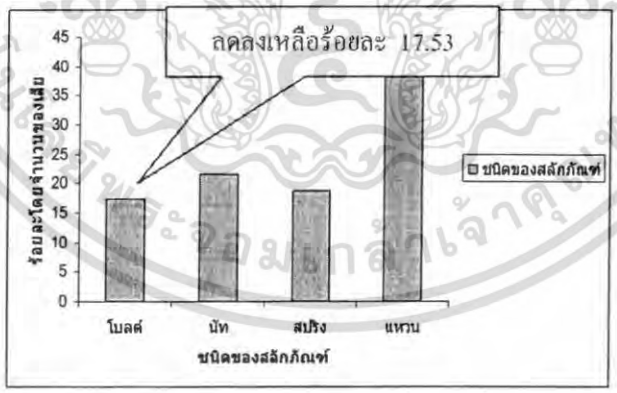


รูปที่ 4.2 กราฟปกติ

จากรูปที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบสมมติฐาน คือ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ยอมรับสมมติฐานรอง หมายความว่ากระบวนการที่ใช้ถังแบบใหม่ดีกว่ากระบวนการที่ใช้ถังแบบเก่าหรือของเสียที่ได้จากการใช้ถังล้างแบบเก่ามากกว่าถังใหม่

4.3 จำนวนของเสียจากกระบวนการชุบเหล็กด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อนหลังการปรับปรุงกระบวนการ

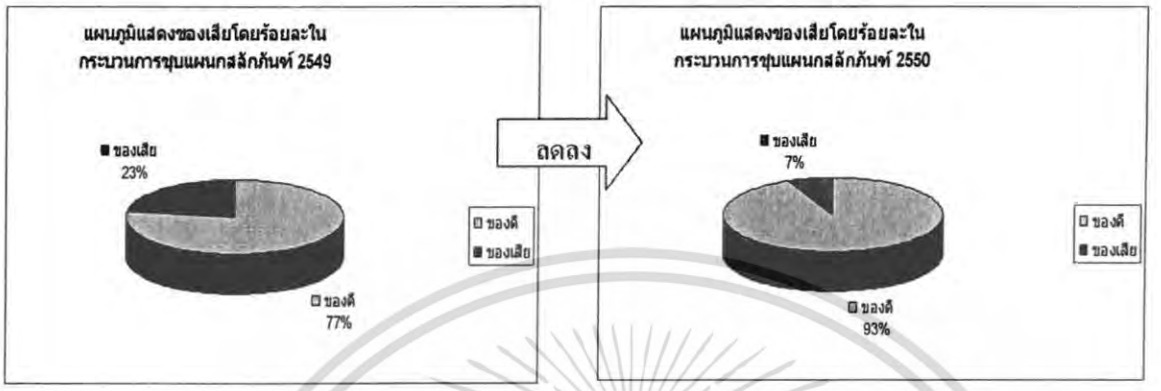
ก่อนปรับปรุงกระบวนการโบลต์มีจำนวนของเสียคิดเป็นร้อยละ 21.03 หลังการปรับปรุงกระบวนการโบลต์มีของเสียลดลงเหลือร้อยละ 17.53



รูปที่ 4.3 จำนวนของเสียที่ลดลงหลังปรับปรุงกระบวนการ

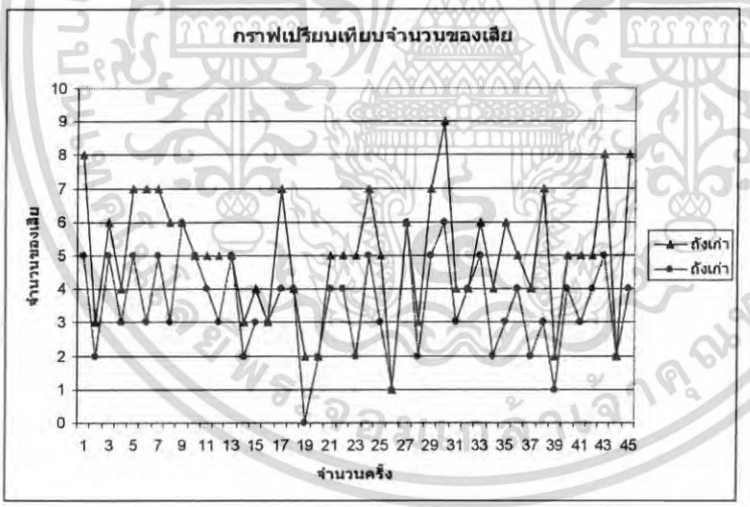
จากการปรับปรุงกระบวนการชุบโบลต์ทางโรงงานได้นำ การปรับปรุงนี้ไปใช้กับสลักภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ทำให้สลักภัณฑ์ชนิดอื่นๆมีจำนวนของเสียลดลงเช่นกัน ซึ่งก่อนปรับปรุงกระบวนการมีของเสียโดยรวมร้อยละ 23 หลังปรับปรุงของเสียลดลงเหลือร้อยละ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบจำนวนของเสียทั้งหมดของกระบวนการก่อนและการปรับปรุง

ผลการเก็บข้อมูลโดยเก็บระหว่างถังเก่าและถังใหม่ที่มีการใช้งานควบคู่กันเพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆให้เหมือนกัน แล้วนำข้อมูลมาพลอตกราฟได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบจำนวนของเสียระหว่างถังล้างแบบเก่าและแบบใหม่

จากรูปของเสียที่เกิดจากกระบวนการล้างที่ใช้ถังใหม่มีจำนวนโดยเฉลี่ยน้อยกว่ากระบวนการที่ใช้ถังเก่า และจากการสมมติฐานทางสถิติ ด้วยวิธี The Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ยอมรับสมมติฐานรอง หมายความว่า กระบวนการที่ใช้ถังแบบใหม่ทำให้เกิดของเสียน้อยกว่ากระบวนการที่ใช้ถังแบบเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับสำหรับค่าแจงนับ สำหรับกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน บริษัทเอื้อวิทยา จำกัด

4.4.1 กำหนดระดับคุณภาพในการยอมรับ

ระดับคุณภาพในการยอมรับจะถูกกำหนดขึ้นโดยผู้ผลิตและลูกค้า ขึ้นอยู่กับมาตรฐานด้านเศรษฐกิจหรือมาตรฐานของบริษัท เพื่อกำหนดร้อยละของเสียมากที่สุดที่ผู้ผลิตยอมให้มีได้ในกระบวนการผลิต หรือระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ และถือว่าเป็นคุณภาพในระดับเฉลี่ย (Acceptance Quality Level, AQL or P_1) และ ร้อยละของเสียที่ปนอยู่ในลอตที่ได้รับการยอมรับทั้ง ๆ ที่ควรปฏิเสธ หรือ ระดับคุณภาพที่ต่ำที่สุดที่ลูกค้ายินดีจะยอมรับลอต (Lot Tolerance Percent Defective, LTPD or P_2) โดยทั่วไปจะกำหนดค่า AQL ที่ร้อยละ 1 เมื่อต้องการลอตที่เข้มงวด หรือร้อยละ 5 เมื่อไม่เข้มงวด และค่า LTPD ที่ร้อยละ 10 สำหรับกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน บริษัทเอื้อวิทยา โดยมีข้อกำหนดระหว่างบริษัทและลูกค้าที่ AQL ที่ร้อยละ 1 ค่า LTPD ที่ร้อยละ 10

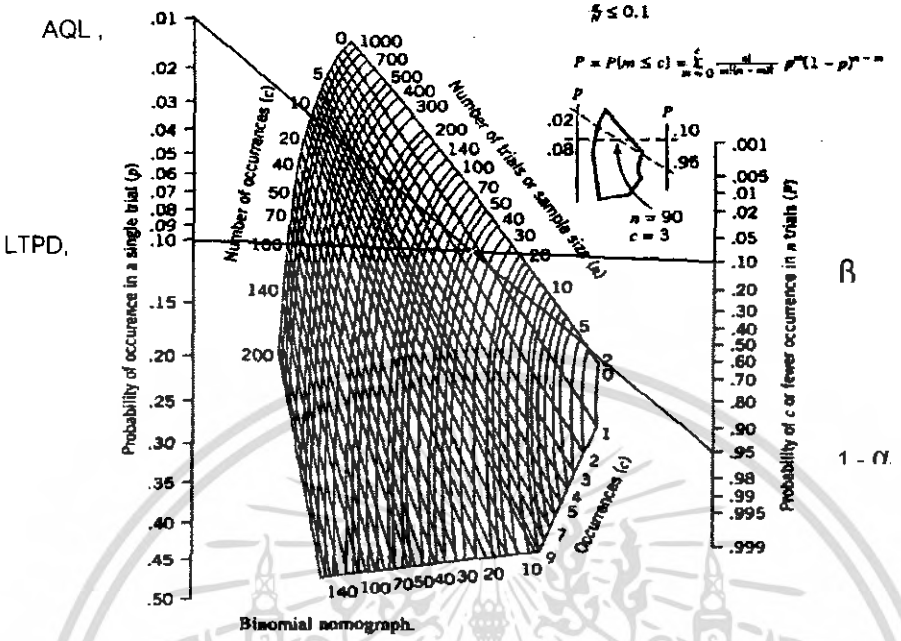
4.4.2 เลือกแผนการสุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

แผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับสายการผลิตโบลต์ชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด คือ แผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยว (Single Sampling Plan) ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาด n หน่วยและจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ c หน่วยโดยเริ่มจากการสุ่มตัวอย่างจากลอตที่มีขนาด N หน่วย ถ้าจำนวนของเสียที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ c หน่วย ก็จะยอมรับลอตนั้น แต่ถ้าของเสียที่พบมากกว่า c หน่วยลอตจะถูกปฏิเสธ

4.4.3 การกำหนดค่าต่าง ๆ ในแผนการสุ่มตัวอย่าง

ในแผนการสุ่มตัวอย่างแบบเดี่ยวต้องมีตัวแปรที่ต้องการกำหนดค่า คือ กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาด n หน่วย และจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ c หน่วย ซึ่งสามารถหาได้จากโนโมกราฟ ที่ประมาณค่าของความน่าจะเป็นแบบทวินามและปัวซอง โดยนักวิชาการได้สร้างจากสมการของกราฟ OC Curve โดยกำหนดให้ ความน่าจะเป็นของการยอมรับลอต คือ 1- α สำหรับลอตที่มีสัดส่วนของเสีย P_1 และความน่าจะเป็นของการยอมรับลอต คือ β สำหรับลอตที่มีสัดส่วนของเสีย P_2 โดยแกนทางซ้ายแสดงถึงสัดส่วนของเสียในลอต และแกนทางขวาแสดงถึงความน่าจะเป็นของการยอมรับลอตใด ๆ ซึ่งก็คือ ความน่าจะเป็นที่จะตรวจพบของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับ c การหาค่า n และ c ทำได้โดยการหาจุดตัดของเส้นตรงที่ลากระหว่าง P_1 และ 1- α กับเส้นตรงที่ลากระหว่าง P_2 และ β ค่าความน่าจะเป็นในการปฏิเสธรุ่นที่ควรจะยอมรับหรือความเสี่ยงของผู้ผลิต (α) ที่ร้อยละ 5 และความน่าจะเป็นในการยอมรับรุ่นที่ควรปฏิเสธหรือความเสี่ยงของผู้บริโภค (β) ที่ร้อยละ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงโนโมกราฟที่สร้างจากการแจกแจงแบบทวินาม

สำหรับกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน บริษัทเอื้อวิทยา จะได้ว่า n = 45 หน่วย และ c = 2 หน่วย และจำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ต้องสุ่มมาตรวจสอบโดยเฉลี่ย สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเดี่ยว (Average sample number, *ASN*) จะคงที่ (*ASN* = n) คือ *45 ตัวอย่าง* จากประชากรทั้งหมดที่ต้องตรวจสอบ *6,000 หน่วย*

ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับสำหรับค่าแจงนับ สำหรับกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด จะได้กสุ่มตัวอย่างที่มีขนาด 45 หน่วยจำนวน 45 ตัวอย่างและจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ 2 หน่วย ถ้าจำนวนของเสียที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 หน่วย ก็จะยอมรับลอตนั้น แต่ถ้าของเสียที่พบมากกว่า 2 หน่วยลอตจะถูกปฏิเสธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการ

5.1 บทนำ

เนื่องจากคุณภาพของชิ้นงาน เป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตโบลต์ชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน การชุบโบลต์ที่ไม่ได้คุณภาพจึงถือเป็นสาเหตุที่ควรได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก นอกจากจะทำให้ชิ้นงานมีคุณภาพดียิ่งขึ้นแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนและเวลานำในสายการผลิต

ในการดำเนินโครงงานที่ผ่านมา เป็นการศึกษาถึงสาเหตุและการลดของเสียที่เกิดจากการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีไม่ติดในกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน ด้วยเครื่องมือทางสถิติ คือ QC Story และการตั้งสมมติฐานทางสถิติ พบว่า สาเหตุของการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีไม่ติด คือ กระบวนการล้างที่ไม่สะอาด โดยภาชนะบรรจุโบลต์มีลักษณะไม่เหมาะสม โดยมีขนาดถังเล็กเกินไป และมีการซ้อนทับกันของชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานไม่สามารถสัมผัสกรด ด่างและฟลักซ์ได้อย่างสมบูรณ์ ผู้ดำเนินโครงงานจึงทำการปรับปรุงกระบวนการล้างด้วยการออกแบบและปรับปรุงภาชนะบรรจุโบลต์ให้มีความเหมาะสม นอกจากนี้ยังได้ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เพื่อใช้สำหรับ หาขนาดในการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพทางสถิติที่มีประสิทธิภาพ

5.2 สรุปวิธีการดำเนินงาน

จากวิธีการดำเนินงานของโครงงานด้วยเครื่องมือทางสถิติ คือ QC Story ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นหาปัญหาหรือเลือกหัวข้อเรื่อง ดำเนินงานด้วยการแสดงตัวแปรค่าตอบสนอง ซึ่งจะนำข้อมูลในอดีตในช่วงระยะเวลา 1 ปี มาพิจารณาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตการชุบสลักภัณฑ์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด พบว่า ปริมาณของเสียสูงสุดที่เกิดขึ้น เกิดจากการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีไม่ติด

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาสภาพปัญหาในปัจจุบัน ดำเนินงานด้วยการศึกษาสายการผลิตและ ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลในกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด เพื่อหาสาเหตุและที่มาของการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีไม่ติด

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดดัชนีชี้วัด หรือการประเมินผลการดำเนินงาน ผู้ดำเนินงานใช้ ร้อยละโดยจำนวนของเสีย เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการชุบ

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ดำเนินงานด้วยการใช้แผนภูมิก้างปลาในการระดมสมองวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุดระหว่างสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน อนาคตและเงื่อนไขที่เป็นสาเหตุของข้อกำหนดจากลูกค้า เพื่อมาจำแนกว่า ปัจจัยนำเข้าใดที่สามารถควบคุมได้ และไม่สามารถควบคุมได้ พบว่า มีปัจจัยนำเข้า 4 ชนิดที่สามารถทำให้เกิดปัญหาได้ คือ วัตถุดิบ คนงาน วิธีการ และกระบวนการวัด ซึ่งจากการศึกษาสภาพปัจจุบัน ทำให้ทราบว่า วัตถุดิบของบริษัทมาจากแหล่งผลิตที่ได้รับมาตรฐาน และผ่านเกณฑ์การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยอมรับของบริษัท คนงานทำงานตรงตามวิธีการชุบที่ถูกต้องแล้ว กระบวนการวัดยังไม่มีหลักเกณฑ์ที่ถูกต้องและเหมาะสมในการยอมรับหรือปฏิเสธสินค้า เป็นเรื่องของการตรวจสอบคุณภาพไม่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของการชุบ และวิธีการ เทคนิคการชุบและปัจจัยในเรื่องเวลาและอุณหภูมิในกระบวนการล้างและชุบเป็นไปตามวิธีการชุบที่ถูกต้องแล้ว แต่ในส่วนกระบวนการล้าง พบว่า ชิ้นงานถูกล้างไม่สะอาด เนื่องจากภาชนะบรรจุโบลต์มีลักษณะไม่เหมาะสม โดยมีขนาดถังเล็กเกินไป และมีการซ้อนทับกันของชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานไม่สามารถสัมผัสกรด ด่างและฟลักซ์ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีไม่ติด

ขั้นตอนที่ 5 แผนการแก้ปัญหาและการออกแบบการทดลอง ดำเนินการด้วยการทำการทดลองโดยออกแบบและปรับปรุงภาชนะบรรจุโบลต์แบบใหม่ให้ความเหมาะสม คือ มีขนาดใหญ่และรูที่เพิ่มขึ้นทำให้กรด ด่างและฟลักซ์สามารถสัมผัสกับชิ้นงานได้อย่างสมบูรณ์ มีฝาปิดทำให้ชิ้นงานสามารถเคลื่อนไหวได้ และออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เพื่อเก็บตัวอย่างที่ได้จากการทดลองมาตรวจสอบผลการดำเนินงาน และเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน

ขั้นตอนที่ 6 การดำเนินงานตามแผนและตรวจสอบผลการดำเนินงาน ผู้ดำเนินงานได้ทำการทดสอบสมมติฐานการทดลองและตรวจสอบด้วยสถิติแบบ The Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test โดยการนำผลการทดลองที่ได้จากการเก็บตัวอย่างตามแผนการสุ่มตัวอย่าง พบว่า ของเสียที่ได้จากภาชนะบรรจุโบลต์ที่ได้ออกแบบใหม่มีจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นน้อยกว่าภาชนะบรรจุโบลต์แบบเก่า

ขั้นตอนที่ 7 กำหนดมาตรฐาน ดำเนินงานโดยการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับที่เหมาะสมให้กับกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด เพื่อนำไปใช้ในการระบวนการตรวจสอบคุณภาพ

5.3 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินโครงงาน ได้ผลการดำเนินงาน คือ สามารถหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย ของกระบวนการชุบเหล็กด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด โดยการเริ่มจากแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ที่พบของเสียมากที่สุดก่อน คือ โบลต์ และสามารถวิเคราะห์ถึงปัญหาของการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อนไม่ติด คือ กระบวนการล้างที่ไม่สะอาด ผู้ดำเนินการจึงได้ศึกษาถึงกระบวนการล้างอย่างละเอียด พบว่า เกิดจากภาชนะบรรจุโบลต์มีลักษณะไม่เหมาะสม โดยมีขนาดถังเล็กเกินไป และมีการซ้อนทับกันของชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานไม่สามารถสัมผัสกรด ด่างและฟลักซ์ได้อย่างสมบูรณ์ จึงแก้ปัญหาโดยการออกแบบและปรับปรุงภาชนะบรรจุโบลต์แบบใหม่ให้มีความเหมาะสม ทำให้กระบวนการล้างประสิทธิภาพมากขึ้น ของเสียที่เกิดในกระบวนการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อนมีปริมาณลดลง จากร้อยละ 23.03 เหลือร้อยละ 17.53 ลดลงคิดเป็นร้อยละ 16.64 นอกจากนี้ยังได้ออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของลอตสินค้าที่เหมาะสม

5.4 ข้อจำกัด ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงาน

ข้อจำกัดในการการทำโครงงาน ได้แก่ ผู้ดำเนินงานจะทำโครงงานเฉพาะสายการผลิตการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อน บริษัท เอื้อวิทยา จำกัด เท่านั้น และนิยามของรอยตำหนิบนชิ้นงาน คือ รอยบนชิ้นงาน ที่เกิดจากการชุบด้วยสังกะสีไม่ติด มีลักษณะเป็นจุดสีดำที่มองเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า และของเสีย คือ ชิ้นงานที่มีรอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำหนิตั้งแต่1จุดขึ้นไป ข้อจำกัดอื่นๆ ได้แก่ ข้อจำกัดของบริษัทในการปรับปรุงสายการผลิต การนำเสนอและยอมรับวิธีการแก้ไขของผู้ดำเนินงาน และสิ่งที่บริษัทสามารถยอมให้ดำเนินงานได้

ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงงาน ได้แก่ การเริ่มต้นศึกษาถึงปัญหาที่บริษัทพบมากและจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากปัญหาของบริษัท คือ ต้นทุนและปริมาณของเสียที่เพิ่มขึ้นของกระบวนการชุบ ซึ่งเป็นขอบเขตที่กว้าง และมีหลายปัจจัยเกี่ยวข้อง การเลือกสาเหตุที่จะแก้ไขก่อนจึงเป็นสิ่งที่ยาก และผู้ดำเนินการต้องศึกษาถึงกระบวนการชุบเหล็ก และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลในการชุบเหล็กด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อนอย่างละเอียด และพบปัญหาคือการไม่สามารถวัดความสะอาดของโบลต์ได้ จึงต้องเลือกดัชนีชี้วัดด้วยร้อยละโดยจำนวนของเสีย เพื่อบอกถึงประสิทธิภาพของกระบวนการชุบมาใช้แทน ความไม่แน่นอนของปริมาณการชุบของบริษัท เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้ดำเนินงานไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากแผนกชุบด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อนนี้ ทำการชุบสลักภัณฑ์ได้แก่ โบลต์ นัท แหวนและสปริง ในปริมาณต่างๆ ในแต่ละวัน ทำให้ไม่สามารถควบคุมให้ปริมาณกรด ด่าง และฟลักซ์ในการทำการทดลองได้ จึงเลือกใช้ทำการทดลองในสภาวะเดียวกันแทน คือ ทำการชุบโบลต์ด้วยภาชนะแบบเก่าและแบบที่ปรับปรุงแล้วไปพร้อมๆ กัน แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกัน

5.5 ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินงานปรับปรุงสายการผลิตการชุบโบลต์ด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อนนั้นสามารถทำให้กระบวนการชุบให้ดีขึ้น โดยสามารถปรับปรุงและพัฒนาภาชนะบรรจุโบลต์ให้มีความเหมาะสมมากขึ้น และพิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆ ต่อไปในวิธีการชุบที่มีความสำคัญรองลงมาจากกระบวนการล้าง เพื่อเป็นการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการชุบ และแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับที่ผู้ดำเนินงานได้ออกแบบเป็นแนวทาง เพื่อใช้หาขนาดตัวอย่างและจำนวนชิ้นงานในการยอมรับลอตที่เหมาะสมในการตรวจสอบคุณภาพสินค้า และสามารถนำไปปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับให้มีความเหมาะสมมากขึ้น เพื่อการตรวจสอบคุณภาพสินค้าที่มีประสิทธิภาพ

การดำเนินงานที่ผ่านมาพบว่า ร้อยละโดยของเสียของกระบวนการชุบลดลงร้อยละ 16.64 ทางบริษัท เอื้อวิทยา จำกัด สามารถนำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ไปพิจารณาต่อในการปรับปรุงสายการผลิตโบลต์ชุบสังกะสีแบบจุ่มร้อน ให้มีร้อยละโดยของเสียลดลงได้อีก และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการชุบทั้งหมดในบริษัทได้ ส่วนแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับที่ผู้ดำเนินงานได้ออกแบบ สามารถเป็นแนวทางในการออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในบริษัทได้ เพื่อลดของเสียที่ออกจากกระบวนการผลิต ลดจำนวนชิ้นงานกลับไปทำใหม่ ได้ผลิตภัณฑ์ชุบเหล็กด้วยสังกะสีแบบจุ่มร้อนที่มีคุณภาพ และลดต้นทุนของบริษัทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- กนกทิพย์ พัฒนาพัวพันธ์, 2543. สถิติอ้างอิงเพื่อวิจัยทางการศึกษา. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กิตติวัฒน์ ศิริเกษมสุข, 2548. Quality Management and Assurance. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พิชิต สุรเชิดเกียรติ, 2543. สถิติ. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : สยามสปอร์ตซินดิเคท.
- รำไพ สุขสวัสดิ์ ณ อยุธยา, 2526. สถิติการวิจัย. กรุงเทพมหานคร : เอช-เอน การพิมพ์.
- ฤดี มาสุจันท์, 2547. การควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วิสาข์ เกษประทุม, 2545. สถิตินอนพาราเมตริก. กรุงเทพมหานคร : พ.ศ. พัฒนา จำกัด.
- สมจิต วัฒนาชยากูล, 2532. สถิติวิเคราะห์เบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : ประกายพรึก.
- สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2547. สถิติวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุรพล อุปดิสสกุล, 2536. สถิติการวางแผนการทดลอง. กรุงเทพมหานคร : เค.ยู.บุ๊คเซนเตอร์.
- อะคิโอะ อิชะวะ, 2548. การแก้ไขปัญหาด้วย QC Story ชุดใหม่ : Theme Achievement. แปลโดย ศศิธร วัฒนพาหุ. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- อุมาพร จันทศร, 2542. สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์. กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกส์เซนเตอร์.
- เอกชัย ชัยประเสริฐสิทธิ, 2524. สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Bruce E. Wampold, and Clifford J. Drew, 1990. Theory and Application of Statistics. USA : McGraw-Hill Publishing Company.
- Myles Hollander, and Douglas A. Wolfe, 1999. Nonparametric Statistical Methods. Second Edition. Canada : A Wiley-Interscience Publication.
- P. Sprent, 1993. Applied Nonparametric Statistical Methods. London : Chapman & Hall.
- Paul H. Kvam, and Brani Vidakovic, 2007. Nonparametric Statistics with Applications to Science and Engineering. USA : John Wiley.
- Prem S. Mann, 2001. Introductory Statistics. USA : John Wiley & Sons, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอนุมานทางสถิติ

Statistical Inference

การอนุมานทางสถิติคือวิธีการทางสถิติที่ใช้ค่าที่ได้จากตัวอย่างไปอธิบายประชากร เพื่อใช้อธิบายถึงกรแจกแจงความน่าจะเป็นของประชากร สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter Estimation)
2. การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

โดยทั่วไป ตัวสถิติ (*Statistic*) จะถูกนำมาใช้อนุมานค่าของพารามิเตอร์ ดังนั้น การแจกแจงของตัวสถิติ หรือเรียกอีกอย่างว่า การแจกแจงการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Distribution) จึงมีความสำคัญและมีผลต่อการอนุมานค่า ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงกรแจกแจงการสุ่มตัวอย่าง การประมาณค่าพารามิเตอร์ และการทดสอบสมมติฐาน

1. การแจกแจงการสุ่มตัวอย่าง

การแจกแจงการสุ่มตัวอย่าง คือ การแจกแจงของตัวสถิติ มีดังนี้

1.1 การแจกแจงปกติ

กำหนดให้ ตัวแปรสุ่ม $x \sim N(\mu,\sigma^2)$ ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_1, x_2, x_3,\ldots,x_n$ จากคุณสมบัติการรวมเชิงเส้นตรงของการแจกแจงปกติ จะได้ว่า ตัวสถิติ $\bar{X}$ มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2/n หรือสามารถเขียนได้เป็น

$$X \sim N(\mu,\sigma^2)$$

จากทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง จะพบว่า การแจกแจงของค่าเฉลี่ยตัวอย่างนี้ สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการแจกแจงน่าจะเป็นทุกประเภท โดยไม่ขึ้นอยู่กับการแจกแจงที่แท้จริงของตัวแปรสุ่ม x

1.2 การแจกแจงแบบไคสแควร์ (Chi-Square Distribution)

กำหนดให้ $x_1, x_2, x_3,\ldots,x_n$ เป็นตัวแปรสุ่มอิสระที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน จะได้ว่า ตัวแปรสุ่ม $X = x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_n^2$ มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ (χ_n^2) ที่องศาแห่งความเป็นอิสระ n (Degree of Freedom) เมื่อ n คือขนาดตัวอย่าง ด้วยฟังก์ชั่นหนาแน่นน่าจะเป็น ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{2^{n/2}\Gamma(\frac{n}{2})} x^{(n/2)-1} e^{-x/2} \qquad x > 0 \qquad \text{(ผก 1)}$$

$$\mu = n \qquad \text{(ผก 2)}$$

$$\sigma^2 = 2n \qquad \text{(ผก 3)}$$

เมื่อสังเกตจากฟังก์ชั่นหนาแน่นน่าจะเป็น จะพบว่า การแจกแจงไคสแควร์ คือ การแจกแจงแกมม่าด้วยพารามิเตอร์ $r = n/2$ และ $\lambda = 1/2$ และเมื่อ $n = 2$ การแจกแจงไคสแควร์ คือ การแจกแจงเอ็กโพเนนเชียลด้วยพารามิเตอร์ $\lambda = 1/2$ ฟังก์ชั่นหนาแน่นน่าจะเป็นสะสมสามารถเขียนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

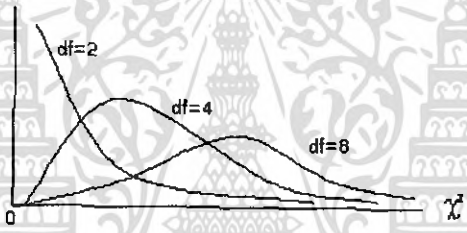
$$f(a) = \int_0^a \frac{1}{2^{n/2}\Gamma(\frac{n}{2})} x^{(n/2)-1} e^{-x/2} dx \qquad \text{(ผก 4)}$$

ตัวอย่างของตัวสถิติที่มีการแจกแจงไคสแควร์ คือ

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{\sigma^2} = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} \sim \chi^2_{n-1} \qquad \text{(ผก 5)}$$

เมื่อ $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ *เป็นข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย* μ และความแปรปรวน σ^2

การแจกแจงไคสแควร์ เหมาะสำหรับการอนุมานค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน รูปที่ ผก 2 แสดงกราฟการแจกแจงไคสแควร์ จะเห็นว่า กราฟมีหลายแบบขึ้นอยู่กับค่า n ยิ่ง n มาก รูปทรงของกราฟจะยิ่งคล้ายระฆังคว่ำ (Bell-Shaped) และเมื่อ n มีค่ามากๆ การแจกแจงไคสแควร์สามารถจำลองได้โดยใช้การแจกแจงปกติ



รูปที่ ผก 1 การแจกแจงไคสแควร์ที่องศาแห่งความเป็นอิสระต่างๆ

1.3 การแจกแจงที ((Student) t-Distribution)

กำหนดให้ x และ χ^2_n เป็นตัวแปรสุ่มอิสระที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานและไคสแควร์ตามลำดับ จะได้ว่า ตัวแปรสุ่ม $t = \frac{x}{\sqrt{\chi^2_v/v}}$ มีการแจกแจงที (t_v) ที่องศาแห่งความเป็นอิสระ $v = n-1$ เมื่อ n คือ ขนาดตัวอย่าง ด้วยฟังก์ชั่นหนาแน่นน่าจะเป็น ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน ดังนี้

$$f(t) = \frac{\Gamma(\frac{v+1}{2})}{\Gamma(\frac{v}{2})\sqrt{\pi v}}(1 + \frac{t^2}{v})^{-(v+1)/2} \qquad -\infty < t < \infty \qquad \text{(ผก 6)}$$

$$\mu = 0 \qquad \text{(ผก 7)}$$

$$\sigma^2 = \frac{v}{v-2} \qquad \text{เมื่อ } v > 2 \qquad \text{(ผก 8)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชั่นหนาแน่นน่าจะเป็นสะสม สามารถเขียนได้ดังนี้

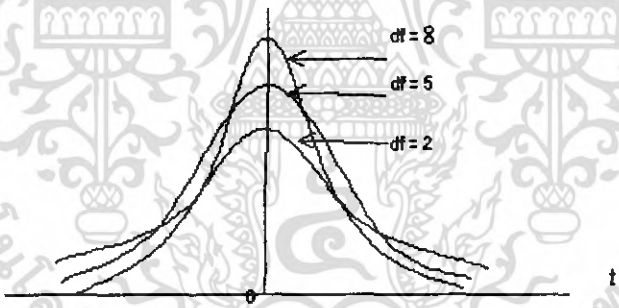
$$f(t) = \int_{-\infty}^{a} \frac{\Gamma(\frac{v+1}{2})}{\Gamma(\frac{v}{2})\sqrt{\pi v}} (1+\frac{t^2}{v})^{-(v+1)/2} dt \qquad \text{(ผก 9)}$$

ตัวอย่างของตัวสถิติที่มีการแจกแจงที คือ

$$x = \frac{\bar{x}-\mu}{S/\sqrt{n}} = \frac{\frac{\bar{x}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}}{S/\sigma} = \frac{N(0,1)}{\sqrt{\chi^2_{n-1}/(n-1)}} \sim t_{n-1} \qquad \text{(ผก 10)}$$

เมื่อ $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ เป็นข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2

การแจกแจงทีเป็นการแจกแจงที่เข้าใกล้การแจกแจงปกติมาตรฐาน ใช้ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเล็ก หรือใช้อนุมานค่าเฉลี่ยในกรณีที่ไม่สามารถกำหนดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ กราฟการแจกแจงทีมีรูปทรงระฆังคว่ำ สมมตร (Symmetric) และแกนกลางอยู่ที่ 0 ลักษณะจะใกล้เคียงกับกราฟการแจกแจงปกติมาตรฐานมาก ต่างกันที่ส่วนหางของกราฟการแจกแจงทีจะอยู่สูงกว่า เมื่อค่าของ v ยิ่งมาก การแจกแจงทีจะเข้าใกล้การแจกแจงปกติมาตรฐานยิ่งขึ้น โดยทั่วไป เมื่อค่า v มากกว่า 30 การแจกแจงทีสามารถประมาณด้วยการแจกแจงปกติมาตรฐาน



รูปที่ ผก 2 การแจกแจงทีที่องศาแห่งความเป็นอิสระต่างๆ

1.4 การแจกแจงเอฟ ((Snedecor) F-Distribution)

กำหนดให้ χ^2_1 และ χ^2_2 เป็นตัวแปรสุ่มแบบไคสแควร์ที่อิสระต่อกันด้วยองศาแห่งความเป็นอิสระ v_1 และ v_2 ตามลำดับ จะได้ว่า ตัวแปรสุ่ม $x = \frac{\chi^2_{v_1}/v_1}{\chi^2_{v_2}/v_2}$ มีการแจกแจงแบบเอฟ (F_{v_1,v_2}) ที่องศาแห่งความเป็นอิสระของเศษ (Degree of Freedom for the Numerator) v_1 และองศาของความเป็นอิสระของส่วน (Degree of Freedom for the Denominator) v_2 ด้วยฟังก์ชั่นหนาแน่นน่าจะเป็น ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน ดังนี้

$$f(x) = \frac{\Gamma(\frac{v_1+v_2}{2})(\frac{v_1}{v_2})^{v_1/2} x^{(v_1/2)-1}}{\Gamma(\frac{v_1}{2})\Gamma\frac{v_2}{2})(1+\frac{v_1 x}{2})^{(v_1+v_2)/2}} \qquad x>0 \qquad \text{(ผก 11)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu = \frac{v_2}{v_2 - 2} \qquad \text{เมื่อ } v_2 > 2 \qquad \text{(ผก 12)}$$

$$\sigma^2 = \frac{2v_2(v_1 + v_2 - 2)}{v_1(v_2 - 2)^2(v_2 - 4)} \qquad \text{เมื่อ } v_2 > 4 \qquad \text{(ผก 13)}$$

ถ้า $x \sim F_{v_1,v_2}$ แล้ว $1/x \sim F_{v_1,v_2}$ ฟังก์ชั่นหนาแน่นน่าจะเป็นสะสมสามารถเขียนได้ดังนี้

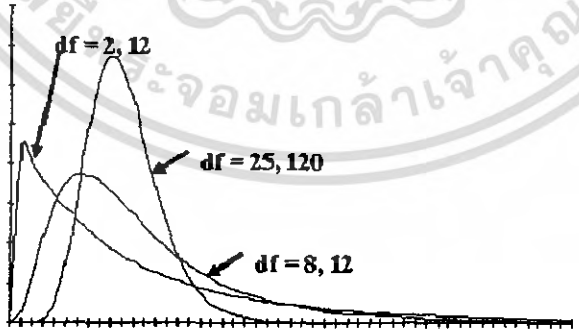
$$F(a) = \int_0^a \frac{\Gamma(\frac{v_1+v_2}{2})(\frac{v_1}{v_2})^{v_1/2} x^{(v_1/2)-1}}{\Gamma(\frac{v_1}{2})\Gamma(\frac{v_2}{2})(1+\frac{v_1 x}{v_2})^{(v_1+v_2)/2}} dx \qquad \text{(ผก 14)}$$

ตัวอย่างของตัวสถิติที่มีการแจกแจงเอฟ คือ

$$x = \frac{S_1^2/\sigma_1^2}{S_2^2/\sigma_2^2} \sim F_{n_1-1,n_2-2} \qquad \text{(ผก 15)}$$

เมื่อ $x_{11}, x_{12}, x_{13}, \ldots, x_{1n_1}$ เป็นข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย μ_1 และความแปรปรวน σ_1^2 และ $x_{21}, x_{22}, x_{23}, \ldots, x_{2n_2}$ เป็นข้อมูลที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย μ_2 และความแปรปรวน σ_2^2

การแจกแจงเอฟ เหมาะสำหรับการอนุมานเกี่ยวกับความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน กราฟการแจกแจงเอฟมีลักษณะเบ้ขวา (Right-Skewed) โดย f(x) มีค่าสูงสุดเมื่อ $x < 1$ และ v_1 และ v_2 ยิ่งน้อย ความไม่สมมาตรและการกระจายของข้อมูลจะยิ่งมาก



รูปที่ ผก 3 การแจกแจงแบบเอฟที่องศาแห่งความเป็นอิสระต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 การแจกแจงเบอร์นูลลี่

กำหนดให้ตัวแปรสุ่ม x ~ Bernoulli(p) ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ จะได้ว่าตัวสถิติ

$$x = x_1+x_2+\ldots+xn \qquad \text{(ผก 16)}$$

มีการแจกแจงทวินามด้วยพารามิเตอร์ n และ p และตัวสถิติ

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad \text{(ผก 17)}$$

มีการแจกแจงทวินามโดยมีเซตของค่าที่เป็นไปได้ คือ {0, 1/n, 2/n, …, (n-1)/n, 1} ฟังก์ชั่นมวลน่าจะเป็นสะสม ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน สามารถเขียนได้ดังนี้

$$P(\bar{x} \le a) = P(\frac{x}{n} \le a) = P(x \le na) = \sum_{x=0}^{[na]} \binom{n}{x} p^x p^{n-x} \qquad \text{(ผก 18)}$$

$$\mu = p \qquad \text{(ผก 19)}$$

$$\sigma^2 = \frac{p(1-p)}{n} \qquad \text{(ผก 20)}$$

เมื่อ [na] เป็นจำนวนเต็มที่มากที่สุดแต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ na

1.6 การแจกแจงพัวซอง

กำหนดให้ตัวแปรสุ่ม x ~ Poisson(λ) ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ จะได้ว่าตัวสถิติ

$$x = x_1+x_2+\ldots+x_n \qquad \text{(ผก 21)}$$

มีการแจกแจงพัวซองด้วยพารามิเตอร์ $n\lambda$ และตัวสถิติ

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad \text{(ผก 22)}$$

มีการแจกแจงพัวซองโดยมีเซตของค่าที่เป็นไปได้ คือ {0, 1/n, 2/n, …,} ฟังก์ชั่นมวลน่าจะเป็นค่าสะสม ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน สามารถเขียนได้ดังนี้

$$P(\bar{x} \le a) = P(\frac{x}{n} \le a) = P(x \le na) = \sum_{x=0}^{[na]} \frac{e^{-n\lambda}n\lambda^x}{x!} \qquad \text{(ผก 23)}$$

เมื่อ $\lambda > 0$ และ [na] เป็นจำนวนเต็มที่มากที่สุดแต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ na

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter Estimation)

เนื่องจากค่าของพารามิเตอร์ของประชากรไม่สามารถกำหนดได้เอง และยังสามารถเปลี่ยนไปตามกาลเวลาอีกด้วย จึงจำเป็นที่จะต้องใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยการกำหนดตัวประมาณค่า (Estimator) ซึ่งเป็นตัวสถิติที่เกี่ยวเนื่องกับพารามิเตอร์ที่สนใจ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของพารามิเตอร์นั้นๆ นั่นคือ ค่าของพารามิเตอร์ที่สนใจสามารถประมาณได้โดยใช้ค่าของตัวประมาณค่าหรือค่าประมาณ (Estimate) ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้จากตัวอย่าง

ตัวประมาณค่าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- ตัวประมาณค่าแบบจุด (Point Estimator)
- ตัวประมาณค่าแบบช่วง (Interval Estimator)

2.1 ตัวประมาณค่าแบบจุด

ตัวประมาณค่าแบบจุด คือ ตัวสถิติที่ให้ค่าประมาณเพียง 1 ค่า คุณสมบัติที่สำคัญของตัวประมาณค่าแบบจุดคือ ไม่ต้องเอนเอียง (Unbiased) นั่นคือ ค่าคาดหวังของตัวประมาณค่าแบบจุดและค่าของพารามิเตอร์ต้องเป็นค่าเดียวกัน นอกจากนี้ ในบรรดาตัวประมาณค่าแบบจุดที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่ใช้เป็นตัวแทนของพารามิเตอร์ ตัวประมาณค่าแบบจุดที่ใช้เป็นแทนของพารามิเตอร์ควรเป็นตัวประมาณค่าที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุด ตารางที่ ผก 2 แสดงตัวประมาณค่าแบบจุดที่ไม่เอนเอียงที่ใช้เป็นตัวแทนของพารามิเตอร์ต่างๆ จาก ตารางที่ ผก 2 ถึงแม้ว่า S^2 เป็นตัวประมาณค่าแบบจุดที่ไม่เอนเอียงของพารามิเตอร์ σ^2 แต่ S ไม่เป็นตัวประมาณค่าแบบจุดที่ไม่เอนเอียงของพารามิเตอร์ σ

ตารางที่ ผก 2 ตัวประมาณค่าแบบจุดที่ไม่เอนเอียงที่ใช้เป็นตัวแทนของพารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	ตัวประมาณค่าแบบจุด
μ	$\bar{x}$
σ^2	S^2
λ	$\hat{\lambda} = \bar{x}$
p	$\hat{p} = x/n$
μ_1-μ_2	$\bar{x_1} - \bar{x_2}$
σ_1^2 / σ_2^2	S_1^2 / S_2^2

2.2 ตัวประมาณค่าแบบช่วง

ตัวประมาณค่าแบบช่วงของพารามิเตอร์ คือ ขอบเขตระหว่างตัวสถิติ 2 ตัว ที่ครอบคลุมค่าที่แท้จริงของพารามิเตอร์ด้วยความน่าจะเป็นค่าหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ตัวประมาณค่าแบบช่วงของพารามิเตอร์ μ สามารถกำหนดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L \le \mu \le U$$

โดยมี L หรือขีดจำกัดความเชื่อมั่นส่วนล่าง (Lower Confidence Limit) และ U หรือขีดจำกัดความเชื่อมั่นส่วนบน (Upper Confidence Limit) เป็นตัวสถิติที่ทำให้

$$P\{L \le \mu \le U\} = 1-\alpha \qquad \text{(ผก 24)}$$

เมื่อ α คือ ระดับนัยสำคัญ (Significant Level) หรืออีกนัยหนึ่ง $1-\alpha$ เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Confidence Coefficient) หรือระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level) ความหมายของ $P\{L \le \mu \le U\} = 1-\alpha$ คือ ในจำนวนค่าประมาณแบบช่วงของพารามิเตอร์ μ จำนวน $100(1-\alpha)\%$ ที่ครอบคลุมค่าที่แท้จริงของ μ ดังนั้น $L \le \mu \le U$ คือช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ α หรือช่วงความเชื่อมั่น ที่ระดับความเชื่อมั่น $100(1-\alpha)\%$ ($100(1-\alpha)\%$ Confidence Interval) โดยค่า $U-\mu$ หรือ $\mu-L$ แสดงถึงความถูกต้อง (Accuracy) ของช่วงความเชื่อมั่น

$L \le \mu \le U$ สามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ช่วงความเชื่อมั่นสองด้าน (Two-Sided Confidence Interval) เนื่องจากเป็นค่าที่แสดงถึงขีดจำกัดความเชื่อมั่นส่วนล่างและขีดจำกัดความเชื่อมั่นส่วนบน ตัวประมาณค่าแบบช่วงของพารามิเตอร์ที่มีขีดจำกัดความเชื่อมั่นเพียงด้านเดียว (One-Sided Confidence Interval) ซึ่งมี 2 แบบ คือ ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่าง (One-Sided Lower Confidence Interval) และ ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบน (One-Sided Upper Confidence Interval) ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่างสามารถกำหนดได้ดังนี้

$$L \le \mu$$

เมื่อ L เป็นตัวสถิติที่ทำให้

$$P\{L \le \mu\} = 1-\alpha \qquad \text{(ผก 25)}$$

สำหรับช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบน สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\mu \le U$$

เมื่อ U เป็นตัวสถิติที่ทำให้

$$P\{\mu \le U\} = 1-\alpha \qquad \text{(ผก 26)}$$

2.2.1 ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย μ (กรณีที่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ^2)

กำหนดให้ x เป็นตัวแปรสุ่ม สมมติว่าสามารถกำหนดความแปรปรวน σ^2 ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ และคำนวณค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\bar{x}$ จากทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง จะได้ว่า $\bar{x} \sim N(\mu, \frac{\sigma^2}{n})$ ช่วงความเชื่อมั่นสองด้านของค่าเฉลี่ย μ ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$-Z_{\alpha/2} \le \frac{\bar{x}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} \le Z_{\alpha/2} \qquad \text{(ผก 27)}$$

หรือ

$$\bar{x} - Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \le \mu \le \bar{x} + Z_{\alpha/2} \qquad \text{(ผก 28)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $Z_{\alpha/2}$ เป็นค่าการแจกแจงปกติมาตรฐานที่ทำให้ $P\{Z \geq Z_{\alpha/2}\} = \alpha/2$ สำหรับช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่างของค่าเฉลี่ย μ ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\bar{x} - Z_{\alpha}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \qquad \text{(ผก 29)}$$

ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบนของค่าเฉลี่ย μ ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\mu \leq \bar{x} - Z_{\alpha}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad \text{(ผก 30)}$$

2.2.2 ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย μ (กรณีที่ไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ^2)

กำหนดให้ $\bar{x} \sim N(\mu, \sigma^2)$ สมมติว่าไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ^2 ทำการสุ่มตัวอย่าง x_1, x_2, x_3,...,x_n และคำนวณค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\bar{x}$ และความแปรปรวนตัวอย่าง S^2 จะได้ว่า ช่วงความเชื่อมั่นสองด้านของค่าเฉลี่ย μ ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$-t_{\alpha/2,n-1} \leq \frac{\bar{x}-\mu}{S/\sqrt{n}} \leq t_{\alpha/2,n-1} \qquad \text{(ผก 31)}$$

หรือ

$$\bar{x} - t_{\alpha/2,n-1}\frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} - t_{\alpha/2,n-1}\frac{S}{\sqrt{n}} \qquad \text{(ผก 32)}$$

เมื่อ $t_{\alpha/2,n-1}$ เป็นค่าการแจกแจงทีที่ทำให้ $P\{t_{n-1} \geq t_{\alpha/2,n-1}\} = \alpha/2$ และสามารถเปิดจากตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบที สำหรับช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่างของค่าเฉลี่ย μ ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\bar{x} - t_{\alpha,n-1}\frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \qquad \text{(ผก 33)}$$

ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบนของค่าเฉลี่ย μ ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\mu \leq \bar{x} - t_{\alpha,n-1}\frac{S}{\sqrt{n}} \qquad \text{(ผก 34)}$$

2.2.3 ช่วงความเชื่อมั่นของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ (กรณีที่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2)

กำหนดให้ x_1 เป็นตัวแปรสุ่มที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และความแปรปรวน σ_1^2 และ x_2 เป็นตัวแปรสุ่มที่มีค่าเฉลี่ย μ_2 และความแปรปรวน σ_2^2 สมมติว่าสามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_{11}, x_{12}, x_{13},..., x_{1n_1}$ จากประชากรของ x_1 และ $x_{21}, x_{22}, x_{23},..., x_{2n_2}$ จากประชากรของ x_2 คำนวณค่า $\bar{x}_1$ และ $\bar{x}_2$ จะได้ว่า ช่วงความเชื่อมั่นสองด้านของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$-Z_{\alpha/2} \le \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \le Z_{\alpha/2} \qquad \text{(ผก 35)}$$

หรือ

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \le \mu_1 - \mu_2 \le (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \qquad \text{(ผก 36)}$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 1- α ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่างของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - Z_{\alpha}\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \le \mu_1 - \mu_2 \qquad \text{(ผก 37)}$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 1- α ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบนของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\mu_1 - \mu_2 \le (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + Z_{\alpha}\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \qquad \text{(ผก 38)}$$

2.2.4 ช่วงความเชื่อมั่นของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ (กรณีที่ไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 แต่สามารถระบุได้ว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$)

กำหนดให้ $x_1 \sim N(\mu_1, \sigma_1^2)$ และ $x_2 \sim N(\mu_2, \sigma_2^2)$ โดยสมมติว่าไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 แต่สามารถระบุได้ว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_{11}, x_{12}, x_{13}, \ldots, x_{1n_1}$ จากประชากรของ x_1 และ $x_{21}, x_{22}, x_{23}, \ldots, x_{2n_2}$ จากประชากรของ x_2 คำนวณค่า $\bar{x}_1$ และ $\bar{x}_2$, S_1^2 และ S_2^2 จะได้ว่า ว่า ช่วงความเชื่อมั่นสองด้านของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 1- α สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$-t_{\alpha/2,v} \le \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \le t_{\alpha/2,v} \qquad \text{(ผก 39)}$$

หรือ

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t_{\alpha/2,v}S_p\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \le \mu_1 - \mu_2 \le (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t_{\alpha/2,v}S_p\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \qquad \text{(ผก 40)}$$

เมื่อ v คือ องศาแห่งความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับ n_1+n_2-2 และ S_p^2 คือ ความแปรปรวนรวม (Combined or Pooled Variance) ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \qquad \text{(ผก 41)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่างของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t_{\alpha,v} S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \le \mu_1 - \mu_2 \qquad \text{(ผก 42)}$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบนของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\mu_1 - \mu_2 \le (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t_{\alpha,v} S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \qquad \text{(ผก 43)}$$

2.2.5 ช่วงความเชื่อมั่นของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ (กรณีที่ไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 และไม่สามารถระบุได้ว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)

$x_1 \sim N(\mu_1, \sigma_1^2)$ และ $x_2 \sim N(\mu_2, \sigma_2^2)$ โดยสมมติว่าไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 และไม่สามารถระบุได้ว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_{11}, x_{12}, x_{13}, \ldots, x_{1n_1}$ จากประชากรของ x_1 และ $x_{21}, x_{22}, x_{23}, \ldots, x_{2n_2}$ จากประชากรของ x_2 คำนวณค่า $\bar{x}_1$ และ $\bar{x}_2$, S_1^2 และ S_2^2 จะได้ว่า ว่า ช่วงความเชื่อมั่นสองด้านของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$-t_{\alpha/2,v} \le \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \le t_{\alpha/2,v} \qquad \text{(ผก 44)}$$

หรือ

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t_{\alpha/2,v} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} \le \mu_1 - \mu_2 \le (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t_{\alpha/2,v} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} \qquad \text{(ผก 45)}$$

เมื่อ

$$v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1 + 1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2 + 1}} - 2 \qquad \text{(ผก 46)}$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่างของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - t_{\alpha,v} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} \le \mu_1 - \mu_2 \qquad \text{(ผก 47)}$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบนของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร $\mu_1 - \mu_2$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_1 - \mu_2 \le (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + t_{\alpha,v}\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} \qquad \text{(ผก 48)}$$

2.2.6 ช่วงความเชื่อมั่นของความแปรปรวน σ^2

กำหนดให้ $\bar{x} \sim N(\mu, \sigma^2)$ ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ คำนวณความแปรปรวนตัวอย่าง s^2 จะได้ว่า ช่วงความเชื่อมั่นสองด้านของความแปรปรวน σ^2 ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\chi^2_{1-\alpha/2,n-1} \le \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} \le \chi^2_{\alpha/2,n-1} \qquad \text{(ผก 49)}$$

หรือ

$$\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{\alpha/2,n-1}} \le \sigma^2 \le \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{1-\alpha/2,n-1}} \qquad \text{(ผก 50)}$$

เมื่อ $\chi^2_{\alpha/2,n-1}$ เป็นค่าบนกราฟการแจกแจงไคสแควร์ที่ทำให้ $P\{\chi^2_{n-1} \ge \chi^2_{\alpha/2,n-1}\} = \alpha/2$ สำหรับ ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่างของความแปรปรวน σ^2 ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{\alpha,n-1}} \le \sigma^2 \qquad \text{(ผก 51)}$$

ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบนของความแปรปรวน σ^2 ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\sigma^2 \le \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{1-\alpha,n-1}} \qquad \text{(ผก 52)}$$

2.2.7 ช่วงความเชื่อมั่นของอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของประชากร $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$

กำหนดให้ $x_1 \sim N(\mu_1, \sigma_1^2)$ และ $x_2 \sim N(\mu_2, \sigma_2^2)$ ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_{11}, x_{12}, x_{13}, \ldots, x_{1n_1}$ จากประชากรของ x_1 และ $x_{21}, x_{22}, x_{23}, \ldots, x_{2n_2}$ จากประชากรของ x_2 คำนวณค่า $\bar{x}_1$ และ $\bar{x}_2$, S_1^2 และ S_2^2 จะได้ว่า ว่า ช่วงความเชื่อมั่นสองด้านของอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของสองประชากร $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$ ที่ระดับความเชื่อมั่น $1-\alpha$ สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$F_{1-\alpha/2,n_2-1,n_1-1} \le \frac{S_2^2/\sigma_2^2}{S_1^2/\sigma_1^2} \le F_{\alpha/2,n_2-1,n_1-1} \qquad \text{(ผก 53)}$$

หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{S_1^2}{S_2^2}F_{1-\alpha/2,n_2-1,n_1-1} \le \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \le \frac{S_1^2}{S_2^2}F_{\alpha/2,n_2-1,n_1-1} \qquad \text{(ผก 54)}$$

เมื่อ $F_{\alpha/2,n_2-1,n_1-1}$ เป็นค่าการแจกแจงเอฟที่ทำให้ $P\{F_{n_2-1,n_1-1} \ge F_{\alpha/2,n_2-1,n_1-1}\} = \alpha/2$ สำหรับช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่างของอัตราส่วน $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 1- α สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\frac{S_1^2}{S_2^2}F_{1-\alpha,n_2-1,n_1-1} \le \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \qquad \text{(ผก 55)}$$

ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบนของอัตราส่วน $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 1- α สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \le \frac{S_1^2}{S_2^2}F_{\alpha,n_2-1,n_1-1} \qquad \text{(ผก 56)}$$

2.2.8 ช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ p

กำหนดให้ x ~ Binomial (p) ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_1, x_2, x_3, \ldots, x$ และคำนวณสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ $\hat{p} = \frac{x}{n}$ ถ้า $n \to \infty$ และ $p \ge 0.1$ จะได้ว่า ช่วงความเชื่อมั่นสองด้านของสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ p ที่ระดับความเชื่อมั่น 1- α สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$-Z_{\alpha/2} \le \frac{\hat{p}-p}{\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}} \le Z_{\alpha/2} \qquad \text{(ผก 57)}$$

หรือ

$$\hat{p} - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \le p \le \hat{p} + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \qquad \text{(ผก 58)}$$

สำหรับช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่างของสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ p ที่ระดับความเชื่อมั่น 1- α สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\hat{p} - Z_{\alpha}\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \le p \qquad \text{(ผก 59)}$$

ช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบนของสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ p ที่ระดับความเชื่อมั่น 1- α สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$p \le \hat{p} + Z_{\alpha}\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \qquad \text{(ผก 60)}$$

กรณีที่ n มีค่าน้อย จะใช้การแจกแจงทวินามในการอนุมานช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ p แต่ถ้า $p \to 0$ และ $n \to \infty$ จะได้ว่าการแจกแจงทวินามสามารถประมาณด้วยการแจกแจงพัวซองที่มีพารามิเตอร์ $\lambda = np$ ในการอนุมานช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.9 ช่วงความเชื่อมั่นของผลแตกต่างระหว่างสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจของสองประชากร p_1-p_2

กำหนดให้ $x_1 \sim \text{Binomial}(p_1)$ และ $x_2 \sim \text{Binomial}(p_2)$ ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_{11}, x_{12}, x_{13}, \ldots, x_{1n_1}$ จากประชากรของ x_1 และ $x_{21}, x_{22}, x_{23}, \ldots, x_{2n_2}$ จากประชากรของ x_2 คำนวณสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ $\hat{p}_1$ และ $\hat{p}_2$ จะได้ว่า ช่วงความเชื่อมั่นสองด้านของผลแตกต่างระหว่างสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจของสองประชากร p_1-p_2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$-Z_{\alpha/2} \le \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - (p_1 - p_2)}{\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}} \le Z_{\alpha/2} \qquad \text{(ผก 61)}$$

หรือ

$$(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}} \le p_1 - p_2 \le (\hat{p}_1 - \hat{p}_2) + Z_{\alpha/2}\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}} \qquad \text{(ผก 62)}$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α สำหรับช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนล่างของผลแตกต่างระหว่างสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจของสองประชากร p_1-p_2 สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - Z_{\alpha}\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}} \le p_1 - p_2 \qquad \text{(ผก 63)}$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α สำหรับช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวส่วนบนของผลแตกต่างระหว่างสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจของสองประชากร p_1-p_2 สามารถกำหนดได้ดังนี้

$$p_1 - p_2 \le (\hat{p}_1 - \hat{p}_2) + Z_{\alpha}\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}} \qquad \text{(ผก 64)}$$

3. การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

การตั้งสมมติฐานและทดสอบเพื่อความถูกต้อง เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ผลการทดสอบสมมติฐานไม่จำเป็นต้องถูกเสมอไป บางครั้งสมมติฐานที่ถูกต้องอาจถูกปฏิเสธ(ความผิดพลาดประเภทที่ 1 หรือ Type I Error) ความไม่ถูกต้องเหล่านี้เป็นผลมาจากความแปรปรวนนั่นเอง จึงมีการนำความรู้ทางสถิติผสมผสานเข้ากับหลักทางวิทยาศาสตร์ในการทดสอบสมมติฐานโดยคำนึงถึงความแปรปรวนเป็นสำคัญ

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐานมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การตั้งสมมติฐานที่ต้องการทดสอบประกอบไปด้วย

- สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis, H_0) คือ สมการที่แสดงถึงค่าเฉพาะเจาะจงของคุณลักษณะของประชากร เช่น

H_0: μ=20 เป็นสมมติฐานที่เชื่อว่าค่าเฉลี่ยของประชากรคือ20

H_0: $\mu_1 = \mu_2$ เป็นสมมติฐานที่เชื่อว่าค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งสองกลุ่มมีค่าเท่ากัน

การกำหนดค่าเฉพาะเจาะจงนี้เป็นสิ่งที่สำคัญในการทดสอบสมมติฐาน โดยทั่วไป ค่าที่ใช้เป็นค่าเฉพาะเจาะจงมาจากข้อมูลหรือความรู้ที่ผ่านมา หรือจากทฤษฎีหรือแบบจำลอง หรือจากข้อกำหนดในขั้นตอนการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- *สมมติฐานทางเลือก* (*Alternative Hypothesis*, H_1) คือ อสมการที่แสดงถึงขอบเขตของคุณลักษณะของประชากรที่แตกต่างจากค่าเฉพาะเจาะจง และเป็นตัวกำหนดชนิดของการทดสอบว่าเป็นการทดสอบด้านเดียว (One-Sided Test) หรือ การทดสอบสองด้าน (Two-Sided Test) เช่น

$H_1 : \mu \neq 20$ เป็นสมมติฐานที่แย้งว่าค่าเฉลี่ยของประชากรไม่ใช่ 20 โดยการทดสอบสมมติฐานจะเป็นการทดสอบสองด้าน

$H_1 : \mu > 20$ เป็นสมมติฐานที่แย้งว่าค่าเฉลี่ยของประชากรมากกว่า 20 โดยการทดสอบสมมติฐานจะเป็นการทดสอบด้านเดียว

$H_1 : \mu_1 < \mu_2$ เป็นสมมติฐานที่แย้งว่าค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 1 มากกว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 2 โดยการทดสอบสมมติฐานจะเป็นการทดสอบด้านเดียว

ขั้นตอนที่ 2 : การคำนวณค่าของตัวสถิติเพื่อทดสอบ (Test Statistic, TS) ซึ่งตัวสถิติเพื่อทดสอบนี้จะต้องสัมพันธ์กับคุณลักษณะของประชากรในสมมติฐาน การคำนวณอาศัยข้อมูลจากตัวอย่าง เช่น ถ้าเป็นการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยเมื่อสามารถกำหนดความแปรปรวนของประชากร ตัวสถิติเพื่อทดสอบคือ *Z0* หรือถ้าเป็นการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยเมื่อไม่สามารถกำหนดความแปรปรวนของประชากร ตัวสถิติเพื่อทดสอบคือ t0 เป็นต้น ตัวสถิติเพื่อทดสอบจะใช้ตัวเดียวกันไม่ว่าชนิดของการทดสอบจะเป็นแบบด้านเดียวหรือสองด้าน

ขั้นตอนที่ 3 : การสรุปผล โดยทำการเปรียบเทียบว่าค่าของตัวสถิติเพื่อทดสอบที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 อยู่ภายในเขตวิกฤต (Critical Region) หรือไม่ โดยเขตวิกฤต คือ พื้นที่ขนาด α ภายใต้เส้นกราฟที่มีความสอดคล้องกับสมมติฐานทางเลือก ถ้าเป็นการทดสอบสองด้าน เขตวิกฤตจะอยู่ที่ปลายทั้งสองด้านของเส้นกราฟ โดยมีพื้นที่ด้านละ $\alpha/2$ ถ้าเป็นการทดสอบด้านเดียว เขตวิกฤตจะอยู่ที่ปลายด้านที่ต้องการทดสอบของเส้นกราฟ การกำหนดเขตวิกฤตสามารถเปิดจากตารางการแจกแจงแบบต่างๆ การเลือกใช้ตารางการแจกแจงขึ้นอยู่กับชนิดการแจกแจงของตัวสถิติเพื่อทดสอบ

ผลการทดสอบสมมติฐานแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Reject H_0) เมื่อค่าของตัวสถิติเพื่อทดสอบอยู่ภายในเขตวิกฤต
- ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Fail to Reject H_0) เมื่อค่าตัวสถิติเพื่อทดสอบอยู่นอกเขตวิกฤต

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ผลการทดสอบสมมติฐานไม่จำเป็นต้องถูกเสมอไป ผลการทดสอบสมมติฐานสามารถเกิดความผิดพลาดได้ ซึ่งความผิดพลาดมี 2 แบบ คือ

- ความผิดพลาดประเภทที่ 1 เกิดขึ้นเมื่อผลการทดสอบสมมติฐาน คือ ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งที่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐานหลักนั้นถูกต้อง ความผิดพลาดประเภทนี้เรียกอีกอย่างว่าเป็นความเสี่ยงของผู้ผลิต(Producer's Risk) ซึ่งก็คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ผลิตปฏิเสธสินค้าที่ผลิตได้ ทั้งๆที่สินค้าที่ถูกปฏิเสธนี้เป็นสินค้าที่ตรงตามข้อกำหนด (Conforming) ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่1 (α) สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\alpha = P(\text{Type I Error}) = P(\text{Reject } H_0 \mid H_0 \text{True})$$

ความผิดพลาดประเภทที่ 2 เกิดขึ้นเมื่อผลการทดสอบสมมติฐาน คือ ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐานทางเลือกนั้นถูกต้อง ความผิดพลาดประเภทนี้เรียกอีกอย่างว่าเป็นความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk) ซึ่งก็คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้บริโภคยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สินค้าที่ไม่ตรงตามข้อกำหนด ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 (β) สามารถหาได้ดังนี้

$$1-\beta = P(\text{Reject } H_0) \mid H_1 \text{True}$$

หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อำนาจในการทดสอบ (Power of Test) ความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภทนี้เป็นความผิดพลาดที่ไม่สามารถเลี่ยงได้ ยิ่งไปกว่านั้น ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภทนี้แปรผกผันซึ่งกันและกัน นั่นคือ การลดความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 เป็นการเพิ่มความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 อย่างไรก็ตาม ความผิดพลาดประเภทที่ 2 ถือเป็นความผิดพลาดที่สำคัญกว่า จึงควรทำให้ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 มีค่าต่ำสุด หรืออีกนัยหนึ่ง ทำให้อำนาจในการทดสอบ (1- β) มีค่าสูงสุด โดยทั่วไป ความผิดพลาดประเภทที่ 1 เป็นความผิดพลาดที่ยากต่อการควบคุม ฉะนั้นการทดสอบใดๆ α จึงถูกกำหนดที่ค่าหนึ่งๆ โดยความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 สามารถหาได้จากการทดสอบสมมติฐาน

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

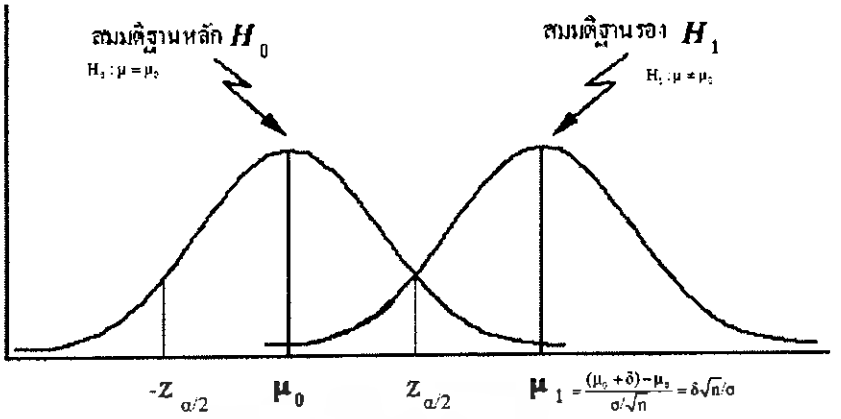
สมมติว่าสามารถกำหนดความแปรปรวน σ^2 ดังนั้น ตัวสถิติเพื่อทดสอบที่ใช้ คือ

$$Z_0 = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}} \qquad \text{(ผก 65)}$$

รูปที่ ผก 4 แสดงให้เห็นถึงการแจกแจงของ $Z_0 \sim N(0,1)$ ภายใต้สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu = \mu_0$ และสมมติฐานทางเลือก $H_1 : \mu \neq \mu_0$ สมมติให้ ในความเป็นจริง ค่าเฉลี่ยที่แท้จริงของกระบวนการ (μ_1) แตกต่างจากเดิม (Shift) $+\delta$ นั่นคือ $\mu_1 = \mu_0 + \delta$ ดังนั้น สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu = \mu_0$ เป็นเท็จ และสมมติฐานทางเลือก $H_1 : \mu \neq \mu_0$ เป็นจริง เนื่องจากความผิดพลาดประเภทที่ 2 เกิดขึ้นเมื่อผลการทดสอบสมมติฐาน คือ ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก (ตัวสถิติเพื่อทดสอบที่ได้ไม่อยู่ในเขตวิกฤต) ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐานทางเลือกนั้นถูกต้อง ($\mu = \mu_1$) จากรูปที่ ผก 4 จะได้ว่า $-Z_{\alpha/2} \leq Z_0 \leq Z_{\alpha/2}$ ดังนั้น ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 จึงหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ $\mu_1 = \mu_0 + \delta$ ระหว่าง ถึง $Z_{\alpha/2}$ หรือสามารถเขียนได้ดังนี้

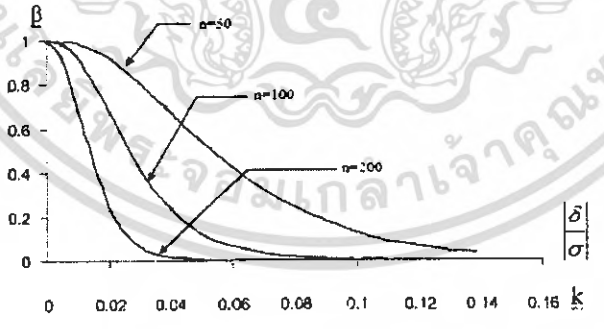
$$\beta = \Phi\left(Z_{\alpha/2} - \frac{\delta\sqrt{n}}{\sigma}\right) - \Phi\left(-Z_{\alpha/2} - \frac{\delta\sqrt{n}}{\sigma}\right) \qquad \text{(ผก 66)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผก 4 การแจกแจงของ Z_0 ภายใต้สมมติฐานหลักและสมมติฐานทางเลือกเมื่อ $\delta > 0$

จากสมการด้านบน β เป็นฟังก์ชั่นของ α, δ และ σ เมื่อพลอตกราฟระหว่าง β และ $|\delta|/\sigma$ โดยกำหนดให้ n มีค่าต่างๆ และ α เป็นค่าคงที่ใดๆ จะได้เส้นโค้งลักษณะเฉพาะการดำเนินงาน (Operating-Characteristic Curve) หรือเรียกย่อๆว่า OC Curve รูปที่ ผก 4 แสดง OC Curve เมื่อ α=0.05 จากรูป เมื่อทราบค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่แตกต่างจากเดิม δ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน δ และขนาดตัวอย่าง n จะสามารถหาความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 ได้ นอกจากนี้ยังสามารถหาขนาดตัวอย่างได้ เมื่อกำหนดค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่แตกต่างจากเดิม ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 ถึงแม้ว่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 ไม่สามารถควบคุมได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม จะพบว่าขนาดตัวอย่างมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 เมื่อกำหนดให้ α, δ และ σ คงที่ จะได้ว่า β จะลดลงเมื่อ n เพิ่มขึ้น นั่นคือ การเพิ่มขนาดตัวอย่างจะสามารถลดความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 ได้ นอกจากนี้ การเพิ่มความถี่ของการสุ่มตัวอย่างก็สามารถลดความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2 ได้เช่นกัน



รูปที่ ผก 5 OC Curve

3.1 การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย μ เมื่อสามารถกำหนดความแปรปรวน σ^2

กำหนดให้ x เป็นตัวแปรสุ่ม สมมติว่าสามารถกำหนดความแปรปรวน σ^2 ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ และคำนวณค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\bar{x}$ จากทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางจะได้ว่า $x \sim N(\mu, \sigma^2)$ การทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่าค่าเฉลี่ย μ มีค่าเท่ากับค่าใดๆ กำหนดให้ μ_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_0 : \mu = \mu_0$$
$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบ คือ

$$Z_0 = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}} \qquad \text{(ผก 67)}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$|Z_0| > Z_{\alpha/2}$$

สำหรับกรณีของการทดสอบด้านเดียว สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \mu = \mu_0$$
$$H_1 : \mu < \mu_0$$

หรือ

$$H_0 : \mu = \mu_0$$
$$H_1 : \mu > \mu_0$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบจะใช้ตัวเดียวกับการทดสอบสองด้านแต่เขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \mu < \mu_0$ **คือ**

$$Z_0 < -Z_\alpha$$

และเขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \mu > \mu_0$ **คือ**

$$Z_0 > Z_\alpha$$

3.2 การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย μ เมื่อไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ^2

กำหนดให้ $x \sim N(\mu, \sigma^2)$ **โดยสมมติว่าไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน** σ^2 **ทำการสุ่มตัวอย่าง** $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ **และคำนวณค่าเฉลี่ยตัวอย่าง** $\bar{x}$ **และความแปรปรวนตัวอย่าง** s^2 **การทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่าค่าเฉลี่ย μ มีค่าเท่ากับค่าใดๆ กำหนดให้เป็น** μ_0 **ที่ระดับนัยสำคัญ** α **สามารถสมมติฐานได้ดังนี้**

$$H_0 : \mu = \mu_0$$
$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบ คือ

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \qquad \text{(ผก 68)}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$|t_0| > t_{\alpha/2,n-1}$$

สำหรับกรณีของการทดสอบด้านเดียว สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \mu = \mu_0$$
$$H_1 : \mu < \mu_0$$

หรือ

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_1 : \mu > \mu_0$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบจะใช้ตัวเดียวกับการทดสอบสองด้านแต่เขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \mu < \mu_0$ คือ

$$t_0 < -t_{\alpha,n-1}$$

และเขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \mu > \mu_0$ คือ

$$t_0 > t_{\alpha,n-1}$$

3.3 การทดสอบสมมติฐานของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร(กรณีที่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2)

กำหนดให้ x_1 เป็นตัวแปรสุ่มที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และความแปรปรวน σ_1^2 และกำหนดให้ x_2 เป็นตัวแปรสุ่มที่มีค่าเฉลี่ย μ_2 และความแปรปรวน σ_2^2 สมมติว่าสามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_{11}, x_{12}, x_{13}, \ldots, x_{1n_1}$ จากประชากรของ x_1 และ $x_{21}, x_{22}, x_{23}, \ldots, x_{2n_2}$ จากประชากรของ x_2 คำนวณค่า $\bar{x}_1$ และ $\bar{x}_2$ การทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่าค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 มีค่าเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ α สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 = \mu_2$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบ คือ

$$Z_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \qquad \text{(ผก 69)}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$|Z_0| > Z_{\alpha/2}$$

สำหรับกรณีของการทดสอบด้านเดียว สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

หรือ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบจะใช้ตัวเดียวกับการทดสอบสองด้านแต่เขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ คือ

$$Z_0 < -Z_\alpha$$

และเขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \mu_1 > \mu_2$ คือ

$$Z_0 > Z_\alpha$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดสอบสมมติฐานของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร(กรณีที่ไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 แต่สามารถระบุได้ว่า $\sigma_1^2=\sigma_2^2=\sigma^2$)

กำหนดให้ $x_1 \sim N(\mu_1,\sigma_1^2)$ และ $x_2 \sim N(\mu_2,\sigma_2^2)$ โดยสมมติว่าไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 แต่สามารถระบุได้ว่า $\sigma_1^2=\sigma_2^2=\sigma^2$ ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_{11},x_{12},x_{13},...,x_{1n_1}$ จากประชากรของ x_1 และ $x_{21},x_{22},x_{23},...,x_{2n_2}$ จากประชากรของ x_2 คำนวณค่า $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$, S_1^2 และ S_2^2 การทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่าค่าเฉลี่ย μ_1และ μ_2มีค่าเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ α สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 = \mu_2$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบ คือ

$$t_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_p\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}} \qquad \text{(ผก 70)}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$|t_0| > t_{\alpha/2,v}$$

และ $v=n_1+n_2-2$ สำหรับกรณีของการทดสอบด้านเดียว สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

หรือ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบจะใช้ตัวเดียวกับการทดสอบสองด้านแต่เขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ คือ

$$t_0 < -t_{\alpha,v}$$

และเขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \mu_1 > \mu_2$ คือ

$$t_0 > t_{\alpha,v}$$

3.5 การทดสอบสมมติฐานของผลแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร(กรณีที่ไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 แต่ไม่สามารถระบุได้ว่า $\sigma_1^2=\sigma_2^2$)

กำหนดให้ $x_1 \sim N(\mu_1,\sigma_1^2)$ และ $x_2 \sim N(\mu_2,\sigma_2^2)$ โดยสมมติว่า ไม่สามารถกำหนดความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 และไม่สามารถระบุได้ว่า $\sigma_1^2=\sigma_2^2$ ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_{11},x_{12},x_{13},...,x_{1n_1}$ จากประชากรของ x_1 และ $x_{21},x_{22},x_{23},...,x_{2n_2}$ จากประชากรของ x_2 คำนวณค่า $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$, S_1^2 และ S_2^2 การทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่าค่าเฉลี่ย μ_1และ μ_2มีค่าเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ α สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 = \mu_2$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \qquad \text{(ผก 71)}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$|t_0| > t_{\alpha/2,v}$$

และ

$$v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1+1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2+1}} - 2 \qquad \text{(ผก 72)}$$

สำหรับกรณีของการทดสอบด้านเดียว สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

หรือ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบจะใช้ตัวเดียวกับการทดสอบสองด้านแต่เขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ คือ

$$t_0 < -t_{\alpha,v}$$

และเขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \mu_1 > \mu_2$ คือ

$$t_0 > t_{\alpha,v}$$

3.6 การทดสอบสมมติฐานของความแปรปรวน σ^2

กำหนดให้ $x \sim N(\mu, \sigma^2)$ สมมติว่าไม่สามารถกำหนดค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ และความแปรปรวนตัวอย่าง S^2 การทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่าความแปรปรวน σ^2 มีค่าเท่ากับค่าใดๆ กำหนดให้เป็น σ_0^2 ที่ระดับนัยสำคัญ α สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \sigma^2 = \sigma_0^2$$
$$H_1 : \sigma^2 \neq \sigma_0^2$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบ คือ

$$\chi_0^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2} \qquad \text{(ผก 73)}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$\chi_0^2 < \chi_{1-\alpha/2,n-1}^2$$

หรือ

$$\chi_0^2 > \chi_{\alpha/2,n-1}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกรณีของการทดสอบด้านเดียว สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \sigma^2 = \sigma_0^2$$
$$H_1 : \sigma^2 < \sigma_0^2$$

หรือ

$$H_0 : \sigma^2 = \sigma_0^2$$
$$H_1 : \sigma^2 > \sigma_0^2$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบจะใช้ตัวเดียวกับการทดสอบสองด้านแต่เขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \sigma^2 < \sigma_0^2$

$$\chi_0^2 < \chi_{1-\alpha,n-1}^2$$

และเขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \sigma^2 > \sigma_0^2$ คือ

$$\chi_0^2 > \chi_{\alpha,n-1}^2$$

3.7 การทดสอบสมมติฐานของอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของสองประชากร $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$

กำหนดให้ $x_1 \sim N(\mu_1, \sigma_1^2)$ และ $x_2 \sim N(\mu_2, \sigma_2^2)$ ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_{11}, x_{12}, x_{13}, \ldots, x_{1n_1}$ จากประชากรของ x_1 และ $x_{21}, x_{22}, x_{23}, \ldots, x_{2n_2}$ จากประชากรของ x_2 คำนวณค่า $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$, S_1^2 และ S_2^2 การทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่าความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 มีค่าเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ α สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \sigma^2 = \sigma_0^2$$
$$H_1 : \sigma^2 \neq \sigma_0^2$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบ คือ

$$F_0 = \frac{S_1^2}{S_2^2} \qquad \text{(ผก 74)}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$F_0 < F_{1-\alpha/2,n_1-1,n_2-1}$$

หรือ

$$F_0 > F_{\alpha/2,n_1-1,n_2-1}$$

สำหรับกรณีของการทดสอบด้านเดียว สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \sigma^2 = \sigma_0^2$$
$$H_1 : \sigma^2 < \sigma_0^2$$

หรือ

$$H_0 : \sigma^2 = \sigma_0^2$$
$$H_1 : \sigma^2 > \sigma_0^2$$

ตัวสถิติทดสอบเมื่อ $H_1 : \sigma^2 < \sigma_0^2$ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_0 = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

เมื่ออาณาเขตวิกฤตคือ

$$F_0 > F_{\alpha, n_1-1, n_2-1}$$

และตัวสถิติเพื่อทดสอบเมื่อ $H_1 : \sigma^2 > \sigma_0^2$ คือ

$$F_0 = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$F_0 > F_{\alpha, n_1-1, n_2-1}$$

3.8 การทดสอบสมมติฐานของสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ

กำหนดให้ x ~ Binomial (p) ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ การทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่าสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ p มีค่าเท่ากับค่าใดๆ กำหนดให้เป็น p_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : p = p_0$$
$$H_1 : p \neq p_0$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบ คือ

$$Z_0 = \begin{cases} \dfrac{(x+0.5) - np_0}{\sqrt{np_0(1-p_0)}} & x < np_0 \\ \dfrac{(x+0.5) - np_0}{\sqrt{np_0(1-p_0)}} & x > np_0 \end{cases} \qquad \text{(ผก 75)}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$|Z_0| > Z_{\alpha/2}$$

สำหรับกรณีของการทดสอบด้านเดียว สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : p = p_0$$
$$H_1 : p < p_0$$

หรือ

$$H_0 : p = p_0$$
$$H_1 : p > p_0$$

ตัวสถิติทดสอบจะใช้ตัวเดียวกับการทดสอบสองด้านแต่เขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : p < p_0$ คือ

$$Z_0 < -Z_\alpha$$

และเขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : p > p_0$ คือ

$$Z_0 > Z_\alpha$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 การทดสอบสมมติฐานของสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจของสองประชากร

กำหนดให้ $x_1 \sim$ Binomial (p_1) และ $x_2 \sim$ Binomial (p_2) ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_{11}, x_{12}, x_{13}, \ldots, x_{1n_1}$ จากประชากรของ x_1 และ $x_{21}, x_{22}, x_{23}, \ldots, x_{2n_2}$ จากประชากรของ x_2 คำนวณค่าสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ $\hat{p}_1$ และ $\hat{p}_2$ การทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่าสัดส่วนตัวอย่างที่สนใจ p_1 และ p_2 มีค่าเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ α สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : p = p_0$$
$$H_1 : p \neq p_0$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบ คือ

$$Z_0 = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \qquad \text{(ผก 76)}$$

เมื่อ

$$\hat{p} = \frac{n_1\hat{p}_1 + n_2\hat{p}_2}{n_1 + n_2} \qquad \text{(ผก 77)}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$|Z_0| > Z_{\alpha/2}$$

สำหรับกรณีของการทดสอบด้านเดียว สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : p_1 = p_2$$
$$H_1 : p_1 < p_2$$

หรือ

$$H_0 : p_1 = p_2$$
$$H_1 : p_1 > p_2$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบจะใช้ตัวเดียวกับการทดสอบสองด้านแต่เขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : p_1 < p_2$

$$Z_0 < -Z_\alpha$$

และเขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : p > p_0$ คือ

$$Z_0 > Z_\alpha$$

3.10 การทดสอบสมมติฐานของอัตราการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ λ

กำหนดให้ $x \sim$ Poisson(λ) ทำการสุ่มตัวอย่าง $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ และคำนวณค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\bar{x}$ จากทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางจะได้ว่า $\bar{x} \sim N(\lambda, \lambda/n)$ การทดสอบสมมติฐานเพื่อพิสูจน์ว่า อัตราการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ λ มีค่าเท่ากับค่าใดๆ กำหนดให้เป็น λ_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \lambda = \lambda_0$$
$$H_1 : \lambda \neq \lambda_0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวสถิติเพื่อทดสอบ คือ

$$Z_0 = \frac{\bar{x} - \lambda_0}{\sqrt{\lambda_0 / n}} \qquad \text{(ผก 78)}$$

เมื่อเขตวิกฤต คือ

$$|Z_0| > Z_{\alpha/2}$$

สำหรับกรณีของการทดสอบด้านเดียว สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0 : \lambda = \lambda_0$$
$$H_1 : \lambda < \lambda_0$$

หรือ

$$H_0 : \lambda = \lambda_0$$
$$H_1 : \lambda < \lambda_0$$

ตัวสถิติเพื่อทดสอบจะใช้ตัวเดียวกับการทดสอบสองด้านแต่เขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \lambda < \lambda_0$ คือ

$$Z_0 < -Z_\alpha$$

และเขตวิกฤตเมื่อ $H_1 : \lambda < \lambda_0$ คือ

$$Z_0 > Z_\alpha$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

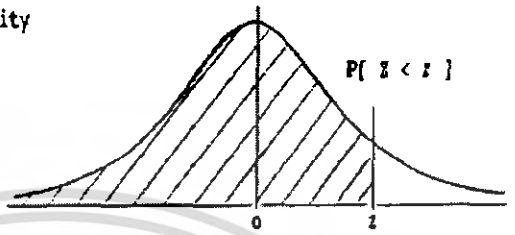
ตารางที่ ผก 1

STANDARD STATISTICAL TABLES

1. Areas under the Normal Distribution

The table gives the cumulative probability up to the standardised normal value z

i.e. $$P[\,Z < z\,] = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\tfrac{1}{2}Z^2)\, dZ$$



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5159	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7854
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8804	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9773	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9865	0.9868	0.9871	0.9874	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9924	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9980	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986

z	3.00	3.10	3.20	3.30	3.40	3.50	3.60	3.70	3.80	3.90
P	0.9986	0.9990	0.9993	0.9995	0.9997	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้